



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS DEL RELLENO SANITARIO  
DEL CANTÓN SALCEDO PROVINCIA DE COTOPAXI  
MEDIANTE FLOCULACIÓN IÓNICA Y TÉCNICA FENTON EN  
EL AÑO 2015**

Trabajo de titulación presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTOR: JÁCOME CORDONES DAVID FERNANDO**

**TUTOR: DR. ROBERT CAZAR**

**Riobamba-Ecuador**

**2016**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA CIENCIAS QUÍMICAS**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: **TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN SALCEDO PROVINCIA DE COTOPAXI MEDIANTE FLOCULACIÓN IÓNICA Y TÉCNICA FENTON EN EL AÑO 2015**, de responsabilidad del señor David Fernando Jácome Cordones, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

**NOMBRE**

**FIRMA**

**FECHA**

Dr. Robert Cazar

**DIRECTOR DEL TRABAJO**

**DE TITULACIÓN**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Dr. Gerardo León

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

**DE TITULACIÓN**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Yo, David Fernando Jácome Cordones soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.

---

David Fernando Jácome Cordones

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, DAVID FERNANDO JÁCOME CORDONES, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación

Riobamba, 06 de Enero del 2016

DAVID FERNANDO JÁCOME CORDONES

Cedula de Identidad: 050313231-8

## **DEDICATORIA**

A mi mama Fanny, por todo el esfuerzo realizado para cumplir esta meta que a pesar de todos los inconvenientes presentados nunca dejo de estar a mi lado.

A mi papa Ángel que aunque ya no este conmigo desde el cielo me esta cuidado, a mi abuelita María por su gran amor, que fue la persona que siempre paso a mi lado el motivo para culminar mis estudios, mi hermana Rosa que siempre estuvo conmigo en las buenas y en las malas, mi tío Bolívar que se hizo presente cuando más lo necesite

A mi querida y amada novia Sandra quien estuvo presente en los momentos más difíciles.

A mis amigos por su sincera y leal amistad.

David Jácome

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a mi Dios por darme una gran madre una mujer luchadora y trabajadora quien supo sacar adelante a su familia sin hacer daño a nadie, por todo el sacrificio realizado día a día para darnos un buen futuro a mi hermana como a mí.

A mi madre, abuelito, abuelita, hermana, mis tíos, tías, primos, primas por su inmenso amor, gracias por siempre confiar en mí no les falle.

A mis amigos Paco, Jorge, Mario por sus conocimientos que aportaron para la realización de esta investigación.

Al GAD MUNICIPIAL DEL CANTÓN SALCEDO quien auspicio esta investigación al Ing. Héctor Gutiérrez en su calidad de Alcalde del Cantón por su total apoyo.

Al Dr. Robert Cazar y el Dr. Gerardo León por brindarme su conocimiento que hicieron posible esta investigación con su conocimiento y paciencia les quedo agradecido inmensamente.

David Jácome

## CONTENIDO DE ABREVIATURAS

°C	Grados Centígrados
#	Numero
A	Amperio
AWG	American Wire Gauge
cm	Centímetro
cm <sup>2</sup>	Centímetro cuadrado
C.A	Corriente Alterna
CH <sub>4</sub>	Metano
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
COT	Carbón orgánico total
Cr <sup>+3</sup>	Cromo
COV's	Compuestos orgánicos volátiles
DQO	Demanda Química de Oxígeno
DQOt	Demanda Química de Oxígeno total
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DBOt	Demanda Bioquímica de Oxígeno total
EPA	Agencia de Protección Ambiental
FeSO <sub>4</sub>	Sulfato de hierro
Fe <sup>2+</sup>	Hierro II
Fe <sup>3+</sup>	Hierro III
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
g	Gramo
HO <sup>-</sup>	Anión Hidroxilo
H <sub>2</sub> O	Agua
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Peróxido de hidrogeno
H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	Ion hidronio
HELP	Hydrologic evaluation of landfill performance
Hg	Mercurio
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ácido sulfúrico
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
Kg	Kilogramo
Km <sup>2</sup>	Kilómetro cuadrado
kW	Kilowatt

kW-h	Kilowatt hora
L	Litro
Li	Litio
mg	Miligramo
mL	Mililitro
mm	Milímetro
m	Metro
NH <sub>3</sub>	Amoniaco
Ni	Níquel
nm	Nanómetro
Pb	Plomo
PH	Potencial de hidrogeno
PNGIDS	Programa Nacional de Gestión Integral de Desechos Solidos
R-OH	Alcohol
RS	Residuo Sólido
RSU	Residuo Sólido Urbano
RSP	Residuo Sólido Peligroso
RMS	Root Mean Squar
rpm	Revolución por minuto
ST	Sólido Total
SSV	Sólidos Suspendidos Volátiles
SST	Sólidos Suspendidos Totales
STV	Sólidos Totales Volátiles
s	Segundo
Zn	Zinc



## TABLA DE CONTENIDO

PORTADA

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

RESPONSABILIDAD

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

CONTENIDO DE ABREVIATURA

TABLA DE CONTENIDO

CONTENIDO DE TABLAS

CONTENIDO DE FIGURAS

CONTENIDO DE GRÁFICOS

CONTENIDO DE ECUACIONES

CONTENIDO DE ANEXOS

RESUMEN..... xxv

ABSTRACT ..... xxvi

INTRODUCCIÓN ..... 1

ANTECEDENTES ..... 2

JUSTIFICACIÓN ..... 2

OBJETIVOS..... 4

### CAPITULO I

MARCO TEÓRICO..... 5

1. RESIDUOS SÓLIDOS ..... 5

1.1 Clases de residuos ..... 6

1.1.1 Residuos Sólidos Urbanos..... 6

1.1.2 Residuos Industriales ..... 7

1.1.3 Residuos Mineros ..... 7

1.1.4 Residuos Radioactivos ..... 8

1.1.5 Residuos Forestales ..... 8

1.1.6 Residuos Agropecuarios ..... 9

1.1.7	Residuos Sanitarios o Clínicos .....	9
1.1.8	Residuos Inertes .....	10
1.2	Información ambiental en hogares ecuatorianos en función de sus residuos sólidos ..	10
1.2.1	Clasificación de los residuos sólidos .....	14
1.2.2	Clasificación de los residuos orgánicos .....	14
1.2.3	Clasificación de los residuos inorgánicos .....	16
1.2.4	Desechos peligrosos .....	19
1.2.4.1	Pilas – Pilas recargables.....	19
1.2.4.2	Desechos farmacéuticos.....	21
1.2.4.3	Desechos eléctricos – electrónicos .....	21
1.2.5	Producción per cápita .....	21
1.2.6	Residuos sólidos y sus efectos en la salud .....	23
1.2	Relleno Sanitario .....	23
1.3.1	Tipos de rellenos sanitarios.....	24
1.3.1.1	Relleno sanitario mecanizado.....	24
1.3.1.2	Relleno sanitario semimecanizado .....	25
1.3.1.3	Relleno sanitario manual.....	25
1.3.2	Dificultades con los rellenos sanitarios.....	25
1.3.2.1	Desechos líquidos.....	25
1.3.2.2	Gases peligrosos .....	26
1.3.2.3	Llenado del relleno sanitario .....	27
1.3.2.4	Como tapar el relleno sanitario.....	27
1.3.3	Lixiviados .....	28
1.3.3.1	Sistema de recolección y disposición final de aguas pluviales .....	29
1.3.3.2	Sistema de recolección de lixiviados en el Relleno Sanitario del Cantón Salcedo .....	30
1.3.3.3	Diseño de instalaciones para la recolección de lixiviados .....	30
1.3.4	Calidad del lixiviado.....	32
1.3.5	Control de lixiviación .....	34
1.3.6	Cuantificación de lixiviados.....	35
1.4	Técnicas de tratamiento de lixiviados.....	37
1.4.1	Proceso anaerobios .....	37
1.4.2	Procesos aerobios .....	38
1.4.3	Sistemas naturales .....	38
1.4.4	Evaporación .....	38
1.4.5	Recirculación de lixiviados .....	39
1.4.6	Técnica fenton.....	39
1.4.6.1	Desarrollo técnica fenton .....	40

1.4.6.2	Instrumentación .....	41
1.4.6.3	Reproductibilidad de datos técnica fenton .....	44
1.4.7	Floculación iónica .....	45
1.4.7.1	Energía eléctrica .....	47
1.4.7.2	Valor RMS .....	47
1.4.7.3	Potencia RMS.....	48
1.5	Medición de caudales .....	49
1.5.1	Método volumétrico .....	49
1.5.2	Método del flotador .....	50
1.5.3	Método de trayectoria.....	50
1.5.3.1	Tubería llena.....	51
1.5.3.2	Tubería parcialmente llena.....	52
1.6	Muestreo .....	52
1.6.1	Muestra simple .....	52
1.6.2	Muestra compuesta .....	52

## CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO .....	54
2.1	Área de estudio.....	54
2.1.1	Ubicación cartográfica y geográfica .....	54
2.1.1.1	Macrolocalización .....	54
2.1.1.2	Microlocalización.....	56
2.3	Punto de desfogue del lixiviado en el Relleno Sanitario del Cantón Salcedo .....	59
2.4.1	Muestreo .....	60
2.4.2	Medición de caudal en la piscina de lixiviado.....	62
2.4.3	Caracterización del Lixiviado .....	63
2.4.4	Dimensionamiento del equipo de floculación iónica.....	63
2.4.5	Elaboración de planos proceso de floculación iónica .....	64
2.4.6	Construcción del equipo de floculación iónica .....	64
2.4.6.1	Diseño del prototipo .....	64
2.4.6.2	Transporte del lixiviado al lugar de trabajo.....	66
2.4.6.3	Arranque del prototipo.....	67
2.4.6.4	Funcionamiento del prototipo .....	67
2.4.6.5	Prueba filtrada .....	68
2.4.6.6	Floculación iónica y reacción fenton .....	69

2.5	Metodología Técnica fenton.....	70
2.5.1	Filtro Casero.....	71
2.6	Métodos y Técnicas .....	72
2.6.1	Métodos .....	72
2.7	Datos Experimentales .....	76
2.7.1	Datos.....	76
2.7.1.1	Datos para la medición de caudal en la piscina de lixiviados .....	76
2.7.1.2	Datos para la construcción del equipo de floculación iónica .....	76
2.7.1.3	Datos proceso Técnica Fenton .....	77
2.7.1.4	Datos para la medición de caudal en el bidon de 220L con cada técnica utilizada ....	77

### CAPITULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ...	78
3.1	Cálculos.....	78
3.1.1	Calculo de caudal en la piscina de lixiviados .....	78
3.1.2	Calculo para la Construcción de los Floculadores.....	79
3.1.3	Cálculos proceso de Floculación Iónica.....	81
3.1.3.1	Determinamos el $V_{RMS}$ .....	81
3.1.3.2	Determinamos el $I_{RMS}$ .....	82
3.1.3.3	Determinamos la $P_{RMS}$ .....	82
3.1.3.4	Determinamos la energía eléctrica.....	83
3.1.3.5	Determinamos el costo del consumo de energía eléctrica del proceso de floculación iónica .....	84
3.1.4	Cálculos para la dosis óptimas de Reactivo Fenton.....	84
3.1.5	Cálculos para determinar el caudal del lixiviado con cada técnica utilizada.....	85
3.2	Resultados .....	87
3.2.1	Resultado de la medición de caudal en la piscina de lixiviados .....	87
3.2.2	Resultado del dimensionamiento de los Floculadores .....	87
3.2.3	Resultado proceso de Floculación Iónica.....	88
3.2.4	Resultados Proceso Fenton.....	88
3.2.5	Resultado de la medición de caudales con cada técnica utilizada .....	89
3.2.6	Resultados del muestreo inicial del lixiviado a tratar .....	90
3.2.7	Resultados Floculación Iónica.....	90
3.2.8	Resultados Floculación Iónica y Técnica Fenton .....	100
3.2.9	Resultados Técnica Fenton.....	102

3.2.9.1	Resultados de los análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) .....	102
3.2.9.3	Resultados de los análisis de los Sólidos Suspendidos Totales (SST).....	104
3.2.10	Resultados Globales.....	105
3.2.10.1	Resultados de los análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) .....	105
3.2.10.2	Resultados de los análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) .....	107
3.2.10.3	Resultados de los análisis de los Sólidos Suspendidos Totales (SST).....	109
3.3	Propuesta.....	111
3.4	Análisis y Discusión de Resultados .....	112
3.4.1	Análisis de Resultados .....	112
3.4.2	Discusión de Resultados .....	114
3.5	Presupuesto proceso de floculación iónica y técnica fenton .....	119
CONCLUSIONES		
RECOMENDACIONES		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

## CONTENIDO DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Actividades generadoras de residuos.....	10
<b>Tabla 2-1:</b>	Generación de basura en salcedo.....	11
<b>Tabla 3-1:</b>	Gestión realizada por la Prefectura De Cotopaxi.....	12
<b>Tabla 4-1:</b>	Cadena de valor de los residuos sólidos.....	13
<b>Tabla 5-1:</b>	Propuesta de los PNGIDS para los residuos sólidos .....	13
<b>Tabla-6-1:</b>	Índice de producción de residuos sólidos.....	22
<b>Tabla 7-1:</b>	Composición de los residuos sólidos.....	22
<b>Tabla 8-1:</b>	Enfermedades producidas por los residuos sólidos .....	23
<b>Tabla 9-1:</b>	Rango de composición típica de los lixiviados.....	33
<b>Tabla 10-1:</b>	Clasificación de los tipos de lixiviados en función de la edad que posea .....	34
<b>Tabla 11-1:</b>	Resultados finales proceso fenton en Mérida.....	45
<b>Tabla 12-1:</b>	Limite de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	53
<b>Tabla 1-2:</b>	Ubicación Cartográfica del Relleno Sanitario.....	54
<b>Tabla 2-2:</b>	Ubicación Geográfica del Relleno Sanitario.....	56
<b>Tabla 3-2:</b>	Métodos empleados para el análisis físico –químico del lixiviado.....	63
<b>Tabla 4-2:</b>	Determinación de la DQO.....	73

<b>Tabla 5-2:</b>	Determinación de la DBO.....	74
<b>Tabla 6-2:</b>	Determinación de la SST.....	75
<b>Tabla 7-2:</b>	Datos para la medición de caudal en la piscina de lixiviados.....	76
<b>Tabla 8-2:</b>	Datos para la construcción del equipo de floculación iónica.....	76
<b>Tabla 9-2:</b>	Datos proceso Técnica Fenton.....	77
<b>Tabla 10-2:</b>	Datos para la medición de caudal en el tanque reservorio.....	77
<b>Tabla 1-3:</b>	Resultado de la medición caudal en la piscina de lixiviados.....	87
<b>Tabla 2-3:</b>	Medidas de los floculadores.....	87
<b>Tabla 3-3:</b>	Resultados proceso de floculación iónica.....	88
<b>Tabla 4-3:</b>	Resultados dosis óptimas de reactivo fenton e IB.....	88
<b>Tabla 5-3:</b>	Resultados de la medición de caudales con cada técnica utilizada.....	89
<b>Tabla 6-3:</b>	Resultados de las características inicial que presentan los parámetros del Lixiviado.....	90
<b>Tabla 7-3:</b>	Resultados de los análisis de la DQO mediante floculación iónica.....	90
<b>Tabla 8-3:</b>	Resultados de los análisis de la DBO mediante floculación iónica.....	91
<b>Tabla 9-3:</b>	Resultados de los análisis de los SST mediante floculación iónica.....	92
<b>Tabla 10-3:</b>	Lectura de V y A.....	94
<b>Tabla 11-3:</b>	Lectura de V y A realizada el 02 de septiembre del 2015.....	98
<b>Tabla 12-3:</b>	Resultado de la DQO mediante floculación iónica y técnica fenton.....	100

<b>Tabla 13-3:</b>	Resultado de la DBO mediante floculación iónica y técnica fenton.....	101
<b>Tabla 14-3:</b>	Resultado de los SST mediante floculación iónica y técnica fenton.....	101
<b>Tabla 15-3:</b>	Resultado de la DQO mediante técnica fenton.....	102
<b>Tabla 16-3:</b>	Resultado de la DBO mediante técnica fenton.....	103
<b>Tabla 17-3:</b>	Resultado de los SST mediante técnica fenton.....	104
<b>Tabla 18-3:</b>	Resultado de la DQO con las técnicas utilizadas.....	105
<b>Tabla 19-3:</b>	Resultado de la DBO con las técnicas utilizadas.....	107
<b>Tabla 20-3:</b>	Resultado de los SST con las técnicas utilizada.....	109
<b>Tabla 21-3:</b>	Análisis de media, mediana y desviación estándar de SST.....	110
<b>Tabla 22-3:</b>	Muestras antes y después de los tratamientos aplicados.....	112
<b>Tabla 23-3:</b>	Porcentaje de remoción lixiviado del relleno sanitario del cantón Salcedo....	115
<b>Tabla 24-3:</b>	Características del lixiviado tratado por electrocoagulación en el relleno sanitario del Inga Quito – Ecuador.....	115
<b>Tabla 25 -3:</b>	Porcentaje de remoción por electrocoagulación en el lixiviado del relleno sanitario La Esmeralda – Manizales Colombia.....	116
<b>Tablas 26-3:</b>	Porcentaje de remoción por FAFA en lixiviados del relleno sanitario la glorita de Pereira – Risaralda.....	116
<b>Tablas 27 -3:</b>	Porcentaje de remoción por proceso fisicoquímico en los lixiviados del relleno sanitario de Tuxtla Gutiérrez-Chiapas México.....	117
<b>Tabla 28 -3:</b>	Porcentaje de remoción por proceso fenton en el lixiviados del relleno sanitario de Mérida – Yucatán México.....	117
<b>Tablas 29 -3:</b>	Porcentaje de remoción por proceso fenton en el lixiviados del relleno sanitario Bordo Poniente.....	118
<b>Tabla 30-3:</b>	Costo de los materiales del equipo de floculación iónica.....	119
<b>Tabla 31-3:</b>	Costos mano de obra.....	120



<b>Tabla 32-3:</b> Costo proceso fenton.....	120
<b>Tabla 33-3:</b> Materiales de campo.....	120
<b>Tabla 34-3:</b> Análisis de laboratorio.....	121
<b>Tabla 35-3:</b> Costo total del proyecto.....	121

## CONTENIDO DE FIGURAS

<b>Figura 1-1.</b>	Residuos Sólidos Urbanos .....	6
<b>Figura 2-1.</b>	Residuos generados en las ciudades.....	6
<b>Figura 3-1.</b>	Residuos industriales.....	7
<b>Figura 4-1.</b>	Actividades mineras .....	7
<b>Figura 5-1.</b>	Instalaciones de producción de uranio .....	8
<b>Figura 6-1.</b>	Residuos de la industria maderera.....	8
<b>Figura 7-1.</b>	Residuos agropecuarios.....	9
<b>Figura 8-1.</b>	Residuos sanitarios.....	9
<b>Figura 9-1.</b>	Hogares que clasificaron los residuos .....	14
<b>Figura 10-1.</b>	Hogares que clasificaron sus residuos orgánicos .....	15
<b>Figura 11-1.</b>	Disposición de los residuos orgánicos año 2014.....	15
<b>Figura 12-1.</b>	Hogares que clasificaron los residuos inorgánicos .....	16
<b>Figura 13-1.</b>	Disposición final de los residuos inorgánicos en el año 2014 .....	16
<b>Figura 14-1.</b>	Hogares que clasifican la basura .....	17
<b>Figura 15-1.</b>	No clasificaron sus residuos inorgánicos.....	17
<b>Figura 16-1.</b>	Ciudades principales que clasificaron sus residuos 2014 .....	18
<b>Figura 17-1.</b>	Hogares que sacaron la basura a la hora de recolección.....	19
<b>Figura 18-1.</b>	Hogares que sacan la basura a la hora de recolección (%) .....	19
<b>Figura 19-1.</b>	Hogares que utilizaron pilas y pilas recargables en 2014 (%) .....	20
<b>Figura 20-1.</b>	Encapsulamiento de pilas del relleno sanitario .....	20

<b>Figura 21-1.</b>	Desechos hospitalarios .....	21
<b>Figura 22-1.</b>	Relleno Sanitario del cantón Salcedo.....	24
<b>Figura 23-1.</b>	Entrada a la piscina de lixiviados.....	26
<b>Figura 24-1.</b>	Respirador de gas del Relleno Sanitario del Cantón Salcedo .....	27
<b>Figura 25-1.</b>	Llenado del Relleno Sanitario.....	28
<b>Figura 26-1.</b>	Piscina de lixiviados.....	29
<b>Figura 27-1.</b>	Diseños de terrazas inclinadas para la recolección de lixiviados .....	31
<b>Figura 28-1.</b>	Diseños de fondo con tubos para la recolección de lixiviados.....	32
<b>Figura 29-1.</b>	Medidor de parámetros múltiple .....	42
<b>Figura 30-1.</b>	Espectrofotómetro portátil Hach.....	42
<b>Figura 31-1.</b>	Espectrofotómetro portátil Hach.....	43
<b>Figura 32-1.</b>	Acciones de los floculadores .....	46
<b>Figura 33-1.</b>	Proceso de floculación iónica .....	46
<b>Figura 34-1.</b>	Método volumétrico.....	49
<b>Figura 35-1.</b>	Método del flotador.....	50
<b>Figura 36-1.</b>	Método de la trayectoria.....	51
<b>Figura 1-2.</b>	Cantón de Salcedo.....	55
<b>Figura 2-2.</b>	Relleno Sanitario del Cantón Salcedo.....	57
<b>Figura 3-2.</b>	Muestreo del lixiviado a tratar .....	61

