



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**Facultad de Ciencias**

**Escuela de Ingeniería Química**

## **“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS PARA EL BOTADERO DE CURGUA DEL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA DE BOLÍVAR”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa la obtención del título de:**

**INGENIERA QUÍMICA**

**NELLY MARISOL TIBANLOMBO CHISAG**

**Riobamba - Ecuador**

**2014**

## **DEDICATORIA**

A un Dios único y verdadero “Jehová de los Ejércitos” por ser mi Amparo y fortaleza, mi guía, mi fundamento y mi guardador.

A mi familia por estar en todo momento, por ser parte de mi diario vivir y estar siempre conmigo durante toda mi carrera.

## **AGRADECIMIENTO**

Al finalizar mi carrera universitaria quiero brindar mis sinceros agradecimientos:

A Dios quien con su Amor nunca me ha dejado, me ha enseñado a ser humilde, a combatir mis debilidades, a ser paciente en todo tiempo, y saber que no importa las circunstancias que estemos pasando la última palabra la tiene Dios.

A mis padres que siempre me ha apoyado y con su esfuerzo y dedicación han permitido que se cumplan una de mis metas trazada.

A mis hermanos por su cariño, alegría y amistad incondicional me han aconsejado para continuar siempre adelante.

A la EP-EMAPAG por permitir el desarrollo de esta investigación, al ingeniero Raúl Allán Naranjo responsable de la planta tratamiento” CHAQUISHCA” por brindarme su colaboración para la finalización de este proyecto.

Al Ing. José Usiña en calidad de Director de tesis y a la Ing. Mónica Andrade miembro de tesis, que con formación y conocimientos influyeron en el desarrollo de este trabajo.

A mis compañeros de la carrera por aquellos momentos de alegría y tristeza compartidos y a mis amigas, por su amistad sincera e incondicional.

*“Porque yo Jehová soy tu Dios quien te sostiene de tu mano derecha, y te dice: No temas yo te ayudo.*

*Isaías 41:13*

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA**

El tribunal de tesis certifica que: El trabajo de investigación “**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS PARA EL BOTADERO DE CURGUA DEL CANTON GUARANDA PROVINCIA DE BOLIVAR**” de responsabilidad de la señorita Nelly Marisol Tibanlombo Chisag ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizado su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing.: César Ávalos <b>DECANO FAC. CIENCIAS</b>	.....	.....
Ing. Mario Villacrés <b>DIRECTOR DE ESCUELA</b>	.....	.....
Ing. José Usiña <b>DIRECTOR DE TESIS</b>	.....	.....
Ing. Mónica Andrade <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	.....	.....
<b>DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN</b>	.....	.....
<b>NOTA DE TESIS</b>	.....	

“Yo, **NELLY MARISOL TIBANLOMBO CHISAG**, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**”.

.....  
*Nelly Marisol Tibanlombo Chisag*

## INDICE DE ABREVIATURAS

Nt	Población futura
No	Población al inicio del período
R	Tasa media anual de crecimiento, (%).
t	Número de años
ppc	Producción per cápita
Pob	Población área urbana
DSp	Cantidad de desechos sólidos producidos (kg/día)
Dsr	Cantidad de desechos sólidos (kg/día* habitante)
Cob	Cobertura del servicio de aseo
Pob A	Población atendida
Pt	Población total
Drsm	Densidad del Relleno Sanitario
Vac	Volumen anual compactado (m <sup>3</sup> /año)
mc	material de cobertura (m <sup>3</sup> /año)
Vrs:	Volumen de relleno sanitario (m <sup>3</sup> /año)
Vae	Volumen anual estabilizado (m <sup>3</sup> /año)
Ars	Área del relleno sanitario
VRuv	Volumen de los residuos solidos
Q	Caudal de lixiviado
P	Precipitación media anual (mm/año)
I	Infiltración
ETr	Evapotranspiración real
E	Escorrentía
ETp	Evapotranspiración Potencial mensual (mm)
d	Número de días en el mes
i	Sumatoria del índice térmico mensual
Pm	Precipitación mensual
$\rho_p$	Densidad de la partícula de la partícula (Kg/m <sup>3</sup> )
LL	Balance Hídrico
Vs	Velocidad de sedimentación

THR:	Tiempo de retención hidráulico (h)
As	Área superficial $m^2$
UASB	Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente
AR	Área del reactor ( $m^2$ )
VR	Volumen del reactor ( $m^3$ )
Vfc	Velocidad de flujo de campana
Ac	Área de la campana
Se	DBO <sub>5</sub> efluente (mg/L)
Si	DBO <sub>5</sub> afluente (mg/L)
Lc	Longitud de canales, (m).
T:	Tiempo de retención, (min).
V	Velocidad del fluido, (m/s).
a	Ancho de los canales del floculador (m)
A	Área de los canales del floculador ( $m^2$ )
B	Ancho del floculador (m)
b	Ancho útil de la lámina (m)
d	Ancho de vueltas de la floculación (m)
Nc	Número de canales (unidades)
L	Longitud del floculador (m)
H <sub>2</sub>	Perdida de la carga en los canales (m)
h <sub>2</sub>	perdida de la carga en los canales (m)
h <sub>1</sub>	Perdida de carga en las vueltas (m)
CS	carga superficial del sedimentador
Vo	Velocidad promedio del flujo entre placas inclinadas (m/s)
θ	Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa.
AS	Área de sedimentación $m^2$
Trp	tiempo de retención
bs	Ancho del Sedimentador (m)
Np	Número de placas por modulo
Ds	Separación entre placas(m)
Vsc	Velocidad critica de asentamiento de sedimentación de alta tasa (m/s)
V <sub>1</sub>	Volumen (solución inicial)
Ep	Espesor de las placas (m)

$C_2$  : concentración  
 $C_1$  concentración del hipoclorito de calcio  
 $L_s$ : Longitud del Sedimentador (m)  
as: Ancho del Sedimentador (m)



## TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN .....	I
SUMMARY .....	II
INTRODUCCIÓN .....	III
ANTECEDENTES.....	IV
JUSTIFICACION.....	VI
OBJETIVOS .....	VII
CAPITULO I .....	1
1. MARCO TEORICO.....	1
1.1. Generalidades de Lixiviados.....	1
1.1.1. <i>Los factores que influyen en la cantidad de lixiviado son:</i> .....	2
1.1.2. <i>Factores que influyen en la calidad de lixiviado son:</i> .....	2
1.2. Características de los lixiviados.....	3
1.3. Generación de Lixiviados .....	4
1.4. Producción de Lixiviados .....	5
1.5. Factores que afectan la Generación de Lixiviados.....	5
1.5.1. <i>La composición de los residuos</i> .....	6
1.5.2. <i>La degradación de los residuos</i> .....	6
1.5.3. <i>El tamaño y composición de los residuos</i> .....	6
1.5.4. <i>El clima</i> .....	6
1.6. Clasificación de lixiviados.....	6
1.7. Métodos De Caracterización De Los Lixiviados. ....	7
1.7.1. <i>Parámetros Físico-Químicos</i> .....	7
1.8. Origen de Residuos Sólidos Urbanos.....	10
1.8.1. <i>Composición de los Residuos Sólidos Urbanos (Rsu)</i> .....	10
1.8.2. <i>Factores que intervienen en la composición de los Residuos Solidos</i> .....	11
1.8.3. <i>Tipos de residuos más importantes:</i> .....	13
1.8.4. <i>Clasificación por tipo de manejo</i> .....	13
1.9. Descomposición Bioquímica de los Residuos .....	14
1.9.1. <i>Fase I: Ajuste Inicial</i> .....	14
1.9.2. <i>Fase II: Fase de Transición:</i> .....	14
1.9.3. <i>Fase III: Fase ácida:</i> .....	15

1.9.4.	<i>Fase IV:</i> .....	15
1.9.5.	<i>Fase V: Fase de Maduración:</i> .....	15
1.9.6.	<i>La degradación de los desechos se presenta en dos fases</i> .....	16
1.9.7.	<i>Botadero de basura a cielo abierto o basurero.</i> .....	17
1.9.8.	<i>Identificación de problemas y recopilación de datos</i> .....	17
1.9.9.	<i>Relleno Sanitario.</i> .....	18
1.9.10.	<i>Métodos de Construcción de un Relleno Sanitario.</i> .....	21
1.9.11.	<i>Reacciones que se generan en un Relleno Sanitario</i> .....	22
1.10.	<b>Situación actual del Botadero de Curgua del Cantón Guaranda</b> .....	23
1.10.1.	<i>Ubicación Geográfica</i> .....	23
1.11.	<b>Diseño</b> .....	24
1.11.1.	<i>Generalidades</i> .....	25
1.11.2.	<i>Parámetros de Diseño</i> .....	25
1.11.3.	<i>Calculo De La Población Futura Para El Diseño</i> .....	26
1.11.4.	<i>Cálculo de los Caudales de Diseño</i> .....	30
1.11.5.	<i>Cálculo del Caudal por un Balance Hídrico</i> .....	31
1.12.	<b>Tratamiento de Lixiviados.</b> .....	36
1.12.1.	<i>Pretratamiento</i> .....	37
1.12.2.	<i>Tanque Desarenador</i> .....	38
1.12.3.	<i>Calculo de diseño para un desarenador.</i> .....	39
1.12.4.	<i>Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (UASB)</i> .....	41
1.12.5.	<i>Calculo para el diseño del reactor UASB</i> .....	42
1.12.6.	<i>Diseño De La Campana Del Reactor UASB.</i> .....	43
1.12.7.	<i>Filtro Biológico</i> .....	44
1.12.8.	<i>Coagulación</i> .....	45
1.12.9.	<i>Floculación</i> .....	47
1.12.10.	<i>Sedimentación</i> .....	55
1.12.11.	<i>Sedimentador de Tasa Alta</i> .....	56
1.12.12.	<i>Diseño del Sedimentador de Alta Tasa</i> .....	56
1.12.13.	<i>Lecho de Secado</i> .....	60
1.12.14.	<i>Desinfección</i> .....	60
1.12.15.	<i>Métodos de Desinfección</i> .....	60
1.12.16.	<i>Diseño para Desinfección</i> .....	61
1.12.17.	<i>Canal simple para la dosificación de HTH</i> .....	62

1.12.18.	<i>Tanque de almacenamiento</i> .....	63
<b>CAPITULO II</b> .....		<b>64</b>
<b>2.</b>	<b>PARTE EXPERIMENTAL</b> .....	<b>64</b>
2.1.	Muestreo .....	64
2.1.1.	<i>Localización de la investigación</i> .....	64
2.1.2.	<i>Método de recopilación de la información</i> .....	64
2.1.3.	<i>Procedimiento para la Recolección de Información</i> .....	64
2.1.4.	<i>Plan de Tabulación y Análisis</i> .....	65
2.2.	Metodología .....	65
2.2.1.	<i>Metodología de trabajo</i> .....	65
2.2.2.	<i>Tratamiento de Muestras</i> .....	66
2.2.3.	<i>Equipos Materiales y Equipo</i> .....	66
2.2.4.	<i>Métodos y Técnicas</i> .....	67
2.3.	Datos Experimentales.....	68
2.3.1.	<i>Descripción de la Situación Actual en el Sector</i> .....	68
<b>CAPITULO III</b> .....		<b>73</b>
<b>3.</b>	<b>Cálculos de Diseño</b> .....	<b>73</b>
3.1.	Calculo de la población futura .....	73
3.1.1.	<i>Producción per cápita</i> .....	73
3.1.2.	<i>Cobertura de Diseño</i> .....	74
3.1.3.	<i>Producción Total de sólidos</i> .....	74
3.1.4.	<i>Volumen diario de residuos Sólidos</i> .....	75
3.1.5.	<i>Volumen anual compactado</i> .....	75
3.1.6.	<i>Volumen de material de cobertura</i> .....	76
3.1.7.	<i>Volumen de relleno sanitario</i> .....	76
3.1.8.	<i>Calculo del área requerida</i> .....	76
3.1.9.	<i>Calculo del área total</i> .....	77
3.1.10.	<i>Volumen de los residuos sólidos proyectados (10 años)</i> .....	77
3.2.	Cálculo de los Caudales de Diseño .....	78
3.2.1.	<i>Calculo de Generación del Lixiviado</i> .....	78
3.2.2.	<i>Cálculo del caudal por un Balance Hídrico</i> .....	78
3.3.	Consideraciones de Diseño.....	82
3.3.1.	<i>Cálculos de Ingeniería</i> .....	82
3.3.2.	<i>Desarenador</i> .....	82

3.3.3.	<i>Diseño para un Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (UASB)</i> .....	85
3.3.4.	<i>Diseño de la Campana del Reactor UASB.</i> .....	86
3.3.5.	<i>Calculo del Área del Filtro Percolado</i> .....	88
3.3.6.	<i>Cálculo de dosificación del PAC</i> .....	88
3.3.7.	<i>Cálculo para la dosificación de la cal</i> .....	90
3.3.8.	<i>Diseño de Floculador Hidráulico de Flujo Horizontal</i> .....	91
3.3.9.	<i>Diseño del Sedimentador de Alta Tasa</i> .....	97
3.3.10.	<i>Dimensionamiento de Lecho de Secado</i> .....	102
3.3.11.	<i>Dimensionamiento para un Canal simple</i> .....	103
3.3.12.	<i>Dimensiones del tanque almacenamiento</i> .....	105
3.4.	<b>RESULTADOS</b> .....	106
3.4.1.	<i>Proyección Futura</i> .....	106
3.4.2.	<i>Resultados de los medidores de caudales</i> .....	106
3.4.3.	<i>Resultados de los meses más lluvioso para el Balance Hídrico</i> .....	106
3.4.4.	<i>Resultados de los procesos de Tratamiento.</i> .....	108
3.4.5.	<i>Resultados de la Prueba de Jarras</i> .....	112
3.4.6.	<i>Análisis del Lixiviado tratado</i> .....	114
3.5.	<b>PROPUESTA</b> .....	115
3.6.	<b>Presupuesto General</b> .....	116
	<b>CAPITULO IV</b> .....	117
4.	<b>Análisis y Discusión</b> .....	117
4.1.	<b>Caracterización físico-química y microbiológica</b> .....	117
4.1.1.	<i>Test de Jarras</i> .....	121
4.1.2.	<i>Caracterización Físico - Química y Microbiológica Después del</i> .....	124
	<i>Tratamiento del DBO<sub>5</sub></i> .....	124
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	125
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	127
	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	128
	<b>ANEXOS</b> .....	132

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.....	132
ANEXO 2.....	138
ANEXO 3.....	139
ANEXO 4.....	140
ANEXO 5.....	141
ANEXO 6.....	142
ANEXO 7.....	143
ANEXO 8.....	144
ANEXO 9.....	145
ANEXO 10.....	146
ANEXO 11.....	147
ANEXO 12.....	148
ANEXO 13.....	149
ANEXO 14.....	150
ANEXO 15.....	151
ANEXO 16.....	152
ANEXO 17.....	153
ANEXO 18.....	154
ANEXO 19.....	154
ANEXO 20.....	154
ANEXO 21.....	154
ANEXO 22.....	154
ANEXO 23.....	154
ANEXO 24.....	154
ANEXO 25.....	154
ANEXO 26.....	154

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1: COMPONENTE ORGANOLÉPTICOS .....</b>	<b>7</b>
<b>Cuadro 2: COMPONENTE FÍSICOS.....</b>	<b>8</b>
<b>Cuadro 3: PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS .....</b>	<b>9</b>
<b>Cuadro 4: PARÁMETROS QUÍMICOS .....</b>	<b>9</b>
<b>Cuadro 5: COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) .....</b>	<b>11</b>
<b>Cuadro 6: FACTORES E INFLUENCIA EN LA FORMACIÓN DE LIXIVIADO .....</b>	<b>12</b>
<b>Cuadro 7: TIPOS DE FLOCULADORES .....</b>	<b>48</b>

## INDICE DE ECUACIONES

### CAPITULO I

Ecuación 1 .....	26
Ecuación 2 .....	27
Ecuación 3 .....	27
Ecuación 4 .....	28
Ecuación 5 .....	28
Ecuación 6 .....	28
Ecuación 7 .....	28
Ecuación 8 .....	29
Ecuación 9 .....	29
Ecuación 10 .....	29
Ecuación 11 .....	30
Ecuación 12 .....	30
Ecuación 13 .....	31
Ecuación 14 .....	32
Ecuación 15 .....	32
Ecuación 16 .....	34
Ecuación 17 .....	34
Ecuación 18 .....	34
Ecuación 19 .....	34
Ecuación 20 .....	35
Ecuación 21 .....	39
Ecuación 22 .....	40
Ecuación 23 .....	40
Ecuación 24 .....	40
Ecuación 25 .....	41
Ecuación 26 .....	42
Ecuación 27 .....	42
Ecuación 28 .....	42
Ecuación 29 .....	42

<b>Ecuación 30</b> .....	<b>43</b>
<b>Ecuación 31</b> .....	<b>43</b>
<b>Ecuación 32</b> .....	<b>43</b>
<b>Ecuación 33</b> .....	<b>44</b>
<b>Ecuación 34</b> .....	<b>46</b>
<b>Ecuación 35</b> .....	<b>46</b>
<b>Ecuación 36</b> .....	<b>46</b>
<b>Ecuación 37</b> .....	<b>47</b>
<b>Ecuación 38</b> .....	<b>47</b>
<b>Ecuación 39</b> .....	<b>47</b>
<b>Ecuación 40</b> .....	<b>49</b>
<b>Ecuación 41</b> .....	<b>50</b>
<b>Ecuación 42</b> .....	<b>50</b>
<b>Ecuación 43</b> .....	<b>50</b>
<b>Ecuación 44</b> .....	<b>50</b>
<b>Ecuación 45</b> .....	<b>51</b>
<b>Ecuación 46</b> .....	<b>51</b>
<b>Ecuación 47</b> .....	<b>51</b>
<b>Ecuación 48</b> .....	<b>52</b>
<b>Ecuación 49</b> .....	<b>52</b>
<b>Ecuación 50</b> .....	<b>53</b>
<b>Ecuación 51</b> .....	<b>53</b>
<b>Ecuación 52</b> .....	<b>53</b>
<b>Ecuación 53</b> .....	<b>56</b>
<b>Ecuación 54</b> .....	<b>57</b>
<b>Ecuación 55</b> .....	<b>57</b>
<b>Ecuación 56</b> .....	<b>57</b>
<b>Ecuación 57</b> .....	<b>58</b>
<b>Ecuación 58</b> .....	<b>58</b>
<b>Ecuación 59</b> .....	<b>58</b>
<b>Ecuación 60</b> .....	<b>58</b>
<b>Ecuación 61</b> .....	<b>59</b>
<b>Ecuación 62</b> .....	<b>59</b>
<b>Ecuación 63</b> .....	<b>59</b>



<b>Ecuación 64</b> .....	<b>59</b>
<b>Ecuación 65</b> .....	<b>60</b>
<b>Ecuación 66</b> .....	<b>61</b>
<b>Ecuación 67</b> .....	<b>61</b>
<b>Ecuación 68</b> .....	<b>61</b>
<b>Ecuación 69</b> .....	<b>62</b>
<b>Ecuación 70</b> .....	<b>62</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1: INFILTRACIÓN DE AGUA DE LLUVIA E INFILTRACIÓN DE.....</b>	<b>2</b>
<b>Figura 2: RELLENO SANITARIO OPERADO CON EQUIPO .....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 3: TRACTOR ADAPTADO PARA LAS OPERACIONES .....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 4: RELLENO SANITARIO MANUAL .....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 5: UBICACIÓN DEL CANTÓN GUARANDA EN LA .....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 6: BOTADERO CURGUA.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 7: DESARENADORES DE FLUJO HORIZONTAL DE TIPO .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 8: FLOCULADOR DE FLUJO HORIZONTAL.....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 9: VISTA PLANTA DE UN SEDIMENTADOR .....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 10: CANAL SIMPLE.....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 11: TANQUE DE ALMACENAMIENTO .....</b>	<b>63</b>
<b>Figura 12: SISTEMA ACTUAL EXISTENTE EN EL SECTOR .....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 13: PRUEBA DE JARRAS.....</b>	<b>72</b>

## INDICE DE GRAFICOS

<b>Grafico 1: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DEL COLOR .....</b>	<b>118</b>
<b>Grafico 2: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LA TURBIEDAD .....</b>	<b>118</b>
<b>Grafico 3: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LA CONDUCTIVIDAD .....</b>	<b>119</b>
<b>Grafico 4: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DEL BARIO .....</b>	<b>119</b>
<b>Grafico 5: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DEL DQO .....</b>	<b>120</b>
<b>Grafico 6: RESULTADOS PROMEDIOS DE CROMO.....</b>	<b>120</b>
<b>Grafico 7: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE FLUORUROS.....</b>	<b>121</b>
<b>Grafico 8: TEST DE JARRAS TURBIEDAD 817.35 NTU.....</b>	<b>122</b>
<b>Grafico 9: TEST DE JARRAS – TURBIEDAD 204.38 NTU.....</b>	<b>123</b>
<b>Grafico 10: RESULTADO DE LOS ANALISIS DEL DBO<sub>5</sub> .....</b>	<b>124</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1:	CLASIFICACIÓN GENERAL DEL LIXIVIADO POR EDAD.....	3
Tabla 2:	COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICA TÍPICA DE DOS IXIVIADOS .....	4
Tabla 3:	TIPOS DE RELLENOS SANITARIOS Y CANTIDAD DE RESIDUOS .....	19
Tabla 4:	DENSIDAD DEL RELLENO .....	28
Tabla 5:	MEDICIÓN DE PRECIPITACIÓN.....	31
Tabla 6:	DURACIÓN MÁXIMA DE INSOLACIÓN (HORAS /DÍA) .....	33
Tabla 7:	TEMPERATURAS MENSUALES DE CIUDAD DE GUARANDA .....	34
Tabla 8:	PORCENTAJE DE ESCORRENTÍA EN FUNCIÓN DEL TIPO DE .....	35
Tabla 9:	TRATAMIENTOS DE LIXIVIADOS .....	36
Tabla 10:	DIMENSIONES DE LAS BARRAS.....	37
Tabla 11:	VALORES TÍPICOS DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD .....	52
Tabla 12:	VALORES DE LA RELACIÓN PESO ESPECÍFICO Y .....	54
Tabla 13:	PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA .....	54
Tabla 14:	CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE SEDIMENTACIÓN SEGÚN .....	56
Tabla 15:	RECOLECCIÓN DE MUESTRAS .....	65
Tabla 16:	PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN DE LIXIVIADOS .....	66
Tabla 17:	EQUIPOS MATERIALES Y EQUIPO .....	67
Tabla 18:	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS DEL LIXIVIADO .....	69
Tabla 19:	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICO DEL LIXIVIADO .....	70
Tabla 20:	VALORES FUERA DE NORMA.....	71
Tabla 21:	PROYECCIÓN FUTURA .....	106
Tabla 22:	RESULTADOS DE MEDIDOR DE CAUDALES .....	106
Tabla 23:	VALORES DE EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL .....	106
Tabla 24:	CÁLCULO DEL COEFICIENTE K.....	107
Tabla 25:	RESULTADOS DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL .....	107
Tabla 26:	RESULTADOS DE INDICE TÉRMICO MENSUAL .....	107
Tabla 27:	RESULTADOS DEL INDICE TÉRMICO ANUAL .....	107
Tabla 28:	RESULTADOS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL MENSUAL .....	108
Tabla 29:	DIMENSIONAMIENTO DE UN DESARENADOR.....	108
Tabla 30:	DIMENSIONAMIENTO DEL REACTOR ANAERÓBICO DE FLUJO ...	108
Tabla 31:	DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO PERCOLADOR.....	109

<b>Tabla 32: DIMENSIONAMIENTO DE LECHO DE SECADO.....</b>	<b>109</b>
<b>Tabla 33: RESULTADOS DE DETERMINACIÓN DE COAGULANTES .....</b>	<b>109</b>
<b>Tabla 34: RESULTADOS DE AGENTES COAGULANTES DEL SULFATO DE ....</b>	<b>109</b>
<b>Tabla 35: RESULTADOS DE FLOCULADOR HIDRÁULICO DE FLUJO.....</b>	<b>110</b>
<b>Tabla 36: RESULTADOS DE LA DOSIFICACIÓN DE HTH .....</b>	<b>110</b>
<b>Tabla 37: RESULTADOS DEL SEDIMENTADOR DE ALTA TASA .....</b>	<b>111</b>
<b>Tabla 38: DIMENSIONAMIENTO CANAL SIMPLE PARA CLORACIÓN .....</b>	<b>111</b>
<b>Tabla 39: DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE ALMACENAMIENTO .....</b>	<b>111</b>
<b>Tabla 40: PRUEBA DE JARRAS EFECTUADAS A LAS MUESTRAS CON .....</b>	<b>112</b>
<b>Tabla 41: PRUEBA DE JARRAS EFECTUADAS A LAS MUESTRAS .....</b>	<b>113</b>
<b>Tabla 42: RESULTADOS DEL TRATAMIENTO DEL LIXIVIADO.....</b>	<b>114</b>
<b>Tabla 43: PRESUPUESTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO .....</b>	<b>116</b>
<b>Tabla 44: PRESUPUESTO DE AGENTES COAGULANTES .....</b>	<b>116</b>

## **RESUMEN**

Se realizó el Diseño de una Planta de Tratamiento de Lixiviados para el Botadero de Curgua del Cantón Guaranda Provincia de Bolívar, para disminuir la contaminación del río cercano al botadero y brindar una mejor calidad de vida a los moradores del sector.

Para realizar las pruebas de caracterización físico-químicas y microbiológicas se tomaron muestras de Lixiviados a orillas del Río Guaranda durante 4 semanas utilizando el manual de Métodos HACH, una vez terminado los análisis se detectó que ciertos parámetros como el DBO<sub>5</sub>, DQO, Turbiedad, Color, Conductividad, Nitrógeno Total, Fluoruros, Cloruros, Cianuros, Bario y Oxígeno Disuelto se encuentran fuera de las normas establecidas por Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) en un 15% de concentración elevada.

De los análisis desarrollados se diseñó la planta de tratamiento de lixiviados con procesos y operaciones unitarias como un Desarenador, Reactor UASB, Un Filtro biológico percolador Floculadores, Sedimentadores, y un Tanque para su desinfección con la dosificación precisa de agentes coagulantes. Con la implementación planta de tratamiento se obtendrá un Lixiviado con bajas concentraciones químicas, dando resultados del DBO<sub>5</sub> de 86.02 mg/L, DQO de 183.80 mg/L, Turbiedad 50NTU, Color de 70UTC, Conductividad de 168.45uS/cm, Nitrógeno Total de 6.0mg/L, Fluoruros de 2.23 mg/L, Cloruros 306.62 mg/L, Cianuros de 0.06 mg/L, Bario de 0.36 mg/L y Oxígeno Disuelto de 7.92 mg/L cumpliendo con lo establecido en las normas y permitiendo su vertido a cualquier cuerpo de agua dulce.

Con la implementación de este sistema de tratamiento los líquidos dejarán de causar daño ambiental, beneficiando el desarrollo de la ciudad y permitiendo utilizar el agua para actividades agrícolas.

Se recomienda que el Gobierno Descentralizado de la ciudad de Guaranda ponga en funcionamiento y ejecución la planta de tratamiento para disminuir el impacto ambiental.

## SUMMARY

Leachable treatment plan desing for the rubbish dump in Curgua, Guaranda canton, Bolívar province was carried out in order to reduce the river pollution which is near and give a better quality of life to the dwelers of the sector.

Leachable samples from Guaranda riverbanks were taken for 4 weeks to make physic-chemical and microbiological characterization tests by using method manual HACH. When analysis finished, it was detected that parameters such as DBO5 , DQO, Turbity , Color, Conductivity, Total Nitrogen, Flourides, Chlorides, Cyanides, Barium and Dissolved Oxygen are not according to the established norms in Unified Text of Secondary Legislation of the Environment Ministry in 15% of high concentration.

From the developed analyses, leachable treatment plan with unit processes and operations like Grit chamber, UASB Reactor, a biological trickling filter, flocculation basins, sedimentation tanks and a tank to disinfect with an accurate dosage of coagulants was designed. By implementing this treatment plan, a leachable with low chemical concentrations will be gotten with the following results: 86.2 mg/L of DBO<sub>5</sub> , 183.80 mg/L of DQO, Turbity 50 NTU, Color 70 UTC, Conductivity of 168.45 uS/cm, Total Nitrogen of 6.0 mg/L, Flourides of 2.23 mg/L, Chlorides 306.62 mg/L, Cyanides 0.06 mg/L, Barium 0.36 mg/L and Dissolved Oxygen of 7.92 mg/L to comply with the norms and pour to any body of freshwater.

By using this treatment system, the liquids will not pollute to the environment but benefit the city`s development so that water will be able to be used for agriculture.

It is recommended that Decentralized government of Guaranda city make the treatment plan work and execute to reduce the environmental impact

## INTRODUCCIÓN

Se puede definir el lixiviado como el líquido que se filtra a través de los residuos sólidos y que extrae materiales disueltos o en suspensión. En la mayoría de los rellenos sanitarios el lixiviado está formado por el líquido que entra en el vertedero desde fuentes externas, fundamentalmente el agua aportada por la humedad de los residuos, por la lluvia y por infiltraciones hacia la celda de disposición.

La generación de lixiviados en los rellenos sanitarios depende de muchos factores, entre los que se encuentran el grado de compactación de los desechos, el grado de humedad inicial de la basura, el tipo de material de cubierta de las celdas, la precipitación pluvial, humedad atmosférica, temperatura, evaporación, evapotranspiración, escurrimiento, infiltración y la capacidad de campo del relleno.

La composición de los lixiviados depende del tipo de desecho confinado, del nivel de degradación de los residuos y del volumen producido. Todo cambio en la estructura y composición del relleno tiene efecto sobre las corrientes y la acumulación, de tal modo que el agua y los procesos en el relleno son magnitudes que se influyen recíprocamente. <sup>(1)</sup>

Actualmente el Cantón Guaranda carece de una Planta de tratamiento para lixiviados del botadero de Curgua, debido a este déficit existe contaminación en sus alrededores generalmente en el río Guaranda provocando una gran cantidad de agentes patógenos y disminuyendo la calidad del mismo.

La E.P- Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda tiene la necesidad de diseñar un planta de tratamiento para lixiviado que garantice la disminución de concentraciones químicas cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma del TULAS, Anexo 1; los cuales especifican los valores máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce de esta manera se busca mejorar la calidad de vida de la población.

---

<sup>1</sup> MÉNDEZ, Roger; y otros. 2002 Tratamiento de Lixiviados con carbón activado. (Redalyc)Yucatán-México. Pp.20.



## ANTECEDENTES

El Cantón Guaranda es la capital de la provincia de Bolívar ubicado a 2.668 m.s.n.m. Se le conoce como “Ciudad de las siete colinas”, debido a que está rodeada por las siguientes siete colinas: Loma de la Cruz, Loma de Guaranda, San Jacinto, San Bartolo, Talalat, Tililag y el Calvario.

Guaranda se localiza en la hoya de Chimbo en el corazón del Ecuador, se encuentra al noroeste de la provincia de Bolívar, limitada al norte por la provincia de Cotopaxi, al sur con los cantones Chimbo y San Miguel, al este las Provincias de Chimborazo y Tungurahua, y al oeste por los cantones de Las Naves, Caluma y Echeandía.

El clima varía desde los páramos fríos de 4° C a 7° C hasta subtropical cálido de 18° C a 24° C donde la temperatura promedio es de 13° C, con una superficie de 1.897,8 km<sup>2</sup> y una población 33780 habitantes.

Actualmente, Guaranda cuenta con un botadero a cielo abierto que se encuentra en la parroquia de Santa Fe, donde los residuos sólidos son recolectados y depositados en zonas excavadas al borde del río Guaranda. El material es heterogéneo, basura orgánica e inorgánica y escombros, su origen es diverso, con poca o ninguna clasificación, y con eventual compactación del material.

El botadero se localiza en el flanco externo de la colina con pendientes cuenta con un área de aproximadamente 2 hectáreas. Donde ha venido operando durante 20 años y nunca tuvo control técnico por parte del personal ni de sus administradores, durante el invierno fuerte de abril de 2010 se registró la inundación de la celda hospitalaria y el flujo torrencial por la vía que desciende a las orillas del río. <sup>(2)</sup>

Por efecto de la gravedad los materiales en el borde de la quebrada son llevados pendiente abajo, para caer a las aguas del río. Se observa procesos erosivos de socavación en la margen derecha del río.

---

<sup>2</sup>Origen de la Ciudad de Guaranda. <http://www.guaranda.gob.ec/web/>

Con el crecimiento de nuevas urbanizaciones el gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda y su E.P-Empresa Municipal se encuentra ejecutando un nuevo Sistema Integral de Gestión para la recuperación de esta zona.

## **JUSTIFICACION**

El constante aumento de la población y el incremento de residuos sólidos en la ciudad de Guaranda generan contaminación de los ríos provocada por el mal manejo y falta de tratamientos de los mismos, evidenciando un grande problema, por ejemplo la generación de malos olores y enfermedades que aquejan a las comunidades cercanas por su alto contenido de agentes patógenos y la presencia de metales pesados que causan daño a los sembradíos propios de la zona.

La finalidad del presente trabajo es Diseñar una Planta de Tratamiento para los Lixiviados generados con la implementación necesaria y el personal capacitado para el manejo de los equipos correspondientes debido a que en la actualidad Guaranda no cuenta con un sistema de este tipo. Con esto se busca disminuir los parámetros de contaminantes que exceden a la norma del TULAS Anexo 1, Libro VI de la descarga de efluentes a aguas dulces.

De la misma forma a una distancia de 2 km del botadero de Curgua se encuentra la ciudadela Marcopamba donde se hallan ejecutando estudios para la realización de un planta de tratamiento de aguas residuales que desembocan al mismo rio Guaranda, una vez tratadas estas aguas es indispensable que sigan su curso sin ser contaminadas con los lixiviados generados a unos kilómetros abajo.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, el gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda y su E.P-Empresa Municipal apoya en su totalidad para el Diseño de la Planta de Lixiviados con el objetivo de mejorar el estilo de vida de los habitantes del cantón y disminuir las concentraciones químicas del rio ajustándolos a los parámetros establecidos con los cambios y ejecuciones necesarias.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una Planta de Tratamiento de Lixiviados para el Botadero de Curgua del Cantón Guaranda Provincia de Bolívar.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diagnosticar el estado actual del Botadero de Curgua del Cantón Guaranda Provincia de Bolívar.
- Realizar la caracterización físico-química y microbiológica de los lixiviados presentes en el Botadero de Curgua.
- Determinar las variables del proceso para el diseño de la planta de tratamiento.
- Identificar los principales contaminantes en los lixiviados.
- Dimensionar la planta de tratamiento en base a cálculos de ingeniería.
- Validar el diseño con la caracterización final de los lixiviados.

## **CAPITULO I**

### **1. MARCO TEORICO**

#### **1.1. Generalidades de Lixiviados**

Se entiende por lixiviado el líquido residual que es generado en la descomposición bioquímica de los residuos o como resultado de la percolación de agua desde fuentes externas (drenaje superficial, lluvia, aguas subterráneas, aguas de manantiales subterráneos), a través de los residuos en procesos de degradación, extrayendo materiales disueltos o en suspensión.<sup>(3)</sup>

El lixiviado es el líquido contaminado que drena de un relleno sanitario, varía ampliamente en cuanto a su composición según la antigüedad del relleno y del tipo de residuos que contiene <sup>(4)</sup>

Los lixiviados pueden convertirse en fuente de peligro potencial para el agua superficial y subterránea principalmente, por lo que sería oportuna su reducción hasta un mínimo posible, para lo cual es necesario conocer el balance de agua en el relleno sanitario.

Los lixiviados generados, difieren en composición y caudal, dependiendo de algunos factores importantes que se citan a continuación:

- a) La composición de la basura
- b) Las condiciones climáticas
- c) La operación del sitio de confinamiento de los desechos y el tiempo de disposición.
- d) El sitio topográfico
- e) Capa vegetal

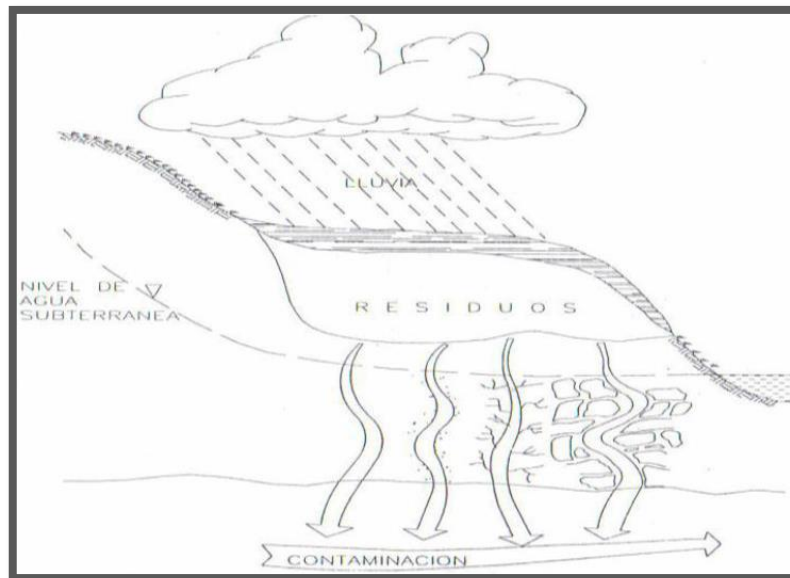
---

<sup>3</sup> Guía Ambiental. Ministerio del ambiente, 2002, pp.55

<sup>4</sup> GLYNN, Henry; GARYW. Heinke. 1999. Residuos Sólidos. pp.600.