## CONTENIDOS DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b>	Caudal vs Técnica Utilizada .....	89
<b>Gráfico 2-3:</b>	Disminución de la concentración de DQO con Floculación Iónica .....	91
<b>Gráfico 3-3:</b>	Disminución de la concentración de DBO con Floculación Iónica.....	92
<b>Gráfico 4-3:</b>	Disminución de la concentración de SST con Floculación Iónica .....	93
<b>Gráfico 5-3:</b>	Variación de V de acuerdo a cada fecha de medición .....	95
<b>Gráfico 6-3:</b>	Variación de A de acuerdo a cada fecha de medición.....	96
<b>Gráfico 7-3:</b>	V vs A en cada fecha de medición .....	97
<b>Gráfico 8-3:</b>	Variación de V en un solo día de medición 02 de septiembre del 2015 .....	99
<b>Gráfico 9-3:</b>	Variación de A en un solo día de medición 02 de septiembre del 2015 .....	99
<b>Gráfico 10-3:</b>	V vs A en un solo día de medición 02 de septiembre del 2015 .....	100
<b>Gráfico 11-3:</b>	Disminución de la concentración de DQO con Técnica fenton .....	102
<b>Gráfico 12-3:</b>	Disminución de la concentración de DBO con Técnica fenton .....	103
<b>Gráfico 13-3:</b>	Disminución de la concentración de SST con Técnica fenton.....	104
<b>Gráfico 14-3:</b>	Disminución de la concentración de DQO con cada técnica utilizada .....	105
<b>Gráfico 15-3:</b>	% de disminución de la concentración DQO con cada técnica utilizada.....	106
<b>Gráfico 16-3:</b>	Disminución de la concentración de DBO5 con cada técnica utilizada .....	107
<b>Gráfico 17-3:</b>	% de disminución de la concentración DBO5 en cada muestra analizada .....	108

**Gráfico 18-3:** Disminución de la concentración de STT con cada técnica utilizada ..... 110

**Gráfico 19-3:** Variación de la concentración SST ..... 111

## TABLA DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1-1</b> .....	31
<b>Ecuación 2-1</b> .....	35
<b>Ecuación 3-1</b> .....	36
<b>Ecuación 4-1</b> .....	44
<b>Ecuación 5-1</b> .....	49
<b>Ecuación 6-1</b> .....	48
<b>Ecuación 7-1</b> .....	48
<b>Ecuación 8-1</b> .....	48
<b>Ecuación 9-1</b> .....	48
<b>Ecuación 10-1</b> .....	51
<b>Ecuación 1-3</b> .....	79
<b>Ecuación 2-3</b> .....	80
<b>Ecuación 3-3</b> .....	84

## CONTENIDO DE ANEXOS

<b>Anexo A:</b>	Lixiviado a tratar .....	129
<b>Anexo B:</b>	Instalación de los floculadores iónicos.....	129
<b>Anexo C:</b>	Calibración del equipo de floculación iónica.....	130
<b>Anexo D:</b>	Inicio proceso de floculación iónica .....	130
<b>Anexo E:</b>	Floculadores iónicos retención de sólidos.....	131
<b>Anexo F:</b>	Medición de voltaje a los floculadores.....	131
<b>Anexo G:</b>	Limpieza de los floculadores iónicos .....	132
<b>Anexo H:</b>	Adición de reactivo fenton.....	132
<b>Anexo I:</b>	Análisis reactivo fenton.....	133
<b>Anexo J:</b>	Medición de pH proceso fenton .....	133
<b>Anexo K:</b>	Rango de pH .....	134
<b>Anexo L:</b>	Filtración del lixiviado.....	134
<b>Anexo M:</b>	Elaboración de filtro casero.....	135
<b>Anexo N:</b>	Aplicación del filtro casero en el lixiviado a tratar.....	135
<b>Anexo O:</b>	Concentraciones iniciales de DQO, DBO y SST .....	136
<b>Anexo P:</b>	Análisis proceso de floculación iónica.....	137
<b>Anexo Q:</b>	Análisis proceso de floculación iónica con prueba filtrada.....	138
<b>Anexo R:</b>	Análisis proceso de floculación iónica y técnica fenton .....	139
<b>Anexo S:</b>	Análisis proceso fenton con filtro casero.....	140
<b>Anexo T:</b>	Análisis proceso fenton .....	141

<b>Anexo U:</b>	Componentes proceso de floculación iónica Bidón de 220 L y Floculadores.....	142
<b>Anexo V:</b>	Componentes proceso floculación iónica Pernos .....	143
<b>Anexo W:</b>	Diagrama de conexión proceso floculación iónica.....	144
<b>Anexo X:</b>	Arranque proceso de floculación iónica.....	145



## RESUMEN

El relleno sanitario del Cantón Salcedo no contaba con un tratamiento adecuado de lixiviados, para mejorar sus características se implementó floculación iónica y técnica fenton. La investigación se realizó mediante el método experimental, lo cual permitió conocer las características físico-químico del lixiviado. Los parámetros a monitorear fueron Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica Oxígeno y Sólidos Suspendidos Totales, se realizó un muestreo aleatorio simple en la piscina de lixiviados para su posterior análisis en el laboratorio CESTTA de la ciudad de Riobamba. Los floculadores son de acero inoxidable, sus dimensiones se determinaron de acuerdo a las características que presenta el bidón de 220L, con una longitud de 90cm y 5cm de diámetro. La floculación iónica funciona a bajos voltajes suministrados por una fuente de corriente directa, los floculadores atrapan los lodos resultantes siendo estos totalmente inactivos. La Floculación Iónica aplicada es una técnica novedosa y no implementada en procesos de tratamiento de lixiviados en el país. La técnica complementaria utilizada para la remediación del lixiviado fue Fenton, para lo cual se aplicó 200g FeSO<sub>4</sub> y 200ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, que fueron aumentando paulatinamente hasta 600g FeSO<sub>4</sub> y 600ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, el pH del lixiviado debe encontrarse en un rango ácido. La caracterización inicial del lixiviado presento una concentración inicial de Demanda Química Oxígeno 6400 mg/L, Demanda Bioquímica Oxígeno 2133 mg/L, y SST 198 mg/L. Después de haber aplicado las técnicas de mejoramiento del lixiviado, se obtuvieron los siguientes valores finales Demanda Química Oxígeno 3400 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno 1050 mg/L, y Sólidos Suspendidos Totales 186 mg/L. Concluimos que las técnicas aplicadas son de bajo costo y con buenos resultados, se recomienda a la Directora de Gestión Ambiental implementar floculación iónica y técnica fenton para minimizar la carga contaminante del lixiviado.

**PALABRAS CLAVES:** < FLOCULACIÓN IÓNICA > < FENTON > < DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO> < DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO > < SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES > < RELLENO SANITARIO > < SALCEDO [CANTÓN] >

## **ABSTRACT**

The landfill in the Salcedo Canton lacked adequate leachate treatment, to improve its characteristics ionic flocculation and Fenton technique was implemented. The research was conducted using the experimental method, which yielded information on the physico-chemical characteristics of the leachate. The parameters were monitored Chemical Oxygen Demand, Biochemical Oxygen Demand and Total Suspended Solids; simple random sampling was conducted in the pool of leachate for subsequent analysis in the laboratory CESTTA Riobamba. Flocculators are stainless steel, its dimensions are determined according to the characteristics presented pail 220 L with a length of 90 cm and 5 cm in diameter. The ionic flocculation works at low voltages supplied by a source of direct current, the resulting sludge trap flocculators these being totally inactive. Flocculation Ion applied is an innovative technique and not implemented in processes leachate treatment in the complementary technical country. The used for remediation of leachate was Fenton, for which it was applied 200g FeSO<sub>4</sub> and 200 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, which were gradually increased until FeSO<sub>4</sub> 600g and 600ml of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> the pH of the leachate must be in an acid range. Initial characterization of the leachate has an initial concentration of Chemical Oxygen Demand 6400mg/L, Biochemical Oxygen Demand 2133mg/L and SST 198mg/L. After applying breeding techniques leachate, the following final values Chemical Oxygen Demand 3400mg/L, Biochemical Oxygen Demand 1050mg/L were obtained, and Total Suspended Solids 186mg/L. We conclude that the techniques used are inexpensive and with good results, the Director of Environmental Management is recommended to implement ionic flocculation and Fenton technique to minimize the pollution load of the leachate.

**KEYWORDS:** IONIC FLOCCULATION, FENTON, CHEMICAL OXYGEN DEMAND, BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND, TOTAL SUSPENDED SOLIDS, LANDFILL SALCEDO(CANTON)

## INTRODUCCIÓN

Salcedo se ubica en el suroriente de Cotopaxi, es uno de los cantones más significativos de la jurisdicción, su población se dedica primordialmente a la producción agrícola, ganadera y se caracteriza por la preparación de especialidades gastronómicas muy apreciadas por los visitantes, Salcedo posee una forma rectangular que se extiende desde la cima de la Cordillera Central hasta la cima de la Cordillera Occidental.

Posee una población actual según el último censo de 51.656 habitantes además posee:

- Altitud: 2.683 m sobre el nivel del mar.
- Superficie: Posee una área de 533 Km<sup>2</sup>.

Salcedo cuenta con 5 parroquias las cuales son:

- Antonio José Holguín
- Cusubamba
- Mulalillo
- Mulliquindil
- Panzaleo

Debido al incremento acelerado de la población que experimenta el cantón Salcedo, y al alto consumismo de recursos naturales y procesados que se producen se ha visto necesario ejecutar un tratamiento eficiente a estos residuos para minimizar la cuantía de basura que llega al relleno sanitario. Los residuos formados en la urbe son recogidos por los recolectores de basura de forma manual y luego se los traslada y coloca en el relleno sanitario situado en San Pedro de Jachaguango.

Los residuos sólidos al contacto con el agua del alcantarillado o de lluvia captan gran cantidad de sustancias tóxicas que inicialmente se exteriorizan dentro de los residuos quedando de este modo altamente contaminada, a esta agua se designa con el nombre de lixiviado y es uno de los líquidos más arduos de remediar, sino no se le da el tratamiento correcto puede llegar a contaminar las aguas subterráneas y superficiales.

El relleno sanitario de Salcedo en la actualidad exhibe inconvenientes debido al tratamiento inoportuno del lixiviado, este líquido debe ser tratado bajo la legislación ambiental ecuatoriana, el lixiviado induce graves complicaciones a las comunidades que se localizan a los alrededores

del relleno debido a la generación de vectores. El presente trabajo pretende manipular diversos métodos hacia el mejoramiento del lixiviado, como es la técnica de Floculación Iónica que todavía no se desarrolla en el país y que será usada por primera vez, la otra técnica utilizada para minimizar la carga contaminante de la DBO, DQO y SST es la Técnica Fenton.

## **ANTECEDENTES**

En la actualidad el relleno sanitario de Salcedo no provee un manejo ambiental apropiado a sus residuos creados por el acaparamiento diario de basura, el relleno sanitario presenta una planta de tratamiento de residuos sólidos. En la puerta de acceso se ubica una caseta en la que se localizan los guardias de seguridad quienes registran los datos de las personas que ingresan a las instalaciones, posee una balanza que determina el peso neto con la que ingresan los carros recolectores con los desechos sólidos.

Esto permite evidenciar el monto de los desechos que se procesan en el relleno sanitario. Según datos de la Dirección de Gestión Ambiental del Ayuntamiento de Salcedo al lugar ingresan de 15 a 20 toneladas de desechos diarios, lo que suman un total de 150 toneladas semanales. Los desechos urbanos se acrecienta cuantiosamente lo que a su vez da como derivación la formación de lixiviados de manera proporcional al incremento de basura y del acrecentamiento poblacional que ocurre cotidianamente en la urbe, formando un líquido de contaminación directa para los entornos del relleno, creando complicaciones de atascamiento en los sistemas de desagüe y conducción.

## **JUSTIFICACIÓN**

Los Municipios son los responsables directos del manejo de los desechos sólidos, como es el caso del Municipio de Salcedo, pero no se puede omitir su baja capacidad de gestión en este tema, pues la mayor parte de cabildos crearon sistemas de recolección de basura bajo la

dependencia jerárquica de las direcciones de higiene y de las comisarías municipales las cuales poseen una imagen institucional débil.

En Ecuador de un total de 221 Municipios existentes en el país, 160 Municipios depositan sus desechos en botaderos a cielo abierto damnificando a los recursos suelo, agua y aire con la consiguiente afectación a la salud y en especial a los recicladores que laboran en condiciones extremas. Los restantes 61 Municipios depositan sus desechos en rellenos sanitarios los cuales poseen criterios técnicos y administrativos deficientes en muchos de los casos.

La presente investigación pretende utilizar procesos de tratamientos adecuados para este tipo de lixiviado, reduciendo las concentraciones de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), DQO (Demanda Química de Oxígeno) y SST (Sólidos Suspendidos Totales), para que este líquido pueda ser tratado de mejor manera.

Una de la técnica para cumplir con la remediación del lixiviado es la aplicación de la floculación iónica, un proceso novedoso y aún no aplicado en nuestro país, opera por medio de electricidad a bajo voltaje, de fácil manipulación, con un mínimo costo no teniendo límite excepto en las aguas radioactivas. Con esta tecnología se puede conseguir un agua de mejor calidad. Ella trata de forma eficiente tanto materia orgánica como inorgánica. Se propone las siguientes preguntas que van a ser analizadas durante el periodo que dure la investigación:

¿El tratamiento de lixiviados mediante Floculación Iónica y Técnica Fenton ayudara a disminuir la contaminación generada en el relleno sanitario del cantón Salcedo?

¿Se conseguirá dar una mejor imagen al relleno sanitario del cantón Salcedo?

¿Cuáles son los tratamientos más adecuados para tratar los lixiviados de manera eficaz que se producen en el relleno sanitario del cantón Salcedo?

¿Qué composición poseen los lixiviados generados en este relleno sanitario?

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Tratar los lixiviados generados en el relleno sanitario del cantón Salcedo mediante Floculación Iónica y Técnica Fenton.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Disminuir la incidencia de malos olores que se producen en el proceso de lixiviación la cual afecta a la población aledaña al relleno sanitario.
- Obtener datos experimentales mediante un muestreo en la piscina de lixiviados para determinar la situación real del relleno sanitario.
- Analizar los resultados obtenidos con las tecnologías aplicadas en el tratamiento de los contaminantes presentes en el lixiviado buscando el mejoramiento del relleno sanitario del cantón Salcedo.

## CAPITULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1. RESIDUOS SÓLIDOS

Son los que se derivan esencialmente de las actividades domésticas, mecánicas, artesanía, entes estatales y gubernativos, centros pedagógicos, mercados, baldeo de vías públicas, cuya misión es compromiso de los GAD's Municipales. El manejo de los RSU (Residuos Sólidos Urbanos) es una labor altamente complicada de las naciones en vías de progreso, esto se ve reflejado en la falta de aseo y recolectores para efectuar las acciones de limpieza.(Echarri, 1998, p. 100).

Los factores que afectan el alto consumismo de residuos sólidos son los siguientes:

- Crecimiento acelerado de la población
- Desarrollo industrial
- Hábitos de consumo
- Uso generalizado de envases y empaques

Estos factores incrementan la basura que se coloca en el relleno sanitario, se agranda debido al déficit financiero y a la escasa colaboración de los Municipios, ellos tienen la obligación de invertir sus patrimonios monetarios en esta problemática. La falta de adiestramiento ambiental y la nula colaboración de la ciudadanía forman una barricada al instante de sacar la basura lo que sobrelleva a una administración y disposición final incorrecta (Echarri, 1998, p. 101).



**Figura 1-1.**Residuos Sólidos Urbanos  
Fuente: JÁCOME, David. 2015

## 1.1 Clases de residuos

Según Echarri (1998, pp. 102-106) clasifica a los residuos en los siguientes:

### 1.1.1 Residuos Sólidos Urbanos

Se promueven principalmente dentro de las ciudades urbanas, dando como resultado despojos domiciliarios, restos de zonas de distracción, sobras de labores municipales, y retazos vehiculares.



**Figura 2-1.**Residuos generados en las ciudades  
Fuente: [http://www.uclm.es/users/higueras/MGA/Tema06/Tema\\_06\\_Residuos\\_1.htm](http://www.uclm.es/users/higueras/MGA/Tema06/Tema_06_Residuos_1.htm). 2015



### **1.1.2 Residuos Industriales**

Se promueven en procesos industriales de las diferentes compañías asentadas en la provincia, gozan de extrema peligrosidad en función del tipo de industria que los forma, son altamente perjudiciales.



**Figura 3-1.**Residuos industriales

Fuente: [http://www.uclm.es/users/higueras/MGA/Tema06/Tema\\_06\\_Residuos\\_1.htm](http://www.uclm.es/users/higueras/MGA/Tema06/Tema_06_Residuos_1.htm). 2015

### **1.1.3 Residuos Mineros**

Son el resultado de las etapas de perforación, extracción y acaparamiento de recursos minerales logrando ser líquidas y sólidas, si no se tratan de manera correcta consiguen contaminar los cuerpos de agua.



**Figura 4-1.**Actividades mineras

Fuente: [http://www.uclm.es/users/higueras/MGA/Tema06/Tema\\_06\\_Residuos\\_1.htm](http://www.uclm.es/users/higueras/MGA/Tema06/Tema_06_Residuos_1.htm). 2015

#### **1.1.4 Residuos Radioactivos**

Se originan en plantas nucleares e instalaciones que operan con material radioactivo como plantas de tratamiento de uranio y hospitales.



**Figura 5-1.** Instalaciones de producción de uranio

Fuente: [http://www.uclm.es/users/higueras/MGA/Tema06/Tema\\_06\\_Residuos\\_1.htm](http://www.uclm.es/users/higueras/MGA/Tema06/Tema_06_Residuos_1.htm). 2015

#### **1.1.5 Residuos Forestales**

Son el resultado del mantenimiento y florecimiento de las montañas, como consecuencia de los residuos que se crean al cortar los árboles para fabricar enseres inmobiliarios y adornos del hogar.



**Figura 6-1.** Residuos de la industria maderera

Fuente: [http://www.uclm.es/users/higueras/MGA/Tema06/Tema\\_06\\_Residuos\\_1.htm](http://www.uclm.es/users/higueras/MGA/Tema06/Tema_06_Residuos_1.htm). 2015

### **1.1.6 Residuos Agropecuarios**

Pueden ser residuos agrícolas, ganaderos según el tipo de actividad que los cause.



**Figura 7-1.**Residuos agropecuarios

Fuente: [http://www.uclm.es/users/higuera/MGA/Tema06/Tema\\_06\\_Residuos\\_1.htm](http://www.uclm.es/users/higuera/MGA/Tema06/Tema_06_Residuos_1.htm). 2015

### **1.1.7 Residuos Sanitarios o Clínicos**

Se ocasionan en enfermerías, veterinarias, centros odontológicos, sanatorios, policlínicas, gozan de extrema toxicidad. Los residuos sanitarios se clasifican como potencialmente tóxicos y peligrosos.



**Figura 8-1.**Residuos sanitarios

Fuente: JÁCOME, David. 2015

### 1.1.8 Residuos Inertes

Son aquellos que no sufren transformación ya sea física, química o biológica no son soluble, ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente de ninguna otra forma.

**Tabla 1-1:** Actividades generadoras de residuos

Actividades generadoras	Componentes	% del total de RSM
<b>Residenciales y domiciliarias</b>	Desperdicios de cocina, papeles, cartón, plástico, vidrio, metales, textil, residuo de jardín, tierra.	50 a 75
<b>Comercial</b> Almacenes, oficinas, mercados, restaurantes, hoteles y otros	Papel, cartón plástico, madera, residuos de comida, vidrio, metales, residuos especiales y peligrosos	10 a 20
<b>Institucional</b> Oficinas públicas, escuelas, colegios universidades, servicios públicos otros	Semejante al comercial	5 a 15
<b>Industria (pequeña industria y artesanía)</b> Manufactura, confecciones de ropa, zapatos, sastrería, carpinterías		5 a 30

Fuente: Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos. 2002

## 1.2 Información ambiental en hogares ecuatorianos en función de sus residuos sólidos

El Ecuador cuenta con basurales a cielo franco como opción de tratamiento a la basura, debido a que los recolectores no logran ingresar a zonas alejadas de la urbe, por cuanto las carreteras no son las más propicias para que los vehículos transite por estas zonas, el PNGIDS (Programa Nacional de Gestión Integral de Desechos Sólidos) tiene como mandato clausurar todos los basurales del país (MAE, 2002).

**Tabla 2-1:** Generación de basura en Salcedo

<b>GENERACIÓN DE BASURA ,DIARIA ,SEMANTAL MENSUAL, ANUAL</b>				
<b>CONCEPTO</b>	<b>AÑO 2014</b>			
	<b>DIARIO ( Kg)</b>	<b>SEMANTAL (Kg)</b>	<b>MENSUAL (Kg)</b>	<b>TOTAL ANUAL (Kg)</b>
<b>Desechos orgánicos 50%</b>	1343056	9401393	41634736	52379185
<b>Papel 13%</b>	34919	244433	1082489	1361841
<b>Cartón 5%</b>	1343056	9401392	41634736	52379184
<b>Plástico 7%</b>	188027	1316194	5828837	7333058
<b>Vidrio 1%</b>	26861	188027	832691	1047579
<b>Chatara1.6%</b>	42977	300844	1332287	1676108
<b>Acero inoxidable 0.44%</b>	118.18	827.32	366358	460908
<b>Otros 22%</b>	590944	4136612	18319264	2304682

Fuente: Proyecto Integral de Desechos Sólidos Provincia de Cotopaxi  
Realizado por: JÁCOME, David. 2015

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Salcedo consciente de la problemática ambiental que exhibe la ciudad, tiene como misión sensibilizar a la colectividad salcedense sobre la clasificación de los desechos orgánicos e inorgánicos in situ. El principio se fundamenta en atenuar el monto de basura que ingresan al relleno y ampliar la vida útil del mismo, el enfoque radica en poner los desechos recuperables en situaciones más higiénicas (GAD Municipal del Canton Salcedo, 2012:, p. 21).

El manejo de los desechos sólidos se lo realiza de la siguiente forma:

- Proveer de un manejo adecuado a los desechos orgánicos domésticos para que sean sometidos a procesos de compostaje.
- Rescatar los desechos no putrescibles como vidrio, papel, cartón, plástico.
- Los desechos hospitalarios son recogidos mediante un sistema diferenciado de recolección.

**Tabla 3-1:** Gestión realizada por la Prefectura De Cotopaxi

<b>Desechos Sólidos</b>	
<b>Prevención</b>	
Municipios de Cotopaxi	7
Municipios que tienen rellenos sanitarios	2
Municipios con planes de cierre técnico de botaderos aprobado por PNGIDS	5
Municipios con planes de cierre técnico de botaderos en revisión por el PNGIDS	1
Municipios con viabilidades técnicas aprobadas para la Gestión Integral de Residuos Sólidos	2
Municipios con viabilidades técnicas en revisión para la Gestión Integral de Residuos Sólidos	1
Municipios que cuentan con licencia ambiental para la Gestión Integral de Residuos Sólidos	2
Municipios en proceso de licencia ambiental	5

**Fuente:** Dirección Provincial del Ambiente de Cotopaxi  
**Realizado por:** JÁCOME, David. 2015

El ayuntamiento Provincial del Ambiente de Cotopaxi, mediante su departamento de Unidad de Calidad Ambiental, ha ejecutado inspecciones de vigilancia y monitoreo ambiental de las diferentes empresas industriales asentadas en la provincia, La Dirección Provincial se encarga de efectuar labores de exploración y aprobación de proyectos de saneamiento ambiental, con la intención de que las compañías que se sitúan en la provincia obtengan su debida Licencia Ambiental hacia un funcionamiento correcto y de este modo sortear sanciones y clausuras de las empresas (COTOPAXI, 2014, p. 10).

**Tabla 4-1:** Cadena de valor de los residuos sólidos

<b>Generación</b>	<b>Recolección y barrido</b>	<b>Transferencia y aprovechamiento</b>	<b>Disposición final</b>
Residuos sólidos urbanos ( residenciales industriales y comerciales)	Estandarización de servicios de aseo	GAD's grandes: Plantas de separación. GAD's Medianos, Pequeños y Micros: Aprovechamiento y reciclaje.	GAD's Grandes y Medianos: Rellenos sanitarios y manejo técnico de lixiviados. GAD's Pequeños y Micros: Rellenos Sanitarios mancomunidades.
Residuos sólidos especiales ( peligrosos, escombros y hospitalarios)	Recolección de escombros. Recolección especializada de residuos peligrosos y hospitalarios.	Aprovechamiento de escombros como material pétreo en obras viales.	Implementación y operación de escombreras. Celdas de seguridad operativa.

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). 2002

**Tabla 5-1:** Propuesta de los PNGIDS para los residuos sólidos

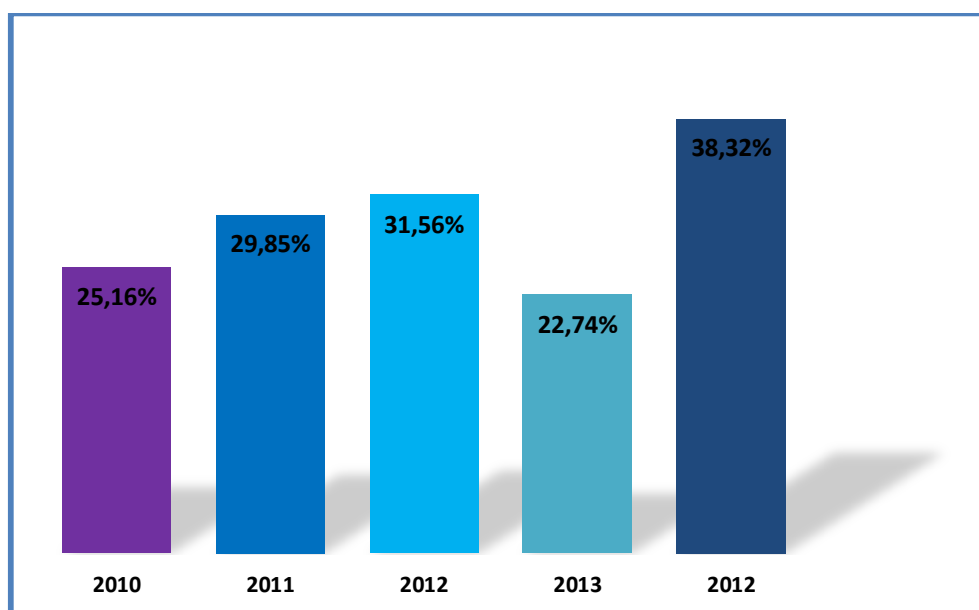
<b>Generación</b>	<b>Recolección y barrido</b>	<b>Transferencia y aprovechamiento</b>	<b>Disposición final</b>
Residuos sólidos urbanos (residenciales, industriales y comerciales)	A pie de vereda	Existe aprovechamiento de PET, papel y cartón en los GAD's grandes	El 80% de los residuos se disponen en botaderos, el 20 % en rellenos sanitarios.
Residuos sólidos especiales (peligrosos, escombros y hospitalarios)	Escombros se recogen por medio de volquetas. Peligrosos y hospitalarios se recogen una vez por la semana generalmente	En los GAD's grandes se hace tratamiento de residuos hospitalarios.	En los GAD's grandes existen celdas de seguridad y escombreras

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC). 2002

Para obtener un optimo manejo de los residuos sólidos es indispensable conocer acerca de su clasificación, producción per cápita, sus afectaciones a la salud y resultados obtenidos a través del tiempo.

### 1.2.1 Clasificación de los residuos sólidos

Los datos estadísticos presentados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos manifiestan que en el año 2014 el 38.32% de los ecuatorianos efectuaron la clasificación de sus residuos, del total de habitantes el 1/3 han efectuado esta práctica entre los años 2010 - 2014, se produjo un aumento de esta experiencia en el año 2014 con un valor del 13.16%, para lo cual se especifica en la gráfica 9-3 (INEC, 2002:, p. 6).



**Figura 9-1.** Hogares que clasificaron los residuos  
Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC). 2014

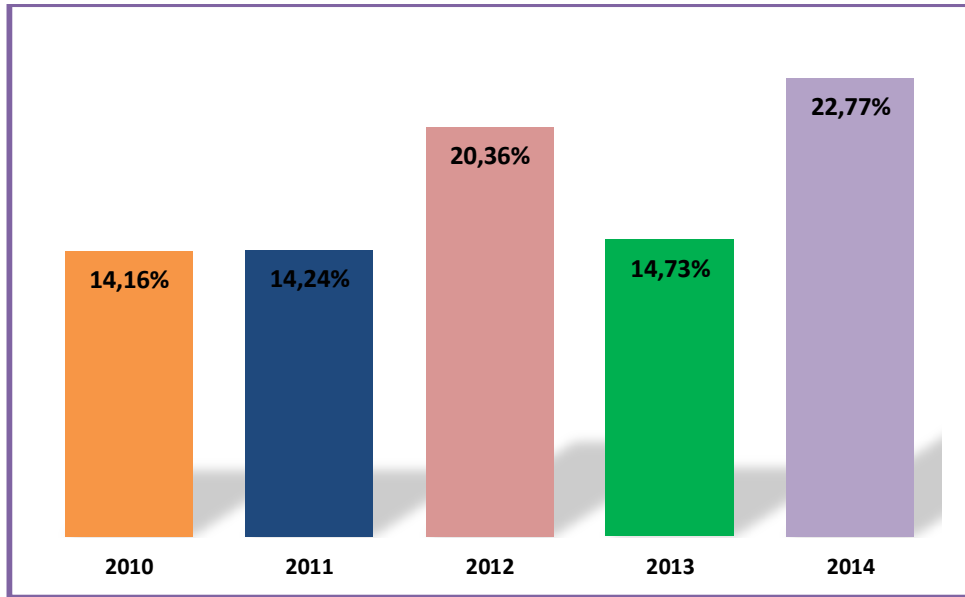
### 1.2.2 Clasificación de los residuos orgánicos

Las investigaciones realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos señalan que los ecuatorianos entre los años 2010 al 2014, separaron sus residuos orgánicos del resto de la basura, la práctica se incrementó en un 22.77% como lo indican los datos estadísticos suministrados por el INEC. (INEC, 2014, p. 7)

Benéficos de reciclar los residuos orgánicos:

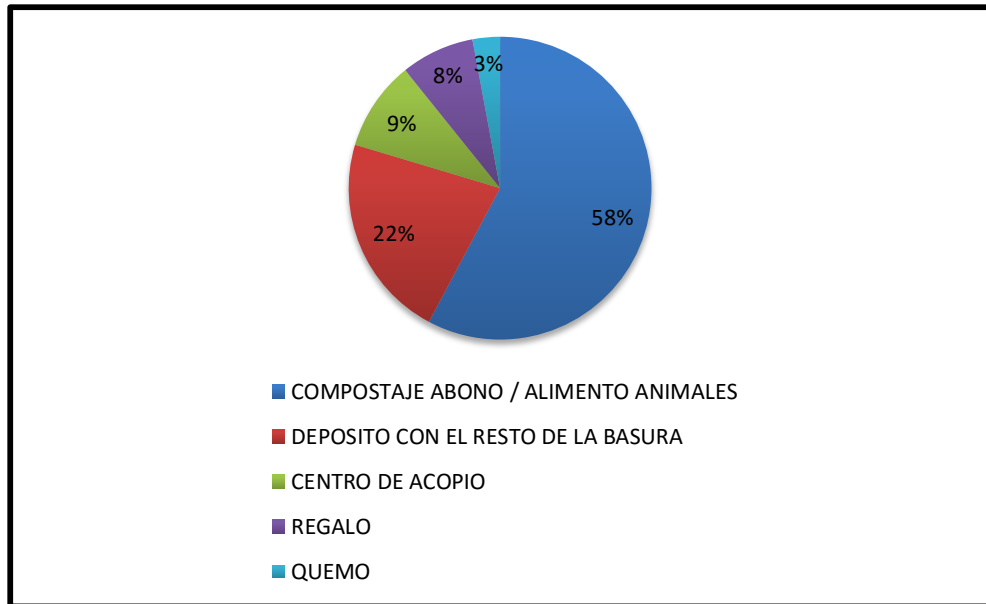
- Reducir el monto de basura que se coloca en los rellenos sanitarios.
- Concluir el ciclo de la materia orgánica.
- Procesar abonos verdes y suplantarlos por productos químicos.
- Restablecer al suelo materia orgánica.





**Figura 10-1.** Hogares que clasificaron sus residuos orgánicos  
Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC). 2014

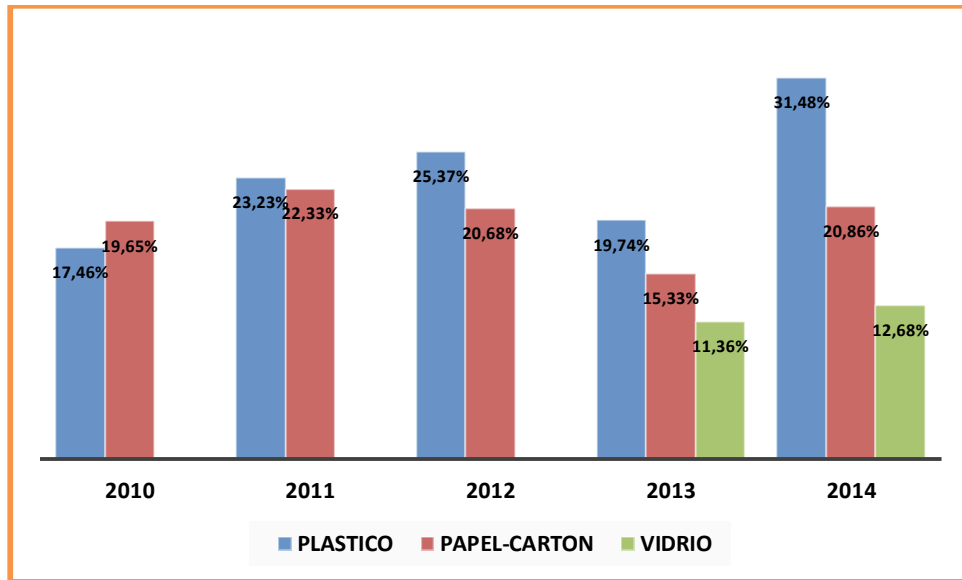
La gráfica indica los resultados de un buen tratamiento de la materia orgánica y sus beneficios que se pueden obtener a través de esta práctica.



**Figura 11-1.** Disposición de los residuos orgánicos año 2014  
Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC). 2014

### 1.2.3 Clasificación de los residuos inorgánicos

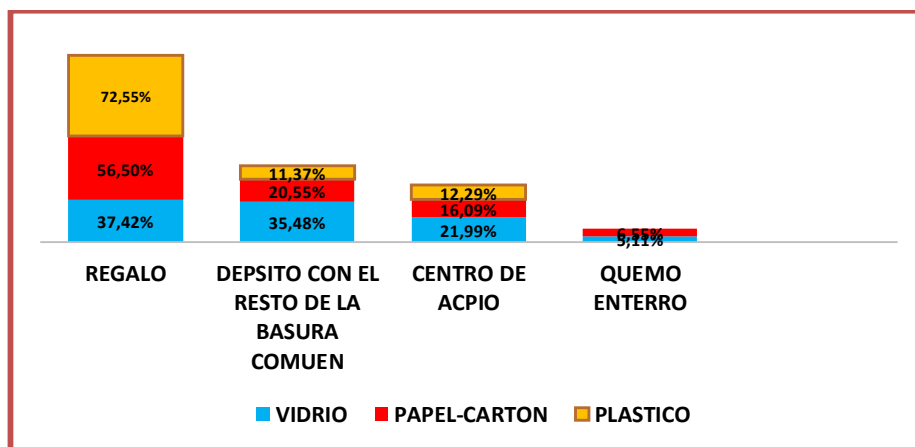
El Instituto Nacional de Estadísticas y Censos por medio de indagaciones han concluido que en el Ecuador entre los años 2010 al 2014 incremento la clasificación de los residuos inorgánicos, en la gráfica 12-1 se exponen los porcentajes de clasificación de los residuos inorgánicos (INEC, 2002:, p. 8).



**Figura 12-1.**Hogares que clasificaron los residuos inorgánicos

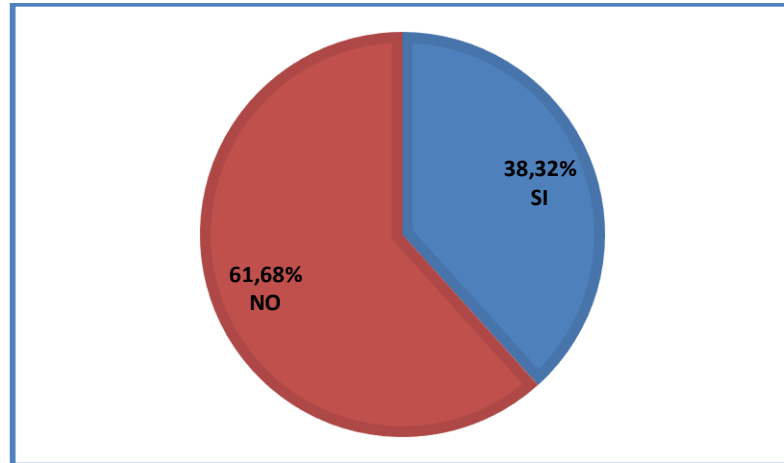
Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC). 2014

Los datos del Instituto Nacional Estadísticas y Censos, revelan que en el año 2014 la totalidad de los ecuatorianos aseveraron no haber clasificado los residuos inorgánicos de sus residencias, para lo cual apremia crear cruzadas de reciclaje a nivel nacional como local.



**Figura 13-1.**Disposición final de los residuos inorgánicos en el año 2014

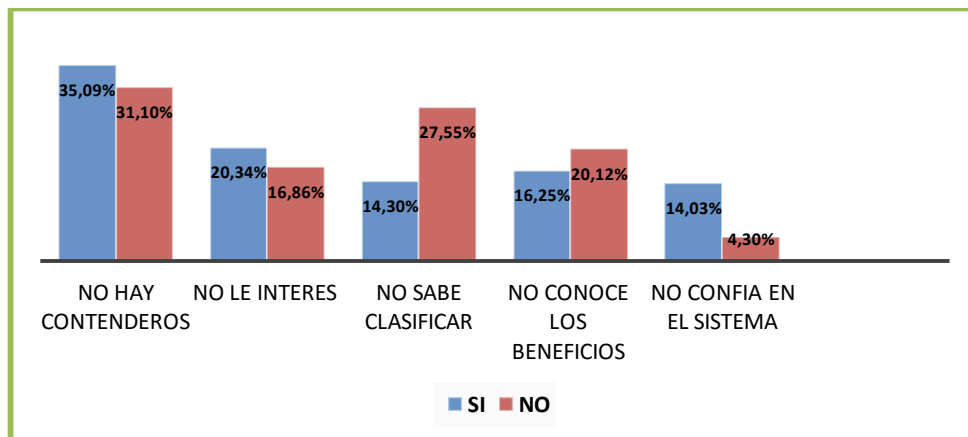
Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC). 2014



**Figura 14-1.**Hogares que clasifican la basura

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC). 2014

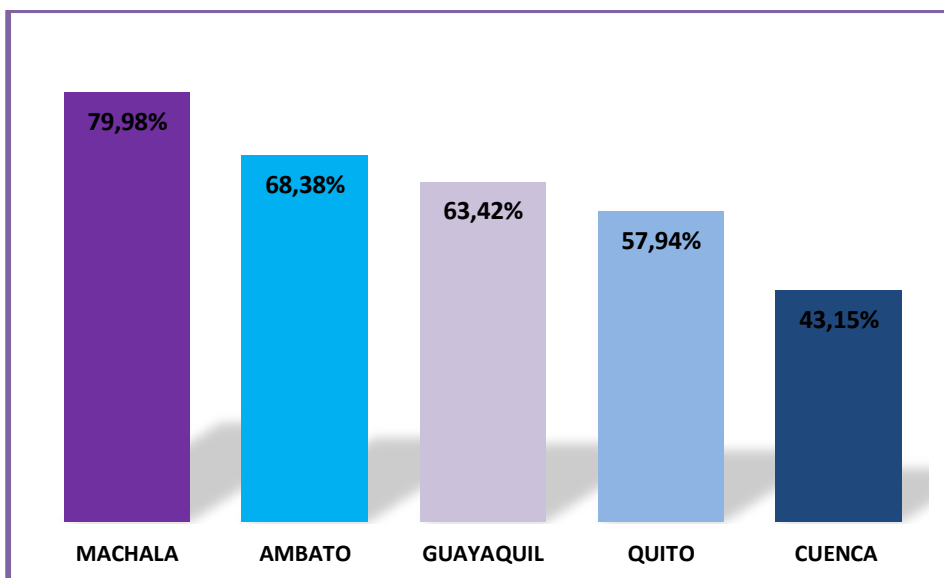
Los ayuntamientos no poseen contenedores apropiados para la clasificación correcta de los residuos inorgánicos, esto obligado por la escasa o nula presencia de centros de acopio, esto se observa a nivel urbano con un 35.09% y a nivel rural con un 31.17%.



**Figura 15-1.**No clasificaron sus residuos inorgánicos

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC). 2014

Los estudios presentados por el Instituto Nacional Estadísticas y Censos nos indica que dentro de las principales urbes del Ecuador. Machala no cumple con ningún tipo de clasificación de sus residuos con un porcentaje de 79.38%, Cuenca clasifica sus residuos en un 43.15% debido a las ordenanzas con las que cuenta la urbe cuencana, el resto de ciudades tomadas en cuenta para el análisis se lo especifica en la gráfica 16-1 (INEC, 2002, p. 9).



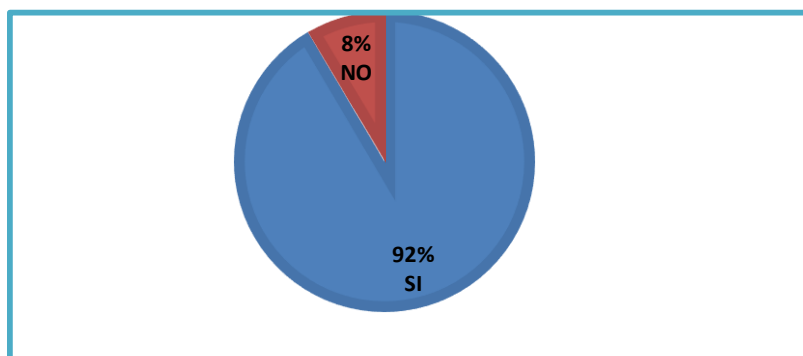
**Figura 16-1.** Ciudades principales que clasificaron sus residuos 2014

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC). 2014

A continuación puntualizamos los principales inconvenientes que exhiben las ciudades más importantes del país con el manejo de sus residuos:

- Falta de contenedores específicos Ambato (67.56%)
- No les afecta Guayaquil (32.51%)
- No confían en el sistema de recolección Cuenca (42.64%)
- No saben clasificar Machala (19.63%)
- Aseveran no conocer los benéficos Quito (22.52%)

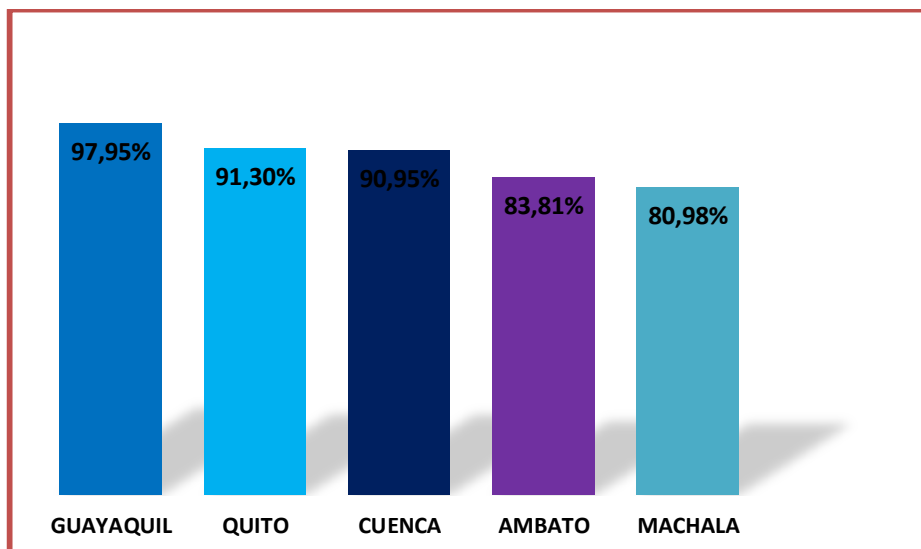
En el Ecuador de los 14'871.516,00 habitantes el 92% aseveraron sacar la basura a la hora indicada de recolección, mientras el sobrante 8% no saca la basura a la hora indicada (INEC, 2002: p. 9).