Las condiciones ambientales son un factor que influye significativamente en la generación de lixiviados, es así que en lugares con alta precipitación, la velocidad de generación de lixiviados es mayor que en lugares donde la precipitación es baja. La cantidad de lixiviado generado depende del volumen del líquido que contengan los desechos depositados y la composición de los mismos.

**Figura 1: INFILTRACIÓN DE AGUA DE LLUVIA E INFILTRACIÓN DE LIXIVIADO**



Fuente: Sedesol (2001)

**1.1.1. Los factores que influyen en la cantidad de lixiviado son:**

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

**1.1.2. Factores que influyen en la calidad de lixiviado son:**

- Composición de desperdicios.
- Tiempo.
- Temperatura.

## 1.2. Características de los lixiviados

La composición de un Lixiviado está caracterizada por cantidades elevadas de materia orgánica (biodegradable, pero también refractaria a la biodegradación), sales orgánicas e inorgánicas, nitrógeno, metales pesados y otras sustancias químicas diluidas, variando con la edad del vertedero, las características del residuo depositado, la meteorología del lugar y modo de operación. <sup>(5)</sup>

El lixiviado es de aspecto negro de olor fuerte y penetrante, fluido y en zonas de acumulación estancamiento presenta una capa superficial de varios centímetros de espuma, dependerán de las características típicas de los residuos sólidos urbanos que lleguen al Relleno, además de varios factores como la temperatura, el contenido de humedad, la calidad y cantidad del agua que entra en contacto con la masa de residuos sólidos dispuestos, además de la edad del relleno sanitario. <sup>(6)</sup>

**Tabla 1: CLASIFICACIÓN GENERAL DEL LIXIVIADO POR EDAD**

	<b>Nuevo</b>	<b>Intermedio</b>	<b>Viejo</b>
Edad(años)	<5	5-10	>10
pH	6.5	6.5-7.5	>7.5
DQO(mg/L)	>10000	4000-10000	<4000
DBO <sub>5</sub> /DQO	>0.3	0.1-0.3	<0.1
Compuestos Orgánicos	80%(AGV)	5-30%AGV+ ácidos húmicos	Ácidos húmicos
Metales pesados	Bajo-Medio		Bajo
Biodegradabilidad	Importante	Medio	Bajo

**Fuente:** Renou, et al., 2007

Los lixiviados jóvenes contienen altas concentraciones de Nitrógeno Amoniacal (NH<sub>4</sub>-N), Carbono Orgánico Total (COT), alta Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), elevadas concentraciones de nitrógeno amoniacal estos

---

<sup>5</sup> Lixiviados de RellenosSanitarios.<http://.us.es/proyectos/abreproy/70357/fichero/9.+MARCOTEORICO.pdf>, pp. 20.

<sup>6</sup> DAVILA Marcela. 2013. Estudio del Sistema de Tratamiento de Lixiviados en el Relleno Sanitario de Lago Agrio.pp.12.

contaminantes son particularmente peligrosos si se encuentran en altas concentraciones, dentro de sistemas acuáticos.<sup>(7)</sup>

### 1.3. Generación de Lixiviados

Al filtrarse el agua a través de los residuos sólidos en descomposición, se lixivian en solución materiales biológicos y constituyentes químicos. Este proceso da lugar a la aparición de unas corrientes líquidas caracterizadas principalmente por un gran número de sustancias, con valores a menudo extremos de pH, alta carga orgánica y metales pesados, así como por su intenso mal olor.

Existen diferencias marcadas entre los lixiviados provenientes de vertederos nuevos menos de 2 años y maduros mayores de 10 años, especialmente en los valores registrados para la DBO, la DQO y los sólidos suspendidos.

**Tabla 2: COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICA TÍPICA DE DOS LIXIVIADOS DE RELLENOS SANITARIOS<sup>5491.5</sup>**

Características	Lixiviado Joven (mg/L)	Lixiviado Viejo (mg/L)
DBO5	14950	5000
DQO	22650	8180
Nitrógeno Amoniacal	200	20-40
Fosforo	25	5-10
Ph	5.2	7.3
Sulfatos,	300	20-50
Agentes Incrustantes	549	1.5
Metales Pesados	Muy altos	Bajos

**Fuente:** Giraldo E., "Manejo Integrado de Residuos Sólidos Urbanos", 1997

En la mayoría de los rellenos sanitarios, el lixiviado está formado por el líquido que entra en el relleno desde fuentes extremas (drenaje superficial, lluvia, aguas subterráneas, aguas de manantiales subterráneos) y, en su caso el líquido producido por la descomposición de los residuos.

<sup>7</sup> TCHOBANOGLOUS, George. 1994. Gestión Integral de Residuos Sólidos. pp. 1107.



Los diversos materiales confinados en los rellenos sanitarios hacen que la composición de los lixiviados sea variable, de acuerdo con la naturaleza de los mismos desechos (pH, edad, temperatura), también influyen aspectos extremos ambientales, así como la edad del relleno, la tecnología usada en la planta y la fase de estabilización en que se encuentre el desecho.

La composición media de estos líquidos varía considerablemente según áreas geográficas, edad del vertedero y tipo de residuos depositado en el mismo, pero todos coinciden en una alta carga orgánica, DQO y DBO<sub>5</sub> su principal factor contaminante. <sup>(8)</sup>

#### **1.4. Producción de Lixiviados**

En la producción de lixiviados influye reacciones fisicoquímicas (solubilización, precipitación, oxido-reducción, intercambio iónico de gases de algunos materiales contaminantes) y reacciones de degradación biológica de materiales suspendidos y disueltos que, según las condiciones del medio pueden ser aerobias o anaerobias.

En la degradación aerobia, se aprovecha la presencia del oxígeno que se encuentra en los espacios vacíos (intersticios) en las capas superiores de las pilas que están en mayor contacto con el aire; sin embargo, cuando la altura de las capas de desechos se incrementa, la transformación por vía anaerobia prevalece. <sup>(9)</sup>

#### **1.5. Factores que afectan la Generación de Lixiviados**

Para este efecto, se considerarán dos tipos de factores: aquéllos que dependen del tipo de desecho y que se consideran internos por ser inherentes al desecho y los externos, es decir, aquéllos que no dependen de la naturaleza de los residuos. Los factores internos que afectan la generación de los lixiviados son:

---

<sup>8</sup> MENDOZA FRANCISCO JOSE, IZQUIERDO GALLARDO ANTONIO. 2009. Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos. pp.276.

<sup>9</sup> TORRES, Patricia; y otros. 2005. Tratamiento anaerobio de lixiviados en reactores UASB. pp.26

### ***1.5.1. La composición de los residuos.***

Esta varía de desecho a desecho y sólo es posible conocer las características en un confinamiento controlado, en donde se tiene una planeación de los desechos que se depositarán en el lugar.

### ***1.5.2. La degradación de los residuos.***

Esto influye mucho en la concentración del lixiviado, pues varía según la naturaleza de los desechos, si son orgánicos o inorgánicos, ya que los primeros se degradan fácilmente y hacen que la generación de lixiviados sea mayor en un poco tiempo y, por lo tanto, su concentración será mayor.

### ***1.5.3. El tamaño y composición de los residuos.***

Algunas veces, para facilitar la operación de los desechos, éstos se fragmentan, haciéndolos de un tamaño uniforme; a este proceso se le llama trituración y provoca que se acelere la generación de lixiviado.

### ***1.5.4. El clima***

Uno de los factores que afecta directamente las características del lixiviado en cuanto a producción y concentración de contaminantes es el clima. Cuando llueve una parte del agua se pierde en la escorrentía superficial, otra se evapotranspira y el resto se filtra a través de los residuos sólidos del relleno siendo contaminada con los componentes orgánicos e inorgánicos que allí se encuentren, esta última entra a formar parte del lixiviado y se ve manifestado con el aumento de caudal.

## **1.6. Clasificación de lixiviados**

Los lixiviados se clasifican de acuerdo a su composición, y tanto la calidad como la cantidad de ellos varía sustancialmente entre sitios y estaciones, dependiendo de factores

como el contenido de humedad de los residuos dispuestos; la hidrogeología específica del sitio; el diseño, operación y edad del relleno sanitario; así como la biodegradabilidad relativa de los diferentes contaminantes orgánicos presentes en el relleno sanitario.

## 1.7. Métodos De Caracterización De Los Lixiviados.

Para la caracterización de los lixiviados se han tomado en cuenta dos métodos, los físico-químicos y los biológicos. En el caso de los métodos físico – químicos, estos se basan en la recolección de una muestra en la cual se determinaran tanto características químicas como físicas del lixiviado. Mientras que los métodos biológicos, se fundamentan en el estudio de comunidades de microorganismos que alteran las condiciones biológicas del lixiviado. <sup>(10)</sup>

### 1.7.1. Parámetros Físico-Químicos

Existe un amplio listado de parámetros físico – químicos que deben ser analizados en los lixiviados, a continuación se describen cada uno de estos parámetros, con la finalidad de conocer cuáles son las alteraciones que producen sobre el agua y los medios que se ven en contacto con este agente contaminante.

#### 1.7.1.1. Componentes Organolépticos

**Cuadro 1: COMPONENTE ORGANOLÉPTICOS**

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

**Fuente:** Seoanez; Manual de Tratamiento, Reciclado, Aprovechamiento y Gestión de las Aguas Residuales de las industrias Agroalimentarias; 2003.

<sup>10</sup> VELASTEGUI, Estefanía.2009. Caracterización Físico- química y Microbiológica de los Lixiviados Generados en las Composteras del parque Itchimbia.pp.20.

### 1.7.1.2. Componentes Físicos

**Cuadro 2: COMPONENTE FÍSICOS**

<b>Componente</b>	<b>Descripción</b>
<b>Ph</b>	Mide la concentración de iones hidrogeno en el agua, las variaciones de pH en las aguas afectan directamente al medio y los individuos donde están presentes estos aguas contaminadas
<b>Materiales en suspensión</b>	Las aguas residuales contienen gran cantidad de material suspendido, la determinación de este parámetro se lo hace con técnicas de filtración y centrifugación
<b>Conductividad eléctrica</b>	Esta característica está estrechamente ligada a la concentración de sustancias disueltas y a la naturaleza de las mismas.
<b>Temperatura</b>	Este parámetro influye en la solubilidad de sales y en la disociación de sales disueltas, afectando a su vez a la conductividad eléctrica y al Ph
<b>Turbiedad</b>	Esta característica del agua viene definida por la cantidad de material en suspensión que se encuentra en el agua. Cuanto más turbia está el agua, mayor es el material suspendido.

**Fuente:** Seoanez; Manual de Tratamiento, Reciclado, Aprovechamiento y Gestión de las Aguas Residuales de las industrias Agroalimentarias; 2003.

### 1.7.1.3. Parámetros Microbiológicos.

El análisis microbiológico es el método por el cual se llega a conocer la presencia o ausencia de bacterias patógenas. Entre las bacterias contaminantes del agua se encuentran el grupo de los coliformes que en general no son patógenas, pero la presencia de estas puede evidenciar la existencia de otras bacterias que si pueden ser un potencial peligro de contaminación. Los coliformes provienen de las heces fecales humanas o de animales de sangre caliente. El grupo coliformes está constituido por bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gran negativo, no esporulados que producen ácido o gas en la fermentación de la lactosa. Para la toma de muestras para el análisis microbiológico, se deben cumplir las siguientes características:

- ❖ Recipiente esterilizado
- ❖ Muestra representativa
- ❖ Evitar la contaminación
- ❖ Análisis inmediato <sup>(11)</sup>

---

<sup>11</sup> VILLEGAS FRANCISCO. 1995. Evaluación y Control de la Contaminación. pp. 23.

**Cuadro 3: PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS**

<b>Componentes</b>	<b>Descripción</b>
<b>Coliformes totales</b>	La presencia de Coliformes totales indica que el cuerpo de agua ha sido o está contaminado con materia orgánica de origen fecal, ya sea por humanos o animales.
<b>Coliformes fecales</b>	Es un indicador indirecto del riesgo potencial de contaminación con bacterias o virus de carácter patógeno, ya que las Coliformes fecales siempre están presentes en las heces humanas y de los animales.

**Fuente:** Seoanez; Manual de Tratamiento, Reciclado, Aprovechamiento y Gestión de las Aguas Residuales de las industrias Agroalimentarias; 2003.

#### 1.7.1.4. Parámetros Químicos

**Cuadro 4: PARÁMETROS QUÍMICOS**

<b>Componentes</b>	<b>Descripción</b>
<b>Nitratos</b>	Los nitratos constituyen la especie nitrogenada más abundante y de mayor interés en todo tipo de aguas, la presencia de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en aguas proceden de la disolución de rocas y minerales, de la descomposición de materias vegetales y animales, de efluentes industriales y de lixiviados. La determinación de los nitratos es importante, sobre todo para aguas de consumo humano.
<b>Nitritos</b>	Especie poco estable químicamente, su presencia en un agua suele indicar una contaminación de carácter fecal reciente. Sin embargo en ríos con contaminaciones de aguas residuales urbanas e industriales apreciables pueden medirse niveles más altos que en aguas superficiales oxigenadas
<b>Sulfatos</b>	Los sulfatos son las sales o los esteres del ácido sulfúrico. El ión sulfato es uno de los iones que contribuyen a la salinidad de las aguas, encontrándose en la mayoría de las aguas naturales en concentraciones de 100 a 1000 mg/L
<b>Sulfuros</b>	Su presencia en aguas residuales se debe a la descomposición de materia orgánica y la reducción bacteriana de los sulfatos.
<b>Fluoruros</b>	Los fluoruros son sales de ácido fluorhídrico, la exposición prolongada por ingesta a los fluoruros ocasiona diversos trastornos como fluorosis dental y fluorosis del esqueleto, con mayor incidencia de fracturas óseas en adultos.
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno, es el parámetro que mide la cantidad de oxígeno consumido en la degradación bioquímica de la materia orgánica mediante procesos biológicos aerobio.

<b>DQO</b>	Demanda Química de Oxígeno, determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica e inorgánica en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación se expresa en mgO <sub>2</sub> /L.
<b>Amonio</b>	El agua de lluvia suele presentar trazas de amonio mientras que las aguas superficiales bien aireadas, generalmente suelen contener poco NH <sub>3</sub> no más de 0,1 mg/L. Sin embargo las aguas contaminadas por vertidos residuales domésticos exhiben concentraciones mucho más elevadas hasta 50 mg/L.

**Fuente:** SEOANEZ; Manual de Tratamiento, Reciclado, Aprovechamiento y Gestión de las Aguas Residuales de las industrias Agroalimentarias; 2003.

## 1.8. Origen de Residuos Sólidos Urbanos

Los residuos sólidos son provenientes de las actividades domésticas diarias de la población. La generación de residuos sólidos ha venido variando en calidad como en composición en la medida que el desarrollo industrial se ha consolidado. Para la adecuada y correcta gestión de los residuos sólidos es fundamental conocer la composición de los mismos, ya que en función de los componentes se pueden dimensionar los sistemas de recogida selectiva y de reciclaje.

La composición varía según los elementos pero esencialmente depende del nivel de vida, de la estación de año, del modo de vida de la población, de la existencia de zonas turísticas, del clima y del día de la semana. <sup>(12)</sup>

### 1.8.1. Composición de los Residuos Sólidos Urbanos (Rsu)

La composición de los residuos sólidos urbanos puede ser muy variada y variable dependiendo de varios factores, ya que dentro de los residuos sólidos urbanos se pueden encontrar infinidad de materiales que deben identificarse correctamente para llevar a cabo una gestión eficaz.

<sup>12</sup> RIOS, Arturo. 2009. Gestión Integral de Residuos Sólidos. pp15.

### **Cuadro 5: COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)**

- Algodón
- Cartón
- Cuero
- Envases de cartón encerado
- Fibra dura vegetal
- Fibra sintéticas
- Huesos
- Hule
- Lata
- Madera
- Material de construcción
- Material ferroso
- Papel
- Pañal desechable
- Poliuretano
- Poliéster expandido
- Residuos alimenticios
- Residuos de jardinería
- Trapo
- Vidrio de color
- Vidrio transparente
- Otros.

**Fuente:** Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

#### ***1.8.2. Factores que intervienen en la composición de los Residuos Solidos***

##### *1.8.2.1. Modo y nivel de vida de la población:*

- El consumo de productos alimenticios ya preparados hace que aumente el contenido de envases y embalajes de todo tipo.

##### *1.8.2.2. Actividad de la población y características ya sea en zonas rurales o núcleos urbanos, áreas residenciales o zonas de servicios.*

- En áreas rurales se observa un predominio de productos fermentables
- En núcleos urbanos aumenta sensiblemente la cantidad de residuos de envases y embalajes (vidrio, plásticos, papel, cartón), aunque sigue predominado la materia orgánica.

- En zonas industriales predominan los residuos industriales(a veces residuos peligrosos y de residuos de envases y embalajes).

### 1.8.2.3. Climatología general de la zona y estacionalidad:

Los residuos recogidos en verano presenta un mayor contenido de restos de frutas y verduras, mientras que las escorias y ceniza procedentes de las calefacciones domesticas aumentan en invierno. El contenido en humedad es mayor en las estaciones con alta pluviosidad. <sup>(13)</sup>

**Cuadro 6: FACTORES E INFLUENCIA EN LA FORMACIÓN DE LIXIVIADOS**

FACTORES	Específicos	INFLUENCIA
Clima	Lluvia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumenta el contenido de Humedad</li> </ul>
Épocas especiales	Navidad/ año nuevo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de embalaje(Papel, cartón, plásticos, metal)</li> </ul>
	Vacaciones escolares	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de población en áreas de ciudades no turísticas</li> <li>• Aumento de población en lugares turísticos</li> </ul>
	Otros festividades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de envases de bebidas (latas, botellas de vidrio.</li> </ul>
Demografía	Población urbana	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A mayor población, mayor es la generación per cápita</li> </ul>
	Poder adquisitivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mas alto el poder adquisitivo de la población de materia reciclable es más alta y de la materia orgánica es más baja</li> </ul>
Socioeconómico	Poder adquisitivo(mensual)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor consumo de productos superfluos en fechas cercanas al pago de sueldo</li> </ul>
	Poder adquisitivo semanal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor consumo de productos superfluos durante el fin de semana</li> </ul>
	Fomento de establecimientos comerciales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de embalajes</li> </ul>

**Fuente:** Monteiro *et al.*, 2006

<sup>13</sup> TCHOBANOGLOUS y otros. 1994. Gestión integral de residuos sólidos



### **1.8.3. Tipos de residuos más importantes:**

#### *1.8.3.1. Residuos Urbanos*

Su composición varía en función de muchos elementos y en especial del hábito de vida de la población, lugares geográficos e incluso época del año.

#### *1.8.3.2. Residuos municipales:*

La generación de residuos municipales varía en función de factores culturales asociados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida de la población.

#### *1.8.3.3. Residuos industriales:*

La cantidad de residuos que genera una industria es función de la tecnología del proceso productivo, calidad de las materias primas o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, combustibles utilizados y los envases y embalajes del proceso.

#### *1.8.3.4. Residuos mineros:*

Los residuos mineros incluyen los materiales que son removidos para ganar acceso a los minerales y todos los residuos provenientes de los procesos mineros.

#### *1.8.3.5. Residuos Agrícolas*

Son residuos registrados en el ciclo productivo agrícola procedentes de granjas de explotación ganadera. Su volumen es desconocido y normalmente se procede su vertido libre, quemándolos o reuniéndolos para posterior utilización a nivel no industrial.<sup>(14)</sup>

### **1.8.4. Clasificación por tipo de manejo**

Se puede clasificar un residuo por presentar algunas características asociadas al manejo que debe ser realizado:

---

<sup>14</sup> GARRIDO, Luis y otros. 1977. Tres casos de impacto ambiental. pp.86-88.

#### *1.8.4.1. Residuo peligroso:*

Son residuos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos de manejar y disponer y pueden causar muerte, enfermedad; o que son peligrosos para la salud o el medio ambiente cuando son manejados en forma inapropiada.

#### *1.8.4.2. Residuo inerte:*

Residuo estable en el tiempo, el cual no producirá efectos ambientales apreciables al interactuar en el medio ambiente. <sup>(15)</sup>

### **1.9. Descomposición Bioquímica de los Residuos**

La descomposición en el seno de un relleno sanitario se produce básicamente en 5 fases secuenciales.

#### ***1.9.1. Fase I: Ajuste Inicial.***

En esta fase los componentes orgánicos biodegradables de los residuos sólidos urbanos (RSU) sufren descomposición microbiana mientras son descargados en el relleno sanitario. En esta fase, se produce la descomposición biológica bajo condiciones aerobias, porque hay cierta cantidad de aire atrapado dentro del cuerpo del relleno.

#### ***1.9.2. Fase II: Fase de Transición:***

Esta fase, identificada como fase de transición, disminuye el oxígeno y comienzan a desarrollarse condiciones anaerobias. Mientras el relleno sanitario se convierte en anaerobio, el nitrato y el sulfato, a menudo se reducen a gas nitrógeno y sulfuro de hidrógeno. Mientras se reduce el potencial de oxidación y reducción, los miembros de la comunidad microbiana responsables de la conversión del material orgánico de los RSU en metano y dióxido de carbono inician un proceso secuencial, con la conversión del material

---

<sup>15</sup> Clasificación de residuos por tipo de manejo, scribd. <http://es.scribd.com/doc/171685788/Edilfredo-Cerrato-Licon-Rs>. 2013-28-09.

orgánico complejo en ácidos orgánicos y otros productos intermedios. En esta fase, el pH del lixiviado, comienza a descender a causa de la presencia de ácidos orgánicos y el efecto de las elevadas concentraciones de CO<sub>2</sub> dentro del relleno sanitario.

### **1.9.3. Fase III: Fase ácida:**

En esta fase, se acelera la actividad microbiana iniciada en la fase anterior con la producción de cantidades significativas de ácidos orgánicos y pequeñas cantidades de gas de hidrógeno. El primer paso en el proceso comentado, implica la transformación, de compuestos con alto peso molecular (por ejemplo: lípidos, polisacáridos, proteínas y ácidos nucleicos) en compuestos aptos para ser utilizados por microorganismos como fuentes de energía y de carbono celular.

### **1.9.4. Fase IV:**

Esta es la fase de la fermentación del metano, un segundo grupo de microorganismos, que convierten el ácido acético y el gas de hidrógeno producidos por los formadores de ácidos en la fase ácida en CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> llegan a ser más predominantes. En algunos casos, estos microorganismos responsables de esta conversión son estrictamente anaerobios y se llaman metanos génicos o formadores de metano. En la fase IV la formación de metano y ácido se produce simultáneamente, aunque la velocidad de formación de ácidos es considerablemente más reducida.

### **1.9.5. Fase V: Fase de Maduración:**

Llamada así porque se produce después de convertirse el material inorgánico biodegradable en CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> durante la fase IV. Mientras la humedad sigue migrando a través de los residuos, se convierten porciones del material biodegradable que anteriormente no estaban disponibles.

Durante esta fase la velocidad de generación del gas en el relleno sanitario disminuye significativamente, porque la mayoría de los nutrientes disponibles se han separado con el lixiviado durante las fases anteriores, y los sustratos que quedan en el relleno sanitario son de una degradación lenta. Los principales gases que han evolucionado aquí son: CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>. Según las medidas de sellado del relleno sanitario, también pueden encontrarse pequeñas cantidades de nitrógeno y oxígeno en el gas del relleno sanitario. <sup>(16)</sup>

### ***1.9.6. La degradación de los desechos se presenta en dos fases: aeróbica y anaeróbica***

#### *1.9.6.1. Fase aeróbica:*

El proceso es fomentado, parcialmente, por el aire atrapado en el relleno, mientras las capas superficiales, incluso, reciben cierta aireación desde la atmósfera. Un factor importante es, además, la humedad, que para estos microorganismos es óptima si está en el nivel de 60%, ya que, por lo general, el contenido de humedad de los residuos sólidos municipales es de 15% a 40%, así el agua pluvial que cae al relleno tiene un papel importante en alcanzar la humedad necesaria para los bioprocesos.

Los productos de la descomposición aerobia generalmente son: dióxido de carbono, amoníaco lo que después se transformará en nitrato y agua, así como lo que resulta de la oxidación de los diversos componentes originales de los desechos. Ya que las reacciones de oxidación generalmente son exotérmicas, la temperatura interna del relleno, en corto tiempo, puede superar los 60°C. En tal temperatura, la mayor parte del contenido de humedad se evapora, por lo que, generalmente, directamente del proceso de la descomposición aerobia no se genera lixiviado.

#### *1.9.6.2. Fase anaeróbica:*

La descomposición anaerobia llega a prevalecer después del agotamiento del aire atrapado, y en las partes más profundas del relleno que están aisladas de la recarga de aire proveniente de la atmósfera. Cuando los residuos acaban en un vertedero se origina un líquido o lixiviado. Se trata de materia sólida descompuesta y microbios incluidas las bacterias causantes de enfermedades. Las filtraciones de los vertederos modernos pueden

---

<sup>16</sup>(IBIDEM) 3 pp.52.

contener también sustancias cancerígenas y sustancias químicas sintéticas si este líquido llega hasta una conducción de agua potable provocara su contaminación a largo plazo amenazando su pureza.

#### **1.9.7. Botadero de basura a cielo abierto o basurero.**

El botadero de basura es una de las prácticas de disposición final más antiguas que ha utilizado el hombre para tratar de deshacerse de los residuos que él mismo produce en sus diversas actividades. Se le llama botadero al sitio donde los residuos sólidos se abandonan sin separación ni tratamiento alguno. <sup>(17)</sup>

Un botadero a cielo abierto típico se caracteriza por todas o la mayoría de las siguientes condiciones:

- Carencia de orden y planificación
- Abundancia de riesgos físicos
- Mínima o ninguna compactación
- Ningún manejo de gas
- Incendios que generen humos
- Olores desagradables.

#### **1.9.8. Identificación de problemas y recopilación de datos**

Antes de iniciar la acción correctiva es necesario tener un conocimiento minucioso del sitio y su área de influencia. Por ejemplo se necesita información de la cantidad de residuos sólidos dispuestos la localización superficial de agua y subterránea con riesgo de contaminación, esto permitirá identificar los procedimientos de saneamiento más apropiado a desarrollar.

---

<sup>17</sup>BOTADERO A CIELO ABIERTO. <http://es.scribd.com/doc/51970419/Que-es-un-botadero-de-basura-a-cielo-abierto-o-basurero.2014/04/13>.

#### *1.9.8.1. Evaluación de alternativas*

Una vez identificado el problema, el siguiente paso consiste en identificar las alternativas técnicas más apropiadas desde el punto de vista técnico

- Extraer los residuos sólidos y el suelo contaminado y disponerlos en el nuevo relleno sanitario.
- Saneamiento del botadero en el sitio mediante actividades de conformación de celdas, cubrimiento de los residuos dispuestos para reducir la generación de lixiviados. Los bateros a cielo abierto necesitan incorporar los mismos controles ambientales con que cuentan los rellenos sanitarios manejados adecuadamente. Es la única forma de garantizar la calidad del suelo, agua, aire así como la salud y seguridad humana.

#### *1.9.8.2. Transición de un Botadero a Cielo abierto en Relleno Sanitario*

Los datos indispensables para la acción correctiva:

- ❖ Producción de Lixiviados y gases
- ❖ Métodos de rellenos
- ❖ Espesor de relleno
- ❖ Materiales de cobertura y vegetación
- ❖ Periodo de actividad del sitio

El botadero saneado y convertido en relleno sanitario deberá contar con un plan de Manejo Ambiental con actividades específicas de prevención, mitigación, corrección y compensación para cada uno de los impactos identificados.

#### **1.9.9. Relleno Sanitario.**

Son instalaciones de ingeniería diseñadas y operadas para la contención a largo plazo de desperdicios sólidos. El diseño del relleno varía según el desperdicio y la ubicación de la instalación.<sup>(18)</sup>

---

<sup>18</sup> JAMES, Michelcic; JULIE, Berth. 2011. Ingeniería Ambiental. Fundamentos. Sustentabilidad. Diseño. Zimmerman., pp.604.

**Tabla 3: TIPOS DE RELLENOS SANITARIOS Y CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS**

Tipo de Relleno Sanitario	Residuos Sólidos urbanos Ingresados (Ton/días)	Tipo de Municipio
Mecanizado	>40	Urbano
Semimecanizado	16 a 40	Urbano y semi rural
Manual	15 o menor	Rural

**Fuente:** Meléndez Carlos, “Guía Practicas para la operación de celdas diarias en rellenos sanitarios pequeños y medianos.

### 1.9.9.1. Tipos De Rellenos Sanitarios.

#### a) Relleno sanitario mecanizado.

El relleno sanitario mecanizado es aquel diseñado para las grandes ciudades y poblaciones que generan más de 40 toneladas diarias. Por sus exigencias es un proyecto de ingeniería bastante complejo, que va más allá de operar con equipo pesado. Esto último está relacionado con la cantidad y el tipo de residuos, la planificación, la selección del sitio, la extensión del terreno, el diseño y la ejecución del relleno, y la infraestructura requerida, tanto para recibir los residuos como para el control de las operaciones, el monto y manejo de las inversiones y los gastos de operación y mantenimiento.

**Figura 2: RELLENO SANITARIO OPERADO CON EQUIPO PESADO**



**Fuente:** [http://bvs.per.paho.org/curso\\_rsm/e/unidad3.html](http://bvs.per.paho.org/curso_rsm/e/unidad3.html)

#### b) Relleno sanitario semi mecanizado.

Cuando la población genere o tenga que disponer entre 16 y 40 toneladas diarias de RSM en el relleno sanitario, es conveniente usar maquinaria pesada como apoyo al trabajo manual, a fin de hacer una buena compactación de la basura, estabilizar los terraplenes y dar mayor vida útil al relleno.

**Figura 3: TRACTOR ADAPTADO PARA LAS OPERACIONES DEL RELLENO SANITARIO**



**Fuente:** [http://bvs.per.paho.org/curso\\_rsm/e/unidad3.html](http://bvs.per.paho.org/curso_rsm/e/unidad3.html)

**c) Relleno sanitario manual.**

Es una adaptación del concepto de relleno sanitario para las pequeñas poblaciones que por la cantidad y el tipo de residuos que producen.<sup>(19)</sup>

**Figura 4: RELLENO SANITARIO MANUAL**



**Fuente:** [http://bvs.per.paho.org/curso\\_rsm/e/unidad3.html](http://bvs.per.paho.org/curso_rsm/e/unidad3.html)

<sup>19</sup> TIPOS DE RELLENOS SANITARIOS.: <http://relleno.galeon.com/tipos.html>.2014/03/15



### ***1.9.10. Métodos de Construcción de un Relleno Sanitario.***

El método constructivo y la subsecuente operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno, aunque depende también del tipo de suelo y de la profundidad del nivel freático. Existen dos maneras básicas de construir un relleno sanitario.

#### *1.9.10.1. Ventajas de un relleno sanitario*

- a) Un relleno sanitario es un Método completo y definitivo, dada su capacidad para recibir todo tipo de desechos sólidos, obviando los problemas de cenizas de la incineración y de la materia no susceptible de descomposición en la compostación.
- b) Generar empleo de mano de obra no calificada, disponible en abundancia en los países en desarrollo.
- c) Recuperar gas metano en grandes rellenos sanitarios que reciben más de 200 ton/día, lo que constituye una fuente alternativa de energía.
- d) Su lugar de emplazamiento puede estar tan cerca al área urbana como lo permita la existencia de lugares disponibles, reduciéndose así los costos de transporte y facilitando la supervisión por parte de la comunidad.
- e) Un relleno sanitario puede comenzar a funcionar en corto tiempo como método de eliminación.
- f) Se considera flexible, ya que no precisa de instalaciones permanentes y fijas, y también debido a que está apto para recibir mayores cantidades adicionales de desechos con poco incremento de personal.

#### *1.9.10.2. Desventajas de un Relleno Sanitario.*

- a) La falta de conocimiento sobre la técnica del relleno sanitario.
- b) Terrenos disponibles, debiéndose ubicar el relleno sanitario en sitios alejados de las rutas de recolección, lo cual aumenta los costos de transporte.
- c) Se puede presentar una eventual contaminación de aguas subterráneas y superficiales cercanas, si no se toman las debidas precauciones.
- d) Los asentamientos más fuertes se presentan en los primeros dos años después de terminado el relleno, por lo tanto se dificulta el uso del terreno. El tiempo de

asentamiento dependerá de la profundidad del relleno, tipo de desechos sólidos, grado de compactación y de la precipitación pluvial de la zona. <sup>(20)</sup>

### ***1.9.11. Reacciones que se generan en un Relleno Sanitario***

#### *1.9.11.1. Cambios físicos.*

Los cambios físicos más importantes están asociados con la compactación de los RSM, la difusión de gases dentro y fuera del relleno sanitario, el ingreso de agua y el movimiento de líquidos en el interior y hacia el subsuelo, y con los asentamientos causados por la consolidación y descomposición de la materia orgánica depositada.

Por ejemplo, cuando el biogás se encuentra atrapado, la presión interna puede causar agrietamiento de la cubierta y fisuras, lo que permite el ingreso de agua de lluvia al interior del relleno sanitario, lo que provoca mayor generación de gases y lixiviados.

#### *1.9.11.2. Reacciones química.*

Las reacciones químicas que ocurren dentro del relleno sanitario e incluso en los botaderos de basura abarcan la disolución y suspensión de materiales y productos de conversión biológica en los líquidos que se infiltran a través de la masa de RSM, la evaporación de compuestos químicos y agua, la adsorción de compuestos orgánicos volátiles. La importancia de la descomposición de los productos orgánicos reside en que estos materiales pueden ser transportados fuera del relleno sanitario o del botadero de basura con los lixiviados.

#### *1.9.11.3. Reacciones biológica.*

Las más importantes reacciones biológicas que ocurren en los rellenos sanitarios son realizadas por los microorganismos aerobios y anaerobios, y están asociadas con la fracción orgánica contenida en los RSM. El proceso de descomposición empieza con la presencia del oxígeno (fase aerobia); una vez que los residuos son cubiertos, el oxígeno empieza a ser consumido por la actividad biológica. Durante esta fase se genera principalmente bióxido de carbono. Una vez consumido el oxígeno, la descomposición se

---

<sup>20</sup> DAVILA CIFUENTES Alexandra Marcela. 2013. Estudio del Sistema de tratamiento de lixiviados en el relleno sanitarios de Lago Agrio. pp. 9- 10.

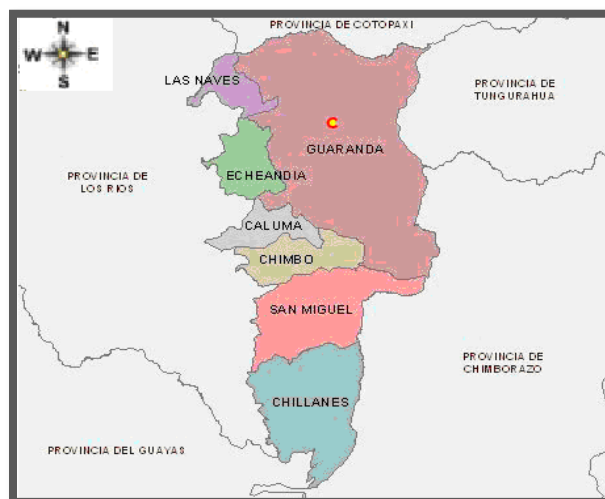
lleva a cabo sin él (fase anaerobia): aquí la materia orgánica se transforma en bióxido de carbono, metano y cantidades traza de amoníaco y ácido sulfhídrico.

## 1.10. Situación actual del Botadero de Curgua del Cantón Guaranda

### 1.10.1. Ubicación Geográfica

Guaranda se encuentra a 99 kilómetros por carretera de la ciudad de Ambato. Se ubica al noroeste de la provincia de Bolívar, en el centro de la Hoya de Chimbo.

**Figura 5: UBICACIÓN DEL CANTÓN GUARANDA EN LA PROVINCIA DE BOLÍVAR**



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

#### 1.10.1.1. Suelos

El cantón Guaranda posee una topografía accidentada y montañosa, está ubicado en la hoya de Chimbo, localizada hacia las faldas exteriores de la Cordillera Occidental de los Andes en las regiones Litoral e Interandina.