**Figura 17-1.** Hogares que sacaron la basura a la hora de recolección

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC). 2014

Las urbes de Guayaquil y Machala sacan la basura a las horas que pasa el vehículo recolector, como secuela de esto Guayaquil conquistó el primer puesto con un 97.96% y Machala adquirió el quinto puesto con un 80.98% (INEC, 2002., pp. 14-15).



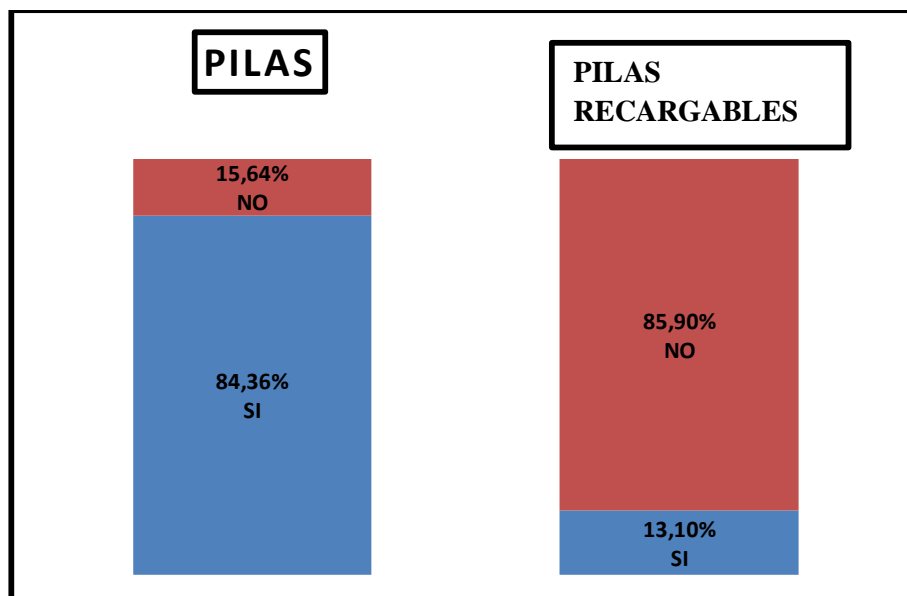
**Figura 18-1.** Hogares que sacan la basura a la hora de recolección (%)  
Fuente: Instituto de Estadísticas y Censo (INEC). 2014

#### 1.2.4 Desechos peligrosos

Según el INEC (2014, pp. 17-21) los desechos peligrosos se clasifican en:

##### 1.2.4.1 Pilas – Pilas recargables

En el año 2014, el 83.36% de los hogares encuestados en el Ecuador utilizaron pilas de las cuales el 13.10% fueron pilas recargables.



**Figura 19-1.** Hogares que utilizaron pilas y pilas recargables en 2014 (%)  
Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC). 2014

Las pilas deben desecharse de la siguiente manera:

- Si la vida útil de las pilas ha finalizado.
- Colocar las pilas y baterías viejas en un recipiente de plástico seco y luego tapanlo.
- Trasladar el recipiente que contiene las pilas y baterías al centro de acopio más cercano para su disposición final más apropiada.

Al descomponerse liberan metales pesados como Hg, Li, Pb, Ni y Zn que al ponerse en contacto con la tierra o el agua inicia su proceso de descomposición.



**Figura 20-1.** Encapsulamiento de pilas del relleno sanitario  
Fuente: JÁCOME, David. 2015

#### 1.2.4.2 *Desechos farmacéuticos*

Son considerados desechos farmacéuticos:

- Medicamentos caducados
- Fármacos que deben manipularse en una cadena en frío y que se dañaron
- Todos los tubos no sellados de cremas, ungüentos.



**Figura 21-1.** Desechos hospitalarios  
**Fuente:** Relleno Sanitario. Cantón Salcedo 2015

#### 1.2.4.3 *Desechos eléctricos – electrónicos*

Son aquellos artefactos que cumplieron su vida útil ocasionados principalmente de la electrónica y electricidad, son potencialmente nocivos para el medio ambiente y para sus operadores si no se recicla adecuadamente.

#### 1.2.5 *Producción per cápita*

Se detalla en las siguientes unidades:

- Kilogramo/Habitante\*Día,      Kilogramo/Vivienda\*Día,      Kilogramo/Cuadra\*Día,  
Kilogramo/Tonelada de cosecha o Kilogramo/Numero de animales\*Día.
- En la provincia la generación de residuos sólidos domiciliarios varía de 0.3 a 1.0  
Kilogramo/Habitante/Día.

- La producción diaria de residuos sólidos varía de 0.5 a 1.2 Kilogramo/Habitante/Día en las naciones industrializadas. (Jaramillo, 2002, p. 21).

**Tabla 6-1:** Índice de producción de residuos

	PAÍSES		
	Bajos ingresos	Medianos ingresos	Industrializados
<b>Producción per cápita</b>	0.3 a 0.6	0.5 a 1.0	0.7 a 2.2
<b>t/hab/año</b>	0.2	0.3	0.6
<b>Ingresos promedio (US de 1988 US/hab/año)</b>	350	1.950	17.500

**Fuente:** Diagnostico de la situación del manejo de residuos sólidos en América Latina. 2002

La características que ostentan los RS (Residuos Sólidos) de las naciones en vías de progreso es muy denigrante a comparación de naciones como China, Japón, Alemania y Rusia que son estados industrializados, en América se planea conformar proyectos de mejoramiento y reutilizamiento de los RSU (Residuos Sólidos Urbanos), en la cual los constituyente orgánicos varían del 35 % al 55% de humedad y con un peso específico entre 125 a 250 Kg/m<sup>3</sup>. (Jaramillo, 2002, p. 22)

**Tabla 7-1:** Composición de los residuos sólidos

Elemento	Porcentaje
Materia orgánica	71.4
Papel y cartón	10.5
Otros	9.7
Plástico	4.5
Vidrio	2.2
Metales	1.6

**Fuente:** SENDOL 2007



### 1.2.6 Residuos sólidos y sus efectos en la salud

Las más significativas afectaciones que originan los RS (Residuos Sólidos) se exponen a continuación:

**Tabla 8-1:** Enfermedades producidas por los residuos sólidos

<b>Vectores</b>	<b>Mosca</b>	<b>Cucaracha</b>	<b>Mosquito</b>	<b>Rata</b>
<b>Enfermedades</b>	Cólera	Fiebre tifoidea	Malaria	Peste bubónica
	Fiebre tifoidea	Gastroenteritis	Fiebre amarilla	Tifus murino
	Salmonelosis	Diarrea	Dengue	Leptospirosis
	Disentería	Lepra	Encefalitis	Diarrea
	Diarrea	Intoxicaciones alimenticia	Disentería	Rabia

**Fuente:** Residuos sólidos municipales. Washington, D.C., OPS 1991

**Realizado por:** JÁCOME, David. 2015

Las bacterias perniciosas se hallan presentes en la basura que se forma con el transcurrir de las jornadas de trabajo, es trascendental recalcar que son poco resistentes a las condiciones ambientales desfavorables y sobreviven lapsos cortos en la superficie. Los RSP (Residuos Sólidos Peligrosos), son causante de afectaciones a la ciudadanía, ocasionando deterioros degenerativos, defectos del nacimiento, y problema de pulmonía (Jaramillo, 2002, p. 18).

Para operar los residuos sólidos de modo que no causen perjuicios a la ciudadanía y al entorno, se debe mermar el monto de basura que generamos, y convertirlos en un patrimonio con fines lucrativos. Los residuos sólidos pueden convertirse en un baluarte económico si se da el método más apropiado y se pueden reutilizar para fabricar otros productos (Jaramillo, 2002, p. 19).

## 1.2 Relleno Sanitario

Los estudios elaborados hasta la fecha han demostrado que la técnica mayormente eficiente frente al desmesurado aumento de la basura y las amenazas que éstos ocasionan a la ciudadanía

es el diseño y levantamiento de los rellenos sanitarios, estos atraen convenientes como son la recolección inoportuna de los desechos sólidos, la falta de sensatez ambiental sobre el manejo de los RSU se suma a todos los males que genera el ser humano inducido por las múltiples actividades industriales (Jaramillo, 2002, p. 59).



**Figura 22-1.** Relleno Sanitario del Cantón Salcedo  
Fuente: JÁCOME, David. 2015

### ***1.3.1 Tipos de rellenos sanitarios***

Según Jaramillo (2002, pp. 60-74) clasifica a los rellenos sanitarios en los siguientes:

#### ***1.3.1.1 Relleno sanitario mecanizado***

Ha sido levantado para grandes metrópolis que originan un monto de basura > a 40 toneladas de basura/diaria, es un proyecto muy complejo que va más allá de manipular maquinaria pesada, guarda relación con la cuantía y el tipo de basura que se deposita en este relleno. Para el movimiento de la tierra se necesita de maquinaria pesada como son:

- Tractor de oruga
- Retroexcavadora
- Boquadito
- Plataforma

### *1.3.1.2 Relleno sanitario semimecanizado*

Su levantamiento ha sido diseñada para urbes medianamente grandes que generan basura en un nivel de entre 16-40 toneladas de basura/diaria, se necesita de maquinaria pesada como auxilio al trabajo manual que desempeñan los obreros con el fin de ejecutar una correcta compactación de la basura, el uso de maquinaria agrícola adecuando a su equipo una cuchilla y un rodillo puede ser un implemento muy provechoso para la compactación de la basura.

### *1.3.1.3 Relleno sanitario manual*

A sido edificado para pequeñas capitales que producen cantidades < a 15 toneladas de basura/diaria, trae consigo inconvenientes al instante de adquirir la maquinaria, debido a que los montos de manipulación y mantenimiento de la maquinaria son elevados, ya que las condiciones monetarias de este tipo de rellenos son muy bajas comparados con los otros rellenos.

## **1.3.2 Dificultades con los rellenos sanitarios**

Una fosa en el cual se lanza la basura y luego se cubre con tierra (Conant y Fadem, 2011: p. 415) es el método más simple en regiones donde no se dispone de recolectores de basura, puede mantenerse insegura y ocasionar altercados a los poblados próximos. Pueden surgir anomalías tanto ambientales como de salud, especialmente por el acaparamiento de desechos sólidos y líquidos los residuos producen emanación de CH<sub>4</sub> (Metano) para luego convertirlo a CO<sub>2</sub> (Bióxido de carbono) que es menos contaminante.

Las dificultades que traen consigo los residuos sólidos son las siguientes:

### *1.3.2.1 Desechos líquidos*

La desintegración innata de la basura (Conant y Fadem, 2011: p. 415) da como derivación un líquido de color negro, negro grisáceo llamado lixiviado, dependiendo de cuantos años de operación tengan los rellenos sanitarios se consigue el color propio del lixiviado, las aguas

residuales presentan concentraciones menores a diferencia de los lixiviados, las capas de basura aumentan el volumen en una proporción mayor a la que se origina por la humedad que inducen los residuos sólidos. La mejor elección para prevenir que esto ocurra es mantener tapada la piscina de lixiviados con una lona de plástico y de esta manera impedir que el agua de lluvia caiga sobre el lixiviado y se desborde contaminado el suelo.



**Figura 23-1.**Entrada a la piscina de lixiviados  
Fuente: JÁCOME, David. 2015

### 1.3.2.2 Gases peligrosos

Las bacterias (Conant y Fadem, 2011: p. 415) que se encuentran en los rellenos sanitarios generan  $\text{CH}_4$  (Metano) que puede causar incendios si no se da un adecuado manejo a sus residuos. El  $\text{CH}_4$  (Metano) se producen en cantidades mayores por lo que es captado y manipulado para obtener energía eléctrica, si no se cuenta con los recursos monetarios para realizar esto la mejor opción es instalar respiradores para que emerja el gas.



**Figura 24-1.**Respirador de gas del Relleno Sanitario del Cantón Salcedo  
**Fuente:** JÁCOME, David. 2015

Un respirador de gas consiste (Conant y Fadem, 2011. p. 415) en una chimenea construida a base de piedras pequeñas que se sostiene de un perfil circular o rectangular mediante una malla milimétrica, se complementa con la adición de bidones de 200 litros unidos entre sí. La altura de la chimenea obedece al monto de residuos que ingresen al relleno sanitario, acrecienta a medida que se va llenando, el número de respiradores a ubicar dependerá del tonelaje de la fosa y del tipo de desecho.

#### *1.3.2.3 Llenado del relleno sanitario*

La forma de ejecutar el llenado del relleno sanitario (Conant y Fadem, 2011: p. 414) depende del monto de basura que se produzcan en una urbe, dependerá del tiempo con el que cuente los minadores para realizar sus tareas y de los escenarios climáticos que se exterioricen al instante de cumplir las actividades. En comunidades alejadas, resulta más cómodo excavar fosas sépticas para colocar los residuos que se ocasionan.

#### *1.3.2.4 Como tapar el relleno sanitario*

Debe taparse con una capa de tierra de 90 cm de profundidad, (Conant y Fadem, 2011: p. 414) se puede ejecutar la labranza de flores originarias de la zona o pastos pero no de plantas comestibles. Si la vegetación ha crecido sobre la superficie del relleno se debe evitar la presencia de animales en este sitio.



**Figura 25-1.**Llenado del Relleno Sanitario  
Fuente: JÁCOME, David. 2015

### ***1.3.3 Lixiviados***

Los lixiviados son la secuelas del alto consumismo de recursos naturales y procesados consumidos diariamente, uno de los inconvenientes que estos ostentan es la eliminación de estos en sitios de disposición final, los residuos sólidos forman un líquido arduo de remediar, desplaza consigo grandes cantidades de sustancias tóxicas presentes en el residuo. ( Dirección Provincial de Servicios Comunes de la Ciudad de La Habana, 2007, p. 54)..

El lixiviado formado en los rellenos no es tratado armónicamente y genera inconvenientes acarreado complicaciones de infertilidad en los suelos e infiltraciones en el agua subterránea y superficial minimizando sus propiedades físico– químico y biológico, poseen una concentración muy variada con un alto poder contaminante, el tratamiento de los lixiviados dependerá de los siguientes factores (Giraldo, 1997, p. 44).

- Principio
- Composición
- Producción de lixiviados



**Figura 26-1.** Piscina de lixiviados  
Fuente: JÁCOME, David. 2015

#### *1.3.3.1 Sistema de recolección y disposición final de aguas pluviales*

Para precautelar potenciales erosiones en la zona de disposición final de los residuos sólidos, se vio la penuria de construir conductos de coronación que permitan captar las aguas provenientes de zonas de riego así como de aguas lluvias. Para recolectar las aguas pluviales se necesita de un sistema de vaciado que intercepte y desvíe las aguas de lluvia para que desemboquen fuera del relleno sanitario. El sistema de vaciado constara de conductos transitorios y permanentes, además se realizara mantenimiento y reparación de las cunetas (Guanoluisa, 2012, p. 21).

Los conductos transitorios se construyeron a medida que los residuos sólidos quedan acopiados en la disposición final, los conductos transitorios funcionarán durante el período de manipulación y servirán para desviar las aguas lluvias del área de confinamiento de los residuos sólidos. Estos conductos están edificados en el nivel superior del relleno sanitario junto al talud del terreno, la sección de dichos conductos son de 0.70 m de ancho x 0.40 m de profundidad y tiene una pendiente de 1 % con dirección a los drenes verticales más inmediatos a fin de que no se infiltren al sistema de recolección de líquidos (Guanoluisa, 2012, p. 21).

Los conductos permanentes radica en conductos de coronación y se levantaron a medida que progresa el levantamiento del relleno sanitario con la intención de mitigar la entrada de agua lluvia o de regadío al espacio de trabajo, los conductos son levantados con hormigón simple y poseen una sección de 0.50 m de ancho x 0.50 m de profundidad. Los conductos tanto

transitorios como permanentes descargan las aguas colectadas a las quebradas existentes en la zona. (Guanoluisa, 2012, p. 21)

### *1.3.3.2 Sistema de recolección de lixiviados en el Relleno Sanitario del Cantón Salcedo*

Para la recolección de los lixiviados se construyó un conducto de desagüe en la base del relleno sanitario. El conducto es de 1m de largo 1.5 m de ancho x 0.5 m de profundidad se aísla con geomembrana, el conducto está cubierto con grava de más de 10 cm de diámetro. El desagüe desemboca en una piscina aislada que contiene los lixiviados (Guanoluisa, 2012, p. 22).

En los rellenos sanitarios se tiene dos fuentes de agua:

- La contenida en los residuos cuando se confinan
- Las resultantes de las lluvias, aguas superficiales y subterráneas

La recolección de lixiviados involucra lo siguiente:

- La elección del método que se va a utilizar
- El desarrollo de un programa para el desagüe y captación del lixiviado
- Trazado y diseño de instalaciones para canalizar, recoger y almacenar el lixiviado

### *1.3.3.3 Diseño de instalaciones para la recolección de lixiviados*

La forma de cumplir con la captación y transporte del lixiviado se la ejecuta mediante el método de terrazas inclinadas y fondos con tubos las cuales manipulaban tradicionalmente los materiales especialmente grava, los materiales ocupan demasiado espacio y se necesita darles una protección adicional a la capa impermeable (Medina, 2006, p. 21).

Los métodos más eficaces para la recolección de lixiviados son (Medina, 2006, p. 21).

#### a) Terrazas inclinadas

Frena el acaparamiento de lixiviados en la base del relleno sanitario, las terrazas están acopladas a los conductos de recolección de lixiviados, los conductos pueden ser de tubería perforada instalada en cada canal para trasladar el lixiviado hacia una franja de tratamiento o recirculación del lixiviado. Las terrazas inclinadas son levantadas con una pendiente transversal de 1 al 5% y



la pendiente de los conductos de desagüe son de 0.5 al 1%. La circulación se determina con la expresión de Manning (Medina, 2006, pp. 21-22).

Ecuación 1-1

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2} \quad R_h = \frac{A}{P}$$

Dónde:

**V**= Velocidad media en la sección en m/s

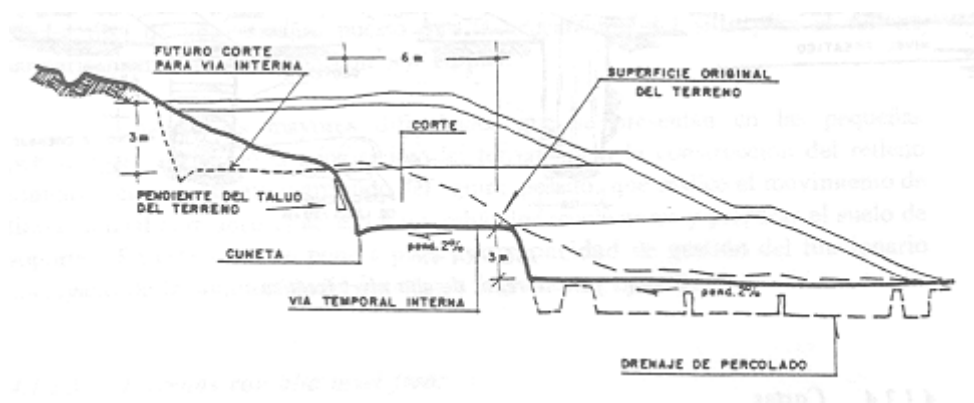
**n**= Coeficiente de rugosidad del material de la sección adimensional

**S**= Pendiente del canal o tubería en milésimas

**R<sub>h</sub>**= Radio hidráulico en m

**A**= Área de la sección en m<sup>2</sup>

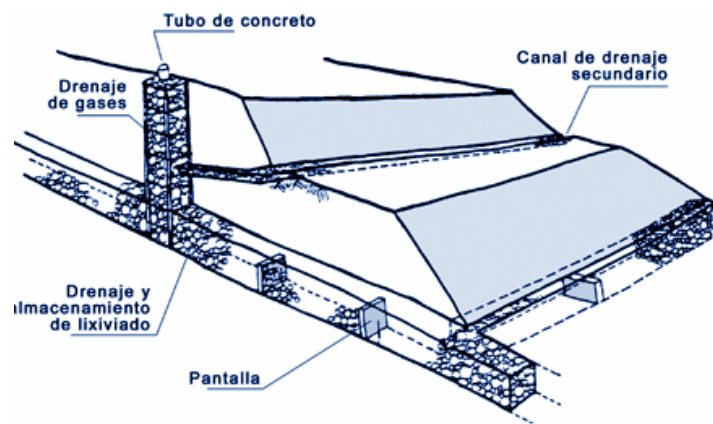
**P**= Perímetro mojado en m



**Figura 27-1.** Diseños de terrazas inclinadas para la recolección de lixiviados  
Fuente: JÁCOME, David. 2015

b) Fondo con tubos

Se divide en series de tiras rectangular la tubería se sitúa por encima de la geomembrana, los conductos para la captación del lixiviado son de 10 cm de diámetro y contiene perforaciones idénticos a los de una coladera en el centro de la circunferencia. Los cortes son espaciados a 0.6 m y el tamaño del corte es 0.00025 m que concierne al tamaño más pequeño, para proveer un desagüe seguro se sesga el fondo desde 1.2 a 1.8% los tubos se plantan cada 6 m continuamente son tapados con una capa de arena de 60 cm (Medina, 2006, p. 23).



**Figura 28-1.** Diseños de fondos con tubos para la recolección de lixiviados  
Fuente: JÁCOME, David. 2015

#### 1.3.4 Calidad del lixiviado

La calidad del líquido a remediar depende de las características que esté expuesta como son: tiempo y el tipo de relleno que se disponga para desarrollar el tratamiento más apto al lixiviado, cabe citar las desigualdades que ostentan los lixiviados de las naciones industrializadas con las naciones en vías de progreso, se puede indicar que los lixiviados que se producen en los rellenos sanitarios de las naciones industrializadas poseen concentraciones > de DBO, NH<sub>3</sub> y otros metales (Giraldo, 1997, p. 45).