#### 1.10.1.2. Bioclimas

La cabecera cantonal está situada a 2.668 m.s.n.m., para determinar la temperatura media anual y mensual de la ciudad de Guaranda se usaron los datos otorgados por el INAMHI, tomados de la base de Laguacoto, ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Bolívar.

### *1.10.1.3. Entidad operativa del Botadero de Curgua*

El organismo encargado de velar por el buen funcionamiento Botadero es el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Guaranda.

### *1.10.1.4. Infraestructura y operación del Botadero de Curgua*

Actualmente se encuentra funcionando el Botadero a cielo abierto con descargas de los residuos donde se emplea maquinarias y con poco control de personal capacitado. En el cantón Guaranda se producen alrededor de 683 Tn/día de residuos sólidos biodegradables y no degradables los cuales en el momento se están disponiendo en su mayoría en el botadero de Curgua ubicada en la parroquia de Santa Fe.

**Figura 6: BOTADERO CURGUA**



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

## **1.11. Diseño**

Es una idea abstracta que da origen a un resultado mediante una metodología. Antes de hacer hay que conocer o imaginar. El diseño debe ser accesible, interesante, informativo y comunicativo. <sup>(21)</sup>

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño de una Planta de Tratamiento de Lixiviados para el Botadero de Curgua perteneciente al Cantón Guaranda, disminuyendo la concentración de agentes químicos con el objetivo de cumplir con las normas establecidas

---

<sup>21</sup> Concepto de Diseño. <http://es.slideshare.net/AnaListopad/concepto-en-diseno>

en el TULAS del Libro VI, Anexo 1 mejorando la calidad de vida de sus alrededores y de la población en general.

### ***1.11.1. Generalidades***

Es preciso lograr una combinación de todos y cada uno de los procesos de tratamientos de lixiviados que logre mejorar la calidad de éste, con la rentabilidad económica sustentable. Por ello es necesario tomar en cuenta las características físico –químicas que presentan para la realización del tratamiento respectivo.

Por tanto el paso inicial para efectuar un proyecto, es la realización de un estudio de factibilidad técnico, económico y financiero, cuyo objetivo primordial es justificar la elaboración del proyecto, garantizando que su ejecución se efectúe mediante un análisis de todos los factores antes mencionados.

Las especificaciones de elaboración deben garantizar una construcción económica pero durable, tomando en cuenta que los sistemas de tratamiento son usados por mucho tiempo que en este caso será 10 años, que pueda operar continuamente con uno o más servicios de mantenimiento.

### ***1.11.2. Parámetros de Diseño***

Dentro de los parámetros se definirán el desarrollo de todas las actividades que estén dentro del Diseño de la Planta de Tratamiento de Lixiviados.

#### ***1.11.2.1. Población De Proyecto.***

La población de proyecto, también denominada “población futura”, es la cantidad de habitantes que se pretende tengan servicio tomando en cuenta el porcentaje de crecimiento de la población.

Existen varios métodos por medio de los cuales se puede calcular la población de proyecto, siendo algunos de ellos, Método Gráfico, Aritmético, Geométrico, de Incrementos Diferenciales, Malthus, Crecimiento por Comparación, Ajuste por Mínimos Cuadrados.

#### *1.11.2.2. Periodo De Diseño*

Se ha proyectado para satisfacer las necesidades de una población en estudio la PTL tendrá un lapso de tiempo de 10 años, denominado periodo de diseño, tiempo necesario para solucionar las necesidades de servicio del Cantón Guaranda.

#### *1.11.2.3. Áreas De Cobertura*

El área de cobertura actual en la ciudad de Guaranda es del 80 %, en el sector urbano, determinándose según la caracterización efectuada y tomadas de la Dirección y Gestión Ambiental Guaranda.

### **1.11.3. Calculo De La Población Futura Para El Diseño**

#### *1.11.3.1. Población Actual*

De acuerdo al censo poblacional realizado el 28 de Noviembre del 2010 por el INEC, el cantón Guaranda tiene una población de 33760 habitantes con una tasa de crecimiento poblacional de 1.95 %.

#### *1.11.3.2. Población Futura*

Para obtener los datos de la población futura empleamos el método de crecimiento geométrico o exponencial, dado que la población crece a una tasa constante, lo que significa que aumenta proporcionalmente lo mismo en cada período de tiempo, pero en número absoluto. El crecimiento geométrico se describe a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 1} \quad N_t = N_0 \left( 1 + \frac{r}{100} \right)^t$$

#### **Dónde:**

No: Población al inicio del período, (habitantes).

Nt: Población futura, resultado de la proyección, (habitantes).

r: Tasa media anual de crecimiento, (%).

t: Número de años que se va a proyectar la población, (años).

Los datos son tomados de la Dirección de Gestión Ambiental Guaranda (GAD) donde la población actual es de 33760 habitantes del Cantón Guaranda.

### 1.11.3.3. Producción per cápita

Es la producción per cápita de los desechos sólidos (basura) que se puede estimar globalmente de una población. Datos tomados de la Dirección de Gestión Ambiental Guaranda (GAD) Cantidad de desechos sólidos recolectados en una semana es de 4786897.92 (kg/semana).

$$\text{Ecuación 2} \quad ppc = \frac{\text{Dsr semana}}{\text{Pob}+7+\text{Cob}}$$

#### **Dónde:**

Dsr semana: Cantidad de desechos sólidos recolectados (kg/semana)

Pob: Población área urbana (habitantes)

7: días de la semana

Cob: Cobertura del servicio de aseo (%)

### 1.11.3.4. Cobertura de Diseño

El cubrimiento diario de los residuos y la cobertura final del relleno sanitario con tierra es de vital importancia para el éxito de esta obra. Ello debe cumplir las siguientes funciones:

- Minimizar la presencia y proliferación de moscas y aves.
- Impedir la entrada y proliferación de roedores.
- Evitar incendios y presencia de humos.
- Reducir los malos olores.

$$\text{Ecuación 3} \quad \text{Cob} = \frac{\text{Pob A}}{\text{Pt}} \times 100$$

#### **Dónde:**

Cob: Cobertura de diseño (%)

Pob A: Población atendida

Pt: Población total

### 1.11.3.5. Producción Total de sólidos

El conocimiento de la producción de desechos sólidos nos permite establecer entre otros cuales deben ser los equipos de recolección más adecuados, la cantidad de personal, las rutas, las frecuencias de recolección, la necesidad de área para la disposición final, los costos y el establecimiento de la tarifa o tasa de aseo.

**Ecuación 4**       **$D_{Sp} = P_{ob} \times p_{pc}$**

**Dónde:**

$D_{Sp}$ : Cantidad de desechos sólidos producidos (kg/día)

$P_{ob}$ : Población área urbana (habitantes)

$C_{ob}$ : Cobertura del servicio de aseo (%)

*1.11.3.6. Volumen diario de residuos solidos*

**Ecuación 5**      **Volumen diario =  $\frac{D_{Sp}}{D_{rsm}}$**

**Dónde:**

$D_{Sp}$ : Cantidad de desechos sólidos producidos (kg/día)

Volumen diario: m<sup>3</sup>/dia

$D_{rsm}$ : Densidad del Relleno Sanitario recién compactados.

**Tabla 4: DENSIDAD DEL RELLENO**

Diseño	Densidad Kg/m <sup>3</sup>	Densidad Kg/m <sup>3</sup>
Basura recién compactada	400-500	450
Basura estabilizada en el relleno sanitario	500-600	550

Fuente: Castillo 1994

*1.11.3.7. Volumen anual compactado*

**Ecuación 6**       **$V_{ac} = Vol. \text{ diario} \times 365$**

**Dónde:**

$V_{ac}$ : Volumen anual compactado (m<sup>3</sup> /año)

Vol. Diario: Volumen diarios (m<sup>3</sup>/día)

*1.11.3.8. Volumen de material de cobertura*

**Ecuación 7**       **$mc = V_{ac} \times K$**



**Dónde:**

mc: material de cobertura ( $m^3$  /año)

Vac: Volumen anual compactado ( $m^3$  /año)

K: constante de los desechos recién compactados

*1.11.3.9. Volumen de relleno sanitario*

$$\text{Ecuación 8} \quad \mathbf{Vrs = Vae + mc}$$

**Dónde:**

Vrs: Volumen de relleno sanitario ( $m^3$  /año)

Vae: Volumen anual estabilizado ( $m^3$  /año) la Dirección de Gestión Ambiental Guaranda.

mc: material de cobertura ( $m^3$  /año)

*1.11.3.10. Calculo del área requerida*

$$\text{Ecuación 9} \quad \mathbf{Ars = \frac{Vrs}{hrs}}$$

**Dónde.**

Ars: Área del relleno sanitario  $m^2$

Vrs: Volumen de relleno sanitario ( $m^3$  /año)

hrs: Hectáreas de relleno sanitario (m)

*1.11.3.11. Calculo del área total*

$$\text{Ecuación 10} \quad \mathbf{AT = F \times Ars}$$

**Dónde:**

AT: área total requerida  $m^2$

F: Factor de aumento del área adicional requerida para las vías de penetración, áreas de retiro de linderos, esta entre el 20-40 % del área que se debe rellenar.

Ars: Área del relleno sanitario  $m^2$

*1.11.3.12. Volumen de los residuos sólidos proyectados (10 años)*

**Ecuación 11**       $VRuv = n \times Vrs$

**Dónde:**

VRuv: Volumen de los residuos solidos m<sup>3</sup>

n: Número de años del proyecto

Vrs: Volumen del relleno sanitario m<sup>3</sup>

**1.11.4. Cálculo de los Caudales de Diseño**

*1.11.4.1. Calculo de caudal del Lixiviado por el Método Suizo*

Permite estimar de manera rápida y sencilla el caudal de lixiviado o líquido Percolado se aplica la siguiente ecuación:

**Ecuación 12**       $Q = \frac{1 \times P \times A \times K}{t}$

**Dónde:**

Q: Caudal de lixiviado L/seg

P: Precipitación media anual (mm/año)

A: Área superficial del relleno m<sup>2</sup>

t: Numero de segundos al año

K: Coeficiente que depende del grado de compactación de la basura cuyos valores recomendables son los siguientes:

- ✓ Para rellenos débiles compactados con peso específico de 0.4 a 0.7 t/ m<sup>3</sup> se estima una producción de lixiviado entre 25 y 50% (K= 0.25 a 0.50) de precipitación media anual correspondiente al área del relleno.
- ✓ Para rellenos fuertemente compactados con peso específico > 0.7 t/ m<sup>3</sup>, se estima una generación de lixiviado entre 15 y 25%( K= 0.15 a 0.25) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno.
- ✓ La precipitación dato tomada de la Dirección de turismo de Guaranda cuyo valor es 1895 mm/año.

### 1.11.5. Cálculo del Caudal por un Balance Hídrico

El Balance Hídrico implica la suma de todas las cantidades de agua que entra en el relleno y la sustracción de las cantidades de agua consumidas en las reacciones químicas, así como la cantidad que sale en forma de vapor de agua.

#### 1.11.5.1. Calculo de la Infiltración en el relleno sanitario

Para realizar el Balance Hídrico empezamos con la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 13} \quad I = P - E - ETr$$

#### Dónde:

I: Infiltración

P: Precipitación

E: Escorrentía

ETr: Evapotranspiración real

- ✓ La precipitación dato tomada de la Dirección de turismo de Guaranda cuyo valor es 1895 mm/año.

**Tabla 5: MEDICIÓN DE PRECIPITACIÓN**

Precipitación anual (mm/año)	Medición de precipitación		
	Mes Marzo	Mes Abril	Mes Mayo
1895	157.79	157.8	157.79
<b>Promedio</b>			<b>157.79</b>

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

#### 1.11.5.2. Evapotranspiración Potencial (ETP) (Método De Thornthwaite)

La evapotranspiración potencial se puede definir como la cantidad máxima de agua que puede ser perdida por la evaporación del suelo y la transpiración de las plantas que la recubren que puede ser liberada a la atmosfera. <sup>(22)</sup>

<sup>22</sup> SANCHEZ, Marcela; CARVACHO Luis. Estimación de evapotranspiración potencial, TEP, a partir de imágenes NOAA-AVHRR en la región del Libertador General Bernardo O'Higgins. 2006.pp.51.

Los métodos más comunes para estimar la (ETP) son:

- ✚ Método de Thornthwaite
- ✚ Método de Truc
- ✚ Método de Blaney y Criddle
- ✚ Racional utilizando la curva de Hansen
- ✚ Tanque evaporímetro
- ✚ Grassi y Christensen

#### *1.11.5.3. Evapotranspiración Potencial (Método De Thornthwaite)*

Thornthwaite definió el concepto de evapotranspiración potencial como el máximo de evapotranspiración que depende únicamente del clima.

$$\text{Ecuación 14} \quad \text{ETp} = \text{K} \times \text{E}$$

**Dónde:**

ETp: Evapotranspiración Potencial mensual (mm)

K: Coeficiente de corrección

E: Evaporación potencial diaria (mm)

#### *1.11.5.4. Calculo del coeficiente K*

$$\text{Ecuación 15} \quad \text{K} = \frac{\text{N}}{12} \times \frac{\text{d}}{30} \times \mathbf{d}$$

**Dónde:**

N: Duración máxima de la insolación (horas/día) en función de la latitud ver la tabla 6

d: Número de días en el mes. Ver la tabla: 6

**Tabla 6: DURACIÓN MÁXIMA DE INSOLACIÓN (HORAS /DÍA) EN VARIOS MESES DEL AÑO, VALOR DEL DÍA 15 DE CADA MES, ENTRE LAS LATITUDES DE 0 SUR, UTILIZADOS EN LOS CÁLCULOS DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POR EL MÉTODO DE THORNTHWAITE**

Latitud	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
O sur	12.2	12.1	<b>12</b>	<b>12.1</b>	<b>12</b>	11.9	12.2	12.1	12.3	12.1	12.2	12.3
6 Sur	12.4	12.3	12.1	12	11.9	11.7	11.8	11.9	12.1	12.2	12.4	12.5
8 sur	12.5	12.4	12.1	11.9	11.7	11.6	11.7	11.9	12.1	12.3	12.5	12.6
10 Sur	12.6	12.4	12.1	11.9	11.7	11.5	11.6	11.8	12	12.3	12.6	12.7
20 Sur	13.2	12.8	12.2	11.6	11.2	10.9	11	11.4	12	12.5	13.2	13.3
30 Sur	13.1	13.1	12.3	11.4	10.3	10.2	10.4	11	11.9	12.6	13.6	14.1
Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Días	31	28	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	30	31	31	30	31	30	31

Fuente: Castillo 1994

#### 1.11.5.5. Evapotranspiración potencial diaria

$$\text{Ecuación 16} \quad E = 16 \times \left(\frac{10T}{I}\right) \times a$$

**Dónde:**

T: Temperatura media mensual (°C)

I: Índice térmico anual se calcula con la ecuación 18.

a: Coeficiente adimensional para el caso del relleno sanitario se ha tomado el valor de 0.025 (valor recomendado para latitudes Sur de 0 a 2°C)

#### 1.11.5.6. Índice térmico mensual

$$\text{Ecuación 17} \quad i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.5}$$

**Dónde:**

i: Índice térmico mensual

T: Temperatura en °C: Ver la tabla 7

**Tabla 7: TEMPERATURAS MENSUALES DE CIUDAD DE GUARANDA**

Temperatura °C	Marzo	Abril	Mayo
	13	14	12

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

#### 1.11.5.7. Cálculo del Índice térmico anual

$$\text{Ecuación 18} \quad I . \text{ termico anual} = \Sigma i$$

**Dónde:**

$\Sigma i$ : Sumatoria del índice térmico mensual

#### 1.11.5.8. Evapotranspiración real mensual

$$\text{Ecuación 19} \quad ETr = Pm - Etp$$

**Dónde:**

Pm: Precipitación mensual (mm)

Etp: Evapotranspiración Potencial mensual (mm)

#### 1.11.5.9. Escorrentía

El porcentaje de precipitación que fluye hacia el relleno sanitario desde tierras altas adyacentes y desde el relleno hacia tierras bajas se calcula utilizando una estimación de la escorrentía. Ver la tabla 8

**Tabla 8 PORCENTAJE DE ESCORRENTÍA EN FUNCIÓN DEL TIPO DE COBERTURA TIPO DE SUELO Y PENDIENTE**

Condición de la superficie	Pendiente %	Porcentaje de escorrentía		
		Arena	Tierra Arcilla	Arcilla
Pasto o capa de tierra compactada				
Plano	0-5	10	30	40
Inclinado	5-10	16	36	55
Montañoso	10-30	22	42	60
Sin vegetación, no compactada				
Plano	0-5	30	45	60
Inclinado	5-10	40	57	70
Montañoso	10-30	52	72	82

**Fuente:** Castillo 1994

Para el caso del relleno sanitario que no dispone de una vegetación y tiene una cobertura semi compactada con una pendiente de rango del 5-10% que se lo clasifica como inclinado con un tipo de superficie de tierra arcillosa, el porcentaje de escorrentía según la metodología antes expuesta es del 57% por tanto su escurrimiento es de 19.45mm. <sup>(23)</sup>

#### 1.11.5.10. Cálculo del Balance Hídrico

**Ecuación 20**

$$LL = I - Ret$$

<sup>23</sup> LOPEZ FABARA Luis. 2011. Diagnóstico, Caracterización y Propuesta de tratamiento de los lixiviados generados en el relleno sanitario de la ciudad de Ambato. pp. 119.

**Dónde:**

I: Infiltración

Ret: Capacidad de retención del agua.

LL: Balance Hídrico (L/s)

**1.12. Tratamiento de Lixiviados.**

La variabilidad en cuanto a la cantidad y calidad del lixiviado de un lugar a otro, y en cada relleno a medida que las estaciones cambian y el relleno envejece, hace del tratamiento del lixiviado un problema mucho más difícil que el tratamiento de aguas residuales municipales.<sup>(24)</sup>

Previo a los análisis físicos, químicos y microbiológicos realizados a las muestras de Lixiviados tomadas del Botadero de Curgua del Cantón Guaranda se detallan a continuación las opciones de tratamientos

**Tabla 9: TRATAMIENTOS DE LIXIVIADOS**

Etapas	Proceso de tratamiento	Función
Pretratamiento	Sistema de rejilla y Desarenador	Es la retención de arenas y solidos gruesos presentes
Tratamiento Biológico	Reactor Anaerobio UASB y Filtro Biológico	Degradación de la materia orgánica existente
Tratamiento Físico	Lecho de Secado	Secado de lodos
Tratamiento Físico-Químico	Coagulación-Floculación	Formación de Flóculos
	Desinfección	Eliminación de microorganismos patógenos del agua

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

<sup>24</sup> GLYNN Henry; GARYW Heinke. 1999. Residuos Sólidos. pp.. 607.



### 1.12.1. *Pretratamiento*

Engloba a aquellos procesos que se sitúan a la entrada de la planta depuradora para eliminar residuos sólidos, arena y grasa que de no ser separados dañarían mecánicamente los equipos de las siguientes fases de tratamiento y sedimentarían en las tuberías y conductos de la instalación obstruyendo o bien producirían pérdidas de eficacia.

#### 1.12.1.1. *Rejillas*

Son dispositivos formados por barras metálicas paralelas, del mismo espesor e igualmente separadas. Se destinan a la remoción de sólidos gruesos en suspensión como cuerpos flotantes. Tienen la finalidad de proteger los dispositivos de transporte de aguas residuales contra la obstrucción como ser bombas, cámaras de inspección, tuberías, piezas especiales, etc.

**Tabla 10: DIMENSIONES DE LAS BARRAS**

TIPOS DE REJILLAS	BARRAS	
	Espesor(pulgadas)	Espaciamiento(centímetros)
Rejas gruesas	1/2- 3/8	4-10
Rejas medianas	5/16-3/8	2-4
Rejas finas	1/4 -5/16	1-2

Fuente: Álvaro Mercado Guzmán, Santa Cruz, agosto 2013

#### 1.12.1.2. *Tipos de rejas*

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

#### 1.12.1.3. *Las rejillas de limpieza manual*

Son usadas en instalaciones pequeñas, son de rejillas gruesas y de grandes espacios, pues no se esperan grandes volúmenes de sólidos. La rejilla debe tener un ángulo de inclinación de 30 a 45 grados con respecto a la horizontal

#### 1.12.1.4. *Las rejillas de limpieza mecánica*

Se usan en grandes instalaciones con caudales del orden de 250 l/s.

### 1.12.1.5. Inclinación de las barras

Las barras de limpieza manual tienen una inclinación general entre 45 y 60. Las rejillas se inclinan para evitar que el material desprendido del rastrillo de limpieza se desprenda y retorne al canal.

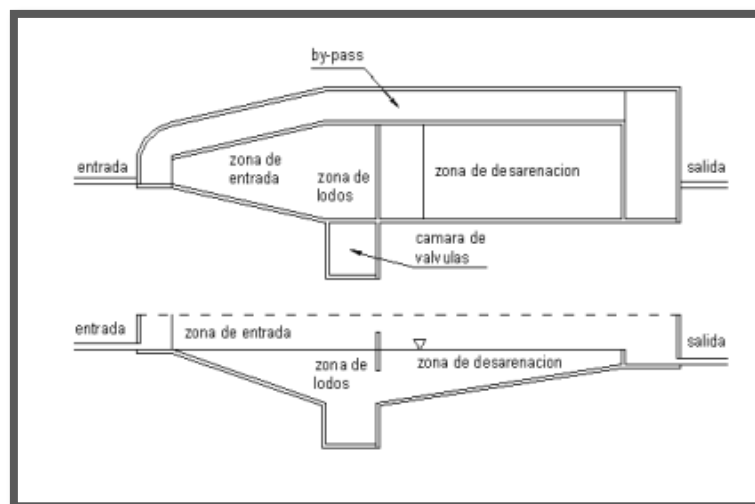
### 1.12.2. Tanque Desarenador

El Desarenador es un equipo cuya función es la separación física, por diferencia de gravedad, de las grasas y los aceites de origen vegetal y animal y al mismo tiempo se decantan los sólidos de mayor tamaño. Por lo tanto es un Pretratamiento para la estación depuradora.

#### 1.12.2.1. Desarenadores de flujo horizontal de tipo canal

El desarenador más antiguo es el de flujo horizontal de tipo canal con velocidad controlada. Este desarenador opera en práctica a velocidades cercanas a 1.0 pie/s (0.3 m/s), proporcionando tiempo suficiente para que las partículas de arena sedimenten en el fondo del canal. Bajo condiciones ideales, la velocidad de diseño debe permitir la sedimentación de las partículas más pesadas, mientras que las partículas orgánicas pasan a través del sedimentador.

**Figura 7: DESARENADORES DE FLUJO HORIZONTAL DE TIPO CANAL**



**Fuente:** Álvaro Mercado Guzmán, Santa Cruz, agosto 2013

### 1.12.2.2. Partes del Desarenador

- **Zona de entrada**

La zona de transición de entrada, la cual une el canal con el desarenador, tiene como función el conseguir una distribución uniforme de las líneas de flujo dentro de la unidad, uniformizando a su vez la velocidad

- **Zona de desarenación**

Cámara de sedimentación, en la cual las partículas sólidas caen al fondo por la acción de la gravedad, debido a la disminución de la velocidad producida por el aumento de la sección.

- **Zona de salida**

Conformado por un vertedero de rebose al final de la cámara sobre el cual pasa el agua limpia hacia el canal, las capas superiores son las que primero se limpian, es por esto que la salida del agua desde el desarenador se hace por medio de un vertedero, que hasta donde sea posible debe trabajar con descarga libre. Diseñado para mantener una velocidad que no altere el reposo de la arena sedimentada, La velocidad límite es 1 m/s., para evitar turbulencias.

- **Zona de depósito y eliminación de la arena sedimentada**

Constituida por una tolva con un gradiente del 2 al 6 % que permita el deslizamiento de la arena hacia el canal de limpieza de los sedimentos, esta gradiente no se incluye en el tirante de cálculo, si no que el volumen adicional se lo toma como depósito para las arenas sedimentadas; para el diseño del sedimentador tomamos en cuenta los cálculos a continuación:

### 1.12.3. Cálculo de diseño para un desarenador.

#### 1.12.3.1. Velocidad de sedimentación por la Ley de Stokes

$$\text{Ecuación 21} \quad V_s = \frac{g(\rho_p - \rho)d_p^2}{18\mu}$$

**Dónde:**

Vs: Velocidad de sedimentación (Ley Stokes)

g: gravedad (m/s<sup>2</sup>)

d: Diámetro de las partículas (mm)

$\rho_p$  = Densidad de la partícula (Kg/m<sup>3</sup>)

$\rho$  = densidad del líquido (Kg/m<sup>3</sup>) a 17°C

$\mu$  = viscosidad del líquido a 17°C (Kg/m.s)

#### 1.12.3.2. Numero de Reynolds

$$\text{Ecuación 22} \quad \text{Re} = \frac{V_s \times d}{\mu}$$

**Dónde:**

Re: Número de Reynolds

Vs: Velocidad de sedimentación (m/s)

d: diámetro de la partícula (m)

$\mu$ : Viscosidad cinemática (m<sup>2</sup>/s)

#### 1.12.3.3. Coeficiente de arrastre

$$\text{Ecuación 23} \quad C_d = \frac{24}{\text{Re}} + \frac{3}{\sqrt{\text{Re}}} + 0.34$$

**Dónde:**

Cd: Coeficiente de arrastre

Re: Número de Reynolds

#### 1.12.3.4. Calculo del área de superficial

$$\text{Ecuación 24} \quad A_s = \frac{Q}{V_s}$$

**Dónde:**

Vs: Velocidad de sedimentación (m/s)

Q: Caudal (L/s)

As: Área del superficial

#### 1.12.3.5. Tiempo de Retención Hidráulico

$$\text{Ecuación 25} \quad \text{THR} = \frac{V}{Q}$$

**Dónde:**

THR: Tiempo de retención hidráulico (h)

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

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

#### 1.12.4. Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (UASB)

Los reactores UASB son un tipo de biorreactor tubular que operan en régimen continuo y en flujo ascendente. El afluente entra por la parte inferior del reactor, atraviesa todo el perfil longitudinal, y sale por la parte superior. Son reactores anaerobios en los que los microorganismos se agrupan formando biogránulos. En los sistemas anaerobios de flujo ascendente, y bajo ciertas condiciones, se puede observar que las bacterias pueden llegar a agregarse de forma natural formando flóculos y gránulos. Estos agregados poseen unas buenas cualidades de sedimentación.

La retención de fango activo, ya sea en forma granular o formando flóculos, hace posible un buen tratamiento incluso con altas cargas orgánicas. El movimiento natural causado por el propio caudal del influente y de la producción de biogás hace posible un buen contacto entre el agua residual y el fango biológico, el biogás es captado bajo una campana y conducido hacia la superficie del reactor.

La mayoría de los procesos anaeróbicos (digestión de sólidos) tiene lugar en dos rangos específicos de temperatura mesofila y termofílica los rangos de temperatura son de orden de 85°F-100°F (30°C-38°C) y 120°F-135°F (38°C-50°C) respectivamente. Si el intervalo de temperatura cambia, es necesario arrancar el reactor de nuevo.<sup>(25)</sup>

---

<sup>25</sup> RUSSELL, David. 2012. Tratamiento de aguas residuales. Pp. 200.

### 1.12.5. Cálculo para el diseño del reactor UASB

#### 1.12.5.1. Área del reactor

$$\text{Ecuación 26} \quad \text{AR} = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

**Dónde.**

AR: Área del reactor (m<sup>2</sup>)

D<sup>2</sup>: Diámetro estimado del reactor (m)

π: Factor pi

#### 1.12.5.2. Volumen del reactor

$$\text{Ecuación 27} \quad \text{VR} = \text{AR} \times \text{H}$$

**Dónde:**

VR: Volumen del reactor (m<sup>3</sup>)

AR: Área del reactor (m<sup>2</sup>)

H: Altura del UASB (m/s)

#### 1.12.5.3. Tiempo de retención

$$\text{Ecuación 28} \quad \text{THR} = \frac{V_r}{Q}$$

**Dónde:**

THR: Tiempo de retención hidráulico (h)

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

V<sub>r</sub>: Volumen del reactor (m<sup>3</sup>)

#### 1.12.5.4. Carga Hidráulica

$$\text{Ecuación 29} \quad \text{CH} = \frac{Q}{\text{AR}}$$

**Dónde:**

CH: Carga hidráulica

Q:m<sup>3</sup>/h

AR: Área del reactor (m<sup>2</sup>)

### **1.12.6. Diseño De La Campana Del Reactor UASB.**

Una parte importante en el diseño de un reactor UASB es la campana o separador de gas , líquido y sólidos, que es fundamental para lograr un buen funcionamiento a fin de mantener un lodo sedimentable en su mayoría granular un efluente tratado libre de gas y gases adecuados separados <sup>(26)</sup>

#### *1.12.6.1.Velocidad de flujo de campana*

$$\text{Ecuación 30} \quad V_{fc} = 4CH$$

**Dónde:**

V<sub>fc</sub>: Velocidad de flujo en la campana (m/h)

4CH: Carga hidráulica

#### *1.12.6.2.Área de abertura*

$$\text{Ecuación 31} \quad A . \text{Abertura} = \frac{Q}{V_{fc}}$$

**Dónde:**

A. Abertura: Área de abertura (m<sup>2</sup>)

Q:m<sup>3</sup> /h

V<sub>fc</sub>: Velocidad de flujo en la campana (m/h)

#### *1.12.6.3.Área de la sección transversal*

$$\text{Ecuación 32} \quad A_c = AR - A \text{ abertura}$$

**Dónde:**

A<sub>c</sub>: Área de la campana (m<sup>2</sup>)

---

<sup>26</sup> CAICEDO, Francisco; Ordoñez, Juan. 2003. Remoción de materia orgánica de lixiviados del rellenos sanitario La Esmeralda por medio de un reactor UASB .pp. 96.

A. Abertura: Área de abertura ( $m^2$ )

AR: Área del reactor ( $m^2$ )

### **1.12.7. Filtro Biológico**

Consiste en un moderno lecho formado por un medio permeable al que se adhieren los microorganismos y a través del cual se filtra el agua residual.

Existen filtro percoladores que utilizan unos medios filtrantes plásticos pueden tener diversas formas habiéndose construido filtros circulares, cuadrados y de otras formas diversas con profundidades entre 4 a 12 metros. Suelen emplear tres tipos de medios filtrantes plásticos: relleno de flujo vertical y rellenos de flujo transversal. La comunidad biológica presente en un filtro se compone principalmente de bacterias facultativas como hongos, algas y protozoo cuya misión es descomponer la materia orgánica del agua residual.

#### **1.12.7.1. Calculo del Área del Filtro Percolado**

Un filtro Percolado es una cama de grava o un medio plástico sobre cual se rocía las aguas negras pres tratados. En este sistema de filtro percolador, los microorganismos se apegan al medio del lecho y forma una capa biológica sobre este. Para este cálculo asumimos que tiene una altura de 2.80 m, una profundidad de 1.80 m y un ancho de 1.20 calculamos el área con la siguiente ecuación.

$$\text{Ecuación 33} \quad A = Q \left( \frac{-\ln S_e/S_i}{KD} \right)^{1/n}$$

#### **Dónde:**

A: Área del reactor  $m^2$

Q: Caudal  $m^3/min$

Se: DBO<sub>5</sub> efluente (mg/L)

Si: DBO<sub>5</sub> afluente (mg/L)

K: Coeficiente de tratabilidad  $m^3/min$

D: Altura del filtro (m)



n: 0.5

Asumiendo un coeficiente de tratabilidad de  $0.058m^3/min$

### **1.12.8. Coagulación**

Consiste en desestabilizar los coloides por neutralización de sus cargas dando lugar a la formación de un floculo o precipitado. El término coágulo se refiere a las reacciones que suceden al agregar un reactivo químico o coagulante en el agua originando productos insolubles.

El coagulante por lo general debe ser aplicado en el sitio de la mezcla rápida, la coagulación se utiliza para reducir el color, la turbiedad, los microorganismos.

#### *1.12.8.1. Aplicación de Coagulantes*

Existe un gran número de sustancias que son utilizadas como coagulantes inorgánicos por ejemplo:

- **Poli cloruro de aluminio:**

Abreviado generalmente como PAC es usado como coagulante en el proceso de potabilización de las aguas para consumo humano, en el tratamiento de aguas residuales, en la industria del papel y en la industria del cuero. Producto obtenido por reacción de hidróxido de aluminio con ácido clorhídrico en cantidades y condiciones adecuadas.

- **Sulfato de Aluminio**

Puede estar en forma sólida o líquida. La sólida se presenta en placas compactadas gránulos de diversos tamaños y polvo. Su fórmula teórica es  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ . Su concentración se define en general por su contenido en alúmina expresada en  $Al_2O_3$  es decir el 17% aproximadamente. La densidad aparente del sulfato de aluminio en polvo es del orden  $1000kg/m^3$ . El Sulfato de aluminio es una sal derivada de una base débil de (hidróxido de aluminio) y de un ácido fuerte (ácido sulfúrico) por lo que sus soluciones acuosa son muy acidas. Por esta razón su almacenamiento debe hacerse en un lugar seco libre de humedad. <sup>(27)</sup>

---

<sup>27</sup> BARRENECHEA Martel. 2004. Coagulación Química. pp. 174-175.

- **La Cal:**

Están vinculados al tratamiento de agua potable e industrial, tratamiento de las aguas del alcantarillado y sus lodos, recuperación de suelos contaminados con hidrocarburos y solventes químicos, desulfuración de los gases de la combustión, tratamiento de los residuos sólidos y sus lixiviados e indirectamente la estabilización o transformación de suelos inestables y expansivos en suelos aptos para servir de base de pavimentos.

#### *1.12.8.2. Cálculo de la cantidad requerido del PAC*

Para la dosificación necesaria se calcula por la siguiente ecuación

$$\text{Ecuación 34} \quad P2_{PAC} = \frac{C1_{PAC} \times P1_{PAC}}{C2}$$

**Dónde:**

P<sub>1</sub>: Cantidad inicial de PAC (Kg)

C<sub>1</sub>: Concentración de PAC (g/L)

C<sub>2</sub>: Concentración de PAC requerido (g/L)

#### *1.12.8.3. Cálculo para el volumen requerido de agua*

$$\text{Ecuación 35} \quad V2 = P2_{PAC} \times \frac{V1}{P1_{PAC}}$$

**Dónde:**

P<sub>1</sub>: Cantidad inicial de PAC (Kg)

V<sub>1</sub>: Volumen de dilución inicial (L)

P<sub>2</sub>: Cantidad de PAC requerido:

#### *1.12.8.4. Cálculo de la concentración de la solución*

$$\text{Ecuación 36} \quad C_{Sln} = \frac{P2_{PAC}}{V2}$$

**Dónde:**

V<sub>2</sub>: Volumen de disolución requerida (L)

P<sub>2</sub>: Cantidad de PAC requerido (g)

#### 1.12.8.5. Cálculo del caudal de dosificación

$$\text{Ecuación 37} \quad Q_D = \frac{C_{PAC}}{C_{Slm}} \times Q$$

**Dónde:**

Q: Caudal en m<sup>3</sup> /h

C<sub>PAC</sub>: Concentración de PAC (g/L)

C<sub>Slm</sub>: Concentración de la solución (g/L)

#### 1.12.8.6. Cálculo para la dosificación de la cal

$$\text{Ecuación 38} \quad \begin{array}{l} V_1 \rightarrow V_{\text{consumido}} \\ Q \rightarrow x \end{array}$$

**Dónde:**

V<sub>1</sub>: Volumen de referencia del test de jarras (L)

V<sub>consumido</sub>: L

Q: Caudal 4 (L/s)

#### 1.12.8.7. Calculo para determinar la cantidad del Sulfato de Aluminio

$$\text{Ecuación 39} \quad \begin{array}{l} V_1 \rightarrow V_{\text{consumido}} \\ Q \rightarrow x \end{array}$$

**Dónde:**

V<sub>1</sub>: Volumen de referencia del test de jarras

V<sub>consumido</sub>: Volumen utilizado de Sulfato de Aluminio

Q: Caudal (L/s)

#### 1.12.9. Floculación

Es un proceso de agitación suave y continúa de agua coaguladas con el propósito de formar flóculos a través del agregado de las partículas más diminutas presentes en el agua. Consiste en un acondicionamiento del agua para formar flóculos que puedan ser removidos fácilmente mediante sedimentación o filtración.