**Tabla 9-1:** Rango de composición típica de los lixiviados

Parámetro	Intervalo de valores (mg/l) (excepto donde se indica)	Parámetro	Intervalos de valores (mg/l) (excepto donde se indica)
Sólidos disueltos totales	584-55,000	Fosforo total	ND – 234.0
Sólidos suspendidos totales	2-140,900	Boro	0.87 – 13.0
Conductancia específica	480 – 72,500 micromhos/cm	Bario	ND – 12.50
DBO5	6.6 – 99,000	Níquel	ND – 7.50
DQO	10.0 – 195,000	Nitrógeno de nitratos	ND- 250.0
Carbono orgánico total	ND – 40,000	Plomo	ND – 14.20
PH	3.7 - 8.9	Cromo	ND – 5.60
Alcalinidad total	ND – 15,050	Antimonio	ND – 3.19
Dureza	0.1 – 225,000	Cobre	ND – 9.0
Cloruros	2.0 – 11,375	Talio	ND – 0.78
Calcio	3.0 – 2,500	Cianuro	ND – 6.0
Sodio	12.0 – 6,010	Arsénico	ND – 70.20
Nitrógeno total	2.0 – 3,320	Molibdeno	0.01 – 1,43
Hierro	ND – 4,000	Estaño	ND -0.16
Potasio	ND – 3,200	Nitrógeno de nitritos	ND – 1.46
Magnesio	2.0 – 3,320	Selenio	ND – 1.85
Zinc	ND – 731.0	Mercurio	ND – 3.00
Manganeso	ND – 400.0	Turbiedad	40 – 500UTJ

Fuente: SENDOL

Realizado por: JÁCOME. David. 2015

La cantidad de infiltración depende de tres principios (Giraldo, 1997, p. 46).

- Desviación de aguas de escorrentía.
- Cantidad de precipitaciones directas que se tenga en la zona.
- Presencia de infiltraciones subterráneas.

El lixiviado que se crea dependen de la precipitación que se obtenga más el conjunto de los residuos, más la humedad que acumulan los mismos, la naturaleza como el monto de los residuos sólidos varía trascendentalmente de un territorio a otro, las cuales obedecen a 4 principios Giraldo (1997, p. 46) como son:

- Contenido de humedad de los residuos sólidos.
- La hidrogeología explica de la localidad.

- El esquema, manipulación, edad del relleno sanitario.

Se puede clasificar al lixiviado: como lixiviados joven menor a 5 años , lixiviados medios entre 5-10 años y como lixiviados viejos o estabilizados mayores a 10 años.

**Tabla 10-1:** Clasificación de los tipos de lixiviados en función de la edad que posea

<b>Edad del Relleno Sanitario</b>			
	<b>&lt; 5 joven</b>	<b>5– 10 medio</b>	<b>&gt;10 Viejo</b>
<b>Parámetro</b>	<b>Biodegradable</b>	<b>Intermedio</b>	<b>Estabilizado</b>
<i>pH</i>	< 6.5	6.5 – 7.5	>7.5
DBO (mg/L)	>20,000	3,000 – 15,000	<5,000
DQO/COT	<2.7	2.0 – 2.7	> 2.0
DBO <sub>5</sub> /DQO	>0.5	0.1 – 0.5	<0.1
AGV*(% COT)	>70	5 – 30	< 5
METALES PESADOS (mg/L)	2		< 50 mg/L

**Fuente:** Desecho sólido como convertir un riesgo para la salud en un recurso  
**Realizado por:** JÁCOME, David. 2015

### 1.3.5 Control de lixiviación

La instauración de arcilla como utensilio de aislamiento, es el método más eficaz para cautivar y atajar los constituyentes químicos que se encuentran presentes en el lixiviado. El manejo de materiales aislantes conformado por combinaciones mixtas de geomembrana y arcilla impiden el traslado del lixiviado esencialmente por la resistencia que estas ostentan, para la recogida de lixiviado se debe tener en cuenta los siguientes factores propuestos por Giraldo (1997, p. 47) como son:

- La elección de la tecnología a utilizarse.
- El impulso de un plan gradual mediante el implemento de canales para el drenaje y la recogida del lixiviado y tuberías para canalizar el lixiviado
- El trazado y diseño de instalaciones para canalizar, recoger y recopilar el lixiviado.

### ***1.3.6 Cuantificación de lixiviados***

Se consigue mediante la implementación de un cálculo hidrológico absoluto no es más que el cómputo de todas las contribuciones y salidas de aguas hacia el colector asumiendo el tonelaje de retención de los residuos sólidos, la deducción admite emplear modelos idénticos hacia la cuantificación de lixiviados.

El bosquejo esencial del método reside en que el agua se filtra a través de la capa superficial del vertedero y este no se evapotranspira esto ocurrirá cuando el vertedero haya cubierto la capacidad de retención de humedad que puede demorar varios años, su aplicación más general se la realiza mediante programas automatizados como es el (“Hydrologic simulation on solid waste disposal sites”), desarrollado por la agencia estadounidense de medio ambiente EPA (Medina, 2006, p. 35).

Los métodos más conocidos para la cuantificación de lixiviados según Medina (2006, pp. 36-37) son los siguientes:

#### ***1.3.6.1 Método de balance de agua (Water Balance Method)***

Para la ejecución del cálculo hídrico es preciso realizar la cuantificación de la evapotranspiración la cual está dada en función de los siguientes parámetros:

- Temperatura
- Humedad
- Viento
- Radiación solar

El cálculo de la evapotranspiración se lo realiza mediante la aplicación de una ecuación empírica que se la determina en tres etapas:

- Valor del índice de calor cada mes para lograr el índice anual
- Mediante el índice de calor y tablas se deduce el potencial diario de evapotranspiración
- Ajuste de potencial por mes mediante factores de corrección

$$P = \text{PERC} + \text{AET} + \text{DST} + r/o$$

Dónde:

**P**= Lixiviado generado

**PERC**= Percolación

**AET**= Evapotranspiración

**DST**= Cambio en la humedad del suelo por cada mes

**r/o**= Múltiplo de la precipitación pluvial mensual por el coeficiente de caída para calcular la caída mensual

### 1.3.6.2 Evaluación hidrológica de un relleno sanitario (*Hydrologic evaluation of landfill performance: HELP*)

Los datos inevitables para su trabajo correcto son las condiciones climáticas del suelo relativo a la vegetación del sitio, el diseño radica en la siguiente expresión matemática:

$$K_u = K_s \left[ \frac{(\theta - \theta_r)}{\theta_a - \theta_r} \right]^{(3.2)_1}$$

Dónde:

**K<sub>u</sub>**= Conductividad hidráulica insaturada

**K<sub>s</sub>**= Conductividad hidráulica saturada

**θ**= Humedad del suelo (V/V)

**θ<sub>r</sub>**= Humedad residual del suelo

**θ<sub>a</sub>**= Humedad saturada del suelo

### *1.3.6.3 Balance hídrico desarrollado por C. W. Thornthwaite*

Establece el vínculo entre la hidrología básica de la superficie con la hidrología subterránea a través de la cual se constituyen modificaciones en la cantidad de agua presente en el suelo, exteriorizan disconformidades entre los ingresos y salidas de todas las fuentes posibles de agua que tengan injerencia en el balance. Como aportaciones se tiene las precipitaciones pluviales medias mensuales así mismo como salidas se tiene las evapotranspiraciones mensuales.

## **1.4 Técnicas de tratamiento de lixiviados**

Según Giraldo (2014: pp. 47-51) especifica las principales tecnologías con las que se cuenta en la actualidad para el tratamiento de lixiviados.

### ***1.4.1 Proceso anaerobios***

Es la implementación de la tecnología tradicional consistes en la aplicación de procesos anaerobios para la extracción de la materia orgánica presentes en los lixiviados. Los lixiviados imberbes provocan elevados contenidos de MOFBD su cimiento se basa en la utilización de lagunas de oxidación hasta las más compleja como es el sistema de lecho fluidizado, atravesando por filtros anaerobios y reactores USB.

Las principales ventajas que exteriorizan los procesos anaerobios son los siguientes:

- Mayor simplicidad en el sistema tratamiento
- Menor formación de lodos
- Menores costos de manipulación y menor presencia de técnicos que operen el sistema de tratamiento.

Preocupaciones que hay que tener en cuenta al aplicar procesos anaerobios:

- Generación de amoniaco
- Generación de minerales disueltos

#### **1.4.2 *Procesos aerobios***

Tecnología rigurosamente ensayada para el mejoramiento de lixiviados, existen desde sistemas cotidianos como lagunas aireadas hasta los más complejos que acoplan reactores biológicos con procesos de ultrafiltración con membranas, su aplicabilidad se utiliza cuando se quiere conseguir una baja concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno en los efluentes. La Demanda Bioquímica de Oxígeno de los lixiviados son excesivamente elevadas, suministrando el método más apropiado se conseguirá eliminaciones de DBO en casi un 90%, sus costos de manipulación y mantenimiento son superiores a los tratamientos anaerobios cuando los lixiviados son concentrados.

#### **1.4.3 *Sistemas naturales***

Lagunas y humedales artificiales son otra opción viable para el mejoramiento de lixiviados, exhiben la ventaja de ser una operación sencilla, los sistemas naturales ha justificado ser una tecnología muy competitiva al compararse con otras tecnologías alternas para el tratamiento de lixiviados. Los factores que se tienen en cuenta para la puesta en marcha de esta tecnología, son los costos de manipulación y sustento de los sistemas naturales por medio de estos se puede obtener conclusiones equivocadas con relación al monto real del volumen de lixiviado a tratar en un relleno.

Las desventajas que aporta los sistemas naturales es el espacio de terreno que se exhorta para poner en circulación los sistemas naturales, la naturaleza propia de los rellenos sanitarios acarrea consigo inconvenientes visual, de ruido y de olores.

#### **1.4.4 *Evaporación***

Es una tecnología en apogeo, está teniendo mucho auge al igual que los sistemas naturales en este proceso se manipula la energía que se forma en los rellenos sanitarios que consiste en evaporar el lixiviado por calentamiento, la tecnología logra el control general o parcial de la generación de lixiviado, dependiendo del tipo de lixiviado que se produzca se ha visto la penuria de hacer un post-quemado que gravita en la mezcla de gas con vapor de agua que emerge del evaporador para lograr la merma de emisiones de COV's.



Las principales ventajas que despliegan la evaporación son:

- Simplicidad tecnológica de los equipos
- Bajos costos comparativos con otras tecnologías afines

Desventajas de la evaporación:

- Problemas similares a otras tecnologías
- Formación de espuma, arrastre de ácidos y de amoníaco

En algunas ocasiones se han maniobrado sistemas de evaporación compuestas, en la primera fase se vigilan las emisiones de amoníaco, mientras que en la segunda fase se vigilan las manifestaciones de ácidos grasos la cual permite ejecutar arreglos de pH durante el proceso.

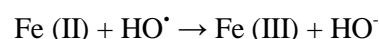
#### **1.4.5 Recirculación de lixiviados**

Su manejo se la menciona como la tecnología del relleno birreactor, se sigue estudiando detalladamente en los Estados Unidos con la asistencia de la Agencia de Protección Ambiental para disipar múltiples incógnitas que se perciben sobre el proceso de recirculación de lixiviados. Se ha sugerido el empleo de esta tecnología con una elección eficiente para el mejoramiento del lixiviado.

#### **1.4.6 Técnica fenton**

Da como resultado radicales hidroxilo y demás radicales inorgánicos con el desenlace de movilizar la oxidación de compuestos orgánicos, la mezcla de  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{H}_2\text{O}_2$  da como derivación la composición de radicales  $\text{HO}^\bullet$  la cual va reaccionar mediante dos rutas:

- Oxidación de Fe (II) o reacción improductiva
- Ataque a la materia orgánica



Es uno de los métodos físicos-químicos más prometedores para el tratamiento de lixiviados, el proceso empieza con la oxidación de la carga contaminante, el sulfato ferroso y el peróxido de hidrogeno dan la formación de la reacción fenton para que este proceso se efectué se necesita trabajar a condiciones óptimas como son a una presión atmosférica, una temperatura entre 20 °C - 40 °C, el pH debe encontrarse en un rango ácido para que empiece el proceso (Mendez et al., 2004: pp. 11-13).

La técnica Fenton implica:

- Cambio estructural de los compuestos orgánicos
- Oxidación parcial que provoca una disminución de la toxicidad de los efluentes y oxidación total de los compuestos

El radical libre es reactivo y se origina debido a la disgregación catalítica del peróxido de hidrogeno en un medio ácido, unos compuestos son más refractarios que otros requiriendo de temperatura elevadas para su cumplimiento. El reactivo fenton se usa especialmente para la eliminación de contaminantes presentes en los lixiviados, la reacción puede darse en dos partes: (Mendez et al., 2004: pp. 11-13).

- Oxidación inicial a valores bajos de pH aproximadamente de 4.
- El reactivo fenton no es indispensablemente una coagulación.

#### *1.4.6.1 Desarrollo técnica fenton*

El estudio comprende dos etapas descritas la primera etapa consiste en la caracterización del lixiviado y la segunda etapa se representa las pruebas de tratabilidad. A continuación detallamos cada una de las etapas del desarrollo de la técnica fenton:

##### **a) Primera etapa:** Caracterización del lixiviado

Son recogidos de la piscina de lixiviados, se debe tomar como mínimo un volumen de 100 litros en bidones con capacidad para 20 litros para su caracterización, los parámetros más significativos para el análisis de los lixiviados son pH, DQO (total y soluble), DBO, turbiedad, alcalinidad, sólidos suspendidos totales, sólidos suspendidos volátiles, sólidos totales, sólidos totales volátiles, conductividad, color, grasas y aceites, todos los parámetros a analizarse deben ser realizados mediante Métodos de Normalización (Mendez et al., 2004: p. 14 ).

## **b) Segunda etapa: Pruebas de tratabilidad**

Los coagulantes más usados para la puesta en marcha del proceso son sulfato de aluminio, sulfato ferroso y peróxido de hidrogeno, este debe presentar el 30% en pureza, se debe ejecutar ensayos con las que se experimentara el coagulante más idóneo para el proceso de remediación de lixiviados en rellenos sanitarios. (Mendez et al., 2004: p. 15 ).

### **Ventajas técnica fenton**

Según (Mendez et al., 2010) las ventajas y desventajas de la técnica fenton son las siguientes:

- Los reactivos usados tiene un costo módico.
- El proceso se conoce desde 50 años.
- El proceso se aplica y se controla fácilmente.
- El tratamiento ocurre rápidamente, desde algunas horas a hasta algunas semanas.

### **Desventajas técnica fenton**

- Requiere la adición continua y estequiometria de sulfato de hierro y peróxido de hidrogeno.
- Implica una alta concentración de hierro.
- Una exuberancia de hierro puede producir el atrapamiento de HO<sup>·</sup>
- A pH > 5 se genera hierro particulado, es necesario alcalinizar el lixiviado al final del proceso con la adición simultanea de floculante para separar el hierro remanente.

#### *1.4.6.2 Instrumentación*

Para la realización del proceso fenton se debe tener en cuenta los siguientes equipos (Mendez et al., 2010) los cuales detallamos a continuación para una correcta ejecución del proceso:

a) Medidor de parámetros múltiples con doble entrada marca Hach



**Figura 29-1.** Medidor de parámetros múltiple  
Fuente: JÁCOME, David. 2015

El medidor portátil HQ40d de Hach es un aparato de vanguardia que separa las conjeturas en las mediciones. Los medidores HQd se ligan a sondas inteligentes IntelliCAL que examinan automáticamente el parámetro de prueba (Mendez et al., 2004: p. 11). El medidor portátil valora los parámetros de calidad del agua importantes sin la penuria de manejar muchos dispositivos, las mediciones son confiables gracias a las sondas inteligentes IntelliCAL que recogen por completo las calibraciones.

b) Espectrofotómetro portátil Hach, modelo DR 2800



**Figura 30-1.** Espectrofotómetro portátil Hach  
Fuente: JÁCOME, David. 2015

El espectrofotómetro portátil DR 2800 de Hach se manipula para diagnosticar más de 240 ensayos analíticos. El pequeño tamaño del espectrofotómetro DR 2800, es de 8.7 por 13.1

pulgadas, sencillamente ingresa en cualquier laboratorio y es totalmente portátil. La pantalla táctil es de uso automático y de delineación ergonómico. El espectrofotómetro DR 2800 se maneja en el laboratorio por línea de alimentación eléctrica regular o de campo con la opción de utilizar batería de litio-ion (Mendez et al., 2004: p. 12).

El espectrofotómetro DR 2800 posee ocho tipos de celdas de Hach, entre las que se recalcan las celdas cuadradas de 1 pulg, las celdas de 1 x 5 cm, los viales circulares de 13 mm (TNT plus) y los viales circulares de 16 mm.

c) Jarras programable Phipps & Bird, serie pb-900



**Figura 31-1.** Espectrofotómetro portátil Hach  
Fuente: JÁCOME, David. 2015

Los equipos Phipps & Bird son universalmente reconocidos por su capacidad y durabilidad. El aparato de prueba de jarras modelo PB-900 de Phipps & Bird posee una nueva forma de hacer las simulaciones de los procesos de coagulación floculación y sedimentación brindando un nivel de precisión exacta esto se logra con la incorporación de cuatro bancos de memoria programables que facilita el trabajo al operador (Mendez et al., 2004: p. 13).

### **Características**

- Cada banco puede ser programado con velocidades de pared desde 5 hasta 300 rpm en incrementos de 1 rpm.
- Puede programarse con señales de audio.
- El agitador se manobra en forma secuencial mediante los bancos de memoria.
- Permite la transición automática de una mezcla rápido / corto plazo a una mezcla lenta / largo plazo, o cualquier combinación de velocidades para reproducir las condiciones reales de la planta de tratamiento y su funcionamiento.

**La unidad tiene los siguientes accesorios:**

- Seis vasos redondos de laboratorio de 1 litro
- Seis B-KER2 cuadrados de acrílico con volumen para 2 litros
- Cubierta contra el polvo

*1.4.6.3 Reproducibilidad de datos técnica fenton*

El proceso Fenton aplicado a los lixiviados del relleno sanitario de la ciudad de Mérida en México señaló que mediante el empleo de sulfato de hierro y peróxido de hidrogeno se consiguió retirar las partículas suspendidas y sólidos disueltos. Por esta razón, existe información de experiencias preliminares célebres en la remoción de materia orgánica en distintos tipos de lixiviados como de aguas residuales. Consecuentemente los efluentes alcanzados ostentan altas concentraciones de carga orgánica como inorgánica que conviene ser excluidas.

Ecuación 4-1

$$IB = \left[ \frac{\left( \frac{DBOmg}{L} \right)}{\left( \frac{DQOmg}{L} \right)} \right]$$

Dónde:

**DBO**= Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)

**DQO**= Demanda Química de Oxígeno (mg/L)

**L**= Litros

En el lixiviado se ejecutó tres muestreos se analizó las concentraciones de DQOt y soluble, DBOt y soluble, COT, pH, alcalinidad, conductividad, y turbiedad de acuerdo a las normas técnicas, para diagnosticar el tiempo óptimo de reacción se manejaron dos dosis de peróxido de hidrogeno de 200 y 800 mg/L y de sulfato de hierro de 250 y 1.000 mg/L respectivamente, se acomodó el valor del pH manejando ácido sulfúrico concentrado se practicaron ensayos en los que se combinaron los reactivos durante un periodo de 1 minuto a 100 rpm y se atenuó la velocidad de agitación a 30 rpm.

Se probaron por duplicado 4 dosis de peróxido de hidrogeno de 200, 400, 600, 800 mg/L y hierro de 250, 500, 750, 1.000 mg/L a valores de pH de 2, 3 y 4 se removieron los reactivos a 100 rpm durante un lapso de un minuto, consecutivamente se mermo a 30 rpm.

**Tabla 11-1:** Resultados finales proceso fenton en Mérida

<b>Muestra</b>	<b>pH</b>	<b>DQO (mg/L)</b>	<b>Color (U Pt-Co)</b>	<b>DBO<sub>5</sub> (mg/L)</b>	<b>IB</b>
<b>Lixiviado crudo</b>	9.0	17450	26160	580	0.033
<b>Fenton- filtración</b>	2.7	4000	1120	335	0.833

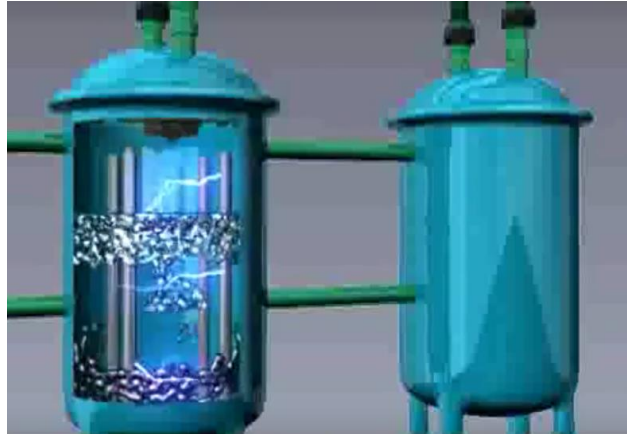
Fuente: Roger Méndez. 2014

#### **1.4.7 Floculación iónica**

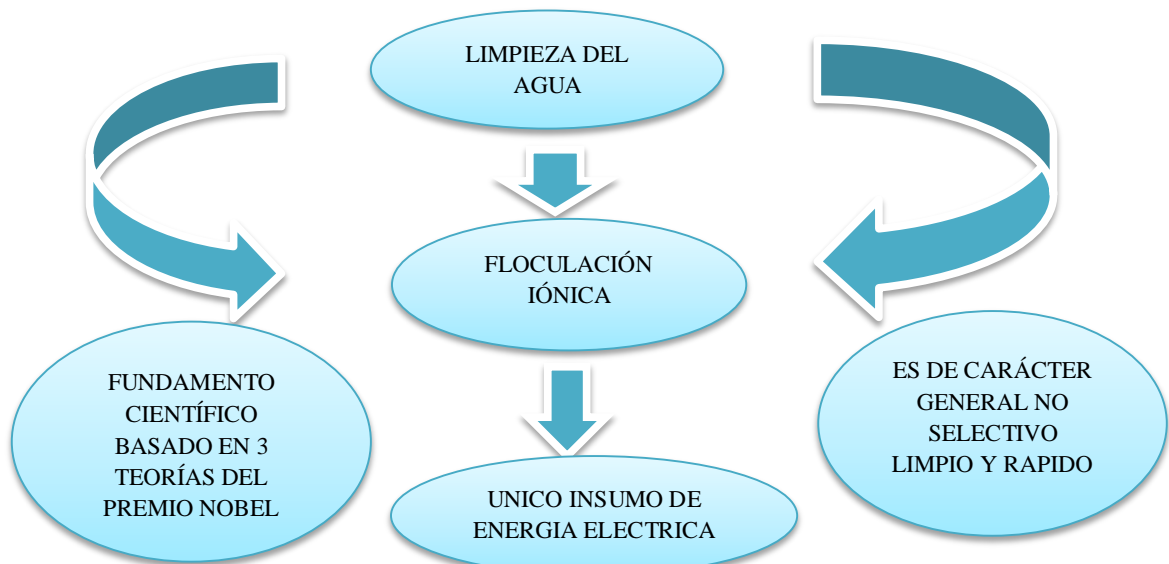
Funciona a pequeños voltajes por medio de descargas eléctricas, excluye los contaminantes extraños a la composición del agua con la finalidad de dejar el agua con el carácter que requerimos, el voltaje provoca que las moléculas extrañas a la estructura del líquido se adhieran a los floculadores iónicos.