Puede ser que el floculante formado por la aglomeración de varios coloides no sea lo bastante grande como para asentarse o desecarse con la rapidez adecuada. Un floculante reúne partículas floculadas en una red, formando puentes de una superficie a otra y enlazando las partículas.<sup>(28)</sup>

**Cuadro 7: TIPOS DE FLOCULADORES**

Según la energía de agitación	Según el Sentido de Flujo	Descripción	Nombre
Hidráulicos	Flujo Horizontal	Con tabiques de ida y regreso	De Tabiques
	Flujo Vertical	Con tabiques arriba y abajo del tanque	Alabama
		Con codos en el fondo que proyectan el agua arriba y abajo	
		Con entrada lateral al tanque	Cox
Mecánicos	Rotatorios	De paletas de eje horizontal o vertical	De Paletas
		De turbinas Horizontales o verticales	De turbinas
	Reciprocante	Rejas o cintas oscilantes	Reciprocante
Hidromecánicos	Flujo horizontal	De turbina Pelton y paletas Horizontales	Hidromecánicos

**Fuente:** Arboleda Valencia, 2000

#### *1.12.9.1. Floculador de Flujo Horizontal*

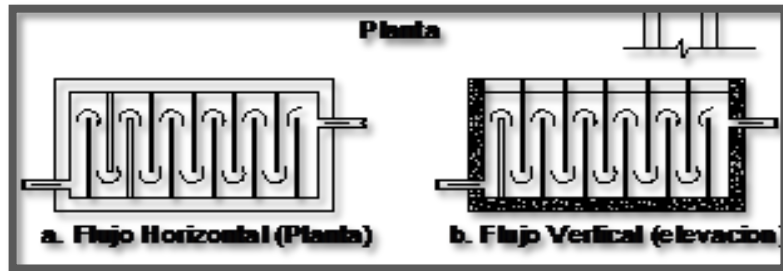
En este tipo de Floculadores puede estar configurada de diversas formas; puede constar de un solo tanque con tres o cuatro tramos con diferentes anchos de canales, o tres o cuatro tanques con anchos de canales diferentes en cada uno. El agua circula horizontalmente por entre los canales.

Los canales pueden estar conformados por muros o tabiques de concreto, o bien por pantallas de asbesto cemento o madera machihembrada. Los muros de concreto impiden que se puedan efectuar modificaciones o ampliaciones posteriores, por lo que lo más usual es construirlas con pantallas removibles

<sup>28</sup> KEMMER, Frank; MCCALLIÓN, Jhon. 1890. Manual del agua, su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. pp.8-4.

El fondo debe tener un desnivel o pendiente de acuerdo a la pérdida de carga en cada tramo, para que la altura de agua sea uniforme y por lo tanto la velocidad y el gradiente de velocidad también. Las placas deben estar sujetas de tal manera que no se muevan al paso del agua y mantengan su paralelismo.

**Figura 8: FLOCULADOR DE FLUJO HORIZONTAL**



Fuente: Arboleda Valencia, 2000

#### 1.12.9.2. Criterios de Diseño

- ❖ Recomendables para caudales menores de 50 litros por segundo
- ❖ Entre los materiales indicados para las pantallas los que ofrecen mayor confiabilidad son la fibra de vidrio, el plástico, tabiques de concretos prefabricados y la madera.
- ❖ Se pueden utilizar también pantallas de asbesto cemento siempre y cuando no tengan aguas acidas o agresivas.
- ❖ Con pantallas de asbesto cemento se recomienda diseñar unidades de máximo un metro de profundidad útil colocando las pantallas con la dimensión de 1.20 metros en el sentido vertical.
- ❖ El coeficiente (K) de pérdida de carga en las vueltas varía entre 1.5 y 3.0. Se recomienda usar un coeficiente de 2 para este fin
- ❖ El espaciamiento entre el extremo de la pantalla y la pared del tanque, es decir, el paso de un canal a otro, se deberá hacer igual a 1.5 veces el espaciamiento entre pantallas.

#### 1.12.9.3. Cálculo para diseño de un Floculador hidráulico de flujo horizontal

Para el diseño de este floculador utilizamos un caudal de 4 L/s debido a un incremento una vez salido del reactor UASB.

#### 1.12.9.4. Longitud de canales

$$\text{Ecuación 40} \quad L_c = V \times T \times 60$$

**Dónde:**

Lc: Longitud de canales, (m).

T: Tiempo de retención, (min).

V: Velocidad del fluido, (m/s).

*1.12.9.5. Área de los canales del floculador*

**Ecuación 41**       $A = \frac{Q}{v}$

**Dónde:**

A: Área de los canales del floculador (m<sup>2</sup>)

Q: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

V: Velocidad del fluido (m/s)

*1.12.9.6. Ancho de canales de floculación*

**Ecuación 42**       $a = \frac{A}{Hu}$

**Dónde:**

a: Ancho de los canales del floculador (m)

A: Área de los canales del floculador (m<sup>2</sup>)

H: Altura de agua en la unidad (m)

*1.12.9.7. Ancho de las vueltas de la floculación*

**Ecuación 43**       $d = 1.5 \times a$

**Dónde:**

d: Ancho de las vueltas de la floculación (m)

a: Ancho de los canales de floculación (m)

*1.12.9.8. Ancho del floculador*

**Ecuación 44**       $B = 3b + d$

**Dónde:**

- B: Ancho del floculador (m)
- b: Ancho útil de la lámina (m)
- d: Ancho de vueltas de la floculación (m)

1.12.9.9. *Número de canales*

$$\text{Ecuación 45} \quad N_c = L_c / B$$

**Dónde:**

- B: Ancho del floculador (m)
- L<sub>c</sub>: Longitud de canales (m)
- N<sub>c</sub>: Número de canales (unidades)

1.12.9.10. *Longitud del floculador*

$$\text{Ecuación 46} \quad L = (N_c \times a) + (N_c - 1) \times e$$

**Dónde:**

- N<sub>c</sub>: Número de canales (unidades)
- a: Ancho de los canales de floculación(m)
- e: Espesor de las láminas(m)
- L: Longitud del floculador (m)

1.12.9.11. *Pérdida de cargas en las vueltas*

$$\text{Ecuación 47} \quad h_1 = \frac{K_f \times V^2 \times (N_c - 1)}{2 \times g}$$

**Dónde:**

- K: Coeficientes de pérdidas de cargas en las vueltas (unidades)
- V: Velocidad del fluido (m/s)
- N: Número de canales (unidades)
- g: gravedad (m/s<sup>2</sup>).
- h<sub>1</sub>: pérdida de carga en las vueltas (m)

1.12.9.12. *Perímetro mojado de las secciones*

**Ecuación 48**                       $P_m = 2H_u + a$

**Dónde:**

P<sub>m</sub>: Perímetro de las secciones (m)

H<sub>u</sub>: Altura de agua en la unidad (m)

a: ancho de los canales del floculador(m)

1.12.9.13. *Pérdida de la carga en los canales*

**Ecuación 49**                       $h_2 = SL = \left[ \frac{V \times n}{R^{2/3}} \right]^2 \times L_c$

**Dónde:**

H<sub>2</sub>: Perdida de la carga en los canales (m)

V: Velocidad del fluido (m/s)

n: Coeficiente de Manning (Ver tabla 11)

R: radio medio hidráulico (m)

L<sub>c</sub>: Longitud de canales

**Tabla 11: VALORES TÍPICOS DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD (COEFICIENTE DE MANNING)**

Material	Coeficiente de Manning	Coeficiente Rugosidad Absoluta (mm)
Asbestos cemento	0,011	0,0015
Latón	0,011	0,0015
Fierro fundido (nuevo)	0,012	0,6
Concreto (cimbra metálica)	0,011	0,26
Concreto (cimbra madera)	0,015	0,18
Concreto simple	0,013	0,6
Cobre	0,011	0,0015
Acero corrugado	0,022	45
Acero Galvanizado	0,016	0,15
Plomo	0,011	0,0015
Plástico (PVC)	0,09	0,0015
Madera (duelas)	0,012	0,18
Vidrio (laboratorio)	0,011	0,0015

**Fuente:** Aplicaciones de computación en Ingeniería Hidráulica 5.a.ed. Haestad Methods (1992)



1.12.9.14. *Radio medio hidráulico*

$$\text{Ecuación 50} \quad R = \frac{A}{P_m}$$

**Dónde:**

A: Área de los canales del floculador (m<sup>2</sup>).

P<sub>m</sub>: Perímetro mojado de las secciones (m)

R: Radio medio hidráulico (m)

1.12.9.15. *Pérdida de carga total*

$$\text{Ecuación 51} \quad h_f = h_1 + h_2$$

**Dónde:**

h<sub>f</sub>: Pérdida de carga total (m)

h<sub>2</sub>: pérdida de la carga en los canales (m)

h<sub>1</sub>: Pérdida de carga en las vueltas (m)

1.12.9.16. *Gradiente de velocidad*

$$\text{Ecuación 52} \quad G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} \times \sqrt{\frac{h_{f1}}{T}}$$

**Dónde:**

$\sqrt{\gamma/\mu}$ : Relación peso específico y viscosidad absoluta, se realizó una interpolación 17°C.

γ: Peso específico del agua

μ: Viscosidad dinámica del agua (N × s / m<sup>2</sup>).

h<sub>f1</sub>: Pérdida de carga total (m)

T: Tiempo de retención(s)

G: Gradiente de velocidad (s<sup>-1</sup>).

**Tabla 12: VALORES DE LA RELACIÓN PESO ESPECÍFICO Y VISCOSIDAD ABSOLUTA**

Temperatura °C	$\sqrt{\frac{\gamma}{\mu}}$
0	2336.94
4	2501.56
10	2736.53
15	2920.01
20	3114.64
25	3266.96

Fuente: Romero.(2008)

**Tabla 13: PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA**

Temperatura (°C)	Peso específico (kN/m <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Viscosidad dinámica (N·s/m <sup>2</sup> )	Viscosidad cinemática (m <sup>2</sup> /s)
0	9.805	999.8	$1.781 \times 10^{-3}$	$1.785 \times 10^{-6}$
5	9.807	1000.0	$1.518 \times 10^{-3}$	$1.519 \times 10^{-6}$
10	9.804	999.7	$1.307 \times 10^{-3}$	$1.306 \times 10^{-6}$
15	9.798	999.1	$1.139 \times 10^{-3}$	$1.139 \times 10^{-6}$
20	9.789	998.2	$1.102 \times 10^{-3}$	$1.003 \times 10^{-6}$
25	9.777	997.0	$0.890 \times 10^{-3}$	$0.893 \times 10^{-6}$
30	9.764	995.7	$0.708 \times 10^{-3}$	$0.800 \times 10^{-6}$
40	9.730	992.2	$0.653 \times 10^{-3}$	$0.658 \times 10^{-6}$
50	9.689	988.0	$0.547 \times 10^{-3}$	$0.553 \times 10^{-6}$
60	9.642	983.2	$0.466 \times 10^{-3}$	$0.474 \times 10^{-6}$
70	9.589	977.8	$0.404 \times 10^{-3}$	$0.413 \times 10^{-6}$
80	9.530	971.8	$0.354 \times 10^{-3}$	$0.364 \times 10^{-6}$
90	9.466	965.3	$0.315 \times 10^{-3}$	$0.326 \times 10^{-6}$
100	9.399	958.4	$0.282 \times 10^{-3}$	$0.294 \times 10^{-6}$

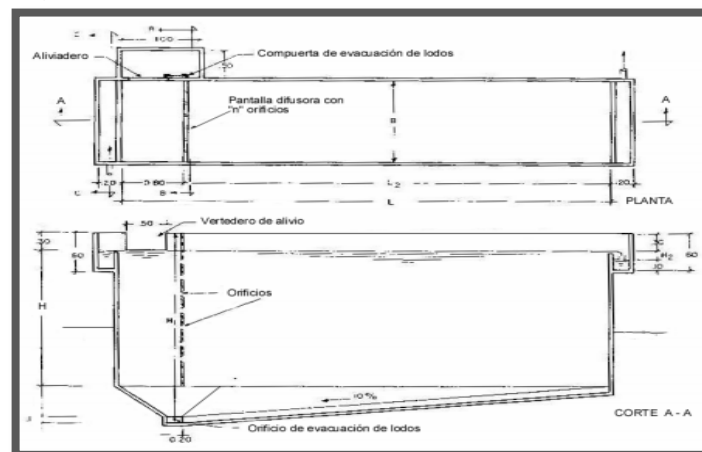
Fuente: DAUGHERTY, R; FRANZINI, J. (1978)

### 1.12.10. Sedimentación

El objeto de este tratamiento es básicamente la remoción de los sólidos suspendidos y DBO en las aguas residuales, mediante el proceso físico de asentamiento en tanques de sedimentación. Consiste en la utilización de las fuerzas de gravedad para separar una partícula de densidad superior a la del líquido hasta una superficie o zona de almacenamiento. Usualmente la eliminación que se alcanza es solo parcial ya que depende de la materia que se trate, temperatura del agua y la amplitud de los tiempos de retención.

Es una de las operaciones unitarias más utilizadas en el tratamiento de las aguas residuales. El propósito fundamental es obtener un efluente clarificado, pero también es necesario producir un fango con una concentración de sólidos que pueda ser tratado con facilidad.

**Figura 9: VISTA PLANTA DE UN SEDIMENTADOR**



**Fuente:** CEPIS (1992)

#### 1.12.10.1. Criterios para el diseño del sedimentador son:

- El periodo de diseño teniendo en cuenta criterios económicos y técnicos es de 8 a 16 años
- El tiempo de retención será entre 2-6 horas
- El periodo de operación es de 24 horas por día
- El fondo de la unidad debe tener una pendiente entre 5 a 10% para facilitar el deslizamiento del sedimento.

### 1.12.11. Sedimentador de Tasa Alta

Actualmente los Sedimentadores de alta tasa son los más usados tanto en el caso de tratamiento de aguas potables y residuales como en otras aplicaciones industriales. Los Sedimentadores de flujo ascendente con sistema de auto limpieza inclinadas 60° trabajan satisfactoriamente en tratamiento de agua.

**Tabla 14: CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE SEDIMENTACIÓN SEGÚN EL SENTIDO DEL FLUJO**

SENTIDO DEL FLUJO	TIPO DE SEDIMENTACIÓN	EJEMPLO	TASA DE FLUJO m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d
Horizontal	1 y 2	Desarenadores	200 – 420 15 – 30
Vertical	2 y 3	Manto de lodos	45 – 60
Inclinado (ascendente o descendente)	1 y 2	Decantadores con placas.	120 – 180

Fuente: Arboleda, V. (2000).

Los criterios para el respectivo análisis del sedimentador laminar son las siguientes: la característica crítica de funcionamiento ( $Sc$ ) es 1.00 para láminas paralelas, ángulo inclinado de 60° para facilitar que los lodos sedimentados se deslicen hacia el fondo del tanque, la separación entre cada placa ira desde 5 a 8 cm, la carga superficial ( $Cs$ ) recomendada es de 60 a 300 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>d, el tiempo de residencia debe ser menor a 15 min, número de Reynolds debe ser menor a 500.

### 1.12.12. Diseño del Sedimentador de Alta Tasa

El diseño del sedimentador de alta tasa (placas) de flujo ascendente posee tiempos de retención cortos de 15 min, además son unidades de alta eficiencia y de poca profundidad, diseñar un sedimentador de placas paralelas, para un caudal de 4 L/s. La temperatura del líquido es de 17 °C, para una operación y mantenimiento adecuado, se adoptan dos unidades, puesto que la primera dosificación es con Policloruro de Aluminio (PAC), y la segunda dosificación con Sulfato de Aluminio.

#### 1.12.12.1. Área de sedimentación

$$\text{Ecuación 53} \quad CS = \frac{Q}{As}$$

**Dónde:**

AS: Área de sedimentación m<sup>2</sup>

Q: Caudal m<sup>3</sup>/día

CS: carga superficial del sedimentador 80 m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> d (Valor asumido).

1.12.12.2. *Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas*

$$\text{Ecuación 54} \quad V_o = \frac{Q}{A_s \times \text{Sen}\theta}$$

**Dónde:**

Vo: Velocidad promedio del flujo entre placas inclinadas (m/s)

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

As: Área superficial (m<sup>2</sup>)

θ: Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa.

1.12.12.3. *Longitud relativa del sedimentador de alta tasa*

$$\text{Ecuación 55} \quad L_r = \frac{l}{d_p}$$

**Dónde:**

l: Longitud recorrida a través del elemento (placa)

dp: Ancho del conducto o espaciamiento entre placas

1.12.12.4. *Numero de Reynolds*

$$\text{Ecuación 56} \quad Re = \frac{V_s \times d_p}{\nu}$$

**Dónde:**

Vs: Velocidad promedio entre placas inclinada

dp: Ancho del conducto o espaciamiento entre placas

ν: Viscosidad cinemática

1.12.12.5. *Longitud de transición*

**Ecuación 57**       $L' = 0.013 \times Re$

**Dónde:**

Re: Número de Reynolds

1.12.12.6. *Longitud relativa del sedimentador de alta tasa corregida en la longitud de transición*

**Ecuación 58**       $Lcr = Lr \times L'$

**Dónde:**

Lr: Longitud relativa del sedimentador de alta tasa

L': Longitud de transición

1.12.12.7. *Velocidad de sedimentación crítica*

**Ecuación 59**       $V_{sc} = \frac{S_c \times V_0}{\text{Sen}\theta + (L \times \text{Cos}\theta)}$

**Dónde:**

Vsc: Velocidad crítica de asentamiento de sedimentación de alta tasa (m/s)

Vo: Velocidad promedio del fluido entre placas.

θ: Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa.

Sc: Parámetros característicos: igual a 1.0 para Sedimentadores de placas paralelas.

1.12.12.8. *Tiempo de retención en las placas*

**Ecuación 60**       $Trp = \frac{l}{v_0}$

**Dónde:**

Trp: tiempo de retención

l: Longitud recorrida a través del elemento (tubo, placas) (m)

Vo: Velocidad promedio del fluido en el sedimentador (m/min)

1.12.12.9. *Tiempo de retención en el tanque e sedimentación*

**Ecuación 61**

$$ts = \frac{V}{Q} = \frac{As \times Hs}{Q}$$

**Dónde:**

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

Hs: Altura total (2m dato asumido)

As: Área de sedimentación

1.12.12.10. *Ancho del sedimentador*

**Ecuación 62**

$$b_s = \sqrt{\frac{As}{5}}$$

**Dónde:**

bs: Ancho del sedimentador (m)

As: Área del sedimentador (m<sup>2</sup>)

1.12.12.11. *Longitud de sedimentación*

**Ecuación 63**

$$L_s = \frac{As}{b_s}$$

**Dónde:**

Ls: Longitud de sedimentación (m)

As: Area del sedimentador (m<sup>2</sup>)

bs: Ancho del sedimentador (m)

1.12.12.12. *Número de placas por módulo*

**Ecuación 64**

$$Np = \frac{(L_s \times \text{Sen}\theta) + ds}{ds + ep}$$

**Dónde:**

Np: Número de placas por modulo

Ls: Longitud de sedimentación (m)

θ: Angulo de inclinación de las placas

ds: Separación entre placas(m)

ep: Espesor de las placas(m)

#### 1.12.12.13. *Volumen del sedimentador*

$$\text{Ecuación 65} \quad \mathbf{Vd = Ls \times a_s \times h}$$

#### **Dónde:**

Ls: Longitud del sedimentador (m)

as: Ancho del sedimentador (m)

h: Altura del sedimentador (m)

#### 1.12.13. *Lecho de Secado*

Para la Recolección y secado de los lodos digeridos que se descargan del digestor UASB, del filtro FBP, del sedimentador se colocan en este lecho de secado. Para el lecho de secado de acuerdo al caudal previsto se asume el ancho de la cama de 1.80 m, y de largo será de 2.0 m con una altura de 0.80 m.

#### 1.12.14. *Desinfección*

Desinfección con cloro: es el más universalmente empleado. Los compuestos del cloro más comúnmente empleados en las plantas de tratamiento de aguas residuales son el cloro gas ( $\text{Cl}_2$ ), el hipoclorito sódico ( $\text{NaOCl}$ ), el hipoclorito de calcio [ $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ], y el dióxido de cloro ( $\text{ClO}_2$ ).

Los hipocloritos sódico y cálcico se suelen emplear en las plantas pequeñas, especialmente en las prefabricadas, en las que la simplicidad y seguridad son criterios de mayor peso que el costo. El hipoclorito de sodio se emplea en las plantas de gran tamaño, principalmente por cuestiones de seguridad relacionadas con las condiciones locales. El empleo del cloro gas es la forma más extensamente adoptada.

#### 1.12.15. *Métodos de Desinfección*



### 1.12.15.1. *Hipoclorito de Calcio*

Es una de las formas en las cuales el cloro se encuentra como producto sólido un porcentaje peso de 65% aproximadamente. Es ampliamente utilizado en el tratamiento de aguas por su alta eficacia contra bacterias, algas, moho y microorganismos.

### 1.12.16. *Diseño para Desinfección*

Se determina la cantidad de cloro que se va a utilizar la para la desinfección del lixiviado tratado partiendo de un caudal de 4 L/s.

#### 1.12.16.1. *Calculo del Hipoclorito de calcio*

$$\text{Ecuación 66} \quad \text{masa lb/día} = 0.012 \times Qd \times C$$

**Dónde:**

Q: Caudal gpm/min

0.012: Constante adimensional

C: Concentración de HTH.

#### 1.12.16.2. *Volumen de agua para diluir HTH*

Para determinar la cantidad de agua que se necesita para diluir el Hipoclorito de calcio ( $V_1$ ) utilizamos la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 67} \quad V_{\text{HTH}} = \frac{m_{\text{HTH}}}{\rho_{\text{HTH}}}$$

**Dónde:**

$\rho_{\text{HTH}}$  : Densidad de hipoclorito cálcico

m: masa del Hipoclorito de calcio Kg/día

#### 1.12.16.3. *Volumen del Hipoclorito al 65%*

$$\begin{aligned} \text{Ecuación 68} \quad V &\rightarrow 8.500\% \\ X = V_1 &\Rightarrow 65\% \end{aligned}$$

**Dónde:**

V = Volumen de HTH

1.12.16.4. *Volumen de agua requerida para diluir la solución madre.*

$$\text{Ecuación 69} \quad C_1 V_1 = C_2 V_2$$

**Dónde:**

V<sub>1</sub>: Volumen, solución madre (L)

C<sub>1</sub>: Concentración de la dosificación de HTH

C<sub>2</sub>: Concentración de HTH: (mg/L)

1.12.16.5. *Volumen total de la solución:*

$$\text{Ecuación 70} \quad V_T = V_2 + V_1$$

**Dónde:**

V<sub>2</sub>= Volumen de agua requerida

V<sub>1</sub>: Volumen, solución madre

1.12.17. *Canal simple para la dosificación de HTH*

**Figura 10: CANAL SIMPLE**



**Fuente:** [www.bvsde.paho.org](http://www.bvsde.paho.org)

**Dónde:**

Altura del canal de: 0.80 m

Longitud del canal Profundidad: 0.50

Longitud del canal: 1.00 m

**1.12.18. Tanque de almacenamiento**

En este tanque se almacenara el lixiviado tratado para que posteriormente se descargue al río Guaranda con los parámetros dentro de la Normas del TULAS del Libro VI Anexo 1.

**Figura 11: TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

Fuente: [www.bvsde.paho.org](http://www.bvsde.paho.org)

## **CAPITULO II**

### **2. PARTE EXPERIMENTAL**

#### **2.1. Muestreo**

##### ***2.1.1. Localización de la investigación***

La presente investigación para el diseño de la planta de tratamiento de lixiviados para el botadero Curgua está ubicada en la parroquia Santa Fe perteneciente al cantón Guaranda provincia de Bolívar.

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

Los métodos empleados para el desarrollo de la presente investigación son la recopilación y análisis de documentos, como también la observación directa, permitiendo compararlos con los datos obtenidos en el desarrollo del proyecto para el dimensionamiento y diseño de la planta de tratamiento de lixiviados el cual cumplirá con los parámetros indicados en la norma del TULAS, Libro VI, Anexo Descarga de efluentes a agua dulces.

##### ***2.1.3. Procedimiento para la Recolección de Información***

La toma de muestras se las efectuó de acuerdo al cronograma acordado con el Jefe de la Planta de Agua potable para luego ser trasladados al Laboratorio de la planta “Chaquishca” donde se efectuaron los análisis respectivos tanto físico- químicos y microbiológicos.

Las muestras fueron tomadas a orillas del Rio Guaranda debido a que el Botadero se encuentra muy cerca del rio, y así verificamos la cantidad de contaminantes que ingresa a este cuerpo de agua dulce. Los análisis físico-químicos y microbiológicos se realizaron con mayor rapidez para evitar la alteración de los resultados. Las muestras fueron tomadas durante 4 semanas de manera directa del botadero de Curgua.

**TABLA 15: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS**

LUGAR DE MUESTREO	DÍAS DE MUESTREO SEMANAL	NÚMERO DE MUESTRAS DIARIAS	TOTAL DE MUESTRAS EN LA SEMANA
Captación (1 semana)	3	1	3
Captación (2 semanas)	2	1	2
Captación (3 semanas)	5	1	5
Total de muestras en el mes			10

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

Las muestras fueron recogidas gracias a la colaboración del Gerente de EP- EMAPAG y el apoyo del Jefe del Laboratorio de Control de Calidad de la planta de Potabilización “Chaquisheca”

#### ***2.1.4. Plan de Tabulación y Análisis***

A los datos obtenidos después del análisis respectivo físico-químico y microbiológico se procedió a la tabulación respectiva para determinar cuáles son los parámetros que están fuera de límites según la Norma del TULAS, Libro VI, Anexo 1, mediante esto se busca el brindara soluciones para obtener un Lixiviado con limites permisible.

## **2.2. Metodología**

### ***2.2.1. Metodología de trabajo***

Las muestras se tomaron a orillas del río Guaranda, y trasladadas al Laboratorio de la Planta de tratamiento de agua potable “CHAQUISHCA” donde se realizaron las caracterizaciones respectivas como físico- químico y microbiológico. También se realizó la prueba de jarras aplicando los coagulantes como el Policloruro de Aluminio (PAC), Auxiliar iónico CHEMFLOC, Cal y el Sulfato de Aluminio para la dosificación correcta.

### 2.2.2. Tratamiento de Muestras

Las muestras se tomaron por tres veces a la semana en diferentes puntos alrededor del Botadero para realizar la caracterización respectiva de los Lixiviados.

**TABLA 16: PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN DE LIXIVIADOS**

PARAMETRO	UNIDAD	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
Aluminio	mg/L	5.0
Bario	mg/L	2
Conductividad	uS/cm	<1000
Cianuro Total	mg/L	0.1
Color	mg/L	70
Cloruros	mg/L	1000
Cobre	mg/L	1
Cromo	mg/L	0.5
Coliformes totales		Remoción >99.9%
DBO <sub>5</sub>	mg/L	100
DQO	mg/L	250
Fluoruros	mg/L	5.0
Hierro Total	mg/L	10
Manganeso total	mg/L	2.0
Níquel	mg/L	2
Plata	mg/L	0.1
pH	.....	6.5-8.5
Plomo	mg/L	0.2
Solidos Totales disueltos	mg/L	1600
Sulfatos	mg/L	1000
Zinc	mg/L	5

**Fuente:** TULAS. Libro IV, Anexo 1

### 2.2.3. Equipos Materiales y Equipo

Los materiales y equipos que se utilizaron para realizar este proyecto se detalla a continuación:

**Tabla 17: EQUIPOS MATERIALES Y EQUIPO**

EQUIPOS	MATERIALES	REACTIVOS
- Balanza Analítica	- Buretas	- Reactivos HACH
- Baño María	- Erlenmeyer	- Indicadores PAN (0,3% y 0,1%)
- Colorímetro	- Film protector	- Solución EDTA
- Conductímetro	- Peras	- Solución Buffer
- Equipo de Jarras	- Pinzas	- Solución de Tiocianato de mercurio
- Espectrofotómetro HACH	- Pipetas	- Solución Férrica
- Estufa	- Probetas	- Indicador Cianuro alcalino
- Fotómetro	- Tubos de ensayo	- Spands
- Incubadora	- Vasos de precipitación	- Agua Destilada
- pH-metro	- Matraz	- Soluciones amortiguadoras de pH4, pH7
- Reverbero		- Colorante negro de Eriocromo T (indicador)
- Turbidímetro		

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

#### 2.2.4. *Métodos y Técnicas*

##### 2.2.4.1. *Métodos*

Los métodos utilizados para esta investigación están adaptados al manual “Standar Methods for Examination of Water and Wastewater” (Métodos Normalizados para el análisis de Agua Potable y Residuales); y el manual de Métodos HACH. Otro método empleado es el método suizo para estimar la cantidad de lixiviado generado.

$$Q = \frac{P \times A \times K}{t}$$

**Dónde:**

Q: Caudal medio de lixiviado m<sup>3</sup> /h

P: Precipitación media anual (mm/año)

A: Área superficial del relleno (m<sup>2</sup>)

#### 2.2.4.2. Técnicas

Las técnicas aplicadas se pueden observar en el Anexo 1, Descripción de los métodos de análisis físico-químicos y microbiológicos.

### 2.3. Datos Experimentales

#### 2.3.1. Descripción de la Situación Actual en el Sector

El cantón Guaranda actualmente no cuenta con una Planta de Tratamiento de Lixiviados, ya que estos son vertidos directamente al río Guaranda provocando una alta contaminación debido a las grandes concentraciones químicas que presentan provocando el deterioro del suelo y disminuyendo la capacidad agrícola.

**Figura 12: SISTEMA ACTUAL EXISTENTE EN EL SECTOR**



Elaborado por: Nelly Tibanlombo

#### 2.3.2. Datos:

##### 2.3.2.1. Características físico-químicas y microbiológicas del Lixiviado



Para la caracterización del Lixiviado se tomó muestras de 4 semanas consecutivas dando como evidencia los problemas en Turbiedad, DBO<sub>5</sub> y DQO

**Tabla 18: ANÁLISIS FÍSICO–QUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS DEL LIXIVIADO**

PARAMETROS	UNID	(1era y 2da) SEMANA MONITOREADA					Promedio	límites
		07-abr	08-abr	09-abr	11-abr	16-abr		
COLOR	UTC	950,00	1250,00	1300,00	1200,00	1150,00	1170	100
TURBIEDAD	NTU	670,00	840,56	956,34	834,21	785,64	817,35	50
Ph	.....	8,40	8,17	7,95	8,14	7,98	8,128	6.5-8.5
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	1471,00	1597,42	1396,42	1200,67	1245,68	1382,24	< 1000
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	987,56	990,41	569,54	725,61	854,36	825,5	1600
TEMPERATURA	° C	19,65	19,57	19,27	19,06	19,32	19,37	<35
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	32,00	34,68	45,27	40,62	38,62	38,238	10
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	4,62	5,09	6,32	5,43	5,62	.....	.....
NITROGENO AMONIAICAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	24,00	30,96	28,74	26,07	31,57	.....	.....
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	14,00	16,00	12,00	15,00	12,00	13,8	1000
FLUORUROS (F)	mg/L	12,00	15,73	14,67	16,94	15,43	14,954	5
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	7,63	8,46	5,63	7,46	6,94	7,224	10
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	0,212	0,413	0,342	0,452	0,652	0,4142	2
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0,85	0,97	0,72	0,85	0,71	0,82	0.5
COBRE (Cu)	mg/L	0,49	0,56	0,64	0,73	0,85	0,654	1
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	500,00	560,00	482,00	440,00	460,00	.....	.....
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	0,054	0,068	0,083	0,065	0,078	0,0696	5
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	1000,00	800,43	748,21	963,72	820,64	866,6	1000
NIQUEL (Ni)	mg/L	0,75	0,81	0,72	0,72	0,68	0,736	2
PLOMO (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	0,009	0,007	0,009	0,007	0,008	0,008	0.2
ZINC (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	0,77	0,83	0,86	0,79	0,80	0,81	5
PLATA (Ag <sup>+</sup> )	mg/L	0,007	0,005	0,008	0,008	0,007	0,007	0.1
CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0,25	0,49	0,34	0,31	0,52	0,382	0.1
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	1,89	2,47	3,64	2,68	1,95	2,526	2
BROMO (Br)	mg/L	0,005	0,007	0,006	0,005	0,008	.....	.....
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	0,009	0,006	0,008	0,006	0,007	.....	.....
OXIGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	mg/L	45,00	52,00	48,00	50,00	46,00	48,2	8
DBO <sub>5</sub>	mg/L	896,65	670,93	954,31	742,65	860,46	825	100
DQO	mg/L	1257,08	1347,30	1124,08	957,20	1089,03	1154,938	250
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	200	430	500	720	450	460	<1**
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	1000	960	1200	1100	954	.....	.....

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

Fuente: Dpto. Control de calidad EP-EMAPAG

**Tabla 19: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICO DEL LIXIVIADO**

PARAMETROS	UNIDAD	(3era y 4ta) SEMANA MONITOREADA					Promedio	limites
		21-abr	23-abr	25-abr	29-abr	30-abr		
COLOR	UTC	850,00	1100,00	900,00	1350,00	950,00	1030	100
TURBIEDAD	NTU	556,04	780,21	664,97	856,07	754,61	722,38	.....
pH	.....	8,09	8,25	8,64	7,96	8,53	08-ene	6.5-8.5
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	1267,34	987,65	1124,62	1089,47	1146,07	1123,03	< 1000
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	763,52	864,73	857,08	806,72	796,51	817,712	1600
TEMPERATURA	°C	19,96	19,82	19,87	19,62	19,83	19,82	<35
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	42,06	38,95	40,65	36,54	41,84	40,008	10
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	5,64	4,97	5,23	4,88	6,34	5,412	.....
NITROGENO AMONIAICAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	22,61	28,41	36,49	32,03	30,54	30,016	.....
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	16,00	14,00	17,00	15,00	13,00	15	1000
FLUORUROS (F)	mg/L	13,52	16,57	14,06	15,42	14,67	14,848	5
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	8,65	7,20	8,46	7,86	7,93	8,02	10
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	0,356	0,398	0,451	0,405	0,354	0,3928	2
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0,78	0,90	0,82	0,94	0,83	0,854	0.5
COBRE (Cu)	mg/L	0,51	0,48	0,57	0,49	0,94	0,598	1
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	600,00	420,00	520,00	480,00	510,00	506	.....
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	0,045	0,067	0,079	0,064	0,740	0,199	5
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	856,34	758,39	6978,64	842,61	784,62	2044,12	1000
NIQUEL (Ni)	mg/L	0,82	0,78	0,73	0,80	0,75	0,776	2
PLOMO (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	0,007	0,007	0,008	0,007	0,009	0,0076	0.2
ZINC (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	0,74	0,80	0,76	0,83	0,87	0,8	5
PLATA (Ag <sup>+</sup> )	mg/L	0,005	0,005	0,007	0,007	0,007	0,0062	0.1
CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0,32	0,45	0,34	0,41	0,38	0,38	0.1
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	2,65	1,97	2,41	2,38	2,54	2,39	2
BROMO (Br)	mg/L	0,008	0,008	0,007	0,007	0,007	0,0074	.....
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	0,007	0,007	0,009	0,008	0,008	0,0078	.....
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0,78	0,82	0,81	0,75	0,69	0,77	.....
OXIGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	mg/L	52,00	48,00	50,00	58,00	56,00	52,8	8
DBO <sub>5</sub>	mg/L	756,35	876,21	880,47	795,64	832,64	828,262	100
DOO	mg/L	1365,2	1296,4	1369,0	1106,3	989,46	1225,32	250
COLIFORMES TOTALES	NMP/100	350	250	642	892	560	538,8	<1**
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	1200	856	756	579	860	850,2	.....

Elaborado por: Nelly Tibanlombo  
Fuente: Dpto. Control de calidad EP-EMAPAG

**Tabla 20: VALORES FUERA DE NORMA**

PARAMETROS	UNIDAD	PROMEDIO	LIMITES PERMISIBLE
COLOR	UTC	1170	100
TURBIEDAD	NTU	817,35	50
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	1382,238	< 1000
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	825,496	1600
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	38,238	10
FLUORUROS (F)	mg/L	14,954	5
CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0,382	0.1
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	2,526	2
DBO <sub>5</sub>	mg/L	825	100
DQO	mg/L	1154,938	250
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	460	<1**
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	1042,8	.....

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

### 2.3.2.2. Prueba de jarras para la turbiedad

La prueba de jarras es una técnica de laboratorio que pretende realizar una simulación del proceso de clarificación del agua que se lleva a cabo en la planta, de manera que permite evaluar a escala y de una manera rápida la acción que ejerce sobre el proceso de clarificación la variación de los diferentes parámetros como velocidad y tiempo de agitación, gradientes de velocidad producidos, dosificación de diversos compuestos químicos solos o en combinaciones, etc.

La prueba de jarras se realizó en el Laboratorio de Control de Calidad de la Planta de Potabilización “Chaquishca” de EMAPA-G, donde las muestras fueron tomadas a orillas del río Guaranda, para dichas muestras se utiliza el Policloruro de Aluminio (PAC) y CHEMFLOC 932 que es un floculante iónico con el fin de acelerar el proceso de floculación, además se utiliza el Sulfato de Aluminio y cal para poder eliminar los malos olores propios del Lixiviado.

**Figura 13: PRUEBA DE JARRAS**



Elaborado por: Nelly Tibanlombo

Para la realización del test de jarras se toma en consideración el promedio de las turbiedades que es de 817.35 NTU; después de la aplicación del Policloruro de Aluminio y el Auxiliante Chemfloc se reduce a un valor mínimo 204.38 NTU. La siguiente realización del test de jarras se aplica el Sulfato de Aluminio y Cal que reduce la turbiedad de 204,38 NTU hasta 50.00 NTU, valor que se encuentra dentro de la norma.

*2.3.2.3. Caracterización físico-química y microbiológica del Lixiviado después de realizar las pruebas de tratabilidad a nivel del laboratorio.*

Una vez realizados los análisis se observa que, el Color, El DBO<sub>5</sub>, DQO, Conductividad, Nitrógeno total, Fluoruros, Cromo, Cianuro Bario y por ultimo Coliformes totales se encuentran fuera de la norma del TULAS, Libro VI, Anexo 1, por tanto para su correcta tratabilidad se realizó pruebas de floculación, sedimentación, desinfección y filtración para este último se elaboró un filtro que contenga arena y grava para determinar la efectividad de esta operación en la PTL. Además para la desinfección se utilizó hipoclorito de calcio dando resultados satisfactorios en la eliminación de los coliformes presente; además se utilizó cal para la eliminación de malos olores.

## CAPITULO III

### 3. CÁLCULOS DE DISEÑO

De acuerdo a los análisis realizados a los lixiviados tomados del botadero de Curgua del Cantón Guaranda se logró determinar que es necesario realizar el Diseño de una Planta de Tratamiento de Lixiviados con el objetivo de disminuir las concentraciones químicas presentes y ajustarlos a los parámetros establecidos por las normas del TULAS del Anexo 1 Libro VI.

#### 3.1. Cálculo de la población futura

Para la realización de este cálculo utilizamos la ecuación 1

$$N_t = N_0 \left(1 + \frac{r}{100}\right)^t$$
$$N_t = 33760 (1 + 0,0195)^{10}$$
$$N_t = 40951 \text{ habitantes}$$

#### Datos

No: Población al inicio del período, (habitantes). 33760

Nt: Población futura, resultado de la proyección, (habitantes).

r: Tasa media anual de crecimiento, (%).1,95% según el INEC

t: Número de años que se va a proyectar la población, (años). 10 Años

Población futura: Años proyectados en el Anexo 12

#### 3.1.1. Producción per cápita

Para el presente cálculo utilizamos la ecuación 2:

$$ppc = \frac{Dsr \text{ semana}}{Pob + 7 + Cob}$$

**Datos:**

Dsr semana: Cantidad de desechos sólidos recolectados. 4786897.92 Kg/semana

Pob: Población área urbana (habitantes). 33760

7: días de la semana

Cob: Cobertura del servicio de aseo (%) 80

$$ppc = \frac{4786897.92}{33760 + 7 + 0.8}$$

$$ppc = \frac{25.32 \text{ Kg}}{\text{dia} \times \text{habitante}}$$

**3.1.2. Cobertura de Diseño**

Para la obtención de la dotación media futura, trabajamos con la ecuación 3

$$\text{Cob} = \frac{\text{Pob A}}{\text{Pt}} \times 100$$

**Datos:**

Cob: Cobertura de diseño (%) 80

Pob A: Población atendida 27008. Obtenido de Dirección Gestión Ambiental de Guaranda

Pt: Población total 33760

Datos tomados de la Dirección de Gestión Ambiental Guaranda (GAD).

$$\text{Cob} = \frac{27008}{33760} \times 100$$

$$\text{Cob} = \frac{27008}{33760} \times 100$$

$$\text{Cob} = 80$$

**3.1.3. Producción Total de sólidos.**

Para la obtención de la dotación media futura, trabajamos con la ecuación 4. :

$$\text{Dsp} = \text{Pob} \times \text{ppc}$$

**Datos:**

DSp: Cantidad de desechos sólidos producidos (kg/día)

Pob: Población área urbana. 33760 (habitantes)

Cob: Cobertura del servicio de aseo. (80%)

$$Dsp = 33760 \times 25.32$$

$$Dsp = 854803.2 \text{ Kg/día}$$

**3.1.4. Volumen diario de residuos Sólidos**

Lo calculamos por la ecuación 5

$$\text{Volumen diario} = \frac{Dsp}{Drsm}$$

**Datos:**

DSp: Cantidad de desechos sólidos producidos. 854803.2 (kg/día)

Volumen diario: m<sup>3</sup>/día

Drsm: Densidad del Relleno Sanitario recién compactados. Ver la tabla 4

$$\text{Volumen diario} = \frac{854803.2}{450}$$

$$\text{Volumen diario} = 1899.562 \text{ m}^3/\text{día}$$

**3.1.5. Volumen anual compactado**

Este cálculo lo realizamos con la ecuación 6:

$$\text{Vac} = \text{Vol. diario} \times 365$$

**Datos:**

Vac: Volumen anual compactado (m<sup>3</sup> /año)

Vol. Diario: Volumen diario. 1899.562 (m<sup>3</sup>/día)

$$\text{Vac} = 1899.562 \times 365$$

$$\text{Vac} = 693340.13 \text{ m}^3$$

### 3.1.6. *Volumen de material de cobertura*

Es calculado por la siguiente ecuación 7

$$mc = Vac \times K$$

**Datos:**

mc: material de cobertura (m<sup>3</sup> /año)

Vac: Volumen anual compactado 693340.13 (m<sup>3</sup> /año)

K: constante de los desechos recién compactados. (0.20-0.25) valor promedio tomado de la GAD

$$mc = 693340.13 \times 0.23$$

$$mc = 159468.229 \text{ m}^3$$

### 3.1.7. *Volumen de relleno sanitario*

Se calcula con la ecuación 8

$$Vrs = Vae + mc$$

**Datos:**

Vrs: Volumen de relleno sanitario (m<sup>3</sup> /año)

Vae: Volumen anual estabilizado 688126.94 (m<sup>3</sup> /año) Tomado de la Dirección de Gestión Ambiental Guaranda. (GAD)

mc: material de cobertura 159468.229 (m<sup>3</sup> /año)

$$Vrs = 688126.94 + 159468.229$$

$$Vrs = 847595.169 \text{ m}^3$$

### 3.1.8. *Calculo del área requerida*

Se lo calcula por la ecuación 9

$$Ars = \frac{Vrs}{hrs}$$

**Datos.**



Ars: Área del relleno sanitario m<sup>2</sup>

Vrs: Volumen de relleno sanitario. 847595.169 (m<sup>3</sup> /año)

hrs: Hectáreas de relleno sanitario 18m. Valor tomado de la (GAD)

$$\text{Ars} = \frac{847595.169 \text{ m}^3}{18 \text{ m}}$$

$$\text{Ars} = 47088.620 \text{ m}$$

### 3.1.9. *Calculo del área total*

Es calculado por la ecuación 10

$$\text{AT} = \text{F} \times \text{Ars}$$

**Datos:**

AT: área total requerida m<sup>2</sup>

Ars: Área del relleno sanitario 47088.620 m<sup>2</sup>

F: Factor de aumento del área adicional requerida para las vías de penetración, áreas de retiro de linderos, etc. Este es entre 20-40 % de la rea que se debe rellenar. Tomamos el valor medio. Valor tomado de la Dirección de Gestión Ambiental Guaranda.

$$\text{AT} = 0.3 \times 47088.620$$

$$\text{AT} = 14126.586 \text{ m}^2$$

### 3.1.10. *Volumen de los residuos sólidos proyectados (10 años)*

El volumen proyectado a 10 años lo calculamos por la ecuación 11

$$\text{VRuv} = \text{n} \times \text{Vrs}$$

**Datos:**

n: Número de años del proyecto 10 años

Vrs: Volumen del relleno sanitario 847595.169 m<sup>3</sup>

VRuv: Volumen de los residuos solidos m<sup>3</sup>

$$VRuv = 10 \times 847595.169$$

$$VRuv = 8475951.69 \text{ m}^3$$

### 3.2. Cálculo de los Caudales de Diseño

#### 3.2.1. *Calculo de Generación del Lixiviado*

Se calcula por la ecuación 12:

$$Q = \frac{1 \times P \times A \times K}{t}$$

**Datos:**

Q: Caudal de lixiviado L/seg

P: Precipitación media anual 1895 (mm/año). Valor tomado de Dirección de turismo de Guaranda

A: Área superficial del relleno 14126.586 m<sup>2</sup>

t: Numero de segundos al año 31536000

K: Coeficiente del grado de compactación valor promedio 0.38 (K= 0.25 a 0.50).

$$Q = \frac{1 \times 1895 \times 14126.586 \times 0.38}{31536000}$$

$$Q = 0.322 \text{ L/s}$$

#### 3.2.2. *Cálculo del caudal por un Balance Hídrico*

Para realizar el Balance Hídrico tomamos en consideración los meses más lluviosos de la Ciudad de Guaranda que son los meses de Marzo, Abril y Mayo por tanto empezamos calculando la Infiltración en el relleno sanitario con la ecuación 13

##### 3.2.2.1. *Calculo de la Infiltración en el relleno sanitario*

Se inicia mediante el cálculo aplicando la ecuación 13

$$I = P - E - ETr$$

**Datos:**

I: Infiltración mm

P: Precipitación promedio de la (Tabla 5).

E: Escorrentía ver en la (Tabla 8)

ETr: Evapotranspiración real Ver la tabla 28

$$I = 157.79 - 19.44 - 125.46$$

$$I = 12.88 \text{ mm}$$

*3.2.2.2. Evapotranspiración Potencial (Método De Thornthwaite)*

Se calcula con la ecuación 14:

$$ETp = K \times E$$

**Datos:**

ETp: Evapotranspiración Potencial (mm)

K: Coeficiente de corrección. 30.25 Ver la ecuación 15

E: Evaporación potencial diaria. 1.11 mm Ver la ecuación 16

$$ETp = 30.25 \times 1.11$$

$$ETp = 33.577 \text{ mm}$$

*3.2.2.3. Calculo del coeficiente K*

Es calculado por la siguiente ecuación 15

$$K = \frac{N}{12} \times \frac{d}{30} \times d$$

**Datos:**

N: Duración máxima de la insolación (horas/día) en función de la latitud (Ver la tabla 6).

d: Número de días en el mes 30 días. Ver la tabla 6.

$$K = \frac{12.1}{12} \times \frac{30}{30} \times 30$$

$$K = 30.25$$

#### 3.2.2.4. *Calculo de la Evapotranspiración potencial diaria*

Se calcula con la ecuación 16:

$$E = 16 \times \left( \frac{10T}{I} \right) \times a$$

**Datos:**

T: Temperatura media mensual 14 (°C)

I: Índice térmico anual se calcula con la ecuación 18.

a: Coeficiente adimensional para el caso del relleno sanitario se ha tomado el valor de 0.025 (valor recomendado para latitudes Sur de 0 a 2°C)

$$E = 16 \times \left( \frac{10 \times 14}{50.36} \right) \times 0.025$$

$$E = 1.111 \text{ mm /mes}$$

#### 3.2.2.5. *Índice térmico mensual*

Se calcula por la ecuación 17

$$i = \left( \frac{14}{5} \right)^{1.5}$$

$$i = 4.685 \text{ mm}$$

#### 3.2.2.6. *Cálculo del Índice térmico anual*

Lo calculamos por la ecuación 18:

$$I. \text{ termico anual} = \Sigma i$$

**Datos:**

i: Sumatoria del índice térmico mensual: (Ver la tabla 27)

$$I. \text{ termico anual} = 4.19 + 4.685 + 3.72$$

$$I. \text{ termico anual} = 12.595 \text{ mm}$$

#### 3.2.2.7. *Promedio durante el año del índice térmico anual.*

$$\text{Promedio} = \left( \frac{12.59 \times 12}{3} \right)$$

**Datos:**

I: Sumatoria del índice térmico mensual

12: meses del año

3: meses de lluvia

$$\text{Promedio} = 50.36 \text{ mm /año}$$

3.2.2.8. *Evapotranspiración real mensual*

Se calcula por la ecuación 19

$$\mathbf{ETr = Pm - Etp}$$

**Datos:**

Pm: Precipitación mensual promedio 157.79 (mm) Ver la tabla 5

Etp: Evapotranspiración Potencial mensual 33.58 (mm). Ver la ecuación 14

$$\mathbf{ETr = 157.79 - 33.58}$$

$$\text{ETr} = 124.22 \text{ mm}$$

Para el cálculo de la Escorrentía tomamos de la (Tabla 8) cuyo valor es 19.45 m, con los cálculos anteriores realizamos el Balance Hídrico para la determinación del caudal con la siguiente ecuación 20

$$\mathbf{LL = I - Ret}$$

$$\text{LL} = 12.88 - 0.1$$

**Datos:**

I: Infiltración 12.88 mm. Ver la ecuación 13

Ret: Capacidad de retención del agua (0.1 mm)

LL: Balance Hídrico (L/s)

$$\text{LL} = 12.78 \text{ mm/mes}$$

$$\text{LL} = 0.88 \text{ L/s}$$

Una vez realizado el cálculo del caudal por el método Suizo, y el Balance Hídrico nos va una cierta variación por tanto se realiza un promedio, obteniendo así un caudal de 0.605L/s.

$$Q = \left( \frac{LL + Q \text{ metodo suizo}}{2} \right)$$
$$Q = \left( \frac{0.88 + 0.33}{2} \right)$$
$$Q = 0.605 \text{ L/s}$$

### 3.3. Consideraciones de Diseño

En base a los análisis Fisicoquímicos y microbiológicos realizados podemos decir que es preciso realizar un tratamiento adecuado conforme a las características que presenta el lixiviado.

#### 3.3.1. Cálculos de Ingeniería

#### 3.3.2. Desarenador

Al ser un caudal muy pequeño para el diseño de la Planta se toma una alternativa de tiempo de llenado de 2 a 3 días para que el desarenador pueda tener un caudal máximo alrededor de 4 L/s y poder realizar los cálculos correspondientes.

##### 3.3.2.1. Velocidad de sedimentación por la Ley de Stockes

Lo calculamos con ecuación 21.

$$V_s = \frac{g(\rho_p - \rho)d_p^2}{18\mu}$$

**Dónde:**

Vs: Velocidad de sedimentación

g:Gravedad 9.8 (m/s<sup>2</sup>)

d: Diámetro de las partículas 0.0002 (mm)

Pp: Peso específico de la partícula 2650(Kg/m<sup>3</sup>)

$\rho$  : Densidad del líquido a 17°C 998.742 (Kg/m<sup>3</sup>)

$\nu$  = viscosidad del líquido a 17°C (Kg/m.s)

$$V_s = \frac{9.8(2650 - 998.742)}{18 \times 0.001} (0.0002^2)$$
$$V_s = 0.035 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

### 3.3.2.2. Numero de Reynolds

Se calcula con la ecuación 22.

$$Re = \frac{V_s \times d}{\nu}$$

**Datos:**

Re: Número de Reynolds

Vs: Velocidad de sedimentación 0.035(m/s)

d:diámetro de la partícula0.0002(m)

$\nu$ :Viscosidad cinemática  $1.092 \times 10^{-6}$ (m<sup>2</sup>/s)

$$Re = \frac{0.035 \times 0.0002}{1.092 \times 10^{-6}}$$
$$Re = 6.410$$

### 3.3.2.3. Coeficiente de arrastre

Se trabaja con la ecuación 23

$$C_d = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34$$

**Datos:**

Cd: Coeficiente de arrastre

Re: Número de Reynolds 6.410

$$Cd = \frac{24}{6.410} + \frac{3}{\sqrt{6.410}} + 0.34$$
$$Cd = 5.269$$

#### 3.3.2.4. *Calculo del área superficial*

Lo calculamos con la ecuación 24

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

Vs: Velocidad de sedimentación 0.035 (m/s)

Q: Caudal 4 (L/s)

As: Área superficial m<sup>2</sup>

$$As = \frac{4}{0.035}$$
$$As = 11.428 \text{ m}^2$$

#### 3.3.2.5. *Tiempo de Retención Hidráulico*

Se calcula con la ecuación 25

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

**Datos:**

THR: Tiempo de retención hidráulico (h)

Q: Caudal 14.4 (m<sup>3</sup>/h)

V: Volumen (m<sup>3</sup>) tomado de la Tabla 29

$$THR = \frac{2.5 \times 0.8 \times 0.80}{14.4}$$
$$THR = 0.111 \text{ h}$$
$$THR = 6.666 \text{ min}$$



### 3.3.3. *Diseño para un Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (UASB)*

Para el diseño del reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (UASB) utilizamos un caudal de 4 L/s y los cálculos de diseño los realizamos con valores asumidos del ancho del reactor de 1.80 m y una altura de 4.0 m respectivamente.

#### 3.3.3.1. *Área del reactor*

El área del reactor se lo calcula con la siguiente ecuación: 26

$$AR = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

**Datos:**

AR: Área del reactor (m<sup>2</sup>)

D<sup>2</sup>: Diámetro estimado del reactor 3.400 m

π: Factor pi

$$AR = \frac{3.1416 \times 3.400^2}{4}$$

$$AR = 9.079 \text{ m}^2$$

#### 3.3.3.2. *Volumen del reactor*

Se trabaja con la ecuación 27:

$$VR = AR \times H$$

**Datos:**

VR: Volumen del reactor (m<sup>3</sup>)

AR: Área del reactor 9.079 (m<sup>2</sup>)

H: Altura del UASB 4.00 (m/s)

$$VR = 9.079 \times 4.000$$

$$VR = 36.316 \text{ m}^3$$

#### 3.3.3.3. *Tiempo de retención*

Se calcula con la ecuación 28

$$\text{THR} = \frac{V_r}{Q}$$

**Datos:**

THR: Tiempo de retención hidráulico (h)

Q: Caudal 14.4 (m<sup>3</sup>/h)

Vr: Volumen del reactor 36.316 (m<sup>3</sup>)

$$\text{THR} = \frac{36.316}{14.4}$$

$$\text{THR} = 2.521 \text{ h}$$

### 3.3.3.4. Carga Hidráulica

Podemos calcular con la ecuación 29

$$\text{CH} = \frac{Q}{\text{AR}}$$

**Datos:**

CH: Carga hidráulica

Q: 14.4 m<sup>3</sup>/h

AR: Área del reactor 9.079 (m<sup>2</sup>)

$$\text{CH} = \frac{14.4}{9.079}$$

$$\text{CH} = 1.586 \text{ m/h}$$

### Dimensionamiento

Ancho del reactor: 1.80 m

Altura del reactor: 4.0 m

### 3.3.4. Diseño de la Campana del Reactor UASB.

#### 3.3.4.1. Velocidad de flujo de campana

Se lo calcula mediante la ecuación 30

$$\text{Vfc} = 4\text{CH}$$

**Datos:**

Vfc: Velocidad de flujo en la campana (m/h)

4CH: Carga hidráulica

$$V_{fc} = 4 \times 1.586$$

$$V_{fc} = 6.344 \text{ m/h}$$

Una parte importante en el diseño de un reactor UASB es la campana o separador de gas , líquido y sólidos, que es fundamental para lograr un buen funcionamiento a fin de mantener un lodo sedimentable en su mayoría granular un efluente tratado libre de gas y gases adecuados separados.

### 3.3.4.2. Área de abertura

Se lo calcula mediante la siguiente ecuación 31

$$A_{\text{abertura}} = \frac{Q}{V_{fc}}$$

**Datos:**

A: Abertura: Área de abertura (m<sup>2</sup>)

Q: 14.4 m<sup>3</sup> /h

V<sub>fc</sub>: Velocidad de flujo en la campana 6.344 (m/h)

$$A_{\text{abertura}} = \frac{14.4}{6.344}$$

$$A_{\text{abertura}} = 2.270 \text{ m}^2$$

### 3.3.4.3. Área de la sección transversal

Se lo calcula mediante la siguiente ecuación 32

$$A_c = A_R - A_{\text{abertura}}$$

**Datos:**

A<sub>c</sub>: Área de la campana (m<sup>2</sup>)

A. Abertura: Área de abertura 2.270(m<sup>2</sup>)

A<sub>R</sub>: Área del reactor 9.079 (m<sup>2</sup>)

$$A_c = 9.079 - 2.270$$

$$A_c = 6.809 \text{ m}^2$$

Una vez terminado el proceso en el reactor el caudal de salida será el mismo que ingresa al Filtro Biológico.

### 3.3.5. *Calculo del Área del Filtro Percolado*

Este Filtro Biológico tiene un caudal de entrada de 4L/s y para el cálculo respectivo asumimos una altura de 2.80 m y un ancho de 1.20 m y una profundidad de 1.80 m.

$$A = Q \left( \frac{-\ln S_e/S_i}{KD} \right)^{1/n}$$
$$A = 0.24 \left( \frac{-\ln 165/825}{0.058 \times 2.80} \right)^{1/0.5}$$
$$A = 23.571 \text{ m}^2$$

#### **Datos:**

A: Area del reactor  $\text{m}^2$

Q: Cauda  $0.24 \text{ m}^3/\text{min}$

Se: DBO<sub>5</sub> efluente 165 (mg/L)

Si: DBO<sub>5</sub> afluente 825 (mg/L)

K: Coeficiente de tratabilidad  $0.058 \text{ m}^3/\text{min}$

D: Altura del filtro 2.80 (m)

n:0.5

### 3.3.6. *Cálculo de dosificación del PAC*

0.015 g/l se encuentran contenidos en 25 Kg de PAC

25 Kg se diluyen en 200 litros de agua

#### 3.3.6.1. *Cálculo para conocer cantidad requerido de PAC*

Se calcula mediante la ecuación 34

$$P2_{\text{PAC}} = \frac{C1_{\text{PAC}} \times P1_{\text{PAC}}}{C2}$$

#### **Datos:**

P1: Cantidad inicial de PAC 25 Kg

C1: Concentración de PAC 0.015 g/L

C2: Concentración de PAC requerido 0.07 g/L

$$P2_{PAC} = \frac{0.07 \times 25}{0.015}$$

$$P2_{PAC} = 116.666 \text{ Kg PAC}$$

### 3.3.6.2. Cálculo del volumen requerido de agua

Se calcula mediante la ecuación 35

$$V2 = \frac{P2_{PAC} \times V1}{P1_{PAC}}$$

**Datos:**

P1: Cantidad inicial de PAC 25 (Kg)

V1: Volumen de dilución inicial 200 L

P2: Cantidad de PAC requerido:

$$V2 = \frac{116.666 \times 200}{25}$$

$$V2 = 933.328 \text{ L agua}$$

El PAC puede ser solido o liquido se debe diluir 116.666 Kg PAC en 933.328 litros de agua.

### 3.3.6.3. Cálculo de la concentración de la solución

Se realiza el cálculo con la ecuación 36

$$C_{Sln} = \frac{P2_{PAC}}{V2}$$

**Datos:**

V<sub>2</sub>: Volumen de disolución requerida 933.328 (L)

P<sub>2</sub>: Cantidad de PAC requerido 116666 (g)

$$C2_{PAC} = \frac{116666}{933.328}$$

$$C2_{PAC} = 125 \text{ g/L}$$

### 3.3.6.4. Cálculo del caudal de dosificación

Se realiza mediante la ecuación 37

$$Q_D = \frac{C_{PAC}}{C_{Slm}} \times Q$$

**Datos:**

Q: Caudal 14.4 m<sup>3</sup> /h

C<sub>PAC</sub>: Concentración de PAC 0.07 (g/L)

C<sub>Slm</sub>: Concentración de la solución 125 (g/L)

$$Q_d = \frac{0.07}{125} \times 14.4$$

$$Q_d = 8.064 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{h}$$

Transformando m<sup>3</sup> /h a ml /min obtenemos:

$$6.048 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$134.4 \frac{\text{mL}}{\text{min}}$$

### 3.3.7. Cálculo para la dosificación de la cal

C: 0.05 Cal (g/L)

Q: 4 L/s

$$4 \frac{\text{L}}{\text{s}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}} = 345600 \text{ L/día}$$

$$1 \text{ L} \rightarrow 10 \text{ ml}$$

$$345600 \text{ L/día} \rightarrow \times$$

$$3456000 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} = 3456 \text{ L/día}$$

$$1 \text{ L} \rightarrow 0.05 \text{ g}$$

$$3456 \text{ L} \rightarrow \times$$

$$172.8 \text{ g} \times \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} = 0.172 \text{ Kg/día}$$

### 3.3.7.1. Cálculo de la dosificación del Sulfato de Aluminio.

C: 0.40 Sulfato de Aluminio (g/L)

Q: 4 L/s

$$4 \frac{\text{L}}{\text{s}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}} = 345600 \text{ L/día}$$

$$1 \text{ L} \rightarrow 20 \text{ ml}$$

$$345600 \text{ L/día} \rightarrow \times$$

$$6912000 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} = 6912 \text{ L/día}$$

$$1 \text{ L} \rightarrow 0.40 \text{ g}$$

$$6912 \text{ L} \rightarrow \times$$

$$2764.8 \text{ g} \times \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} = 2.764 \text{ Kg/día}$$

### 3.3.8. Diseño de Floculador Hidráulico de Flujo Horizontal

En este tipo de Floculadores puede estar configurada de diversas formas; puede constar de un solo tanque con tres o cuatro tramos con diferentes anchos de canales, o tres o cuatro tanques con anchos. Para el diseño de este floculador utilizamos el caudal de 4 L/s, donde se utilizaran dos filtros con las mismas dimensiones para el tratamiento correspondiente.

#### 3.3.8.1. Longitud de canales

Se calcula mediante la ecuación 40

$$L_c = V \times T \times 60$$

#### Datos:

Lc: Longitud de canales 0.10 (m).

T: Tiempo de retención 15 (min).

V: Velocidad del fluido 60(m/s).

$$Lc = 0.10 \times 15 \times 60$$

$$Lc = 90m$$

### 3.3.8.2. Área de los canales del floculador

Se calcula mediante la ecuación 41

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

#### **Datos:**

A: Área de los canales del floculador (m<sup>2</sup>)

Q: Caudal de diseño 0.004(m<sup>3</sup>/s)

V: Velocidad del fluido 0.10 (m/s)

$$A = \frac{0.004}{0.10}$$

$$A = 0.04m^2$$

### 3.3.8.3. Ancho de canales de floculación

Se calcula mediante la ecuación 42

$$a = \frac{A}{Hu}$$

#### **Datos:**

a:Ancho de los canales del floculador (m)

A: Área de los canales del floculador 0.04 (m<sup>2</sup>)

H: Altura de agua en la unidad 0.80 (m)

$$a = \frac{0.04}{0.80}$$

$$a = 0.05m$$

### 3.3.8.4. Ancho de las vueltas de la floculación

Se calcula mediante la ecuación 43

$$d = 1.5 \times a$$

#### **Datos:**

d:Ancho de las vueltas de la floculación(m)



a:Ancho de los canales de floculación 0.05(m)

$$d = 1.5 \times 0.05$$

$$d = 0.075 \text{ m}$$

#### 3.3.8.5. Ancho del floculador

Se calcula con la ecuación 44

$$\mathbf{B = 3b + d}$$

**Datos:**

B: Ancho del floculador (m)

b:Ancho útil de la lámina 0.825 (m)

d:Ancho de vueltas de la floculación 0.075(m)

$$B = (3 \times 0.825) + 0.075$$

$$B = 2.55 \text{ m}$$

#### 3.3.8.6. Número de canales

Se calcula con la ecuación 45

$$\mathbf{Nc = Lc / B}$$

**Datos:**

B: Ancho del floculador 2.55 (m)

Lc: Longitud de canales 90 (m)

Nc: Número de canales (unidades)

$$Nc = \frac{90}{2.55}$$

$$Nc = 35 \text{ unidades}$$

#### 3.3.8.7. Longitud del floculador

Se calcula con la ecuación 46

$$\mathbf{L = (Nc \times a) + (Nc - 1) \times e}$$

**Datos:**

Nc: Número de canales 35 (unidades)

a: Ancho de los canales de floculación 0.05(m)

e: Espesor de las láminas 0.12 (m)

L: Longitud del floculador (m)

$$L = (35 \times 0.05) + (35 - 1) \times 0.12$$

$$L = 5.83 \text{ m}$$

### 3.3.8.8. Pérdida de cargas en las vueltas

La pérdida de cargas obtenemos mediante la ecuación 47

$$h_1 = \frac{K_f \times V^2 \times (N_c - 1)}{2 \times g}$$

#### Datos:

Kf: Coeficientes de pérdidas de cargas en las vueltas (3 unidades)

V: Velocidad del fluido 0.10 (m/s)

Nc: Número de canales 35 (unidades)

g: gravedad 9.8 (m/s<sup>2</sup>).

h<sub>1</sub>: Pérdida de carga en las vueltas (m)

$$h_1 = \frac{3 \times 0.10^2 \times (35 - 1)}{2 \times 9.8}$$

$$h_1 = 0.052 \text{ m}$$

### 3.3.8.9. Perímetro mojado de las secciones

Se calcula mediante la ecuación 48:

$$P_m = 2H_u + a$$

#### Datos:

Pm: Perímetro de las secciones (m)

Hu: Altura de agua en la unidad 0.80 (m)

a:ancho de los canales del floculador 0.05(m)

$$P_m = (2 \times + 0.80) + 0.05$$

$$P_m = 1.65 \text{ m}$$

### 3.3.8.10. Pérdida de la carga en los canales

Se obtiene mediante la ecuación 49, la pérdida de la carga en los canales:

$$h_2 = S L = \left[ \frac{V \times n}{R^{2/3}} \right]^2 \times L_c$$

#### Datos:

H<sub>2</sub>: Pérdida de la carga en los canales (m)

V: Velocidad del fluido 0.10 (m/s)

n: Coeficiente de Manning 0.013. Ver tabla 11

R: radio medio hidráulico 0.024 (m)

L<sub>c</sub>: Longitud de canales 90 m

$$h_2 = \left[ \frac{0.10 \times 0.013}{(0.024)^{2/3}} \right]^2 \times 90$$

$$h_2 = 0.014 \text{ m}$$

### 3.3.8.11. Radio medio hidráulico

Para la pérdida de cargas se calcula el radio medio hidráulico con la ecuación 50

$$R = \frac{A}{P_m}$$

#### Datos:

A: Área de los canales del floculador (m<sup>2</sup>).

P<sub>m</sub>: Perímetro mojado de las secciones (m)

R: Radio medio hidráulico (m)

$$R = \frac{0.04}{1.65}$$

$$R = 0.024 \text{ m}$$

### 3.3.8.12. Pérdida de carga total

Se calcula mediante la ecuación 51

$$hf = h_1 + h_2$$

#### Datos:

hf: Pérdida de carga total (m)

h<sub>2</sub>: pérdida de la carga en los canales 0.014(m)

h<sub>1</sub>: Pérdida de carga en las vueltas 0.052 (m)

$$hf = 0.052 + 0.014$$

$$hf = 0.066 \text{ m}$$

### 3.3.8.13. Gradiente de velocidad

Este valor se calcula con la ecuación 52

$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} \times \sqrt{\frac{hf_1}{T}}$$

#### Dónde:

$\sqrt{\gamma/\mu}$ : Relación peso específico y viscosidad absoluta. Ver la tabla 12 (Interpolación 17°C)

$\gamma$ : Peso específico del agua (N/m<sup>3</sup>) Ver la tabla 13

$\mu$ : Viscosidad dinámica del agua (N × s / m<sup>2</sup>). Ver la tabla 13 (Interpolación 17°C)

hf: Pérdida de carga total (m)

T: Tiempo de retención(s)

G: Gradiente de velocidad (s<sup>-1</sup>).

$$G = 2997.39 \times \sqrt{\frac{0.066}{15 \times 60}}$$

$$G = 25.668 \text{ s}^{-1}$$

La Planta de tratamiento constara de dos Floculadores con las mismas dimensiones, debido a que se realiza el tratamiento con Policloruro de Aluminio y Chemfloc en el primer

Floculador; para el segundo Floculador se utilizara Sulfato de Aluminio y Cal para la disminución total de las concentraciones y eliminación de malos olores.

### 3.3.9. *Diseño del Sedimentador de Alta Tasa*

Para el diseño del Sedimentador de alta tasa se considera la temperatura del Lixiviado de 17 °C, un tiempo de retención de 15 minutos, con un caudal de 4 L/s tomándole como caudal máximo para el diseño respectivo.

#### 3.3.9.1. *Área de sedimentación*

Para obtener el área tomamos la ecuación 53:

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

**Datos:**

AS: Área de sedimentación m<sup>2</sup>

Q: Caudal 345.6 m<sup>3</sup>/día

CS: carga superficial del sedimentador 80 m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> d (Valor asumido).

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

$$AS = \frac{345.6}{80}$$

$$AS = 4.32 \text{ m}^2$$

#### 3.3.9.2. *Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas*

Se calcula mediante la ecuación 54:

$$v_o = \frac{Q}{As \times \text{Sen}\theta}$$

**Datos:**

Vo: Velocidad promedio del flujo entre placas inclinadas (m/s)

Q: Caudal de diseño 0.004 (m<sup>3</sup> / s)

As: Area superficial 4.32 (m<sup>2</sup>)

$\theta$ : Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa. (Sen 60.)

$$v_o = \frac{0.004}{4.32 \times \text{Sen}60}$$
$$v_o = 1.069 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

### 3.3.9.3. Longitud relativa del sedimentador de alta tasa

Se obtiene aplicando la ecuación 55:

$$Lr = \frac{l}{dp}$$

**Datos:**

l: Longitud recorrida a través del elemento (placas) 1.10 m (valor asumido)

dp: Ancho del conducto o espaciamiento entre placas 0.05 (valor asumido)

$$Lr = \frac{1.10}{0.05}$$
$$Lr = 22$$

### 3.3.9.4. Numero de Reynolds

Se calcula mediante la ecuación 56

$$Re = \frac{Vs \times dp}{\nu}$$

**Datos:**

Se trabaja a una temperatura de 17°C

Vs: Velocidad promedio entre placas inclinada:  $1.069 \times 10^{-3}$

dp: Ancho del conducto o espaciamiento entre placas 0.05

$\nu$ : Viscosidad cinemática Ver la tabla 13

$$Re = \frac{1.069 \times 10^{-3} \times 0.05}{9.21 \times 10^{-7}}$$

$$Re = 58.034$$

### 3.3.9.5. Longitud de transición

Se calcula mediante la ecuación 57:

$$L' = 0.013 \times Re$$

**Datos:**

Re: Número de Reynolds: 58.034

$$L' = 0.013 \times 58.034$$

$$L' = 0.754$$

### 3.3.9.6. Longitud relativa del sedimentador de alta tasa corregida en la longitud de transición

Se calcula mediante la ecuación 58

$$L_{cr} = L_r \times L'$$

**Datos:**

L<sub>r</sub>: Longitud relativa del sedimentador de alta tasa: 22 m

L': Longitud de transición 0.754m

$$L_{cr} = 22 - 0.754$$

$$L_{cr} = 21.246 \text{ m}$$

### 3.3.9.7. Velocidad de sedimentación crítica

Calculamos la velocidad de sedimentación por la ecuación 59

$$V_{sc} = \frac{S_c \times v_o}{\text{Sen}\theta + (L_{cr} \times \text{Cos}\theta)}$$

**Datos:**

V<sub>sc</sub>: Velocidad crítica de asentamiento de sedimentación de alta tasa (m/s)

V<sub>o</sub>: Velocidad promedio del fluido entre placas 121.24 m/d

θ: Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa de 60°

Sc: Parámetros característicos: igual a 1.0 para Sedimentadores de placas paralelas.

$$V_{sc} = \frac{1 \times 121.24}{\text{Sen}60 + (21.246 \times \text{Cos}60)}$$

$$V_{sc} = 10.55 \text{ m/d}$$

$$V_{sc} = 1.22 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

### 3.3.9.8. Tiempo de retención en las placas

Se calcula mediante la ecuación 1.60

$$\text{Trp} = \frac{l}{v_o}$$

**Datos:**

Trp: tiempo de retención

l: Longitud recorrida a través del elemento (tubo, placas). 1.10m (Valor asumido)

Vo: Velocidad promedio del fluido en el sedimentador  $1.069 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ .

$$\text{Trp} = \frac{1.10}{1.069 \times 10^{-3}}$$

$$\text{Trp} = 1028.999 \text{ s} \approx 17.149 \text{ min}$$

### 3.3.9.9. Tiempo de retención en el tanque de sedimentación

Se calcula mediante la ecuación 61

$$t_s = \frac{A_s \times H_s}{Q}$$

**Datos:**

Q: Caudal  $0.004 \text{ m}^3 / \text{s}$

Hs: Altura total: 2m (Valor asumido)

As: Area de sedimentación  $2.52 \text{ m}^2$

$$t_s = \frac{4.32 \times 2.00}{0.004}$$

$$t_s = 36 \text{ min}$$

### 3.3.9.10. Ancho del sedimentador



Se lo obtiene mediante la ecuación 62

$$b_s = \sqrt{\frac{As}{5}}$$

**Datos:**

bs: Ancho del sedimentador (m)

As: Area del sedimentador 4.32 m<sup>2</sup>

$$b_s = \sqrt{\frac{4.32}{5}}$$

$$b_s = 1.0 \text{ m}$$

### 3.3.9.11. Longitud de sedimentación

Se obtiene calculando mediante la ecuación 63:

$$L_s = \frac{As}{bs}$$

**Datos:**

Ls: Longitud de sedimentación (m)

As: Area del sedimentador 4.32 m<sup>2</sup>

bs: Ancho del sedimentador 1.0 m

$$L_s = \frac{4.32}{1.0}$$

$$L_s = 4.32 \text{ m}$$

### 3.3.9.12. Número de placas por módulo

Se calcula por medio de la ecuación 64

$$N_p = \frac{(L_s \times \text{Sen}\theta) + ds}{ds + ep}$$

**Datos:**

Np: Número de placas por modulo

Ls: Longitud de sedimentación: 4.32 m

$\theta$ : Angulo de inclinación de las placas:  $\text{Sen}60^\circ$

ds: Separación entre placas 0.050 m

ep: Espesor de las placas 0.010 m

$$N_p = \frac{(4.32 \times \text{Sen}60) + 0.050}{0.050 + 0.010}$$

**$N_p = 63$  placas**

### 3.3.9.13. Volumen del sedimentador

Se calcula por medio de la ecuación 65

$$V_d = L_s \times a_s \times h$$

#### **Datos:**

Ls: Longitud del sedimentador: 4.32 m

as: Ancho del sedimentador: 1 m

h: Altura del sedimentador: 2 m

$$V_d = 4.32 \times 1 \times 2$$

$$V_d = 8.64 \text{ m}^3$$

### 3.3.9.14. Dimensionamiento

Hp: Altura de placas ( $1.10 \times \text{Sen } 60$ ): 0.953 m

Hsp: Altura del líquido sobre las placas: 0.35m valor asumido

Hdp: Altura por debajo de las placas: 0.80 m valor asumido

Al final se consideran dos Sedimentadores debido al tratamiento que se realiza primero con Policloruro de Aluminio, Auxiliar iónico, Chemfloc y después con Sulfato de Aluminio y Cal para luego realizar la respectiva desinfección.