El agua depurada se filtra apartando los restos de grasas y químicos, los lodos resultantes salen completamente inerte, completamente neutro y se logra darles un mejoramiento después de ejecutar un análisis de laboratorio. Los floculadores están compuestos de acero inoxidable que conectados a sus extremos a ánodo y cátodo de una fuente de voltaje producen las descargas eléctricas.

Los floculadores iónicos sumergidos en el fluido ocasionan un campo de baja intensidad de actividad iónica invariable que incrementa la energía de los electrones de enlace de los átomos que acomodan las moléculas diluidas en el medio, estos sufren un cambio en la estructura que los lleva a su forma elemental lo que confirma la teoría electrolítica de la disolución. Los sólidos disueltos que se producen en la floculación iónica son transformados a sólido suspendidos siendo retirados mediante un sistema de filtración como punta de lanza esta tecnología se ha adaptado a uno de los problemas más graves de la sociedad como es el suministro de agua (Figuroa, 2009).



**Figura 32-1.** Acciones de los floculadores  
Fuente: CONAGUA, México. 2015



**Figura 33-1.** Proceso de floculación iónica  
Fuente: JÁCOME, David. 2015

Los líquidos que se pueden tratar son las siguientes:

- Residual y domestica
- Municipal e industrial
- Mar
- Lixiviados
- Biológicos
- Minas etc.



Ventajas de la Floculación Iónica:

- Sistema novedoso de bajo costo
- No requiere insumo químico
- El tiempo de tratamiento es muy rápido
- Trata de manera eficaz tanto orgánica como inorgánica
- Funciona a cualquier grado de saturación, temperatura, acidez.

#### 1.4.7.1 *Energía eléctrica*

Es un nacimiento renovable que se obtiene a través del flujo de cargas eléctricas siendo estos electrones positivos y negativos que se forman en el interior de materiales conductores como por ejemplo, cables metálicos como el cobre. El principio de la energía eléctrica se basa en centrales determinadas por la fuente de energía que se manipule. De esta manera la energía eléctrica logra conseguirse de centrales solares, eólicas, hidroeléctricas, térmicas, nucleares y mediante la biomasa.

Ecuación 5-1

$$E = P * t$$

Dónde:

**E**= Energía eléctrica

**P**= Potencia

**t**= Tiempo en horas

#### 1.4.7.2 *Valor RMS*

La corriente alterna y los voltajes cuando son alternos se enuncian de forma habitual por su valor efectivo o RMS en este lance son llamados Root Mean Square en inglés y su traducción al español Raíz Media Cuadrática. En nuestros domicilios tenemos 110 o 220 voltios a éstos se los designa valores RMS o eficaces, un valor RMS es el valor que origina la propia disipación

de calor en una corriente continua a la misma magnitud (Electronica Unicorm, 2015). Se utiliza la expresión “efectivo” al valor efectivo de una onda alterna que se consigue multiplicando su valor máximo por 0.707 (Electronica Unicorm, 2015).

Ecuación 6-1

$$V_{RMS} = V_{Pr} \times 0.707$$

Dónde:

$V_{RMS}$ = Valor de voltaje efectivo

$V_{pr}$ = Voltaje promedio

#### 1.4.7.3 Potencia RMS

Se describe de la potencia efectiva (o real, o valor eficaz) que logra resistir un determinado dispositivo o instrumento, esta se puntualiza de la siguiente manera (Electronica Unicorm, 2015).

Ecuación 7-1

$$I_{RMS} = \frac{I_{pr}}{\sqrt{2}}$$

Dónde:

$I_{RMS}$ = Valor de corriente efectivo

$I_{pr}$ = Valor medido de corriente donde se divide por la  $\sqrt{2}$

El enunciado más adecuado para describir a la “potencia RMS” es la siguiente.

Ecuación 8-1

$$P_{RMS} = V_{RMS} * I_{RMS}$$

Dónde:

$P_{RMS}$ = Potencia RMS

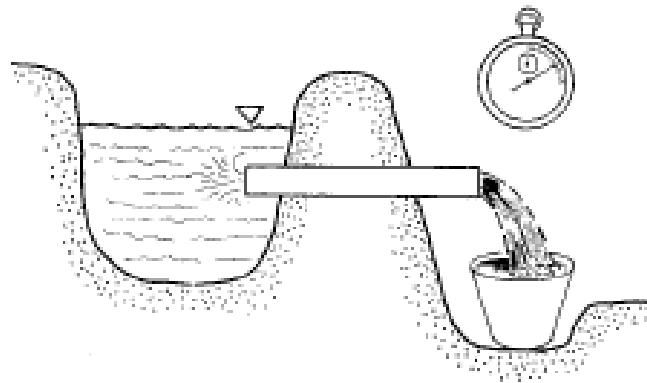
$V_{RMS}$ = Valor de voltaje efectivo

$I_{RMS}$ = Valor de corriente efectivo

## 1.5 Medición de caudales

### 1.5.1 Método volumétrico

Se aplica para medir pequeños caudales como los que fluyen en surcos de riego pequeños o pequeñas tuberías.



**Figura 34-1.**Método volumétrico  
Fuente: INIA – URURI. 2014

Ecuación 9-1

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

Dónde:

$Q$ = Caudal (L/s)

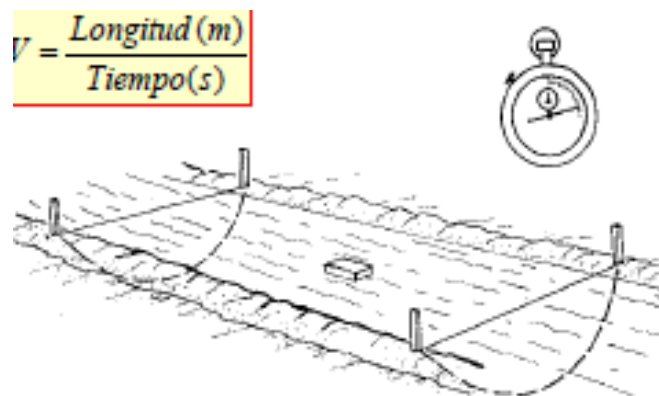
$V$ = Volumen (L)

$t$ = Tiempo (s)

Es el modo más práctico para establecer los caudales pequeños, es la medida del tiempo que demora en llenar un envase de capacidad señalada, para caudales mayores a 4 L/s es necesario maniobrar un envase de 10 L que se llenara en un lapso de 3 s. Para caudales extremadamente grandes un envase de 200 L puede servir para corrientes de hasta 50 L/s (Villablanca y Villavicencio, 2010: pp. 1-2).

### 1.5.2 Método del flotador

Acata el área de la sección que transporta el líquido y de la velocidad de escurrimiento, se maneja para conductos y zanjas, estipula una medida próxima de los caudales siendo forzoso el uso de otros métodos cuando se demanda una mayor precisión y exactitud.

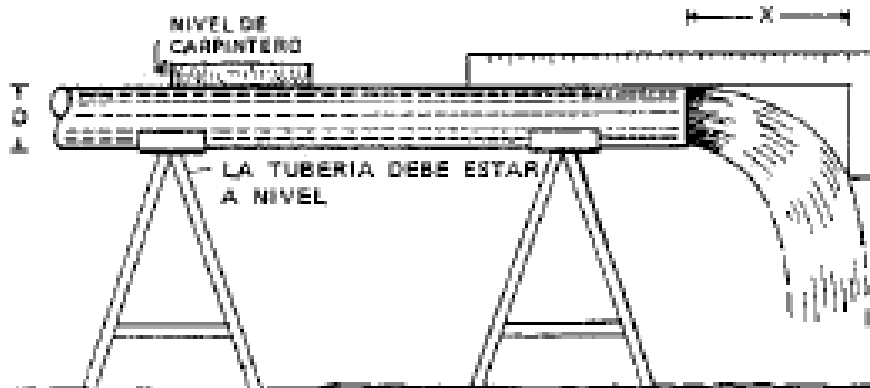


**Figura 35-1.** Método del flotador  
Fuente: INIA – URURI 2014

Una opción para determinar la velocidad de escurrimiento reside en calcular el tiempo que tarda un flotador en recorrer corriente abajo a una distancia conocida (Villablanca y Villavicencio, 2010: p. 2).

### 1.5.3 Método de trayectoria

Este método se utiliza para aforos de tuberías o de caudales proporcionados por bombas de succión, la energía del agua que destila por la tubería se exterioriza por la trayectoria que describe al surgir por un extremo libre. El trayecto consta de dos elementos X e Y, este método es fácil y de rápida ejecución. (Villablanca y Villavicencio, 2010: p. 4)



**Figura 36-1.** Método de la trayectoria  
Fuente: INIA – URURI. 2014

Cabe mencionar dos consideraciones en la aplicación de este método (Villablanca y Villavicencio, 2010: pp. 4-5)

- Tubería llena
- Tubería parcialmente llena

#### 1.5.3.1 Tubería llena

En este procedimiento se debe tener en cuenta los datos del terreno:

Ecuación 10-1

$$\sqrt{\frac{1}{Y}}$$

Dónde:

**D**= Diámetro de la tubería

**X**= Trayectoria horizontal (cm)

**Y**= Trayectoria vertical (cm)

### *1.5.3.2 Tubería parcialmente llena*

Se cumple una medición anual que reside en tomar la distancia entre la superficie del agua y la pared superior de la tubería a la cual se la designa  $h$  esto forma un factor de corrección, dicho factor se calcula ubicando la altura  $h$  y el diámetro de la tubería (Villablanca y Villavicencio, 2010: p. 2)

## **1.6 Muestreo**

Técnicas de muestreo

- Muestra simple
- Muestra compuesta

### *1.6.1 Muestra simple*

Se la practica una sola vez en una zona explícita se realiza para fijar parámetros de la calidad del agua por ejemplo en redes de abastecimiento de agua para comunidades. Se puntualizan como aquellas tomadas en un momento señalado.

### *1.6.2 Muestra compuesta*

Se toman varias muestras instantáneas en el sitio de muestreo a diferentes intervalos de tiempo este muestreo es factible para valorar el caudal instantáneo. Se lo efectúa sin tener en consideración el caudal al instante de la toma, se emplea el muestreo compuesto para establecer las concentraciones medias.

## 1.7 Normativa Ambiental

Para la caracterización del lixiviado del relleno sanitario del cantón Salcedo se tomara como guía la normativa ambiental difundida por el TULSMA, se empleara esta norma ya que el cantón de Salcedo no cuenta con ordenanzas o leyes que regule el tratamiento de lixiviados. (TULSMA, 2013, p. 42)

**Tabla 12-1:** Limite de descarga a un cuerpo de agua dulce

<b>Parámetro</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	250
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/L	100

Fuente: TULSMA, Libro

## CAPITULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Área de estudio

##### 2.1.1 *Ubicación cartográfica y geográfica*

El relleno sanitario está situado en San Pedro de Jachaguango a 4 kilómetros de distancia del parque central de Salcedo misma que para llegar se debe cruzar la terminal férrea, el camal municipal avanzar por los poblados La Dolorosa y Argentina.

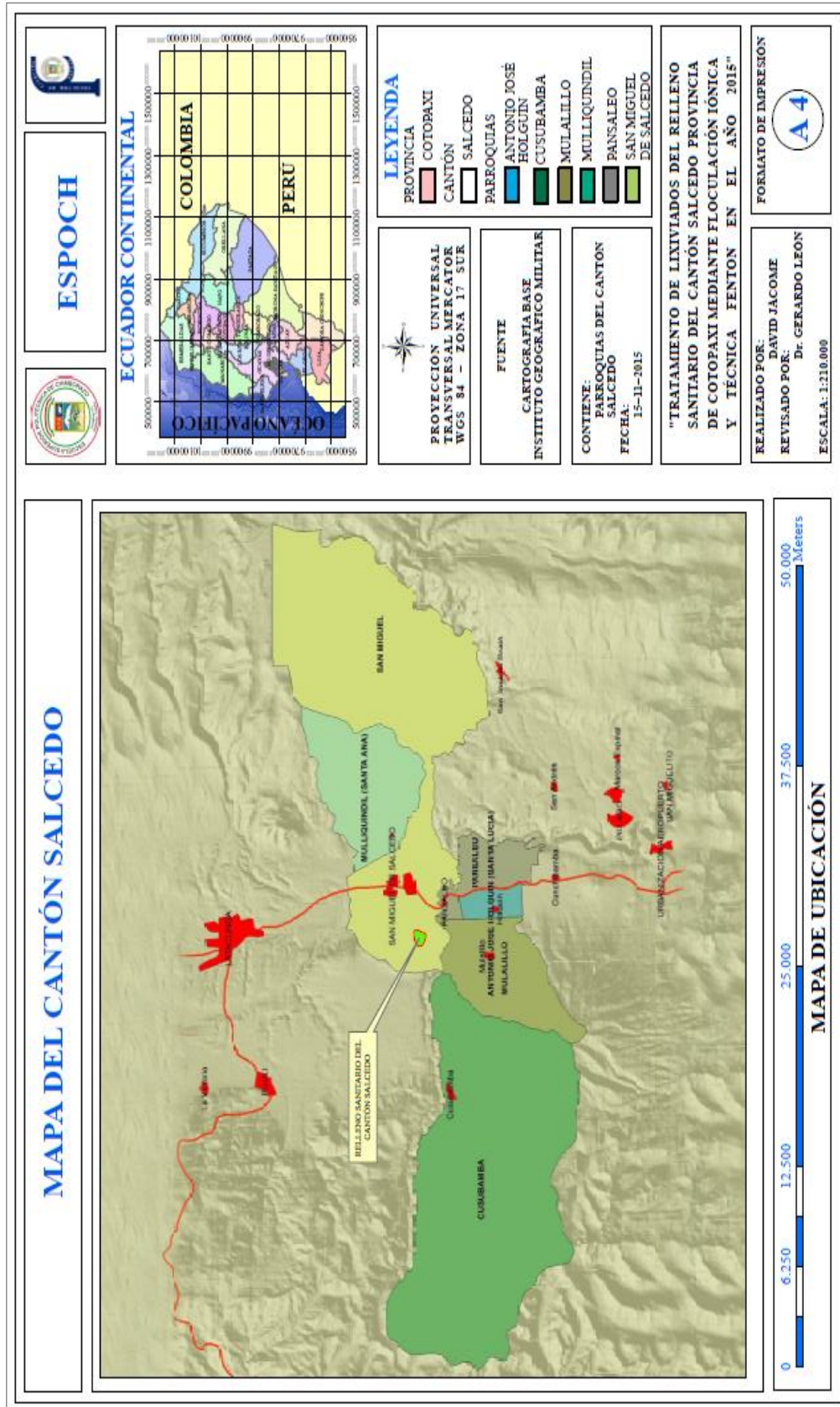
##### 2.1.1.1 *Macrolocalización*

**Tabla 1-2:** Ubicación Cartográfica del Relleno Sanitario

<b>Ubicación Cartográfica</b>	
<b>PROVINCIA</b>	Cotopaxi
<b>CANTÓN</b>	Salcedo
<b>PARROQUIA</b>	San Miguel de Salcedo
<b>SITIO</b>	San Pedro de Jachaguango

Realizado por: JÁCOME, David. 2015





**Figura 1-2.** Cantón Salcedo  
 Realizado por: JÁCOME, David. 2015

Salcedo posee los siguientes límites territoriales:

- Al norte: Los cantones de Pujilí y Latacunga.
- Al sur: Los cantones de Ambato y Píllaro.
- Al este: Limita con la Cordillera Central de los Andes.
- Al oeste: El cantón Pujilí con su parroquia Angamarca

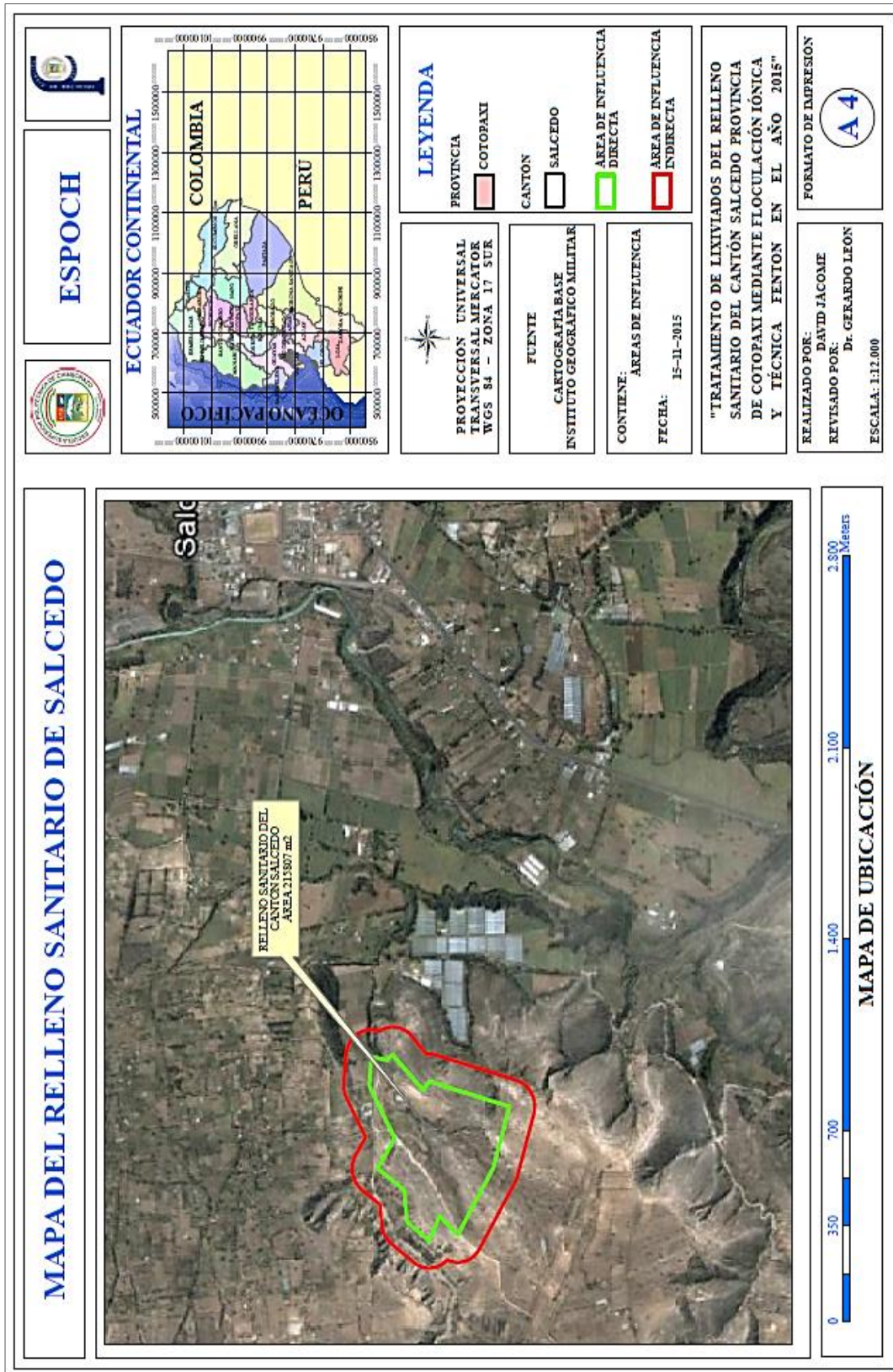
#### 2.1.1.2 Microlocalización

**Tabla 2-2:** Ubicación Geográfica del Relleno Sanitario

PUNTOS	X	Y
PP	765396.22	9883918.74
1	765507.20	9883851.90
2	765700.66	9883952.25
3	765805.02	9883943.75
4	765793.72	9883883.01
5	765814.15	9883858.20
6	765784.46	9883832.45
7	765682.09	9883737.25
8	765715.56	9883715.59
9	765623.72	9883397.29
10	765399.58	9883460.68
11	765153.66	9883601.13
12	765222.51	9883673.99
13	765132.29	9883714.45
14	765200.08	9883802.11
15	765318.53	9883813.45

Fuente: GAD Municipal Cantón Salcedo

Para la ubicación geográfica del relleno sanitario del cantón Salcedo se utilizó como Datun Horizontal el Sistema Geofísico Mundial de 1984 (WGS 84) y como Datun Vertical se manejó el Sistema de Proyección Cartográfica Universal Transversa de Mercator, Zona 17 Sur, Meridiano Central W 78°30´.



**Figura 2-2.** Relleno Sanitario del Cantón Salcedo  
 Realizado por: JÁCOME, David. 2015

El relleno sanitario fue levantado de acorde a los parámetros legales que demanda el Ministerio de Ambiente, son pocas las urbes que cuentan con un relleno sanitario de acuerdo a las pautas que exige el ente regulador, adquirir la autorización financiera por parte del Banco del Estado demora dos años para su asentimiento y dos años más para la ejecución de las labores en su primera etapa. Entro en funcionamiento el 16 de septiembre del 2009, la infraestructura cuenta con elementos esenciales tanto físicos, infraestructura y técnicos para el mejoramiento de la basura. Posee un área de 21.83 hectáreas lo que radica que su tiempo de vida útil es de 50 años.