### 3.3.10. Dimensionamiento de Lecho de Secado

Para el lecho de secado de acuerdo al caudal previsto se asume como dimensionamiento:

Ancho de lecho de secado de: 1.80 m

Longitud de 2.0 m

Altura de 0.80 m

### **3.3.11. Dimensionamiento para un Canal simple**

Altura del Canal de 0.45 m

Longitud del Canal de 0.80m

Profundidad de 0.20m

#### **3.3.11.1. Cálculos Para el Diseño De Desinfección:**

Se determina la cantidad de cloro que se va a utilizar la para la desinfección del lixiviado tratado partiendo de un caudal de 4 L/s. que es el caudal de salida del Sedimentador.

#### **3.3.11.2. Calculo de la masa del Hipoclorito de calcio**

Se realiza aplicando la ecuación 66

$$\text{masa lb/día} = 0.012 \times Qd \times C$$

**Datos:**

Q: Caudal 63.492 gpm/min

0.012: Constante adimensional

C: Concentración de HTH 5.000 mg/L recomendado por E.P-EMAPAG

$$\text{masa lb/día} = 0.012 \times 63.492 \times 5$$

$$\text{masa lb/día} = 3.809 \text{ HTH}$$

$$\text{masa} = 1.727 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} \text{ HTH}$$

#### **3.3.11.3. Volumen de agua para diluir HTH**

Para determinar la cantidad de agua que se necesita para diluir el Hipoclorito de calcio ( $V_1$ ) utilizamos la siguiente ecuación 67

$$V_{\text{HTH}} = \frac{m_{\text{HTH}}}{\rho_{\text{HTH}}}$$

**Datos.**

$\rho_{\text{HTH}}$  : Densidad de hipoclorito cálcico 0.8 (kg/L)

m: masa del Hipoclorito de calcio Kg/día

$$V_{\text{agua}} = \frac{1.727}{0.800}$$

$$V_{\text{agua}} = 2.158 \text{ L/día}$$

*3.3.11.4. Volumen del Hipoclorito al 65%*

Se calcula mediante la ecuación 68:

$$\begin{aligned} V &\rightarrow 8.500\% \\ X = V_1 &\rightarrow 65\% \end{aligned}$$

**Datos:**

V: Volumen de HTH: 2.158 L/día

$$V_1 = \frac{2.158 \times 65\%}{8.500\%}$$

$$V_1 = 16.502 \text{ L} + 2.158$$

$$V_1 = 18.66 \text{ L}$$

*3.3.11.5. Volumen de agua requerida para diluir la solución madre.*

Se calcula aplicando la siguiente ecuación 69

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

**Datos:**

$V_1$ : Volumen, solución madre 18.66 L

$C_1$ : Concentración de la dosificación de HTH: 5.000 mg/L

$C_2$ : Concentración de HTH: 0.65 mg/L

$$V_2 = \frac{C_1 V_1}{C_2}$$

$$V_2 = \frac{5.000 \times 18.66}{0.650}$$

$$V_2 = 143.538 \text{ L}$$

### 3.3.11.6. Volumen total de la solución

Calcula por la ecuación 70:

$$V_T = V_2 + V_1$$

**Datos:**

$V_2$  = Volumen de agua requerida 143.538 (L)

$V_1$ : Volumen, solución madre 18.66 (L)

$$V_T = 18.66 \text{ L} + 143.538 \text{ L}$$

$$V_T = 162.198 \text{ L}$$

### 3.3.11.7. Solución por Goteo

$$g = 162.198 \frac{\text{L}}{\text{día}} \times \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$Q_D = 112.637 \frac{\text{ml}}{\text{min}}$$

### 3.3.12. Dimensiones del tanque almacenamiento

En este tanque se almacenara el lixiviado tratado para que posteriormente se descargue al río Guaranda con los parámetros dentro de la Normas del TULAS del Libro VI Anexo 1.

**Datos:**

Altura del canal de: 0.80 m

Longitud del canal 1.60 m

Profundidad de: 0.50

Ancho del canal es: 0.80

### 3.4. RESULTADOS

#### 3.4.1. Proyección Futura

**Tabla 21: PROYECCIÓN FUTURA**

PARAMETRO	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Población Futura	Nt	40951	habitantes
Producción per cápita	Ppc	25.32	Kg/día habitante
Producción total de sólidos	Dsp	854803.2	Kg/día
Volumen diario de residuos s	Volumen diario	1899.562	m <sup>3</sup> /día
Volumen de relleno sanitario	Vrs	847595.169	m <sup>3</sup>
Área total	AT	14126.586	m <sup>2</sup>

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

#### 3.4.2. Resultados de los medidores de caudales

**Tabla 22: RESULTADOS DE MEDIDOR DE CAUDALES**

PARAMETRO	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Caudal (método Suizo)	Q	0.322	L/s
Caudal de Balance Hídrico	LL	0.880	L/s

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

#### 3.4.3. Resultados de los meses más lluvioso para el Balance Hídrico

**Tabla 23: VALORES DE EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL DURANTE MESES MUESTREO**

Temperaturas °C	Meses de muestreo	Etp(mm)
13	Marzo	32.99
14	Abril	33.577
12	Mayo	30.43

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

**Tabla 24: CÁLCULO DEL COEFICIENTE K**

Meses de muestreo	K
Marzo	32.03
Abril	30.25
Mayo	32.03

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

**Tabla 25: RESULTADOS DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL DIARIA**

Temperaturas °C	Meses de muestreo	E (diario)mm
13	Marzo	1.032
14	Abril	1.111
12	Mayo	0.953

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

**Tabla 26: RESULTADOS DE INDICE TÉRMICO MENSUAL**

Temperaturas °C	Meses de muestreo	i
13	Marzo	4.19
14	Abril	4.685
12	Mayo	3.72

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

**Tabla 27: RESULTADOS DEL INDICE TÉRMICO ANUAL**

Temperaturas °C	Meses de muestreo	i
13	Marzo	4.19
14	Abril	4.685
12	Mayo	3.72
<b>Σ i</b>		12.595

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

**Tabla 28: RESULTADOS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL MENSUAL**

Temperaturas °C	Meses de muestreo	ETr
13	Marzo	124.8
14	Abril	124.22
12	Mayo	127.36
<b>Promedio</b>		125.46

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

### 3.4.4. Resultados de los procesos de Tratamiento.

**Tabla 29: DIMENSIONAMIENTO DE UN DESARENADOR**

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidades
Velocidad de sedimentación	$V_s$	0.035	m/seg
Coefficiente de arrastre	Cd	5.269	adimensional
Área superficial	As	11.428	m <sup>2</sup>
Tiempo de retención	THR	6.666	min
Longitud	L	2.5	m
Ancho	A	0.80	m
Profundidad	P	0.80	m

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

**Tabla 30: DIMENSIONAMIENTO DEL REACTOR ANAERÓBICO DE FLUJO ASCENDENTE**

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidades
Área del reactor	AR	9.079	m <sup>2</sup>
Volumen del reactor	VR	36.316	m <sup>3</sup>
Tiempo de retención	THR	2.521	horas
Carga hidráulica	CH	1.586	m/h
Ancho del reactor(m)	A	1.80	m
Altura del reactor	Alt	4.0	m

Elaborado por: Nelly Tibanlombo



**Tabla 31: DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO PERCOLADOR**

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidades
Área del Filtro Percolador	A	23.571	m <sup>2</sup>
Volumen del Filtro	V	6.048	m <sup>3</sup>
Ancho	A	1.20	m
Altura del Filtro	Alt	2.80	m

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

**Tabla 32: DIMENSIONAMIENTO DE LECHO DE SECADO**

Ancho	Largo	Altura
1.80	2.0	0.80

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

**Tabla 33: RESULTADOS DE DETERMINACIÓN DE AGENTES COAGULANTES**

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidades
Concentración de PAC	C <sub>PAC</sub>	0.07	g/L
Cantidad de PAC a diluir	P2 <sub>PAC</sub>	116.666	Kg
Volumen de agua para diluir	V2	933.328	L
Caudal de dosificación	Q <sub>d</sub>	134.4	ml/min

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

**Tabla 34: RESULTADOS DE AGENTES COAGULANTES DEL SULFATO DE ALUMINIO Y LA CAL**

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidades
Volumen diario de Cal	V <sub>cal</sub>	3456	L/día
Gramos diario de cal	Kg/día	0.172	Kg/día
Volumen del Sulfato de Al	V <sub>Sulfato</sub>	6912	L/día
Gramos del Sulfato de Al	C <sub>Sulfato</sub>	2.764	Kg/día

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

**Tabla 35: RESULTADOS DE FLOCULADOR HIDRÁULICO DE FLUJO HORIZONTAL**

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Longitud de los canales	Lc	90	m
Áreas de los canales del floculador	A	0.04	m <sup>2</sup>
Ancho de canales de floculación	a	0.05	m
Ancho de las vueltas de la floculación	d	0.075	m
Ancho del floculador	B	2.55	m
Número de canales	Nc	35	unidades
Longitud del Floculador	L	5.83	m
Perdidas de carga en la vueltas	h1	0.052	m
Perímetro mojado de las secciones	Pm	1.65	m
Pérdida de la carga en los canales	h2	0.014	m
Radio medio hidráulico	R	0.024	m
Perdida de carga total	hf1	0.066	m
Gradiente de velocidad	G	25.668	s <sup>-1</sup>
Profundidad	p	0.80	m

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

**Tabla 36: RESULTADOS DE LA DOSIFICACIÓN DE HTH**

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Cantidad de HTH	m	3.809	Lb/día
Volumen de HTH	V <sub>1</sub>	18.66	L
Volumen de agua	V <sub>2</sub>	143.538	L
Volumen total de la solución	V <sub>T</sub>	162.198	L
Caudal de dosificación	Q <sub>D</sub>	112.637	mL/min

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

**Tabla 37: RESULTADOS DEL SEDIMENTADOR DE ALTA TASA**

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Area de sedimentación	CS	4.32	m <sup>2</sup>
Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas	Vo	$1.069 \times 10^{-3}$	m/s
Velocidad de sedimentación crítica	Vsc	$1.22 \times 10^{-4}$	m/s
Tiempo de retención en las placas	Trp	17.149	min
Tiempo de retención en el tanque de sedimentación	ts	36	min
Ancho del sedimentador	bs	1.0	m
Longitud de sedimentación	Ls	4.32	m
Número de placas	Np	63	placas
Volumen del sedimentador	Vd	8.64	m <sup>3</sup>
Altura de placas	Hap	0.953	m
Altura del líquido sobre las placas	Hsp	0.35	m
Altura por debajo de las placas	Hdp	0.80	m

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

**Tabla 38: DIMENSIONAMIENTO CANAL SIMPLE PARA CLORACIÓN**

Altura del canal(m) valor asumido	Longitud del canal (m) valor asumido	Profundidad
0.80	1.0	0.50

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

**Tabla 39: DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE ALMACENAMIENTO**

Ancho del canal(m) valor asumido	Longitud del canal (m) valor asumido	Altura(m)
0.80	1.60	0.80

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

### 3.4.5. Resultados de la Prueba de Jarras

Luego de la aplicación del Policloruro de Aluminio y el Auxiliante Chemfloc se redujo la turbiedad de un valor inicial de 817.35 NTU a un valor mínimo 204.38 NTU.

**Tabla 40: PRUEBA DE JARRAS EFECTUADAS A LAS MUESTRAS CON TURBIEDAD DE 817.35 NTU**

Test de Jarras con (PAC)						
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)
0,80	0,04	16,00	8,00	87,23	76,76	792,98
0,80	0,04	17,00	8,50	77,66	69,90	776,63
0,80	0,04	18,00	9,00	68,42	62,95	760,28
0,80	0,04	19,00	9,50	59,51	55,94	743,93
0,80	0,05	16,00	8,00	50,93	48,89	727,58
0,80	0,05	17,00	8,50	42,67	41,82	711,23
0,80	0,05	18,00	9,00	34,74	34,74	694,88
0,80	0,05	19,00	9,50	27,14	27,68	678,53
0,80	0,06	16,00	8,00	19,87	20,66	662,18
0,80	0,06	17,00	8,50	12,92	13,69	645,83
0,80	0,06	18,00	9,00	69,24	74,78	629,48
0,80	0,06	19,00	9,50	61,31	67,44	613,13
0,80	0,07	16,00	8,00	53,71	60,15	596,78
0,80	0,07	17,00	8,50	46,43	52,93	580,43
0,80	0,07	18,00	9,00	10,22	5,52	204,38
0,80	0,07	19,00	9,50	25,02	15,51	277,95

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

Fuente: Dpto. Control de calidad EP-EMAPAG

Para que nuestra muestra se encuentre dentro de lo establecido por la norma se aplicó el Sulfato de Aluminio y Cal lo que permitió que este parámetro reduzca una vez más su valor de una turbiedad de 204,38 NTU hasta 50.00 NTU, siendo éste valor el permitido por la normativa vigente.

**Tabla 41: PRUEBA DE JARRAS EFECTUADAS A LAS MUESTRAS CON TURBIEDAD DE 204.38 NTU**

Conc $Al_2(SO_4)_3$	Conc Cal	Dosis $Al_2(SO_4)_3$ (mL)	Dosis Cal (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)
0,40	0,05	5,00	10,00	76,11	41,10	200,29
0,40	0,05	5,00	10,00	73,35	38,88	198,25
0,40	0,05	5,00	10,00	70,63	36,73	196,20
0,40	0,05	5,00	10,00	67,96	34,66	194,16
0,40	0,05	10,00	10,00	65,32	32,66	192,12
0,40	0,05	10,00	10,00	62,72	30,73	190,07
0,40	0,05	10,00	10,00	60,17	28,88	188,03
0,40	0,05	10,00	10,00	57,66	27,10	185,99
0,40	0,05	15,00	10,00	55,18	25,38	183,94
0,40	0,05	15,00	10,00	52,75	23,74	181,90
0,40	0,05	15,00	10,00	28,61	12,59	102,19
0,40	0,05	15,00	10,00	23,18	9,97	85,84
0,40	0,05	20,00	10,00	21,34	7,89	73,58
0,40	0,05	20,00	10,00	8,69	2,43	50,00
0,40	0,05	20,00	10,00	16,19	5,18	67,45
0,40	0,05	20,00	10,00	19,66	6,68	75,62

Elaborado por: Nelly Tibanlombo

Fuente: Dpto. Control de calidad EP-EMAPAG

### 3.4.6. Análisis del Lixiviado tratado

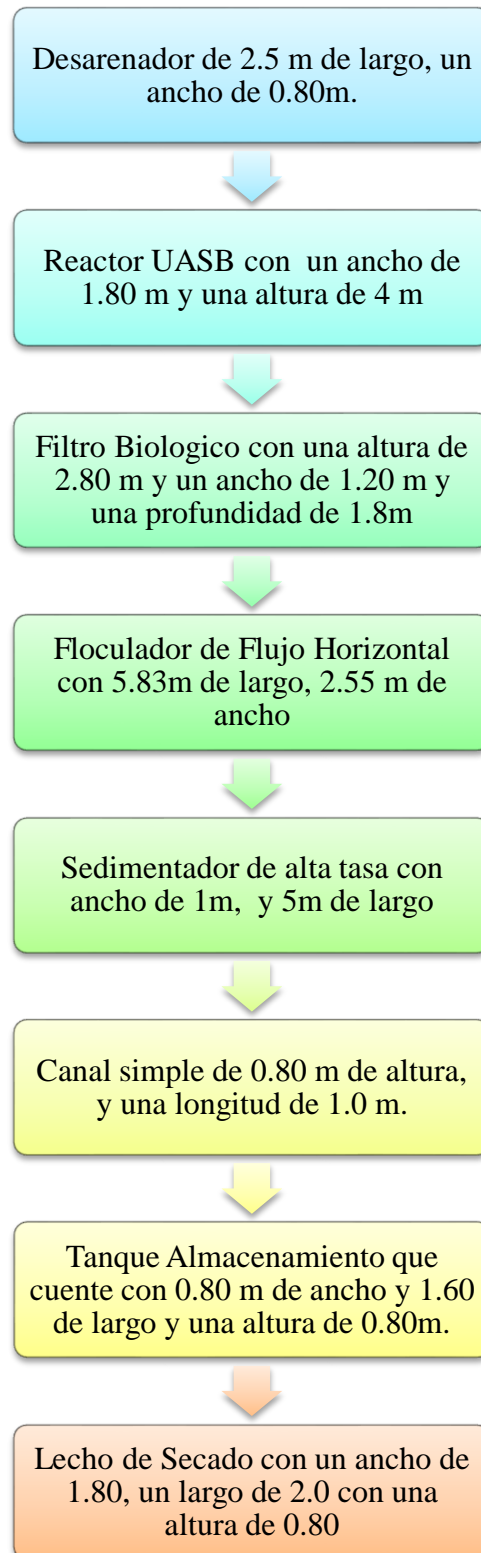
Una vez culminado con el análisis respectivo se detallan a continuación las concentraciones que se encuentran dentro de los límites establecidos permitiendo que los lixiviados puedan ser arrojados al río sin riesgo de contaminación.

**Tabla 42: RESULTADOS DEL TRATAMIENTO DEL LIXIVIADO**

PARAMETROS	UNIDA D	PROMEDI O	LUEGO DE TRATA(PAC )	Después de tratamiento(Sulfat o aluminio	límites permisible s
COLOR	UTC	1170,00	175,50	70,00	100
TURBIEDAD	NTU	817,35	204,38	50,00	.....
CONDUCTIVIDA D	uS/cm	1382,238	207,34	168,45	< 1000
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	38,238	5,74	6,00	10
FLUORUROS (F)	mg/L	14,954	2,24	2,23	5
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0,82	0,12	0,13	0.5
CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0,382	0,06	0,06	0.1
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	2,526	0,38	0,36	2
DBO <sub>5</sub>	mg/L	825	123,75	86.02	100
DQO	mg/L	1154,938	173,24	183,80	250
COLIFORMES FECALES	NMP/10 0 mL	1042,8	0,00	0,00	.....
COLIFORMES TOTALES	NMP/10 0 mL	460	0,00	0,00	<1**

Elaborado por: Nelly Tibanlombo  
Fuente: Dpto. Control de calidad EP-EMAPAG

### 3.5. PROPUESTA



### 3.6. Presupuesto General

**Tabla 43: PRESUPUESTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS**

No.	Rubro / Descripción	Unid	Cant	P. Unit	P. Total
1	Replanteo y Nivelación En Cerramiento	ml	700	1,72	1204
2	EXCAVACION Y RELLENO H=0-2 M	M3	100	6,42	642
3	Hormigón S. F'c=140 Kg/Cm2 En Replanchillos	M3	3	90,71	272,13
4	Hormigon S. F'c=210 Kg/Cm2 Inf. Inc. En	M3	20	210,72	4214,40
5	H. Simple En Plintos F'c=210 Kg/Cm2	M3	4,35	142,13	618,27
6	ACERO DE REFUERZO F'y= 4200 Kg/Cm2	KG	4500	2,02	9090,00
7	Masillado Mortero 1:3	M2	80	7,26	580,80
8	Enlucido Horizontal Alisado	M2	180	11,96	2152,80
9	Enlucido Vertical Paleteado	M2	120	9,92	1190,40
10	Pintura De Caucho Interior/Exterior	M2	280	3,85	1078,00
11	Punto Iluminación	PTO	8	26,15	209,20
12	Tomacorrientes Dobles	PTO	8	7,37	58,96
13	Tablero De Control 2 Breakers	U	1	52,13	52,13
14	Salida De Agua Potable	PTO	3	9,79	29,37
15	TUBERIA PVC D=110 Mm DESAGUE	ML	200	5,32	1064,00
16	CAJAS REVISION H.S. 0.60x0.60x0.60 CON TAPA H.A.	U	5	57,97	289,85
17	MALLA ELECTROSOLDADA 15x15x4.5 Mm	M2	80	4,72	377,60
18	Válvula De Compuerta D= 110 Mm	U	8	175	1400,00
19	Planchas De Asbesto Cemento	M2	60	16	960,00
20	Tanque De Pvc 50 Lts	U	3	300	900,00
21	CONTRAPISO H.S. F'c=180 Kg/Cm2 E=5cm	M2	120	14,63	1755,6
					<b>28139,51</b>

Realizado por: Nelly Tibanlombo

**Tabla 44: PRESUPUESTO DE AGENTES COAGULANTES**

Químicos	Cantidad Kg/día	Precio (USD)	Precio día	Precio año
Hipoclorito	1.727	4	6.908	2521.42
PAC	116	0.90	104	3796
Chemflock	0.274	8	2.191	800
Sulfato de Aluminio	2.764	2.0	5.54	2022
Cal	0.172	0.5	0.086	31.39
Total				<b>9170.39</b>

Elaborador por: Nelly Tibanlombo



## **CAPITULO IV**

### **4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN**

A continuación se realiza el respectivo análisis y discusión de los datos obtenidos durante las caracterizaciones respectivas de las muestras tomadas en el Botadero de Curgua ubicado en la parroquia de Santa Fe perteneciente a la Provincia de Bolívar.

Una vez realizados los análisis respectivos se pudo constatar que el lixiviado tomado a las orillas del río Guaranda contienen numerosas concentraciones químicas que están fuera de normas establecidas por el TULAS; por lo tanto se realizó el test de jarras para determinar la dosificación correcta. Es así que se empezó midiendo la turbiedad del lixiviado que daba un resultado de 817.35 NTU, por tanto al agregar el Poli cloruro de Aluminio en una concentración de 0.070 mg/L se logró la reducción a un valor de 204.38 NTU, sin embargo este valor sigue fuera de norma, de modo que se aplicó cal y sulfato de Aluminio y se observó que este valor se reducía a 50 NTU cumpliendo con las normas.

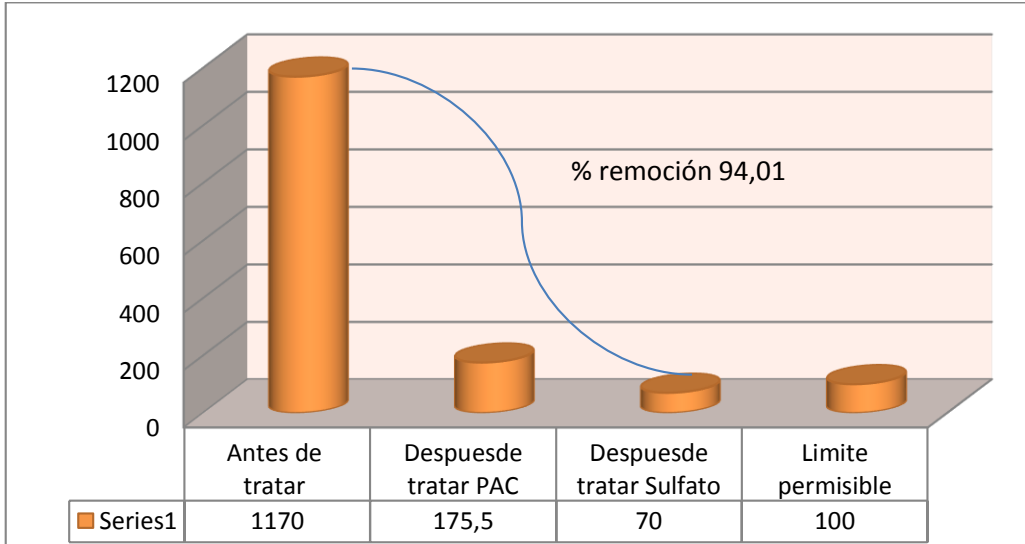
De este modo se reducía los otros parámetros que estaban fuera de norma como son : del DBO<sub>5</sub> a 86.02 mg/L, DQO a 183.80 mg/L, Turbiedad 50NTU, Color a 70UTC, Conductividad a 168.45uS/cm, Nitrógeno Total a 6.0mg/L, Fluoruros a 2.23 mg/L, Cloruros 306.62 mg/L, Cianuros a 0.06 mg/L, Bario a 0.36 mg/L y Oxígeno Disuelto a 7.92 mg/L cumpliendo con lo establecido en las normas y permitiendo su vertido a cualquier cuerpo de agua dulce.

#### **4.1. Caracterización físico-química y microbiológica**

Mediante la caracterización físico-química y microbiológica del Lixiviado se determinó valores de turbiedad, color, DBO y DQO, Conductividad, Nitrógeno Total, Fluoruros, Cianuro, Oxígeno Disuelto, Bario y Coliformes que están fuera de los parámetros permisibles de la Norma del TULAS Libro VI, Anexo 1; mientras que las otras caracterizaciones están con los límites establecidos.

En el gráfico 1 se puede observar que el valor promedio del color se encuentra dentro de los límites permisibles, cumpliendo así con las normas establecidas.

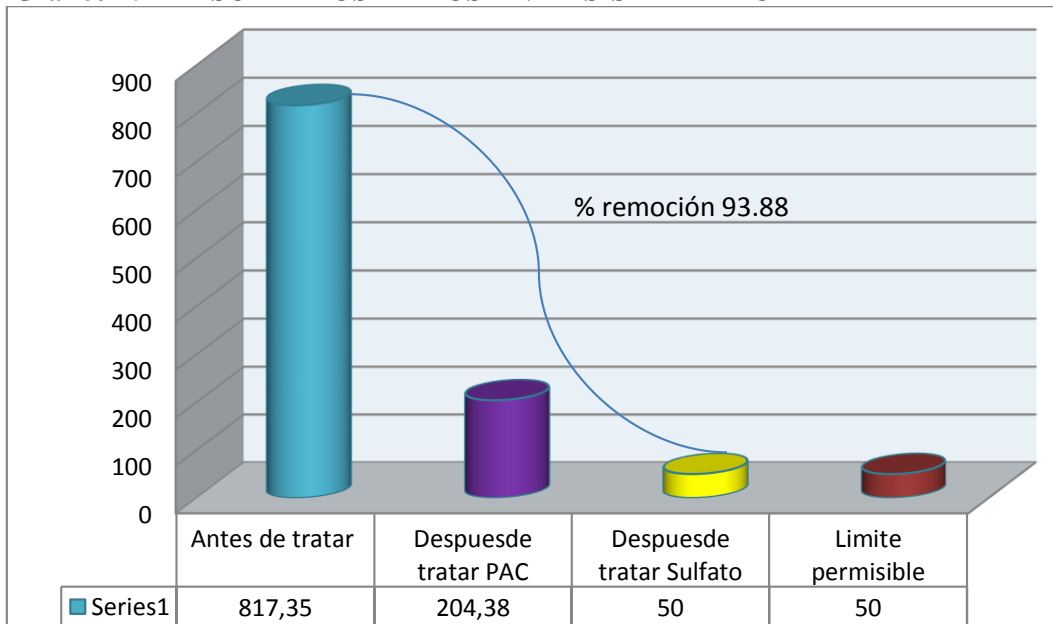
**Grafico 1: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DEL COLOR**



Elaborado por: Nelly Tibanlombo

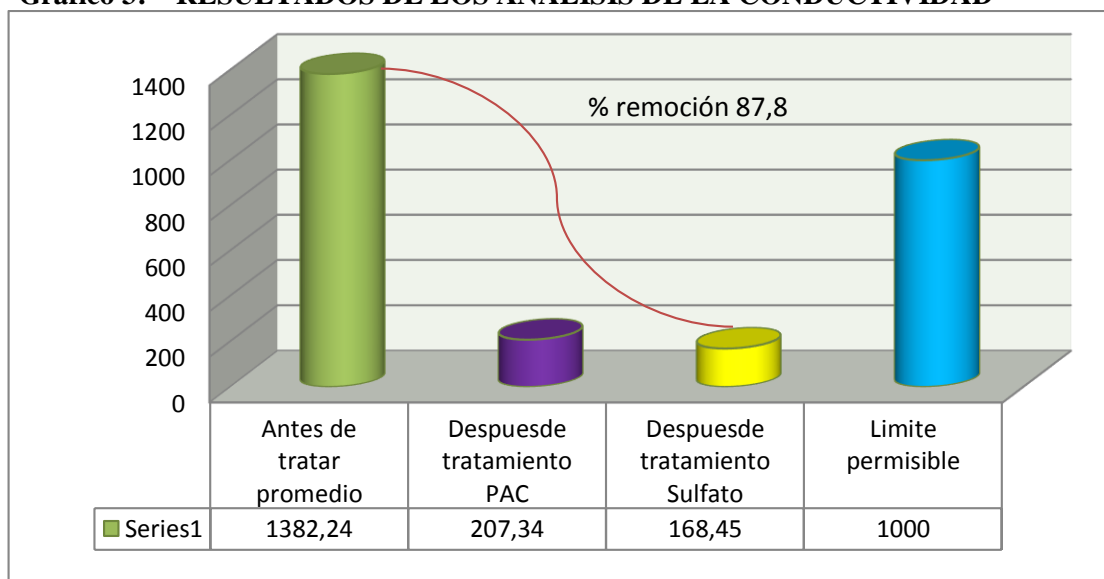
En la gráfico 2 se puede observar que el valor de la turbiedad se encuentra dentro de los límites permisibles, cumpliendo así con las normas establecidas.

**Grafico 2: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LA TURBIEDAD**



Elaborado por: Nelly Tibanlombo

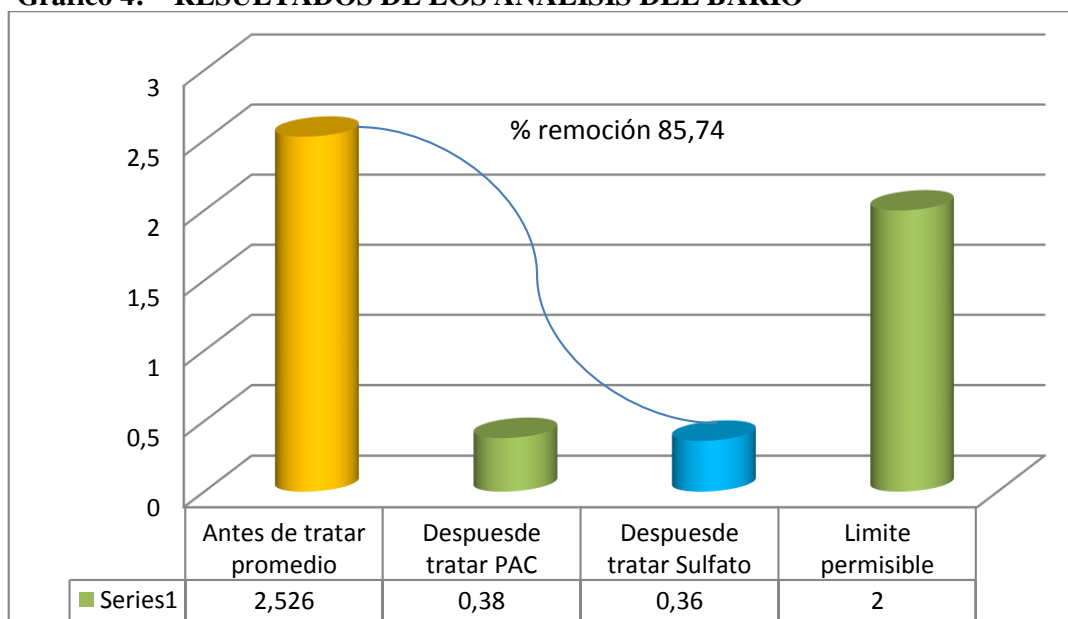
**Grafico 3: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LA CONDUCTIVIDAD**



Elaborado por: Nelly Tibanlombo

En la gráfica3 de la conductividad el valor promedio se encuentra dentro de los límites permisibles después de los tratamientos adecuados.

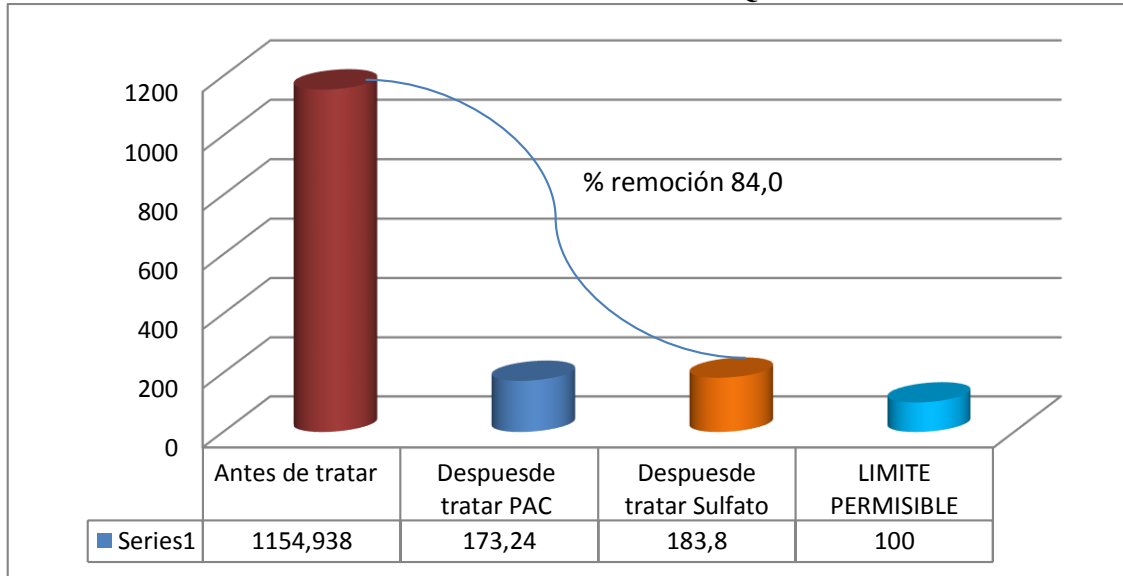
**Grafico 4: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DEL BARIO**



Elaborado por: Nelly Tibanlombo

Como se puede observar en la gráfica 4, el valor promedio del Bario se encuentra dentro de lo normado después del tratamiento con Policloruro de Aluminio y Sulfato de Aluminio. En la gráfica 5, se puede observar que el valor promedio del DQO se encuentra dentro de los límites permisibles 100, cumpliendo así con las normas establecidas.

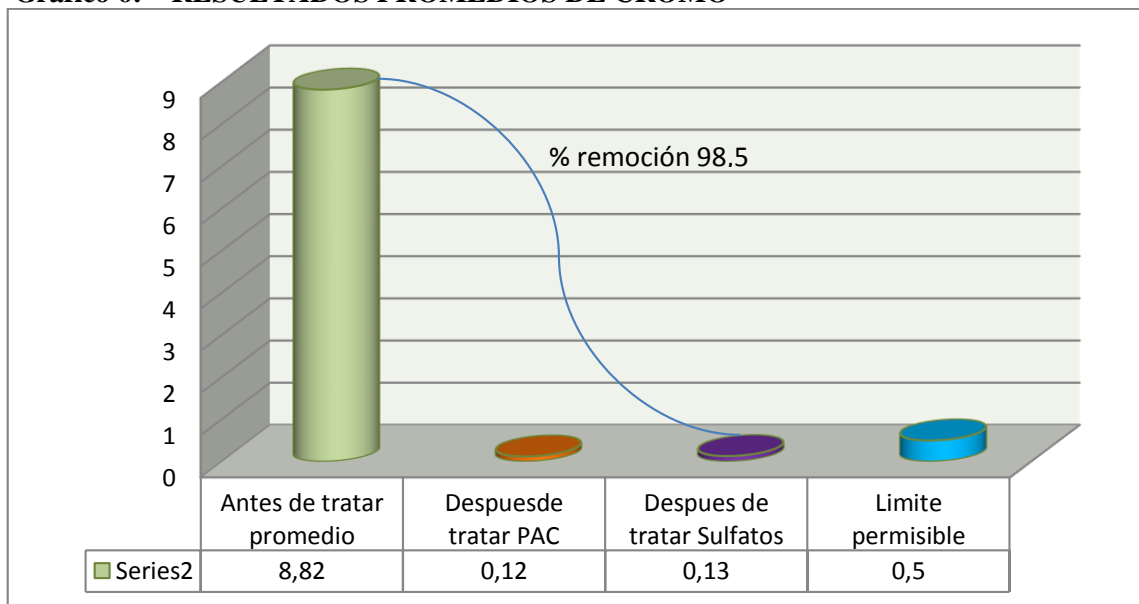
**Grafico 5: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DEL DQO**



Elaborado por: Nelly Tibanlombo

En la gráfica 6 se observa que el valor promedio del Cromo se encuentra cumpliendo con las normas del Tulas en un valor de 0.5, cumpliendo así con lo establecido.

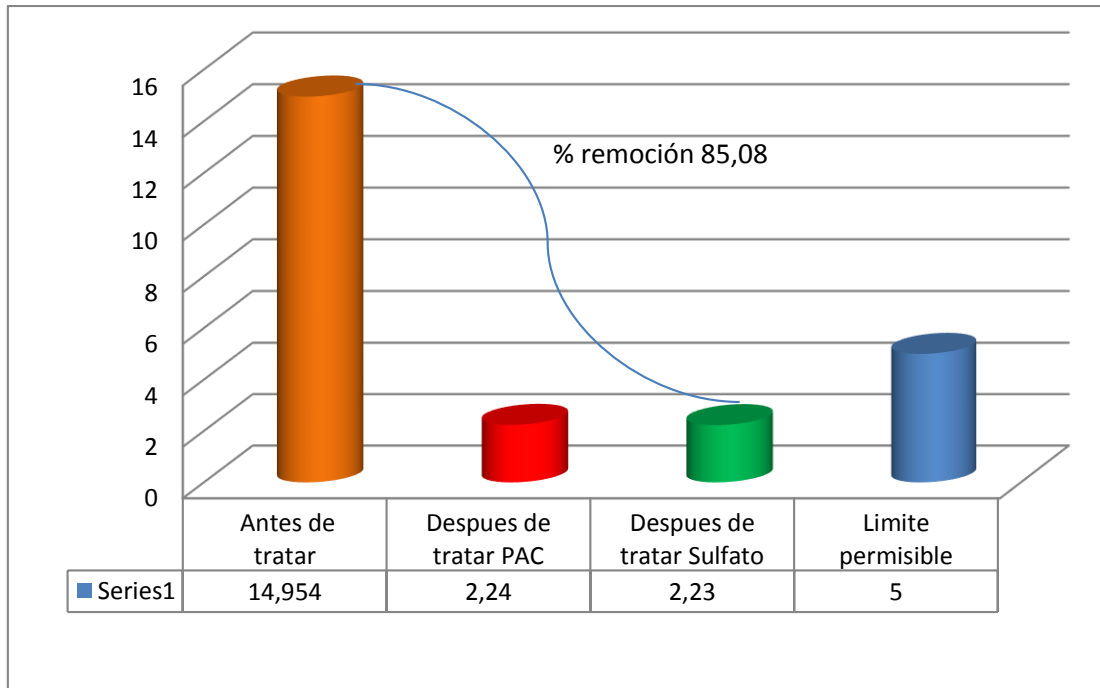
**Grafico 6: RESULTADOS PROMEDIOS DE CROMO**



Elaborado por: Nelly Tibanlombo

En el respectivo grafico 7, se puede observar que los fluoruros se encuentran dentro de los rangos permitidos, cabe recalcar que los análisis tanto físico-químicos y microbiológicas se realizaron en el Laboratorio de la Planta de Potabilización “Chaquishca” donde se determinaron las dosificaciones respectivas para parámetro que se encuentra fuera de los límites correspondientes.

**Grafico 7: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE FLUORUROS**

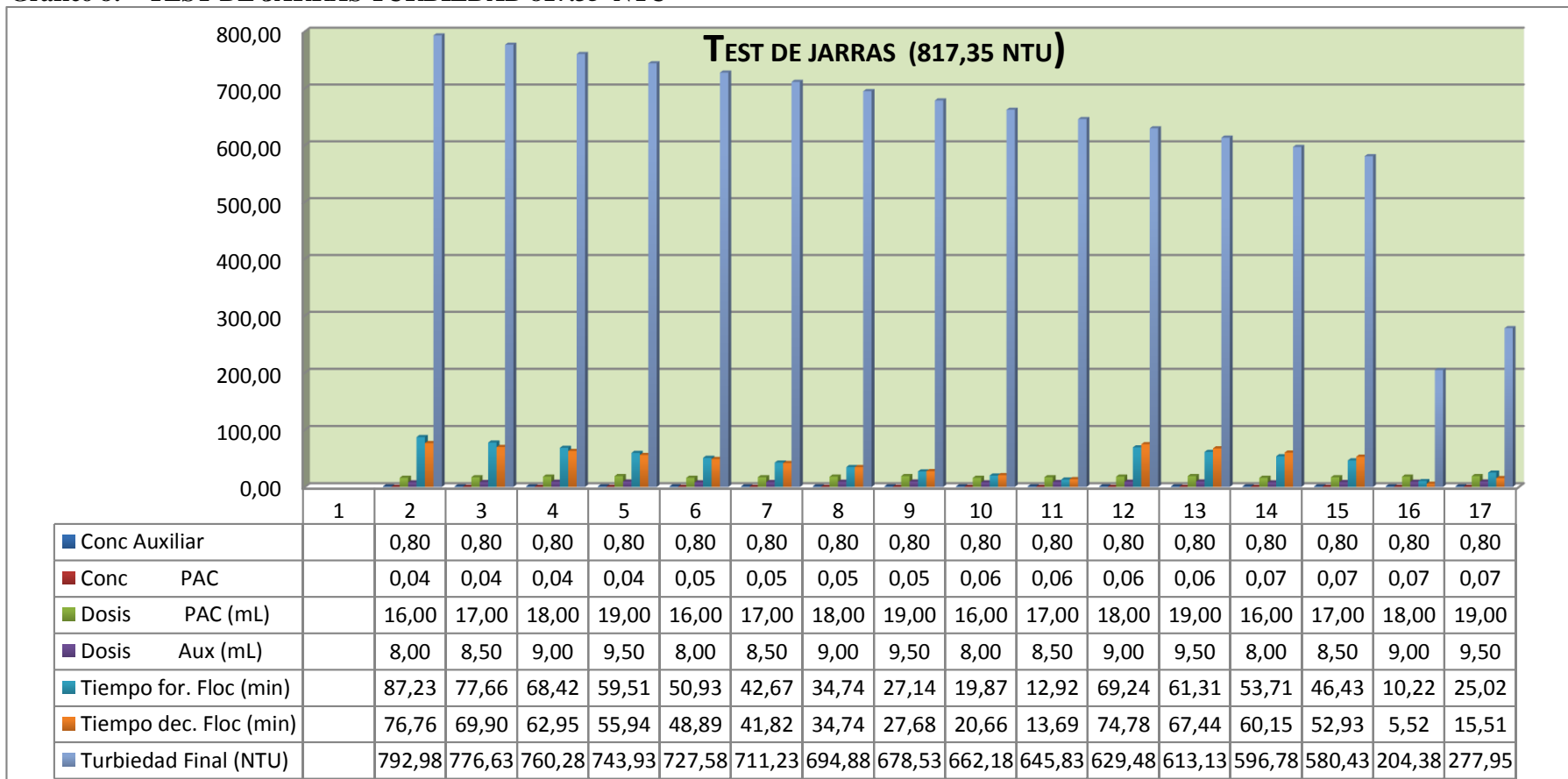


Elaborado por: Nelly Tibanlombo

#### **4.1.1. Test de Jarras**

Debido a la presencia de valores incorrectos en las concentraciones del DQO, DBO5, Color, Conductividad, turbiedad, Nitrógeno total presente en el Lixiviado se realizó el test de jarras con el objetivo de dosificar de manera correcta los respectivos agentes químicos como Policloruro de Aluminio (PAC), auxiliar aniónico (CHEMFLOK), Sulfato de Aluminio y Cal que son proporcionados por la EMAPA-G se logró disminuir los parámetros cumpliendo de esta manera con los límites permisibles.

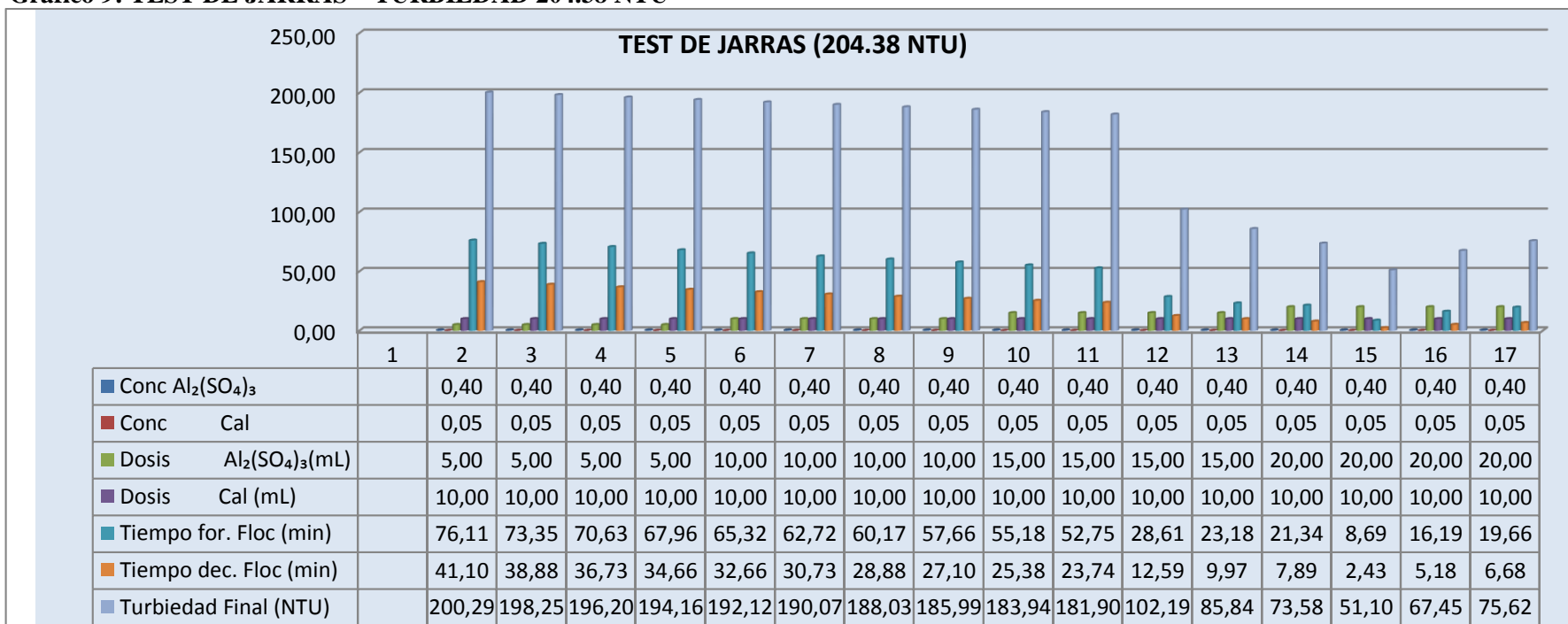
**Grafico 8: TEST DE JARRAS TURBIEDAD 817.35 NTU**



Elaborado por: Nelly Tibanlombo

En este test de jarras podemos apreciar que presenta una turbiedad de 817.35 NTU, con concentraciones de Policloruro de Aluminio (PAC) de 0.07, un auxiliar Chemfloc en concentración de 0.80 y un tiempo de formación de Flóculos de 5.52 min, cabe mencionar q la turbiedad al ser tratada con estos coagulantes pueda disminuir a 204.38 NTU ayudando a que se cumplan con las normas.

**Grafico 9: TEST DE JARRAS – TURBIEDAD 204.38 NTU**



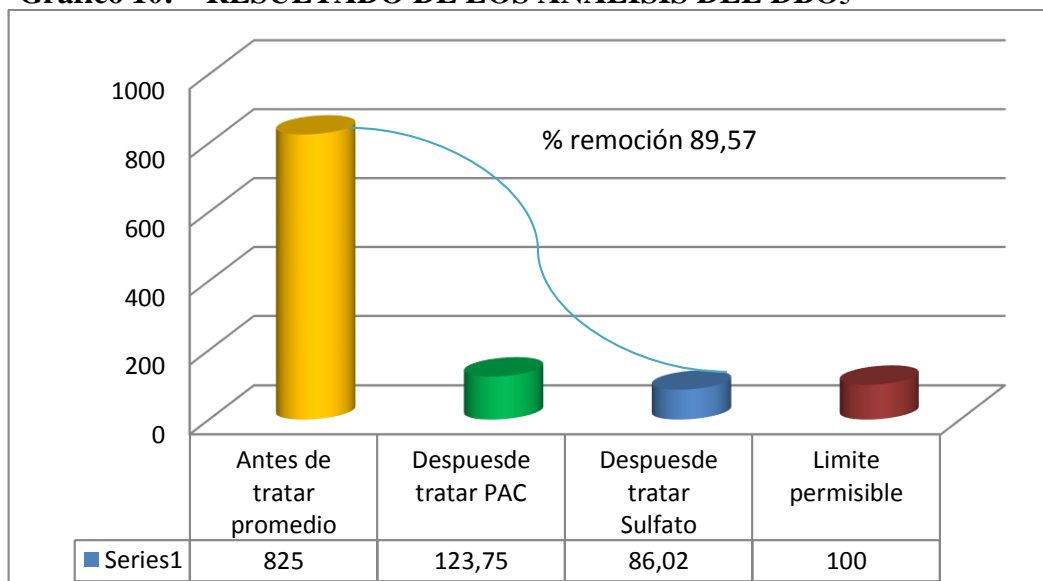
Elaborado por: Nelly Tibanlombo

En este test de jarras las muestras presentan una turbiedad de 204.38 NTU, se lo determino como el más óptimo debido a que su porcentaje de remoción es del 41.71 % empleando una concentración de Sulfato de Aluminio del 0.40, una concentración de cal de 0.05 con un tiempo de formación de Flóculos de 8.69 min y una turbiedad que se puede reducir hasta 51.10 NTU.

**4.1.2. Caracterización Físico - Química y Microbiológica Después del Tratamiento del DBO<sub>5</sub>**

Mediante estos análisis se determina que el DBO<sub>5</sub> tiene como promedio de 825 ppm, con la aplicación del tratamiento respectivo con PAC se reduce a un valor de 123.75 mg/L, y con la agregación del Sulfato de Aluminio se produce una disminución considerable de 86,02mg/L lo que permite establecerse dentro de los parámetros establecido por la norma del Tulas del Libro VI anexo I. A continuación se muestra la siguiente figura.

**Grafico 10: RESULTADO DE LOS ANALISIS DEL DBO<sub>5</sub>**



Elaborado por: Nelly Tibanlombo

De esta manera se podemos decir que las muestras recogidas están dentro del rango permitido cumpliendo con las normas establecidas en el TULAS En el Libro VI, Anexo I.



## CONCLUSIONES

- ✚ Una vez obtenidos los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicas del Lixiviado que se origina en el Botadero de Curgua perteneciente a la parroquia de Santa Fe se logró identificar que existen parámetros como el Color , La turbiedad, DQO, DBO<sub>5</sub> , Fluoruros, Bario, Solidos totales disueltos que no cumplen con las normas establecidas por el TULAS, Libro VI, Anexo 1, pues sus concentraciones son mayores que los valores permisibles, es decir el Lixiviado no se encuentra en condiciones óptimas para ser descargado en una fuente de agua dulce.
- ✚ Para el diseño de la planta de tratamiento de Lixiviados se emplearon variables como La Población Futura, Caudal de diseño, Opciones de tratamiento como Desarenador, Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente, Filtro Biológico, Floculador de Flujo Horizontal, Sedimentador de Alta Tasa y se concluye con una Desinfección para la eliminación correcta de los microorganismos y la presencia de malos olores.
- ✚ En base a los cálculos realizados los valores para el dimensionamiento de la PTL tenemos un caudal máximo de diseño para el Desarenador 4 L, con una ancho de 0.8 m y una Longitud de 2.5 m; para el Reactor UASB una altura de 4m y un ancho de 1.80 m, también tenemos un Filtro Biológico, que tiene un ancho de 1.20m y una altura de 2.80 m, para un Floculador de Flujo Horizontal necesitamos una Longitud de 5.83m y el ancho de 2.55m, el Sedimentador de alta tasa necesita un ancho de 1m y un largo de 5 m, y por ultimo tenemos un Lecho de Secado para la recolección de los lodos digeridos y tienen un ancho de 1.80m y una longitud de 2.0 m.
- ✚ De acuerdo a los análisis realizados con el Policloruro de Aluminio se obtuvieron resultados aceptables, para mayor clarificación del agua se debe utilizar un reactor con microorganismos anaeróbicos con los cuales se obtendrán mejores resultados utilizando menos reactivos químicos y menos costos.



Al final podemos decir que los principales beneficiarios del presente estudio son los habitantes de la parroquia de Santa Fe perteneciente a la Provincia de Bolívar, quienes podrán utilizar el agua del Río Guaranda para el riego de sus cultivos sin temor de que se encuentre contaminado, de esta manera se contribuye al desarrollo de la ciudadanía y a la disminución de la contaminación ambiental.

## RECOMENDACIONES

- ✚ Después del estudio realizado se recomienda ejecutar este proyecto, pues la ciudad de Guaranda no cuenta con una Planta de Tratamiento de Lixiviado provocando una alta contaminación en los sembríos, generando además enfermedades en los habitantes del sector.
- ✚ Aplicar el equipo adecuado al momento de la aplicación de los agentes coagulantes y el Hipoclorito de Calcio.
- ✚ Cumplir con los análisis físico-químicos y microbiológicos de manera frecuente con el objetivo de determinar los posibles contaminantes presentes en el Lixiviado.
- ✚ Realizar cultivos previos para la obtención de microorganismos metano génicos para la posterior eliminación de la materia aplicado en el reactor.
- ✚ También recomendaríamos que el personal responsable del Botadero tenga datos sobre la cantidad de residuos que ingresa a la planta, datos que nos ayudaran a determinar si el Botadero de Curgua es joven o viejo, ayudando de esta manera y al buen tratamiento de los lixiviados presentes.
- ✚ Para la utilización continua del diseño del equipo se debe establecer un periodo de control de caudales a fin de preparar los reactivos suficientes.

## **BIBLIOGRAFIA**

**BARRENECHEA, Martel y Otros.** Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de Filtración rápida. Manual I: Teoría., Lima-Perú. Cepis. 2004, Capitulo 4, pp.174-175.  
<http://es.scribd.com/doc/155823431/Manual-I-Teoria-1>, 2013/07/25.  
2014/04/16

**BOTADERO A CIELO ABIERTO. SCRIBD. 2013, pp.1**  
<http://es.scribd.com/doc/51970419/Que-es-un-botadero-de-basura-a-cielo-abierto-o-basurero>  
2014/04/13

**CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS POR TIPO DE MANEJO. SCRIBD. 2013**  
<http://es.scribd.com/doc/Edilfredo-Cerrato-Licon-Rs-2013-28-09>.  
2014/04/15

**CAICEDO, Francisco; ORDOÑEZ, Juan.** Remoción de materia orgánica de lixiviados del relleno sanitario La Esmeralda por medio de un reactor UASB. (Tesis) (Ing. Quím). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería y Arquitectura. Manizales-Colombia. 2003, pp. 96.  
<http://www.bdigital.unal.edu.co/1213/1/franciscojaviercaicedomessa.2003.pdf>  
2014/05/07

**DAVILA, Marcela.** Estudio del Sistema de Tratamiento de Lixiviados en el Relleno Sanitario de Lago Agrio. (Tesis) (Ing. Quím). Universidad Central del Ecuador, Facultad Ingeniería Química, Escuela Ingeniería Química. Quito-Ecuador. 2013, pp.12  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1501>  
2014/05/06

**DISEÑO. SLIDESHARE. 2012**  
<http://es.slideshare.net/AnaListopad/concepto-en-diseno>  
2014/05/10

**GARRIDO, Luis y otros.** Tres casos de Impacto Ambiental., Madrid- España. Centro Internacional de formación en Ciencias Ambientales. 1977, pp. 86-88.

**GUÍA AMBIENTAL. PARA RELLENOS SANITARIOS 2002.** PDF. 2012, pp.52, 55.  
<http://uniciencia.ambientalex.info/guias/GuiaAmbRellenosSanitarios.pdf>  
2014/04/7

**GLYNN, Henry; GARYW. Heinke.** Residuos Sólidos. 2da.ed., México-México. Prentice Hall. 1999, pp.600.

**JAMES, Michelcic; ZIMMERMAN, Berth.** Ingeniería Ambiental. Fundamentos. Sustentabilidad. Diseño., DF-México. Alfa omega. 2011, pp.604.

**KEMMER, Frank; MCCALLIÓN, Jhon.** Manual del agua, su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. 2da.ed., Naucalpan de Juárez-Edo de México-México. McGraw-Hill. 1890, Tomo I, pp.8-4.

**LIXIVIADOS DE RELLENOS SANITARIOS.** PDF, 2013, pp20.  
<http://.us.es/proyectos/abreproy/70357/fichero/9.+MARCOTEORICO.pdf>  
2014/03/27

**LOPEZ, Luis.** Diagnóstico, Caracterización y Propuesta de tratamiento de los lixiviados generados en el relleno sanitario de la ciudad de Ambato. (Tesis) (Ing. Amb). Escuela Politécnica Nacional, Facultad Ciencias, Escuela Ingeniería. Quito-Ecuador. 2011, pp. 119.  
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3952/1/CD-3713.pdf>  
2014/05/18

**MÉNDEZ, Roger; y otros.** Tratamiento de Lixiviados con carbón activado. (Redalyc) Yucatán- México. pp.20, Septiembre-Diciembre 2002.  
[www.redalyc.org/pdf/467/46760302.pdf](http://www.redalyc.org/pdf/467/46760302.pdf)  
2014/06/25

**MENDOZA, Francisco; IZQUIERDO Antonio.** Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos., DF-México. Limusa. 2009. pp.276.

**ORIGEN DE LA CIUDAD DE GUARANDA.** Gobierno Autónomo Descentralizado Guaranda. 2014.

<http://www.guaranda.gob.ec/web/>

2014/03/15

**RIOS, Arturo.** Gestión Integral de Residuos Sólidos. (Tesis) (Ingeniero Civil). Instituto Politécnico Nacional, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, México-D.F, 2009, pp.15.

<http://tesis.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/3066/1/GESTIONINTEGRAL.pdf>

2014/05/18

**RUSSELL, David.** Tratamiento de aguas residuales. Primera Edición, Barcelona-España. Reverte. 2012, pp. 200.

**SANCHEZ, Marcela; CARVACHO Luis.** Estimación de evapotranspiración potencial, ETP, a partir de imágenes NOAA-AVHRR en la región del Libertador General Bernardo O'Higgins. (Redalyc), (Chile). pp.51, Diciembre 2006.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30003603>

2014/06/27

**TIPOS DE RELLENOS SANITARIOS.** GALEÓN. 2013

<http://relleno.galeon.com/tipos.html> .2013/08/22

2014/03/15

**TORRES, Patricia; y otros.** Tratamiento anaerobio de lixiviados en reactores UASB. (Redalyc) (Barranquillas-Colombia). pp.26, Julio-Diciembre 2005.

[www.redalyc.org/articulo.oa?id=85201804](http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85201804)

2014/06/25

**TCHOBANOGLIOUS, George y otros.** Gestión integral de residuos sólidos., Madrid-España., McGraw Hill.1994,pp.1107.

**VELASTEGUI, Estefanía.** Caracterización Físico- química y Microbiológica de los Lixiviados Generados en las Composteras del parque Itchimbia. (Tesis) (Ing. Amb). Universidad Internacional Sek, Facultad Ciencias Ambientales, Escuela Ingeniería Ambiental. Quito-Ecuador. 2009, pp.20.

<http://repositorio.uisek.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/408/1/CARACTERIZACION%20FISICOQUIMICA%20Y%20MICROBIOLOGICA%20DE%20LOS%20LIXIVIADOS%20GENERADOS%20EN%20LAS%20COMPOSTERAS%20DE.pdf>

2014/05/25

**VILLEGAS, Francisco.** Evaluación y Control de la Contaminación., Bogotá –Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 1995, p.p23.

**TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION AMBIENTAL SECUNDARIA.**

Norma de calidad ambiental de descarga de efluentes: Recursos agua. Libro VI Anexo 1.

<http://www.recaiecuador.com/Biblioteca%20Ambiental%20Digital/TULAS.pdf/LIBRO%20VI%20Anexo%201.pdf>

2014/03/2

## ANEXOS

### ANEXO 1

#### DESCRIPCIÓN DE METODOS DE ANALISIS

<b>Determinación</b>	<b>Método</b>	<b>Descripción</b>
<b>Color</b>	Comparativo	Observación a través del comparador de color.
<b>Turbiedad</b>	Nefelométrico	Utilizar el Turbidímetro para el análisis
<b>Ph</b>	Electrométrico	Se utiliza el electrodo de cristal, y se registra el valor obtenido.
<b>Solidos Totales Disueltos</b>	Electrométrico	Se utiliza el electrodo de cristal, y se registra el valor obtenido.
<b>Conductividad</b>	Electrométrico	Se utiliza el electrodo de cristal, del conductímetro, y se registra su valor.
<b>Aluminio</b>	Espectrofotométrico	Tomar 25 ml de muestra en un tubo de inversión, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.
<b>Amonio Nessler</b>	Espectrofotométrico	Tomar 25 ml de muestra, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.
<b>Dureza</b>	Volumétrico	50 ml de muestra + 1ml solución tampón para dureza+ una pizca de negro de Eriocromo T en polvo, y titular con EDTA 0.02N
<b>Fluoruro Manganeso Amonio Salicílico</b>	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de muestra, y 10 ml de agua destilada para el blanco, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.



<b>Bario</b> <b>Cloro total</b> <b>Cobalto</b> <b>Cromo Total</b> <b>Hierro</b> <b>Molibdeno</b> <b>Nitratos</b> <b>Trihalometanos totales</b> <b>Bromo</b> <b>Cloruros</b> <b>Cobre</b> <b>Cromo IV</b> <b>Fosfatos</b> <b>Manganeso</b> <b>Nitritos</b> <b>Sulfatos</b> <b>Níquel</b>	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de muestra, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.
<b>Plata</b> <b>Zinc</b> <b>Plomo</b> <b>Cianuro</b>	Fotómetro	Colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.
<b>Coliformes totales/</b> <b>Coliformes</b> <b>fecales</b>	Sembrado	Esterilizar el equipo microbiológico de filtración, Tomar 50ml de la muestra y filtrar, añadir el reactivo y sembrar a la temperatura correspondiente.

Fuente: STANDARD METHODS 2130, EDICION 17

PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS		
COLIFORMES FECALES	<b>Descripción general</b>	<p>Son bacterias del grupo de los coliformes totales que son capaces de fermentar lactosa a 44-45 °C se conocen como coliformes fecales o termotolerantes. En la mayoría de las aguas, el género predominante es <i>Escherichia</i>, pero algunos tipos de bacterias de los géneros <i>Citrobacter</i>, <i>Klebsiella</i> y <i>Enterobacter</i> también son termotolerantes. <i>Escherichia coli</i> se puede distinguir de los demás coliformes termotolerantes por su capacidad para producir indol a partir de triptófano o por la producción de la enzima <math>\beta</math>-glucuronidasa. <i>E. coli</i> está presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas y animales, y raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal, aunque hay indicios de que puede crecer en suelos tropicales. Entre las especies de coliformes termotolerantes, además de <i>E. coli</i>, puede haber microorganismos ambientales.</p>
	<b>Equipos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cámara Incubadora</li> <li>- Equipo de Filtración</li> </ul>
	<b>Materiales y Reactivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Membranas de filtro 0.47</li> <li>- Medio de cultivo Lauryl Sulfato</li> <li>- Cajas Petri</li> <li>- Limpiadores</li> <li>- Alcohol antiséptico 70<sup>o</sup>Gl</li> <li>- Pinza</li> <li>- Termómetro</li> <li>- Cronómetro</li> <li>- Metanol</li> <li>- Pads adsorbentes</li> <li>- Reverbero</li> <li>- Muestra de agua</li> <li>- Medidor de medio de cultivo</li> <li>- Tubo de grasa lubricante</li> <li>- Esferográfico</li> <li>- Lente de aumento</li> <li>- Pipetas plásticas Pasteur</li> <li>- Destornillador</li> </ul>
	<b>Preparación del medio bacteriológico dentro del laboratorio</b>	<p>A. Para 200 pruebas, disolver los 38.1 g del medio de cultivo Lauryl Sulfato, para filtro de membrana, MLSB (suministrado en un envase pre pesado) en 500 ml de agua, en un frasco o vaso.</p> <p>B. Calentar la mezcla para asegurar que el polvo esté completamente disuelto, pero no hervir.</p>

		<p>C. Poner el medio en frascos de 50 ml y asegurar que no contengan residuos de MLSB de otras preparaciones o agentes de limpieza.</p> <p>D. Colocar las tapas de las botellas pero dejarlas levemente sueltas- no cerradas herméticamente.</p> <p>E. Esterilizar las botellas en una autoclave, a 121 °C por 10 minutos, o poner las botellas en una olla a presión y mantener la presión de vapor por 15 minutos. Remover las botellas, dejar enfriar, ajustar las tapas y almacenar en un sitio fresco y en la obscuridad.</p> <p>F. Para 10 pruebas usar el equipo medidor de medio (MMD) como se indica en la sección 601.6.</p> <p>G. Cuando el medio de cultivo se ha enfriado a la temperatura ambiente, poner alrededor de 2 ml en cada pad adsorbente, cantidad suficiente para saturar cada pad.</p> <p>H. Cuando el pad está completamente saturado, proceder a retirar el exceso de medio MLSB.</p>
	<p><b>Preparación del medio de cultivo en el campo</b></p>	<p>A. Colocar una membrana en el equipo de filtración.</p> <p>B. Escoger el agua más limpia disponible, por ejemplo. Agua lluvia, agua filtrada, o si es necesario, agua cruda reposada en un recipiente toda la noche. No usar agua clorada. Hervir el agua al menos 2 minutos, tapar y dejar enfriar. Filtrar 200 ml de agua a través de la membrana (2x100 ml). Si el agua es turbia, más de una membrana puede ser requerida. Preparar un total de 500 ml de agua filtrada.</p> <p>C. Chequear que el pH del agua preparada está en el rango de 6.5 a 8.0. En casos especiales el pH del agua filtrada no puede estar dentro de este rango, entonces ajustar el pH usando una solución diluida de hidróxido de sodio (para subir el pH), o ácido clorhídrico diluido (para bajar el pH).</p> <p>D. Añadir el contenido de un recipiente pre pasado de 38.1 g de Medio de Cultivo para filtración por membrana Lauryl Sulfato (MLSB) a los 500 ml de agua preparada y calentar para ayudar a la disolución.</p> <p>E. Colocar los MLSB disuelto en los frascos de polipropileno de 50 ml</p> <p>F. Poner las botellas llenas en una olla a presión y hervir por 15 minutos. Asegurar que las botellas no estén en contacto con el fondo de la olla a presión</p> <p>G. Cuando el medio de cultivo se ha enfriado a la temperatura ambiente, poner alrededor de 2 ml en cada</p>

	<p><b>Uso del medio de cultivo</b></p>	<p>pad adsorbente, cantidad suficiente para saturar cada pad.</p> <p>El medio de cultivo preparado debe permanecer estable de 6 a 8 semanas. Sin embargo, si éste presenta signos de contaminación, por ejemplo, color amarillento, turbio, etc., descartarlo.</p> <p>Idealmente para reducir la posibilidad de contaminación, usar la botella con medio de cultivo diariamente y usar una nueva para cada siguiente día. Sin embargo esto no es posible, entonces la botella debe ser resellada inmediatamente y el medio de cultivo debe ser reutilizado por ebullición en un baño de agua por 15 minutos.</p> <p>Limpiar completamente las botellas vacías antes de re usarlas. Los residuos deben ser retirados con agua caliente; con un poco de detergente; enjuagar varias veces con agua limpia, secar y almacenar en un medio limpio, con sus respectivas tapas.</p> <p>El MLSB en solución puede ser aplicado a los Pads 6 horas antes de muestreo, si se almacenó en un medio frío. Este procedimiento puede reducir el número de operaciones en el campo.</p>
	<p><b>Conteo de coliformes y registro de resultados.</b></p>	<p>Confirmar la temperatura de la incubadora, 44 C (alta) y/o 37 C (baja)</p> <p>Siguiente a la incubación apagar y remover las cajas petri de la incubadora y registrar la temperatura fijada.</p> <p>Colocar las cajas petri en una superficie plana.</p> <p>Remover las tapas y contar todas las colonias de color amarillo sin considerar el tamaño. Utilizar el lente de aumento si es necesario. Contar las colonias a los pocos minutos, ya que los colores pueden cambiar al enfriarse y al estar en reposo.</p>

Fuente: STANDARD METHODS 2130, EDICION 17

<b>FLORUROS</b>	<b>Definición</b>	Elemento esencial para la nutrición del hombre. Su presencia en el agua de consumo a concentraciones adecuadas combate la formación de caries dental, principalmente en los niños (0,8 a 1,2 mg/L). Sin embargo, si la concentración de fluoruro en el agua es alta, podría generar manchas en los dientes (“fluorosis dental”) y dañar la estructura ósea. La mayoría del fluoruro en aguas de consumo es de origen natural. Los minerales inorgánicos que contienen fluoruro tienen muy diversas aplicaciones industriales, como la producción de aluminio. Pueden liberarse al medio ambiente fluoruros procedentes de rocas que contienen fosfato empleadas en la fabricación de fertilizantes fosfatados; estos depósitos de fosfato contienen un 4% de flúor aproximadamente.
	<b>Equipo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Espectrofotómetro DR 2800</li> </ul>
	<b>Materiales y Reactivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</li> <li>– Solución de reactivo SPANDS</li> <li>– Agua destilada</li> <li>– Muestra de agua</li> <li>– Pipeta volumétrica de 2 ml</li> <li>– Soporte universal</li> <li>– Limpiadores</li> <li>– Termómetro 10 a 100 °C</li> </ul>
	<b>Procedimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Programas almacenados</b> y seleccionar el test <b>190 Fluoruro</b>.</li> <li>– Preparar la muestra; llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml con muestra.</li> <li>– Preparación del blanco: llenar una cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de agua destilada. Pipetear 1 ml de reactivo SPANDS en cada cubeta, agitar varias veces para mezclar.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar <b>OK</b>. Comienza un periodo de reacción de 1 minutos.</li> <li>– Dentro del 1 minuto después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de las cubetas (la muestra preparada y el blanco) y colocar las cubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Cero</b>, la pantalla indicará: 0.00mg/L F<sup>-</sup>.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Medición</b>. El resultado aparecerá en mg/ L F<sup>-</sup>, proceder a registrar en valor.</li> </ul>
	<b>Cálculo</b>	El resultado mg/L F <sup>-</sup> que aparecerá directamente en la pantalla.

## ANEXO 2

### RECOLECCION DE MUESTRAS (STANDARD METHODS \*1060 C)

FUNDAMENTOS	MATERIALES	PROCEDIMIENTO
Método de selección de muestras de una población para estudiar algún aspecto de los individuos que la componen.	Recipientes de plástico transparente o vidrio. Capacidad de 1000ml y 100ml.	Recoger tres (3) tipos de muestra, cada una en un volumen aproximado a 1000ml.

Fuente: STANDARD METHODS 2130, EDICION 17

NOTAS	CATEGORIA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	RECOLECCION DE MUESTRAS		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA  REALIZADO POR: NELLY TIBANLOMBO	lámina	Escala	Fecha
			02		2014/07/03

### ANEXO 3

#### DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO pH (STANDARD METHODS \*4500 HB

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>El pH es el “potencial de hidrogeno” y es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución.</p> <p>Se basa en el equilibrio iónico (acido-base) de las sustancias en solución acuosa y en la auto-ionización del agua.</p>	<p>Vaso de precipitación.</p> <p>Phmetro.</p>	<p>Soluciones buffer</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ pH 4</li> <li>✓ pH 7</li> <li>✓ pH 10</li> <li>✓ Agua destilada.</li> <li>✓ Muestra de agua</li> </ul>	<p>Después que el equipo haya sido calibrado, ponga 100 ml de muestra en un vaso de 250ml. Introduzca el electrodo en el vaso, agitar y presione READ. Deje un tiempo estable hasta que la lectura sea estable. Lea la medida de pH directamente de la pantalla y registre el valor y limpie el electrodo con agua destilada, seque.</p> <p>Ponga el electrodo en la porta electrodo hasta volver a utilizar.</p>	<p><math>pH = - \log (H^+)</math></p> <p>Dónde:</p> <p>pH = potencial de hidrógeno</p> <p>(H<sup>+</sup>) = concentración molar de iones hidrógeno.</p>

**Fuente:** STÁNDAR METHODS \*4500 HB, Edición 17

NOTAS	CATEGORIA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS  ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA  REALIZADO POR: NELLY TIBANLOMBO	lámina	Escala	Fecha
			03		2014/07/03

**ANEXO 4**

**DETERMINACIÓN DE LA TURBIEDAD (STANDARD METHODS \*2130 A y B)**

<b>FUNDAMENTOS</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>REACTIVOS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CALCULO</b>
La turbiedad utiliza un método de dispersión elástica que se utiliza para medir la concentración de las partículas en suspensión. En este método se mide la disminución en la radiación transmitida que resulta de la dispersión de la luz por partículas. Se mide en unidades de turbidez (UNT)	Nefelómetro o Turbidímetro		Colocar en la celda agua destilada para la calibración del equipo. Colocar la muestra de agua en la celda. Medir el valor que indica.	