## **2.2 Generación de lixiviados**

Para la generación de lixiviados se debe tener en cuenta lo que acontece en cada una de las fases de degradación anaeróbica, cada fase la detallamos a continuación:

### **➤ Fase inicial**

En esta fase no se exhiben cambios considerables en los lixiviados, prácticamente lo que se recalca es la estabilidad del pH presente en el lixiviado, esta fase es netamente aeróbica, por lo que no se observan variaciones considerables, la materia orgánica logra degradarse en forma aeróbica.

### **➤ Fase transición**

Empieza a darse la degradación anaeróbica debido a esto se produce un acrecentamiento en la DQO y comienza a mostrarse una descenso en el pH, esto evidencia la aparición de microorganismos acidogénicos.

### **➤ Fase ácida**

Origina la formación de ácidos grasos por parte de las bacterias acidogénicos aumentando la concentración de DQO, los ácidos se multiplican dentro de los lixiviados esto incita una disminución del pH hasta el punto de que decae la actividad de los microorganismos acidogénicos.

### ➤ **Fase metanogénica**

Los microorganismos metanogénicos se encargan de convertir los ácidos grasos en metano y bióxido de carbono, mermando la presencia de ácidos grasos y disminuyendo la concentración de DQO existentes en los lixiviados. El pH comienza a estabilizarse debido a que desaparecen pausadamente los ácidos grasos.

### ➤ **Fase de maduración**

En esta fase el pH se estabiliza y desaparecen progresivamente los contaminantes que se localizan en los lixiviados, confirmando que la fase de degradación ha culminado, se sugiere la impermeabilización de los conductos para aguas pluviales, sistemas de captación de lixiviados, además se cuenta como compostura provisoria la preparación de compostaje a partir de desechos orgánicos domésticos

### **Factores que influyen en la generación de lixiviados**

- Intrusión de agua subterránea o de irrigación.
- Disposición de residuos industriales o lodos.
- Capacidad de campo del material de cubierta (en caso de existir).
- Capacidad de campo de los residuos.
- Disposición de residuos líquidos
- Pendiente superficial del material.
- Condiciones geohidrológicas.
- Forma de operación del sitio.
- Climatología.

### **2.3 Punto de desfogue del lixiviado en el Relleno Sanitario del Cantón Salcedo**

El lixiviado que se forma debido a la desintegración natural de los residuos sólidos no es descargado sobre el río más adyacente ya que está situado a 1 kilómetro de distancia del

relleno sanitario y el aporte de agua acontecerá únicamente cuando las precipitaciones se den en la zona.

El lixiviado es sometido a recirculación con el empleo de tubería y una bomba de 5 hp, el lixiviado es trasladado a la zona de disposición final la cual se pone en contacto con las aglomeraciones de basura la cual opera como un reactor biológico, debido a esto se merma la concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno y la Demanda Química de Oxígeno una vez limitado la concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno el lixiviado es más sencillo de remediar y se acortan los costos de manipulación, el lixiviado demora en infiltrarse en el sitio de disposición final debido a la compactación que se cumple la cual retrasa el traslado del lixiviado a su punto de origen.

## **2.4 Metodología**

Para el diseño y construcción del equipo de floculación iónica se efectuaron los siguientes pasos:

- Muestreo piscina de lixiviados
- Medición de caudal en la piscina de lixiviado
- Caracterización del lixiviado
- Dimensionamiento del equipo de floculación iónica
- Elaboración de planos proceso de floculación iónica
- Construcción del equipo de floculación iónica
- Diseño del prototipo
- Transporte del lixiviado a lugar de trabajo
- Arranque del prototipo
- Funcionamiento del prototipo

### **2.4.1 Muestreo**

La toma de la primera muestra para su pertinente análisis de laboratorio se lo cumplió en la piscina de lixiviados, mediante el muestreo aleatorio simple. El muestreo va servir de partida



para establecer los valores iniciales de los parámetros a tratar, los resultados de laboratorio emitirán las características físico-químico del lixiviado a tratar.



**Figura 3-2.**Muestreo del lixiviado a tratar  
Fuente: JÁCOME, David. 2015

### **Materiales**

- Botas de caucho
- Balde 5 litros
- Guantes
- Mascarilla
- Gorro
- Cooler
- Hielo
- Recipiente estéril

### **PROCEDIMIENTO**

1. Me transporte al relleno sanitario del cantón Salcedo, ubicado en San Pedro de Jachaguango.
2. Me ubique los equipos de protección: Botas, guantes y gorra como medida de protección y como prevención para evitar la contaminación del lixiviado.

3. Ingrese a la piscina para la recolección del lixiviado. Con la ayuda del recipiente estéril purgue tres veces la botella con el lixiviado.
4. Una vez purgado la botella se recogió la muestra a analizar, la cual se colocó en un cooler con hielo para la preservación de la misma.
5. Se trasladó la muestra inmediatamente al laboratorio para su posterior análisis.

#### **2.4.2 Medición de caudal en la piscina de lixiviado**

La medición de caudal se lo ejecutó con el método volumétrico la cual dependen de las características que exhiba la piscina de lixiviados y de la facilidad de acceso a esta, la aplicación radica en medir el lapso que tardara en llenarse un balde de 5 litros de capacidad, el caudal fue aforado el 16 de julio del 2015 a las 11h30 hasta las 11h45, se lo realizo en tiempo áspero con el propósito de conseguir el volumen del lixiviado mas no del agua lluvia. Este método consiste en medir pequeños caudales.

#### **Materiales**

- Balde de 5 Litros
- Cronómetro
- Botas de caucho
- Guantes

#### **PROCEDIMIENTO**

1. Ingrese a la piscina de lixiviados para su respectiva medición de caudal
2. Coloque el balde de 5 litros en el punto de desfogue del lixiviado
3. Tomar el tiempo que tarda en llenarse un balde de 5 litros de capacidad
4. Repetir el procedimiento de 2 a 3 veces y promediar para asegurar una mayor exactitud y precisión, el resultado se debe expresar en L/s.



### 2.4.3 Caracterización del Lixiviado

La caracterización fue efectuada en el relleno sanitario del cantón Salcedo situado en San Pedro de Jachaguango en tiempo áspero el líquido a tratar fue recogido de la piscina de lixiviados de forma manual. Se tomó 200 litros de lixiviado a tratar en recipientes de 5 litros de capacidad para su caracterización y para la ejecución de las diferentes técnicas de remediación.

Seleccionamos las tecnologías más apropiadas para la remediación del lixiviado que resultarían más favorables para la municipalidad y de esta manera optimizar el relleno sanitario, el análisis de los parámetros físico-químico, se los realizara mediante métodos normalizados, los parámetros a analizar en el tratamiento del lixiviado son los siguientes.

**Tabla 3-2:** Métodos empleados para el análisis físico –químico del lixiviado

<b>Parámetro</b>	<b>Método análisis</b>	<b>Unidades</b>
DQO	Standard Methods No. 5220 D	mg /L
DBO	Standard Methods No. 5210 B	mg /L
SST	Standard Methods No. 2540 D	mg /L

Fuente: CESTTA

### 2.4.4 Dimensionamiento del equipo de floculación iónica

El equipo de floculación iónica se lo construyo para un volumen de 200 litros, la dimensiones de los floculadores se los elaboro dependiendo de las características que presenta el bidón de 220 L como son longitud y diámetro, la distancia entre el nivel superior del volumen de lixiviado contenido en el bidón y la tapa del recipiente para evitar cortos circuitos, la distancia entre la base del recipiente y la parte inferior del floculador lo cual permitirá que el floculador no se asiente en el bidón, para obtener la longitud de los floculadores se utiliza las ecuaciones 1-3 y 2-3 del capítulo 3.

#### **2.4.5 *Elaboración de planos proceso de floculación iónica***

La elaboración de los planos se los efectúo con el programa AUTOCAD 2014 en el cual se detallan las dimensiones de los componentes que forman parte del equipo de floculación iónica la cual podemos observar claramente en los anexos.

#### **2.4.6 *Construcción del equipo de floculación iónica***

Para que el lixiviado pueda ser tratado de una mejor manera, surgió la necesidad de ocupar floculación iónica, para cumplir con este principio se construyó un prototipo en el que consta de una fuente de voltaje, cables para conexión y tubos de acero inoxidable que son los floculadores, todo este conjunto se sometió a energía eléctrica para que cumpla con el principio de adherencia.

Para la construcción del equipo de floculación iónica se siguió el siguiente proceso:

##### **2.4.6.1 *Diseño del prototipo***

#### **Materiales**

- Tubo macizo de acero inoxidable de 3 metros
- Tubo hueco de acero de 3 metros
- Arco de sierra
- Sierra
- Flexómetro
- Taladro
- Brocas
- Juego de machuelos de ½ x 3"
- Llave inglesa de ½
- Pernos de media de 3 pulgadas
- Arandelas para pernos de 1/2
- Suelda eléctrica

- Electrodos
- Recipiente de 220 litros
- Cable eléctrico # 14
- Pinzas
- Taype
- Fuente de voltaje
- Guantes de látex
- Multímetro

## **PROCEDIMIENTO**

1. Para la construcción de los floculadores se mide la altura del bidón de 220 litros, la cual tiene una longitud de 97.5 cm, para tener referencia del largo de los floculadores.
2. Para que los floculadores no se asienten en la base del recipiente se dejó una distancia 2 cm desde la base del recipiente hasta la parte inferior de los floculadores, la capacidad del bidón es de 220 litros por lo que se llena a un volumen de 200 litros de lixiviado a tratar, dejando una distancia de 5.5 cm desde el nivel superior del volumen de lixiviado contenido en el bidón y la tapa del recipiente para evitar de esta manera un corto circuito.
3. Con estos datos y mediante la manipulación del programa AUTOCAD 2014 se realizaron los planos del prototipo.
4. Con la ayuda de un mecánico se construyeron los floculadores a una longitud de 90 cm.
5. Se utiliza un taladro y una broca de  $\frac{1}{2}$ , se realiza un orificio justo en el centro del tubo macizo y hueco.
6. A continuación con el juego de machuelos de  $\frac{1}{2}$  se hace rosca para que entren los pernos que sujetaran a los floculadores.
7. Para los tubos huecos y macizos de acero se utiliza la suelda eléctrica para soldar la parte superior del floculador que sujetara los pernos.

8. Con la ayuda de una broca de  $\frac{1}{2}$  se realiza seis orificios en la tapa del contenedor, para colocar los pernos que sujetaran los floculadores y que deben estar aislados del agua para evitar un cortocircuito.
9. La conexión de los floculadores se lo efectuó en paralelo, para lo cual se ocupó un cable sólido #14 AWG que tranquilamente soporta la corriente máxima de consumo.
10. Los floculadores se conecta con cable #14 a las puntas de polaridad positiva (ánodo) y negativo (cátodo) de la fuente de voltaje.
11. El tiempo que demoro la construcción del prototipo fue de quince días.

#### *2.4.6.2 Transporte del lixiviado al lugar de trabajo*

Las instalaciones del relleno sanitario, no presenta los medios necesarios para cumplir con el proceso de tratamiento de lixiviado, por la cual se trasladó a un lugar que preste las condiciones necesarias de trabajo.

#### **Materiales**

- Balde de 5 L
- Botas de caucho
- Guantes estériles
- Gorra
- Bidón de 220 L

#### **PROCEDIMIENTO**

1. Me traslade al relleno sanitario del cantón Salcedo, ubicado en San Pedro de Jachaguango.
2. Me coloque el equipo de protección: Botas, guantes y gorra para la recolección del lixiviado.

3. Con la ayuda del balde de 5L, se llenó paulatinamente el contenedor de 220 L hasta un volumen de 200 L de lixiviado a tratar
4. Se cubrió el contenedor con plástico para que no exista contaminación.
5. Se trasladó el contenedor con el lixiviado al lugar de trabajo, para su posterior tratamiento.

#### *2.4.6.3 Arranque del prototipo*

### **PROCEDIMIENTO**

1. Se revisa que los floculadores se encuentren bien sujetos mediante el ajuste de los pernos ubicados en la tapa del recipiente y que estos no topen el fondo del recipiente.
2. Con la ayuda de una pinza y una llave de media se ajusta los terminales del cable #14 que están conectados a cada uno de los floculadores.
3. Se reajusta los terminales de los puntos positivo y negativo de la fuente de voltaje que dotara de energía al prototipo.
4. El proceso de floculación iónica inicio con un voltaje de 3.4 y corriente de 4.3 que se incrementara paulatinamente a medida que se desarrolle el proceso.

#### *2.4.6.4 Funcionamiento del prototipo*

### **PROCEDIMIENTO**

1. Se realiza un control diario, donde se revisa que todos los terminales de conexión se encuentren en buen estado y que el equipo se encuentre operativo.
2. Anotamos diariamente todos los cambios de voltaje y corriente que se genere en el proceso de floculación iónica con la ayuda de un registro de datos para su respectivo análisis y toma de decisiones.

3. Los valores de voltaje y corriente que se observan en el display de la fuente de alimentación del prototipo es importante, ya que con este valor podemos saber cuan sobrecargado de sólidos se encuentra los floculadores.
4. Con la información obtenida de voltaje y corriente calculamos el consumo de energía eléctrica, y así demostrar que la técnica de floculación iónica se utiliza a bajos voltajes y el costo de consumo eléctrico es relativamente muy bajo.
5. Medimos el voltaje entre los diferentes puntos de conexión de los floculadores para observar si se ha producido algún cambio.
6. Como verificación de funcionamiento de la técnica de floculación iónica se realiza el muestreo para su respectivo análisis de laboratorio y comprobar si la técnica aplicada está dando resultados.

Se realizaron pruebas complementarias al proceso de floculación las cuales son las siguientes:

#### *2.4.6.5 Prueba filtrada*

Complementariamente al proceso de floculación iónica se ocupó materiales adicionales con la finalidad de obtener mejores resultados se ocupó una bombas de agua y un filtro, que surgieron como solución durante el período de investigación para cumplir de una mejor manera con nuestro propósito.

#### **Materiales**

- Bomba de succión de agua de 1/2 hp
- Filtro
- 2 acoples de media
- Manguera plástica de media
- 2 collarines de media
- Teflón
- Llave inglesa
- Llave de tubo
- Cable #14
- Taype y pinzas

## **PROCEDIMIENTO**

1. Para mejorar el proceso de remediación del lixiviado contenido en nuestro recipiente se utilizó una bomba de succión de agua de 1/2 hp.
2. Empleando una manguera de media se conecta el recipiente que contiene el lixiviado a tratar a la bomba y de esta a un filtro.
3. A la salida del filtro se tomó la muestra a analizarse utilizando un recipiente estéril de 3000 mL de capacidad.
4. Los análisis determinaran si el proceso aplicado es efectivo o no, para sus correctivos necesarios.

### *2.4.6.6 Floculación iónica y reacción fenton*

#### **Materiales**

- Balanza digital
- Vaso de precipitación de 200mL
- Erlenmeyer de 2000 mL

#### **Reactivo**

- Sulfato de hierro
- Peróxido de hidrogeno

## **PROCEDIMIENTO**

Se planifico combinar la técnica de Floculación Iónica y Fenton para lo cual se cumplió con el siguiente proceso:

1. De acuerdo a características técnicas para bajar el nivel de concentración de los parámetros en el recipiente de muestra, por cada litro de lixiviado se debe colocar 1 gramo de sulfato de hierro, para lo cual se calculó y se pesó 200 gramos de sulfato de hierro.
2. El sulfato de hierro se colocó en el recipiente que contiene el lixiviado.

3. A continuación siguiendo el proceso Fenton, por cada litro de lixiviado se colocó un mililitro de peróxido de hidrogeno, por lo cual procedimos a medir en un vaso de precipitación 200 mL de peróxido de hidrogeno y se lo ubico en el contenedor de lixiviados.
4. Para la respectiva reacción química se mezcló todos los componentes conjuntamente con el lixiviado agitando por 30 minutos para obtener una mezcla perfecta, teniendo que esperar siete días para la toma de la muestra.
5. Cumplido este periodo se tomó una muestra para su análisis posterior, siguiendo todos los procesos de preservación.

### **2.5 Metodología Técnica fenton**

La otra técnica utilizada en el proceso de mejoramiento de la calidad del lixiviado es Fenton, para lo cual se aplicó sustancias químicas para reducir las concentraciones de Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Sólidos Suspendedos Totales de líquido que se está tratando.

#### **Materiales**

- Balanza digital
- Vaso de precipitación de 200 mL
- Erlenmeyer de 2000 mL

#### **Reactivo**

- Sulfato de hierro
- Peróxido de hidrogeno

#### **PROCEDIMIENTO**

1. De acuerdo a características técnicas para disminuir la concentración de DQO, DBO y SST del lixiviado se incrementaron las dosis de 200 a 400 gramos de sulfato de hierro y el peróxido de hidrógeno se aumentó de 200 a 400 mL.



2. Para la respectiva reacción química se mezcló todos los componentes conjuntamente con el lixiviado, agitando durante un tiempo de 30 minutos y dejando reposar siete días.
3. Posteriormente para obtener mejores resultados con la técnica fenton, se incrementaron las dosis de 400 a 600 gramos de sulfato de hierro y el peróxido de hidrógeno se aumentó de 400 a 600 mL.
4. Para la respectiva reacción química se volvió a mezclar todos los componentes conjuntamente con el lixiviado, agitando durante un periodo de 30 minutos y dejando reposar siete días más, para tomar su respectiva muestra.

### 2.5.1 Filtro Casero

#### **Materiales**

- Estilete
- 2 recipientes de 5 litros transparente
- Algodón
- Gasa
- Arena gruesa y arena fina
- Piedra y Barro

#### **PROCEDIMIENTO**

1. Tomé el recipiente de 5 litros y con la ayuda de un estilete lo corté por la parte superior.
2. Con el recipiente ya cortado, rellenamos el interior de la botella con capas de algodón que tienen que ir hasta el fondo del recipiente.
3. Añadimos los demás materiales en el siguiente orden de abajo hacia arriba; piedra, arena gruesa, arena fina y barro.
4. Como último paso colocamos la gasa, la cual debe cubrir todos los materiales contenidos en el recipiente que va a servir como filtro la cual se utilizará como medida de retención de sólidos.

5. El segundo recipiente lo cortamos a unos 20 cm, la primera botella que contiene todos los materiales la unimos con la segunda botella.
6. Colocamos nuestro filtro casero en el punto de desfogue del recipiente de 220 L que contiene el lixiviado a tratar, abrimos la llave y dejamos caer el líquido sobre nuestro filtro.
7. Dejamos reposar el lixiviado por 60 minutos, nuestro filtro casero lo debemos colocar en posición vertical para evitar de esta manera el derrame del lixiviado sobre el suelo.
8. El lixiviado se filtrara en el fondo del recipiente y está listo para mandarse a analizar.

## **2.6 Métodos y Técnicas**

### **2.6.1 Métodos**

**Tabla 4-2:** Determinación de la DQO

Fundamento	Método	Materiales y reactivos	Procedimiento	Cálculos
Determinación de la DQO	MÉTODO 5220D	<p>Equipo fotométrico con longitudes de onda de 620 nm y 420 nm.</p> <p>Pipeta graduada certificada para dispensar la muestra</p> <p>Cubetas de 16 mm de diámetro</p> <p>Gafas protectoras</p> <p>Gradilla para colocar las cubetas</p> <p>Paños para limpiar las cubetas</p> <p><b>REACTIVOS</b></p> <p>Solución de Dicromato de Potasio</p> <p>Ácido Sulfúrico</p> <p>Solución titulante de Sulfato Ferroso y Amonio</p> <p>Solución indicadora de Ferroin</p> <p>Sulfato de Plata</p> <p>Sulfato de Mercurio</p> <p>Ácido Sulfámico</p> <p>Solución patrón de Ftalato</p> <p>Acido de Potasio</p>	NORMA TÉCNICA	$DQO, mgO_2/L = \frac{(mgO_2 \text{ en volumen final} \cdot 1000)}{mL \text{ de muestra}}$

**Fuente:** Norma Técnica  
**Realizado por:** JACOME, David. 2015

**Tabla 5-2:** Determinación de la DBO

Fundamento	Método	Materiales y reactivos	Procedimiento	Cálculos
Determinación de la DBO	MÉTODO 5210 B	Frasco de DBO de 250 cm <sup>3</sup> Incubadora de aire con control termostático a 20 ±1 °C. Agitador magnético Probeta Balones clase A de volumen adecuado para preparar diluciones Película plástica Erlenmeyer de 5000 mL. Erlenmeyer de 100 mL. Papel absorbente. <b>REACTIVOS</b> Agua destilada Solución amortiguadora de Fosfato Solución de Sulfato Magnesio	NORMA TÉCNICA	El agua de dilución no ha sido inoculada $DBO \text{ mg/L} = \frac{D1-D2}{P}$ El agua de dilución ha sido inoculada $DBO \text{ mg/L} = \frac{(D1-D2)-(B1-B2)f}{P}$

Fuente: Norma Técnica  
 Realizado por: JACOME, David. 2015

**Tabla 6-2:** Determinación de los SST

Fundamento	Método	Materiales y reactivos	Procedimiento	Cálculos
Determinación de SST	MÉTODO 2540-D	Vidrio reloj o capsula de porcelana Filtros circulantes de fibra de vidrio de 47 mm sin aditivos orgánicos Pinzas metálicas largas para manipular el vidrio Pinzas metálicas pequeñas para manipular los filtros Equipo de filtración Horno de secado Desecador Balanza analítica, con precisión de 0,0001g Probeta de boca ancha Equipo de agitación magnética Beaker de diferentes volúmenes Barras magnéticas <b>REACTIVO</b> Patrón de caolín Agua destilada	NORMA TÉCNICA	$\text{SST en mg/L} = \frac{(A-B) \cdot 1000000}{V}$ A = Peso final (filtro + residuo) (g) B = Peso inicial (peso del filtro) (g) V = Volumen de muestra filtrada mL

Fuente: Norma Técnica  
 Realizado por: JACOME, David. 2015

## 2.7 Datos Experimentales

### 2.7.1 Datos

#### 2.7.1.1 Datos para la medición de caudal en la piscina de lixiviados

**Tabla 7-2:** Datos para la medición de caudal en la piscina de lixiviados

Nº de mediciones	Ubicación	Volumen del balde (L)	Tiempo de llenado del balde (s)
1	Piscina de lixiviados	5	60
2	Piscina de lixiviados	5	100
3	Piscina de lixiviados	5	54

Fuente: JACOME, David. 2015

#### 2.7.1.2 Datos para la construcción del equipo de floculación iónica

**Tabla 8-2:** Datos para la construcción del equipo de Floculación Iónica

Materiales	Longitud	Diámetro
Bidón 220L	97.5 cm	59.4 cm
Tubo macizo de acero	3 m	5 cm
Tubo hueco	3 m	5 cm

Fuente: JACOME, David. 2015

La construcción de los floculadores depende de las características que presente el bidón de 220 litros, el tamaño de los floculadores fueron construidos en base a la longitud del bidón para un volumen de 200 litros de lixiviado a tratar.

### 2.7.1.3 Datos proceso Técnica Fenton

**Tabla 9-2:** Datos proceso Técnica Fenton

Reactivo	Volumen de lixiviado a tratar (L)	pH
Sulfato de hierro	200	4
Peróxido de hidrogeno	200	

Fuente: JACOME, David. 2015

La adición de los reactivos depende del volumen de lixiviado a tratar contenido en el bidón de 220 litros, el volumen del lixiviado a tratar es de 200 litros.

### 2.7.1.4 Datos para la medición de caudal en el tanque reservorio

**Tabla 10-2:** Datos para la medición de caudal en el tanque reservorio.

Nº de mediciones	Ubicación	Técnica Utilizada	Volumen del balde (L)	Tiempo de llenado del balde (s)
1	Tanque reservorio	Floculación iónica	3	74
2	Tanque reservorio	Floculación iónica	3	46.6
3	Tanque reservorio	Floculación iónica y Fenton	3	60.3
4	Tanque reservorio	Fenton	3	56
5	Tanque reservorio	Fenton	3	58.9

Fuente: JACOME, David. 2015

## CAPITULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 3.1 Cálculos

##### 3.1.1 *Calculo de caudal en la piscina de lixiviados*

Para calcular el caudal se manejó los datos de tabla 7-2 el volumen se midió tres veces para alcanzar un mejor desenlace.

$$t_m = t_1 + t_2 + t_3$$

$$t_m = \frac{60\text{ s} + 100\text{ s} + 54\text{ s}}{3}$$

$$t_m = \frac{214\text{ s}}{3}$$

$$t_m = 71.33\text{ s}$$

Para calcular el caudal se emplea la ecuación 9-1 del capítulo 1.

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

Dónde:

**Q**= Caudal (L/s)

**V**= Volumen (L)

**t**= Tiempo (s)



Reemplazamos los valores en la ecuación

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

$$Q = \frac{5L}{71.33s}$$

$$Q = 0.07 \text{ L/s}$$

El caudal de la piscina de lixiviados tiene un valor de 0.07 L/s

### 3.1.2 *Calculo para la Construcción de los Floculadores*

Para la construcción de los floculadores se utilizó los datos de la tabla 8-2 del capítulo 2 y la ecuación 1-3 del presente capítulo la cual surgió de acuerdo a las características del bidón de 220 L.

Ecuación 1-3

$$l_f = h - X_1 - X_2$$

Dónde:

**l<sub>f</sub>** = Longitud del floculador

**h** = Altura del bidón

**X<sub>1</sub>** = Distancia entre la parte inferior del floculador y la base del recipiente lo cual permite que el floculador no se asiente en la base del bidón para la cual dejamos un distancia de 2 cm.

**X<sub>2</sub>** = Distancia entre el nivel superior del volumen del lixiviado contenido en el bidón y la tapa del recipiente para lo cual se deja una distancia de 5.5 cm para evitar de esta manera un corto circuito.

Reemplazamos los valores en la ecuación

$$l_f = 97.5 \text{ cm} - 2 \text{ cm} - 5.5 \text{ cm}$$

$$l_f = 90 \text{ cm}$$

Los floculadores fueron diseñados a 90 cm de longitud permitiendo de esta manera que el floculador no se asiente en la base del bidón.

### 3.1.2.1 Área de la tapa del Bidón de 220 L

Para determinar el área de la tapa del bidón se utilizó la ecuación 2-3 del presente capítulo la cual surgió de acuerdo a las características de los materiales a utilizarse.

Ecuación 2-3

$$A = \pi (d/2)^2$$

Dónde:

**A**= Área de la tapa

**d**= Diámetro de la tapa

Reemplazamos la ecuación con los valores de la tabla 8-2

$$A = \pi \left( \frac{59.4 \text{ cm}}{2} \right)^2$$

$$A = 27.71 \text{ cm}^2$$

La distancia entre los floculadores es de 2 cm la cual permitirá que no se topen los floculadores.

### 3.1.3 Cálculos proceso de Floculación Iónica

La media de voltaje y corriente durante el periodo de prueba, nos sirve para calcular los valores de  $V_{RMS}$ ,  $I_{RMS}$ ,  $P_{RMS}$ , energía eléctrica y por lo tanto el costo de energía eléctrica consumido durante el proceso de floculación iónica, los datos para los respectivos cálculos corresponden a la tabla 10-3.

#### 3.1.3.1 Determinamos el $V_{RMS}$

Para determinar el  $V_{RMS}$  se utilizó la ecuación 6-1 del capítulo 1:

$$V_{RMS} = V_{PR} * 0.707$$

Dónde:

$V_{RMS}$  = Valor de voltaje efectivo

$V_{PR}$  = Voltaje promedio

Obtenemos el valor  $V_{PR}$

$V_{PR} =$

$$\frac{3.0+4.1+4.6+5.4+5.4+5.5+5.6+5.6+5.7+5.8+5.9+5.9+7.2+6.8+6.7+6.6+6.9+6.7+6.9+7.0+7.3+7.4+9.0+7.3+7.4+8.3+7.5+7.7}{28}$$

$V_{PR} = 6.43 \text{ V}$

Sustituimos el valor de  $V_{PR}$  en la ecuación

$$V_{RMS} = V_{PR} * 0.707$$

$$V_{RMS} = 6.43 \text{ V} * 0.707$$

$$V_{RMS} = 4.54 \text{ V}$$

El  $V_{RMS}$  consumido durante el proceso de floculación iónica es 4.54 V

### 3.1.3.2 Determinamos el $I_{RMS}$

Para determinar el  $I_{RMS}$  se utilizó la ecuación 7-1 del capítulo 1:

$$I_{RMS} = \frac{I_{pr}}{\sqrt{2}}$$

Dónde:

$I_{RMS}$ = Valor de corriente efectivo

$I_{pr}$ = Valor promedio de corriente donde se divide por la  $\sqrt{2}$

Obtenemos el valor  $I_{pr}$

$I_{pr}$ =

$$\frac{4.6+4.3+4.0+3.6+3.6+3.3+4.5+4.4+4.1+4.0+3.5+3.6+3.7+3.8+3.9+3.8+3.6+3.5+3.7+3.2+3.1+3.2+2.9+2.7+2.3+2.4+2.2+2.1}{28}$$

$I_{pr}$ = 3.49 A

Sustituimos el valor de  $I_{pr}$  en la ecuación

$$I_{RMS} = \frac{I_{pr}}{\sqrt{2}}$$

$$I_{RMS} = \frac{3.49A}{\sqrt{2}}$$

$$I_{RMS} = 2.46 \text{ A}$$

El valor de  $I_{RMS}$  consumido durante el proceso de floculación iónica es de 2.46 A

### 3.1.3.3 Determinamos la $P_{RMS}$

La  $P_{RMS}$  se determinó mediante los valores de  $V_{RMS}$  e  $I_{RMS}$  para lo cual se utilizó la ecuación 8-1 del capítulo 1:

$$P_{RMS} = V_{RMS} * I_{RMS}$$

Dónde:

$P_{RMS}$ = Potencia RMS

$V_{RMS}$ = Valor de voltaje efectivo

$I_{RMS}$ = Valor de corriente efectivo

Sustituimos los valores de  $V_{RMS}$  e  $I_{RMS}$  en la ecuación

$$P_{RMS} = V_{RMS} * I_{RMS}$$

$$P_{RMS} = 4.54V * 2.46A$$

$$P_{RMS} = 11.16Watts$$

Transformamos los watts a kilowatts

$$P_{RMS} = \frac{11.16Watts * 1kW}{1000Watts}$$

$$P_{RMS} = 0.01116 kW$$

La  $P_{RMS}$  consumida durante el periodo de prueba del prototipo fue de 0.01116 kW

#### 3.1.3.4 *Determinamos la energía eléctrica*

La energía eléctrica se determinó mediante el tiempo en horas que duró el proceso de floculación iónica para lo cual se utilizó la ecuación 5-1 del capítulo 1:

$$E = P * t$$

Dónde:

$E$ = Energía eléctrica

$P$ = Potencia

$t$ = Tiempo en horas

El tiempo de prueba del proceso de floculación iónica fue de 28 días, para lo cual transformamos los días a horas.

$$t = \frac{28 \text{ días} * 24 \text{ horas}}{1 \text{ día}}$$

$$t = 672 \text{ h}$$

$$E = P * t$$

$$E = 0.01116 \text{ kW} * 672 \text{ horas}$$

$$E = 7.50 \text{ kW-h}$$

La energía eléctrica consumida durante el proceso de floculación iónica es de 7.50 kW-h.

### 3.1.3.5 *Determinamos el costo del consumo de energía eléctrica del proceso de floculación iónica*

El costo del consumo eléctrico que debemos pagar a la empresa eléctrica por los 7.50 kW-h a un costo de 0.04 centavos de dólar es:

Ecuación 3-3

$$\text{COSTO} = \frac{7.50 \text{ kW-h} * \$0.04}{1 \text{ kW-h}}$$

$$\text{COSTO} = \$ 0.30$$

El valor a pagar a la empresa eléctrica por los 7.50 kW-h es de \$ 0.30.

### 3.1.4 *Cálculos para la dosis óptimas de Reactivo Fenton*

#### **Sulfato de hierro**

$$X = \frac{1 \text{ g FeSO}_4}{1 \text{ litro de lixiviado a tratar}} * 200 \text{ litros de lixiviado a tratar}$$

$$X = 200 \text{ g FeSO}_4$$

## Peróxido de hidrogeno

$$X = \frac{1 \text{ ml H}_2\text{O}_2}{1 \text{ litro de lixiviado a tratar}} * 200 \text{ litros de lixiviado a tratar}$$

$$X = 200 \text{ ml H}_2\text{O}_2$$

## Índice de biodegradabilidad

Para determinar el IB se utilizó la ecuación 4-1 del capítulo 1:

$$IB = \left[ \frac{\left( \frac{DBO \text{ mg}}{L} \right)}{\left( \frac{DQO \text{ mg}}{L} \right)} \right]$$

Dónde:

**DBO**= Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)

**DQO**= Demanda Química de Oxígeno (mg/L)

Reemplazamos la ecuación con los valores finales de DBO muestra 6 y DQO muestra 6 obtenidos en el proceso de remediación del lixiviado.

$$IB = \left[ \frac{\left( \frac{1050 \text{ mg}}{L} \right)}{\left( \frac{3400 \text{ mg}}{L} \right)} \right]$$

$$IB = 0.30$$

Se obtuvo un índice de biodegradabilidad de 0.30 lo que nos demuestra que no es factible aplicar proceso microbiológico al lixiviado del relleno sanitario del cantón Salcedo

### 3.1.5 Cálculos para determinar el caudal del lixiviado con cada técnica utilizada

Para determinar el caudal de la muestra a analizarse con cada técnica aplicada se empleó los datos de la tabla 10-2 se llenó la botella estéril con un volumen de 3 litros, se realizó cinco veces

el procedimiento para conseguir el caudal de cada muestra a analizarse con las diferentes técnicas utilizadas.

Para calcular el caudal con cada técnica utilizada en el proceso de remediación del lixiviado se empleó la ecuación 9-1 del capítulo 1:

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

Dónde:

**Q**= Caudal (L/s)

**V**= Volumen (L)

**t**= Tiempo (s)

Caudal floculación iónica

$$Q_1 = \frac{V}{t}$$

$$Q_1 = \frac{3 \text{ L}}{74 \text{ s}}$$

$$Q_1 = 0.04 \text{ L/s}$$

$$Q_2 = \frac{V}{t}$$

$$Q_2 = \frac{3 \text{ L}}{46.6 \text{ s}}$$

$$Q_2 = 0.06 \text{ L/s}$$

Caudal floculación iónica y técnica fenton

$$Q_3 = \frac{V}{t}$$

$$Q_3 = \frac{3 \text{ L}}{60.3 \text{ s}}$$

$$Q_3 = 0.049 \text{ L/s}$$



Caudal técnica fenton

$$Q_4 = \frac{V}{t}$$

$$Q_4 = \frac{3 L}{55 s}$$

$$Q_4 = 0.05 \text{ L/s}$$

$$Q_5 = \frac{V}{t}$$

$$Q_5 = \frac{3 L}{58.9 s}$$

$$Q_5 = 0.05 \text{ L/s}$$

Las muestras fueron inmediatamente transportadas al laboratorio para su análisis posterior.

### 3.2 Resultados

#### 3.2.1 Resultado de la medición de caudal en la piscina de lixiviados

**Tabla 1-3:** Resultado de la medición de caudal en la piscina de lixiviados

Fecha	Ubicación	Unidad	Dato
15/07/2015	Piscina de lixiviados	L/s	0.07

Realizado por: JÁCOME, David. 2015

La medición de caudal en la piscina de lixiviados tiene un valor de 0.07 L/s

#### 3.2.2 Resultado del dimensionamiento de los Floculadores

**Tabla 2-3:** Medidas de los floculadores

Parámetro	Unidad	Dato
Longitud del floculador	cm	90
Área de la tapa	cm <sup>2</sup>	27.71

Realizado por: JÁCOME, David. 2015

Se construyeron 6 floculadores de 90 cm cada uno, separados unos de otros a una distancia de 2 cm con la finalidad de evitar choques entre los floculadores.

### 3.2.3 Resultado proceso de Floculación Iónica

**Tabla 3-3:** Resultados proceso de floculación iónica

Parámetro	Unidad	Dato
$V_{RMS}$	V	4.54
$I_{RMS}$	A	2.46
$P_{RMS}$	kW	0.01116
Energía eléctrica	k W-h	7.50
Costo del consumo eléctrico	\$	0.30

Realizado por: JCOME, David. 2015

Se demuestra que el proceso de floculación iónica funciona a bajos voltajes y que el costo de operación no supera el \$ 1.

### 3.2.4 Resultados Proceso Fenton

**Tabla 4-3:** Resultados dosis óptimas de reactivo fenton e IB

Parámetro	Unidad	Dato
FeSO <sub>4</sub>	g	200
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	mL	200
IB	Adimensional	0.30

Realizado por: JÁCOME, David. 2015

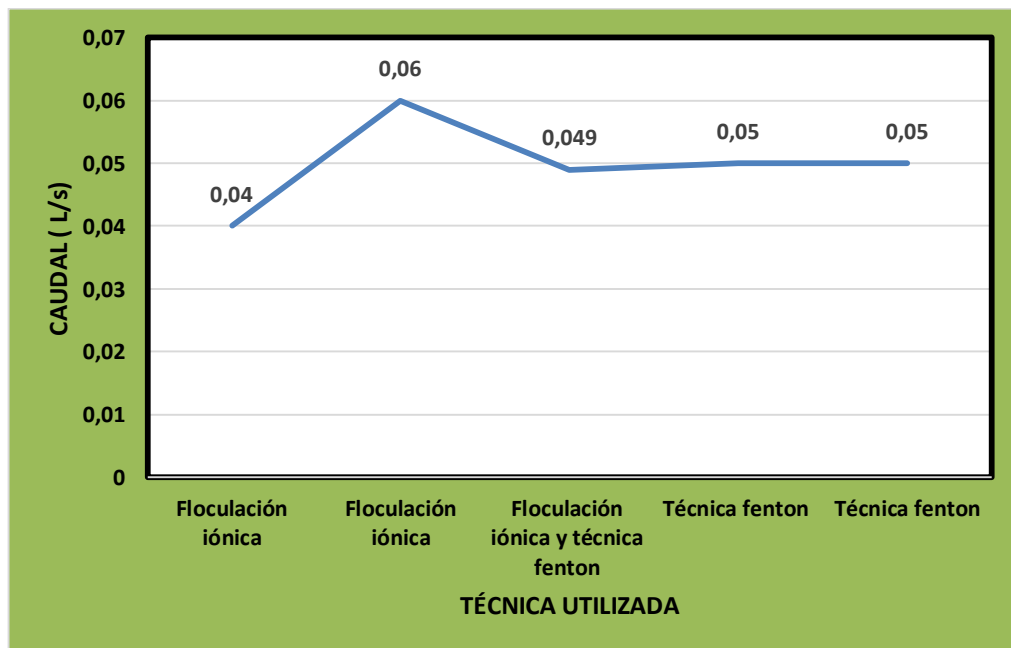
Las dosis óptimas de reactivo fenton se aumentaron paulatinamente hasta 600 g FeSO<sub>4</sub> y 600 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> con la finalidad de obtener mejores resultados en el proceso fenton.

### 3.2.5 Resultado de la medición de caudales con cada técnica utilizada

**Tabla 5-3:** Resultados de la medición de caudal con cada técnica utilizada

Fecha	Técnica utilizada	Unidad	Dato
24/08/2015	Floculación iónica	L/s	0.04
25/08/2015	Floculación iónica	L/s	0.06
03/09/2015	Floculación iónica y técnica fenton	L/s	0.049
03/09/2015	Técnica fenton	L/s	0.05
23/09/2015	Técnica fenton	L/s	0.05

Realizado por: JÁCOME, David. 2015



**Gráfico 1-3:** Caudal vs Técnica Utilizada

Realizado por: JÁCOME, David. 2015

La variación de caudal del lixiviado del relleno sanitario del cantón Salcedo depende de una serie de factores como son las precipitaciones, la temperatura, el diseño y levantamiento del relleno, la geología o la superficie del relleno sanitario. El caudal varía de acuerdo a la operabilidad del relleno y la composición que exhiban los residuos sólidos.

### 3.2.6 Resultados del muestreo inicial del lixiviado a tratar

El lixiviado presenta las siguientes concentraciones de partida con las cuales iniciaremos el mejoramiento de la calidad del lixiviado los resultados podemos observarlos en la tabla 6-3.

**Tabla 6-3:** Resultados de las características iniciales del lixiviado a tratar

Fecha	Parámetro	Experimentación	Unidad	Resultado
30/07/2015	DQO	Muestra 1	mg/L	6400
30/07/2015	DBO	Muestra 1	mg/L	2133
30/07/2015	SST	Muestra 1	mg/L	198

Fuente: CESTTA

Realizado por: JACOME, David. 2015

El muestreo inicial del lixiviado presento una concentración inicial de DQO 6400 mg/L, DBO 2133 mg/L y SST 198 mg/L, con lo cual se inició el proceso de remediación del lixiviado.

### 3.2.7 Resultados Floculación Iónica

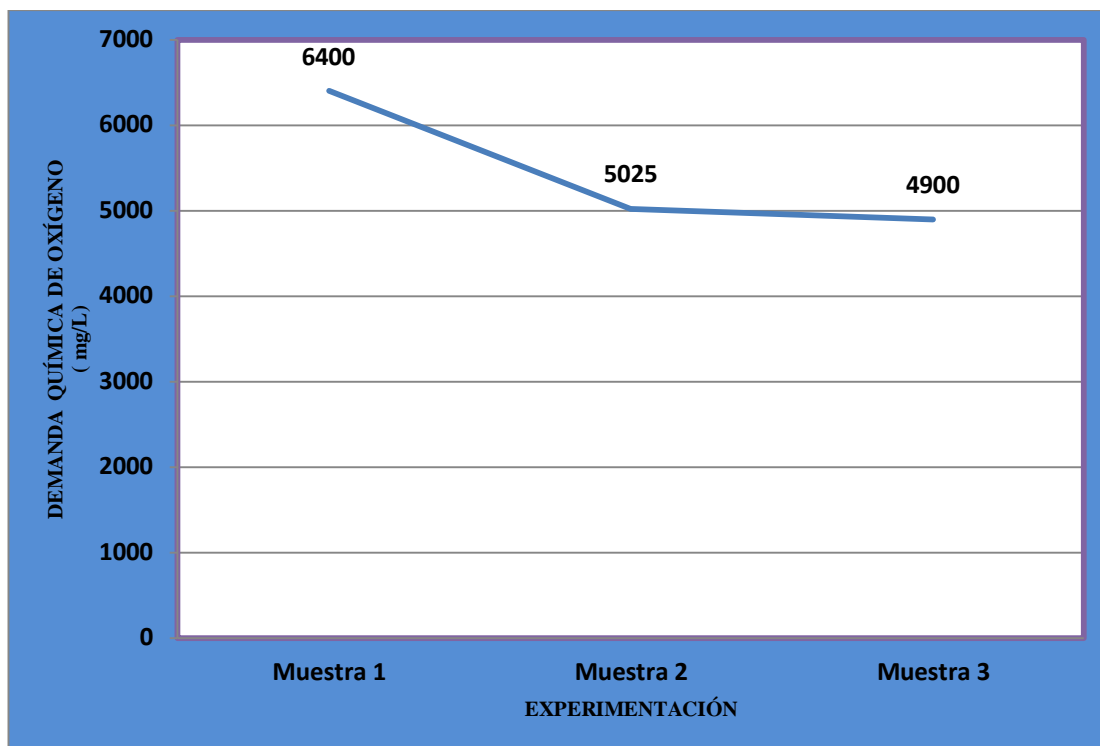
#### 3.2.7.1 Resultados de los análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO).

**Tabla 7-3:** Resultados de los análisis de la DQO mediante floculación iónica

Fecha	Experimentación	Unidad	Resultado	Técnica	Observaciones
30/07/2015	Muestra 1	mg/L	6400	Ninguna	Concentración Inicial de lixiviado
02/09/2015	Muestra 2	mg/L	5025	Floculación Iónica	
03/09/2015	Muestra 3	mg/L	4900	Floculación Iónica	Se ocupa una bomba para filtrado

Fuente: CESTTA

Realizado por: JACOME, David. 2015



**Gráfico 2-3:** Disminución de la concentración de DQO con Floculación Iónica  
Realizado por: JACOME, David. 2015