**Fuente:** STANDARD METHODS 2130, EDICION 17

<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORIA DE DIAGRAMA</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b>	<b>DETERMINACIÓN DE LA TURBIEDAD</b>		
	<input type="checkbox"/> <b>Certificado</b> <input type="checkbox"/> <b>Por Aprobar</b> <input type="checkbox"/> <b>Para información</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Por calificar</b>	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b> <b>REALIZADO POR:</b> <b>NELLY TIBANLOMBO</b>	lámina	Escala	Fecha
			04		2014/07/03



**ANEXO 5**

**DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA (STANDARD METHODS \*2550 B)**

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
Magnitud que mide el estado térmico de un sistema termodinámico en equilibrio.	Termómetro en escala centígrada	Introducir el bulbo del termómetro en la muestra. Esperar unos segundos hasta estabilizar el nivel de mercurio.		$K = 273,15 + C$ Donde: K=temperatura en escala absoluta C=temperatura en escala centígrada

Fuente: STANDARD METHODS 2550, EDICION 17

KNOTAS	CATEGORIA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA		
			Lámina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: NELLY TIBANLOMBO	05		2014/07/03

**ANEXO 6**  
**DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD (MÉTODO HACH DR 2800)**

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Es la capacidad de un cuerpo, de medir el paso de la corriente eléctrica a través de sí. Tiene la capacidad de que los electrones pasen por él. Varía con la temperatura.	Conductímetro-Electrodo sensible HACH  Vaso de Precipitación de 100ml		En un vaso de precipitación colocamos 100 ml de muestra de agua. Lavar varias veces el electrodo (celda conductimetricas) con agua destilada, sumergir en el recipiente que contiene el agua examinar. Determinamos el parámetro de medida (Cond) en el equipo y presionamos READ. Además se medirá la temperatura y registre el valor. Limpie el electrodo con agua destilada, seque y guarde el electrodo.	LECTURA DIRECTA

NOTAS	CATEGORIA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b> <b>REALIZADO POR:</b> <b>NELLY TIBANLOMBO</b>	lámina	Escala	Fecha
			06		2014/07/03

**ANEXO 7**

**DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (MÉTODO HACH DR 2800)**

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>Los sólidos disueltos totales es la medida de la cantidad total de materias disueltas en el agua, por ejemplo: calcio, cloro, magnesio, sulfatos, etc. Básicamente, el TDS es cualquier cosa disuelta en el agua. Un problema como el agua turbia suele atribuirse a un alto nivel de TDS, causando corrosión al equipo y los accesorios, así como una acumulación de incrustaciones.</p>	<p>Vasos de precipitación Electrodo sensible HACH</p>		<p>Lavar varias veces el electrodo (celda conductimetricas) con agua destilada, sumergir en el recipiente que contiene el agua examinar. Seleccionamos el parámetro de medida en la pantalla (STD) y presionamos READ. Deje un tiempo hasta que la lectura sea estable. Lea la medida de sólidos totales disueltos. Además se medirá la temperatura. Registre el valor. Limpie el electrodo con agua destilada, seque y guarde el electrodo.</p>	<p align="center">LECTURA DIRECTA</p>

NOTAS	CATEGORIA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	<p align="center">FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: NELLY TIBANLOMBO</p>	lámina	Escala	Fecha
			07		2014/07/03

### ANEXO 8

#### DETERMINACIÓN DE NITRATOS (MÉTODO HACH DR 2800)

<b>NITRATO</b>	<b>EQUIPOS</b>	– ESPECTROFOTÓMETRO DR 2800
	<b>MATERIALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</li> <li>✓ Pipeta</li> <li>✓ Limpiadores</li> </ul>
	<b>REACTIVOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sobres de reactivo nitrato NitaVer 5 en polvo</li> <li>▪ Muestra de agua</li> </ul>
	<b>ANTES DE COMENZAR</b>	– Las muestras deben ser analizadas inmediatamente y no pueden conservarse para un futuro análisis. En presencia de nitrato, aparecerá un color ambar.
	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 355 N Nitrato.</li> <li>2. Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10mL.</li> <li>3. Añadir el contenido de un sobre de reactivo de nitrato NitraVer 5 en polvo a la cubeta. Tapar la cubeta.</li> <li>4. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsa OK. Comienza un periodo de reacción de 1 minutos.</li> <li>5. Agitar vigorosamente la cubeta hasta que suene el temporizador.</li> <li>6. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsa OK. Comienza un periodo de 5 minutos.</li> <li>7. Después de que suene el temporizador llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra.</li> <li>8. Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>9. Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.00mg/L NO<sub>3</sub><sup>-N</sup>.</li> <li>10. En el transcurso de 1 minuto desde que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. Medición. El resultado aparecerá en mg/ L NO<sub>3</sub><sup>-N</sup>.</li> </ol>

NOTAS	CATEGORIA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	DETERMINACIÓN DE NITRATOS		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b>  <b>REALIZADO POR:</b>  <b>NELLY TIBANLOMBO</b>	lámina	Escala	Fecha
			08		2014/07/03

**ANEXO 9**  
**DETERMINACIÓN DE NITRITO (MÉTODO HACH DR 2800)**

<b>NITRITO</b>	<b>EQUIPOS</b>	▪ ESPECTROFOTÓMETRO DR 2800			
	<b>MATERIALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</li> <li>✓ Pipeta</li> <li>✓ Limpiadores</li> </ul>			
	<b>REACTIVOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sobres de reactivo nitrito NitriVer 3 en polvo</li> <li>▪ Muestra de agua</li> </ul>			
	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 371 N Nitrito.</li> <li>2. Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10mL.</li> <li>3. Anadir el contenido de un sobre de reactivo de nitrito NitriVer 3 en polvo a la cubeta. Agitar la cubeta, con rotación, para mezclar.</li> <li>4. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsa OK. Comienza un periodo de reacción de 20 minutos.</li> <li>5. Después de que suene el temporizador llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra.</li> <li>6. Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>7. Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.00mg/L NO<sub>2</sub><sup>-N</sup>.</li> <li>8. Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>9. Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L NO<sub>2</sub><sup>-N</sup>.</li> </ol>			
<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORIA DE DIAGRAMA</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b>	<b>DETERMINACIÓN DE NITRITO</b>		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b>	lámina	Escala	Fecha
		<b>REALIZADO POR: NELLY TIBANLOMBO</b>	09		2014/07/03

**ANEXO 10**

**DETERMINACIÓN DE SULFATOS (MÉTODO HACH DR 2800)**

<b>SULFATE (SULFATOS)</b>	<b>EQUIPOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ESPECTROFOTÓMETRO DR 2800</li> </ul>
	<b>MATERIALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</li> <li>✓ Pipeta</li> <li>✓ Limpiadores</li> </ul>
	<b>REACTIVOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Solución del reactivo de SulfaVer</li> <li>▪ Muestra de agua</li> </ul>
	<b>ANTES DE COMENZAR</b>	Las muestras deben ser analizadas inmediatamente y no pueden conservarse para un futuro análisis.
	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 680 Sulfate.</li> <li>2. Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10mL.</li> <li>3. Añadir el contenido del reactivo de SulfaVer en la muestra. Agitar con cuidado para mezclar. La presencia de sulfato se notara con una turbidez</li> <li>4. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsa OK. Comienza un periodo de reacción de 5 minutos.</li> <li>5. Preparación del blanco: llene una cubeta de una pulgada de 10 ml con la muestra.</li> <li>6. Después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>7. Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.00mg/L SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.</li> <li>8. Después de 5 minutos, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>9. Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.</li> </ol>

NOTAS	CATEGORIA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	DETERMINACIÓN DE SULFATOS		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b>  <b>REALIZADO POR:</b>  <b>NELLY TIBANLOMBO</b>	lámina	Escala	Fecha
			10		2014/07/03

**ANEXO 11**

**DETERMINACIÓN DE COBRE DISUELTOS (MÉTODO HACH DR 2800)**

<b>COBRE</b>	<b>EQUIPOS</b>	▪ ESPECTROFOTÓMETRO DR 2800			
	<b>MATERIALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</li> <li>✓ Pipeta</li> <li>✓ Limpiadores</li> </ul>			
	<b>REACTIVOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sobres de reactivo CuVer 1 en polvo</li> <li>▪ Muestra de agua</li> </ul>			
	<b>ANTES DE COMENZAR</b>	– . En este caso se utilizara CuVer 2 y una cubeta de 25 mL para las muestras que contienen niveles altos de aluminio, hierro y dureza			
	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 135 Cobre Bicin.</li> <li>2. Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10mL.</li> <li>3. Añadir el contenido de un sobre de reactivo de cobre CuVer 1 en polvo. Agitar la cubeta varias veces, con rotación, para mezclar.</li> <li>4. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsa OK. Comienza un periodo de reacción de 2 minutos.</li> <li>5. Después de que suene el temporizador, llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml.</li> <li>6. Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>7. Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.00mg/L Cu.</li> <li>8. Dentro de los 30 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>9. Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L Cu.</li> </ol>			
<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORIA DE DIAGRAMA</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b>	<b>DETERMINACIÓN DE COBRE</b>		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b> <b>REALIZADO POR:</b> <b>NELLY TIBANLOMBO</b>	lámina	Escala	Fecha
			11		2014/07/03

**ANEXO 12**  
**DETERMINACIÓN DE AMONIO SALICILATO (MÉTODO HACH DR 2800)**

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
El amoníaco es uno de los componentes transitorios en el agua puesto que es parte del ciclo del nitrógeno y se ve influido por la actividad biológica. Es el producto natural de descomposición de los compuestos orgánicos nitrogenados. En el agua puede aparecer en forma molecular o como ion amonio, dependiendo del pH. La presencia de amoníaco libre o ion amonio es considerado como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa. Si el medio es aerobio, el nitrógeno amoniacal se transforma en nitritos.	Cubetas cuadrada, de 10 mL Pipeta de 10 mL Limpiadores	✓ Salicilato de amoníaco en polvo. ✓ Cianurato de Amoníaco en polvo.	Llenar una cubeta con 10 mL de agua destilada y otra cubeta de 10 mL de muestra. Añadir a las dos cubetas un sobre de reactivo salicilato de amoníaco en polvo. Tapar y agitar. Comienza un periodo de reacción de 3 minutos. Después añadir a cada cubeta un sobre de reactivo de cianuro de amoníaco en polvo. Tapar las cubetas y agitar. Comienza un periodo de 15 minutos.	LECTURA DIRECTA

**Fuente:** HACH DR 2800, Model Series

NOTAS	CATEGORIA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	DETERMINACIÓN DE AMONIO SALICILATO		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: NELLY TIBANLOMBO	lámina	Escala	Fecha
			12		2014/07/03



**ANEXO 13**  
**DETERMINACIÓN DE FLUORURO (MÉTODO HACH DR 2800)**

	<b>EQUIPOS</b>	▪ ESPECTROFOTÓMETRO DR 2800
<b>FLUORURO (FLUORURO)</b>	<b>MATERIALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</li> <li>✓ Pipeta</li> <li>✓ Limpiadores</li> </ul>
	<b>REACTIVOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Solución SPADNS Reagent, 2 ml</li> <li>▪ Muestra de agua</li> </ul>
	<b>ANTES DE COMENZAR</b>	– Las muestras deben ser analizadas inmediatamente y no pueden conservarse para un futuro análisis.
	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 190 Fluoride.</li> <li>2. Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10mL.</li> <li>3. Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada, con 10 ml de agua desionizada.</li> <li>4. Pipetear 2 ml de solución SPADNS Reagent en cada cubeta.</li> <li>5. Agitar, con rotación, para mezclar.</li> <li>6. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsa OK. Comienza un periodo de reacción de 1 minutos.</li> <li>7. Después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>8. Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.00mg/L F<sup>-</sup>.</li> <li>9. Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>10. Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L F<sup>-</sup>.</li> </ol>

**Fuente:** HACH DR 2800, Model Series

NOTAS	CATEGORIA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	DETERMINACIÓN DE FLUORURO		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b>  <b>REALIZADO POR:</b> <b>NELLY TIBANLOMBO</b>	lámina	Escala	Fecha
			13		2014/07/03

### ANEXO 14

#### DETERMINACIÓN DE BARIO (MÉTODO HACH DR 2800)

KFUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
El bario es un metal blanco-plateado que existe en el ambiente solamente en minerales que contienen mezclas de elementos. Se combina con otras sustancias químicas, por ejemplo azufre, carbono y oxígeno, para formar compuestos de bario. La manera más probable de exponerse al bario es a través de los alimentos y el agua potable.	Cubetas cuadrada, de 10 mL Pipeta de 10 mL Limpiadores	✓ Un sobre de reactivo Bariver4	Llenar las cubetas con la muestra.  A una de las cubetas añadir el sobre de reactivo Bariver4, disolver y esperar 5 minutos.  Introducir la celda y registrar el resultado	LECTURA DIRECTA

**Fuente:** HACH DR 2800, Model Series

NOTAS	CATEGORIA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	DETERMINACIÓN DE BARIO		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA  <b>REALIZADO POR:</b> <b>NELLY TIBANLOMBO</b>	lámina	Escala	Fecha
			14		2014/07/03

**ANEXO 15**

**DETERMINACIÓN DE BROMO (MÉTODO HACH DR 2800)**

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>El bromo es el único elemento no metálico que se encuentra en estado líquido a temperatura ambiente. Este halógeno se parece químicamente al cloro, pero es menos reactivo. No es muy soluble en agua y se disuelve mejor en disolventes no polares como el disulfuro de carbono, CS<sub>2</sub>, o el tetracloruro de carbono, CCl<sub>4</sub>. Reacciona fácilmente con muchos elementos y tiene un fuerte efecto blanqueante.</p>	<p>Cubetas de análisis de 10 mL. Pipetas de 10 mL.</p>	<p>✓ Sobres de reactivo de cloro total DPD en polvo.</p>	<p>Llenar una cubeta de 10 mL de muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo de DPD en polvo. Agitar la cubeta con rotación, durante 20 segundos. Comienza un periodo de reacción de 3 minutos.</p> <p><b>Para preparar el blanco</b>, llenar otra cubeta cuadrada de 10 mL de muestra. Seleccionar en la pantalla: Medición Br<sup>-</sup>.</p>	<p>LECTURA DIRECTA CON EL ESPECTOFOTOMETRO EN (mg/L)</p>

Fuente: HACH DR 2800, Model Series

NOTAS	CATEGORIA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	DETERMINACIÓN DE BROMO		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	<p>FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</p> <p>REALIZADO POR: NELLY TIBANLOMBO</p>	lámina	Escala	Fecha
			15		2014/07/03

## ANEXO 16

### TOMA DE MUESTRAS



NOTAS	CATEGORIA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	TOMA DE MUESTRAS		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b>  <b>REALIZADO POR:</b> <b>NELLY TIBANLOMBO</b>	lámina	Escala	Fecha
			16		2014/04/15

**ANEXO 17**

**PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN DEL CANTON GUARANDA EN UN PERIODO DE 10 AÑOS**


<b>N°</b>	<b>AÑOS PROYECTADOS</b>	<b>POBLACIÓN FUTURA</b>
0	2014	33760
1	2015	34418
2	2016	35089
3	2017	35773
4	2018	36471
5	2019	37182
6	2020	37907
7	2021	38646
8	2022	39400
9	2023	40168
10	2024	40951

Realizado por Nelly Tibanlombo

<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORIA DE DIAGRAMA</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b>	<b>PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN DEL CANTON GUARANDA</b>		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b>  <b>REALIZADO POR:</b> <b>NELLY TIBANLOMBO</b>	lámina	Escala	Fecha
			17		2014/04/23

## ANEXO 18

### NORMAS AMBIENTALES (TULAS)

  
 PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA  
**NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA**  
 LIBRO VI ANEXO 1  
**0 INTRODUCCIÓN**

a presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

a presente norma técnica determina o establece:

- ) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- ) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- ) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

**1 OBJETO**

a norma tiene como objetivo la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en el recurso agua.

l objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.


as acciones tendientes a preservar, conservar o recuperar la calidad del recurso agua deberán realizarse en los términos de la presente Norma.

**2 DEFINICIONES**

ara el propósito de esta norma se consideran las definiciones establecidas en el reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, y las que a continuación se indican:

TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

IBRO VI ANEXO 1 330

  
 PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkál mercurio		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		*Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real unidades de color		* Inapreciable en dilución: 1:20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr <sup>6+</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O <sub>5</sub>	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10

\*Límites regulados en descargas de efluentes desde plantas o iguales a 1000, según norma de tratamiento.

NOTAS	CATEGORIA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	NORMAS AMBIENTALES (TULAS)		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b>  <b>REALIZADO POR:</b> <b>NELLY TIBANLOMBO</b>	lámina	Escala	Fecha
			18		2014/04/23

K

**ANEXO 19**  
**NORMAS AMBIENTALES (TULAS)**

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresado como	Unidad	Limite máximo permisible
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0

Continúa:

Continuación...

**TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce**

Parámetros	Expresado como	Unidad	Limite máximo permisible
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		mg/l	1,0
Sólidos Suspendedos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresado como	Unidad	Limite máximo permisible
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>*</sup>	mg/l	1000
Sulfitos	SO <sub>3</sub>	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

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

NOTAS	CATEGORIA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	NORMAS AMBIENTALES (TULAS)		
	<input type="checkbox"/> Certificado	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA  REALIZADO POR: NELLY TIBANLOMBO	lámina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Por Aprobar				
	<input type="checkbox"/> Para información		19		2014/04/23
	<input checked="" type="checkbox"/> Por calificar				

## ANEXO 20

### RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS DEL LIXIVIADOS

RESULTADOS ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO LIXIVIADOS BOTADERO DE CURGUA							
PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULAS Lim.Max.Per	SEMANA MONITOREADA				
			07-abr	11-abr	16-abr	25-abr	30-abr
COLOR	UTC	950.00	950.00	1250.00	1300.00	1200.00	1150.00
TURBIDEDAD	NTU	670.00	840.56	956.34	834.21	785.64	754.61
pH		8.40	8.17	7.95	8.14	7.98	
CONDUCTIVIDAD	us/cm	1471.00	1597.42	1396.42	1200.67	1245.68	
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	987.56	990.41	569.54	725.61	854.36	
TEMPERATURA	°C	19.65	19.57	19.27	19.06	19.32	
NITROGENO TOTAL (N)	mg/L	10.0	32.00	34.68	45.27	40.62	38.62
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	10.0	4.62	5.09	6.27	5.43	5.62
NITROGENO AMONIACAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	24.00	30.96	28.74	26.07	31.57	
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	1000	14.00	15.00	12.00	15.00	12.00
FLUORUROS (F)	mg/L	5.0	12.00	15.73	14.67	16.94	15.43
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10.0	7.63	8.46	5.63	7.46	6.94
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	2.0	0.212	0.413	0.342	0.452	0.652
CROMO (Cr <sup>6+</sup> )	mg/L	0.5	0.85	0.97	0.72	0.85	0.71
COBRE (Cu)	mg/L	1.0	0.49	0.56	0.64	0.73	0.85
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	500.00	560.00	482.00	440.00	460.00	
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	5.0	0.054	0.068	0.083	0.065	0.078
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	1000	1000.00	800.43	748.21	963.72	820.64
NIQUEL (Ni)	mg/L	2.0	0.75	0.81	0.72	0.72	0.68
COBALTO (Co)	mg/L	0.5	0.38	0.43	0.46	0.46	0.53
PLOMO (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	0.009	0.009	0.007	0.009	0.007	0.008
ZINC (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	5.0	0.77	0.83	0.86	0.79	0.80
PLATA (Ag)	mg/L	0.007	0.007	0.005	0.008	0.008	0.007
CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0.1	0.25	0.49	0.34	0.31	0.52
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	2.0	1.89	2.47	3.64	2.88	1.95
BROMO (Br)	mg/L	0.005	0.007	0.006	0.005	0.008	
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	0.009	0.006	0.008	0.006	0.007	
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.94	0.76	0.86	0.82	0.72	
OXIGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	mg/L	45.00	52.00	48.00	50.00	46.00	
DBO <sub>5</sub>	mg/L	100	896.65	670.93	954.31	742.65	860.46
DOO	mg/L	250	1257.08	1347.30	1124.08	957.20	1089.03
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	200	430	500	720	450	
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL Rem. al 99%	1000	960	1200	1100	954	

LIMITES PERMISIBLES BASADOS EN LA NORMA TULAS, LIBRO VI, TABLA 12, DESCARGA A UN CUERPO DULCE

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

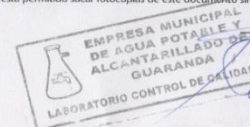


ING. OSCAR ALAN RUIZ ALIÁN  
Técnico Control de Calidad  
ep-emapa-g  
TEC. SCH-LAB

RESULTADOS ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO LIXIVIADOS BOTADERO DE CURGUA							
PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULAS Lim.Max.Per	SEMANA MONITOREADA				
			08-abr	09-abr	21-abr	23-abr	29-abr
COLOR	UTC	850.00	850.00	1100.00	900.00	1350.00	950.00
TURBIDEDAD	NTU	556.04	780.21	664.97	856.07	754.61	754.61
pH		8.09	8.25	8.64	7.96	8.53	
CONDUCTIVIDAD	us/cm	1267.34	987.65	1124.62	1089.47	1146.07	
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	763.52	864.73	857.08	806.72	796.51	
TEMPERATURA	°C	19.96	19.82	19.87	19.67	19.83	
NITROGENO TOTAL (N)	mg/L	10.0	42.06	38.95	40.65	36.54	41.84
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	10.0	5.64	4.97	5.23	4.88	6.34
NITROGENO AMONIACAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	22.61	28.41	36.49	32.03	30.54	
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	1000	14.00	17.00	15.00	13.00	
FLUORUROS (F)	mg/L	5.0	13.52	16.57	14.06	15.42	14.67
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10.0	8.65	7.20	8.46	7.86	7.93
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	2.0	0.356	0.398	0.451	0.405	0.354
CROMO (Cr <sup>6+</sup> )	mg/L	0.5	0.78	0.90	0.82	0.94	0.83
COBRE (Cu)	mg/L	1.0	0.51	0.48	0.57	0.49	0.94
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	600.00	420.00	520.00	480.00	510.00	
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	5.0	0.045	0.067	0.079	0.064	0.740
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	1000	856.34	758.39	6978.64	842.61	784.62
NIQUEL (Ni)	mg/L	2.0	0.82	0.78	0.73	0.80	0.75
COBALTO (Co)	mg/L	0.5	0.42	0.49	0.52	0.47	0.45
PLOMO (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	0.007	0.007	0.007	0.008	0.007	0.009
ZINC (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	5.0	0.74	0.80	0.76	0.83	0.87
PLATA (Ag)	mg/L	0.005	0.005	0.007	0.007	0.007	0.007
CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0.1	0.32	0.45	0.34	0.41	0.38
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	2.0	2.65	1.97	2.41	2.38	2.54
BROMO (Br)	mg/L	0.008	0.008	0.007	0.007	0.007	0.007
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	0.007	0.007	0.009	0.008	0.008	
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.78	0.82	0.81	0.75	0.69	
OXIGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	mg/L	52.00	48.00	50.00	58.00	56.00	
DBO <sub>5</sub>	mg/L	100	756.35	876.21	880.47	795.64	832.64
DOO	mg/L	250	1365.28	1296.46	1369.08	1106.34	989.46
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	350	250	642	892	560	
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL Rem. al 99%	1200	856	756	579	860	

LIMITES PERMISIBLES BASADOS EN LA NORMA TULAS, LIBRO VI, TABLA 12, DESCARGA A UN CUERPO DULCE

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



ING. OSCAR ALAN RUIZ ALIÁN  
Técnico Control de Calidad  
ep-emapa-g  
TEC. SCH-LAB

NOTAS	CATEGORIA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	RESULTADOS DE ANALISIS FISICO- QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS DEL LIXIVIADOS				
	<input type="checkbox"/>	Certificado	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA	lámina	Escala	Fecha	
	<input type="checkbox"/>	Por Aprobar					
	<input type="checkbox"/>	Para información		REALIZADO POR:	20		2014/04/23
	<input checked="" type="checkbox"/>	Por calificar		NELLY TIBANLONBO			



### ANEXO 21

#### DOSIFICACION DE AGENTES COAGULANTES

Para la dosificación de Policloruro de Aluminio  
Preparar la solución a una concentración de 0.07 g/L  
Agregar 134.4 ml/min de la preparación para dosificar.

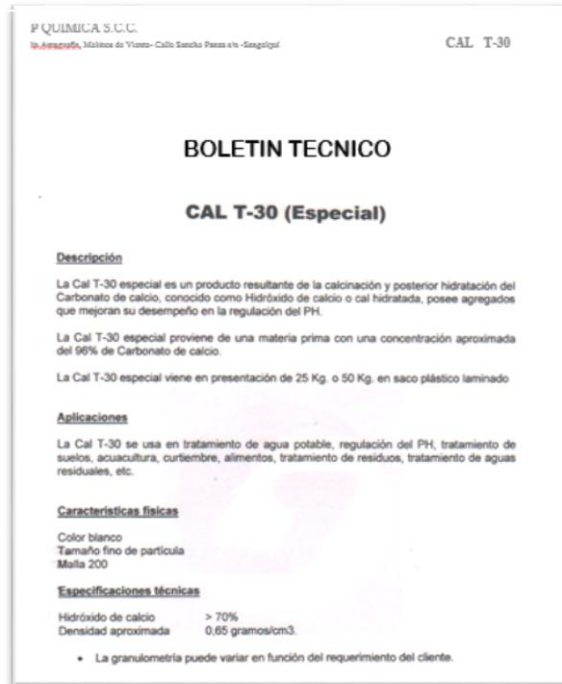
Para la dosificación diaria Cal  
Preparar la solución a una concentración de 0.05 g/L  
Agregar 240 ml/min de la preparación para dosificar

Para la dosificación de Sulfato de Aluminio  
Preparar la solución a una concentración de 0.4 g/L  
Agregar 2460 ml/min de la preparación para dosificar

Para la dosificación de Hipoclorito cálcico  
Preparar la solución a una concentración de 5 g/L  
Agregar 112.637 ml/min de la preparación para dosificación

NOTAS	CATEGORIA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	DOSIFICACION DE AGENTES COAGULANTES		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: NELLY TIBANLOMBO	lámina	Escala	Fecha
			21		2014/04/23

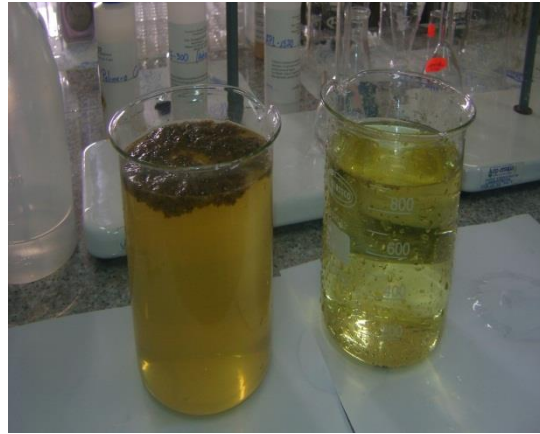
**ANEXO 22**  
**BOLETIN TECNICO DE LA CAL**



NOTAS	CATEGORIA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	BOLETIN TECNICO DE LA CAL		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: NELLY TIBANLOMBO	lámina	Escala	Fecha
			22		2014/04/23

ANEXO 23

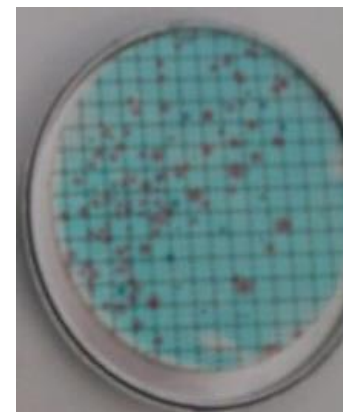
ANALISIS FISICO-QUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS DEL LIXIVIADO



NOTAS	CATEGORIA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	ANALISIS FISICO-QUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS DEL LIXIVIADO		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: NELLY TIBANLOMBO	lámina	Escala	Fecha
			23		2014/07/03

## ANEXO 24

### ANALISIS FISICO-QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL LIXIVIADO



NOTAS	CATEGORIA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	ANALISIS FISICO-QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL LIXIVIADO		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA  REALIZADO POR: NELLY TIBANLOMBO	lámina	Escala	Fecha
			24		2014/07/03

## ANEXO 25

### ESPECIFICACION TECNICO PAC -08

#### BENEFICIOS:

- Producto utilizado para clarificar agua, para uso potable.
- Reemplaza satisfactoriamente el uso de Sulfato de aluminio y otros coagulantes inorgánicos
- Solubilidad Total en agua.
- No forma incrustaciones, No causa taponamientos de filtros.
- No afecta el pH del agua tratada.
- Efectivo en agua con bajos y altos valores de turbidez.
- Dependiendo la calidad del agua, este producto puede ser utilizado en sistemas con oxidación previa, cualquiera que sea el método utilizado.
- Rango de pH en el que la eficiencia del producto es óptima entre: 6.0 – 8.5
- No requiere de la ayuda de un Floculante para aglomeración de flocs.

#### USOS PRINCIPALES:

Es una formulación de polímeros orgánicos e inorgánicos diseñado para clarificar agua que será destinada para uso potable.

Funciona extrayendo los sólidos que se encuentran suspendidos en el agua, por procesos de coagulación y Floculación.

#### CARACTERÍSTICAS TECNICAS:

Apariencia:	Líquido amarillo - marrón
Grav. Esp. A 25°C:	1.250 ± 0.100
PH puro:	2.700 ± 0.500
% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :	12.000 – 18.000
%Cloruros:	25 ± 0.500
%Basicidad relativa:	40 ± 1.500
Viscosidad a 25°C:	30 ± 0.500 mPas

#### DOSIS:

La dosis del PAC - 08 en general está en función de la turbidez del agua a tratarse, pudiendo variar entre 20 a 250 ppm para afluentes destinados a potabilización, para lo cual por pruebas de tratabilidad en nuestro laboratorio, se determinará la dosis óptima y un técnico especializado lo instalará en su sistema.

#### **APLICACIÓN:**

- Debe aplicarse a la línea de agua en su forma original o en dilución cuando las dosificaciones y el caudal a tratar son muy bajos.
- Para su máxima eficiencia se inyecta a una distancia prudencial del clarificador para máxima homogenización. No necesita el uso de floculantes adicionales.

#### **MANEJO:**

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

#### **ALMACENAMIENTO:**

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

#### **SUMINISTRO:**

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

## ANEXO 26

Especificación Técnica

Hipoclorito de Calcio (HTH)

**FABRICANTE:** Arch Chemicals, Inc



**NOMBRE QUÍMICO:** Hipoclorito de calcio al 68%

**FÓRMULA QUÍMICA:**  $\text{Ca}(\text{OCl})_2 - 2\text{H}_2\text{O}$

**NUMERO CAS:** 7778-54-3

**PAÍS DE ORIGEN:** El hipoclorito de calcio es fabricado en nuestra planta ubicada en Charleston, Tn. en los Estados Unidos de América.

### PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Parámetros	Especificaciones
Apariencia	Blanco, Polvo o en tabletas
Olor	Parecido al cloro
Solubilidad En Agua	18% A 25°
Humedad	< 16%
Ph	10.400 – 10.800 (Solución al 1% en Agua Destilada neutral A 25°C)
Densidad	0.800 G/cc (Granular) 1.900 G/cc (Tabletas)

### COMPOSICIÓN

Nombre	Especificaciones	Peso Típico
Cloro libre	65 -80%	68%
Cloruro de Sodio, NaCl	10 – 20%	17%
Clorato de calcio, $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$	0 – 5%	1.400%
Cloruro de Calcio	0 – 5%	0.500%
Carbonato de calcio	0 – 5%	2.300%
Hidróxidos de calcio	0 – 4%	1,650%

Arsenico (As)	< 1 mg/kg
Cadmio (Cd)	< 1 mg/kg
Cromo (Cr)	< 8mg/kg
Hierro (Fe)	< 300 mg/kg
Manganeso (Mn)	< 10 mg/kg
Mercurio (Hg)	< 1 mg/kg
Plomo (Pb)	< 8 mg/kg
Niquel (Ni)	< 1 mg/kg
Antimonio (Sb)	< 2 mg/kg
Selenio (Se)	< 2 mg/kg
Ion Bromato (BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	< 121 mg/kg
Ion Clorato (ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	< 21.100 mg/kg

## **PRECAUCIONES PARA EL MANEJO, TRANSPORTE Y ALMACENAJE SEGURO DEL PRODUCTO**

Manténgase herméticamente cerrado en los contenedores originales.

Almacénese en un área fresca, seca y bien ventilada.

Almacénese lejos de productos inflamables o combustibles.

Mantenga el empaque del producto limpio y libre de toda contaminación, incluyendo, por ejemplo, otros productos para el tratamiento de albercas, ácidos, materiales orgánicos, compuestos que contengan nitrógeno, extintores de fuego de arenilla carbónica (que contengan fosfato monomaniaco), oxidantes, todo líquido corrosivo, materiales inflamables o combustibles, etc.

**NO SE ALMACENE A TEMPERATURAS SUPERIORES A: 52 °C. (125 °F.)**

Almacenarlo arriba de estas temperaturas pudiera resultar en una descomposición rápida, evolución de gas de cloro y suficiente calor para encender productos combustibles.

## **PRIMEROS AUXILIOS**

- ❖ **EN CASO DE INHALACIÓN:** Traslade a la persona a un lugar donde haya aire fresco. Si la persona no respira, llame a una ambulancia, luego dele respiración



artificial, preferiblemente, boca a boca, si es posible. Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico para solicitar más consejos sobre el tratamiento.

- ❖ EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL O LA ROPA: Quítese la ropa contaminada. Enjuague la piel inmediatamente con mucha agua de 15 a 20 minutos. Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico para solicitar consejos sobre el tratamiento.
- ❖ EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Mantenga el ojo abierto y enjuágueselo lenta y suavemente con agua de 15 a 20 minutos. Si tiene lentes de contacto, quíteselos después de los primeros 5 minutos y luego continúe enjuagando. Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico para solicitar consejos sobre el tratamiento.
- ❖ Ingestión: EN CASO DE INGESTION: Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico inmediatamente para solicitar consejos sobre el tratamiento. Pida a la persona que beba a sorbos un vaso de agua si puede tragar. No induzca el vómito, a menos que un centro de control de intoxicaciones o un médico se lo indique. No dé nada por la boca a una persona que haya perdido el conocimiento.
- ❖ Notas para el médico: El probable daño a las mucosas puede ser una contraindicación para el uso de lavado gástrico

## **PRESENTACIONES**

HTH Granular tambores de 45 Kgs.

HTH Briquettes tambores de 45 Kgs.

Dimensiones: Aproximadamente 35 x 24 x 12 mm.

Peso: 6.4 – 7.0 gramos

CCH Tableta de 3” cubetas de 50 lbs.

Inhibidor (% en peso): 0.500% mínimo

Peso: Aproximadamente 300 gramos

Diámetro: Aproximadamente 3.000 pulgadas

Altura: 1.350 – 1.450 pulgadas

## **REGULATORIO:**

EPA No. 1258-1179

NSF Standard 60, Drinking Water Additives

Cumple con AWWA Standard B300

Cumple con NMX-AA-124-SCFI-2006

UN2880 para HTH Granular y CCH Tableta de 3”

UN1748 para HTH Briquettes

### **PREPARACIÓN DE SOLUCIONES DE CLORO**

Las soluciones de HTH Cloro Seco deben prepararse en contenedores de polietileno limpios. Primero ponga el volumen requerido de agua. Después agregue la cantidad requerida de HTH Cloro Seco al agua.

Agite con un agitador de madera o metal limpio, asegurándose de mantenerlo lejos de la ropa, piel o ojos. La solución resultante se puede colocar en otro contenedor o puede alimentarse de ese mismo contenedor, siempre y cuando la entrada de la línea a la bomba de alimentación química, este por arriba del nivel de los insolubles asentados

# **PLANOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS**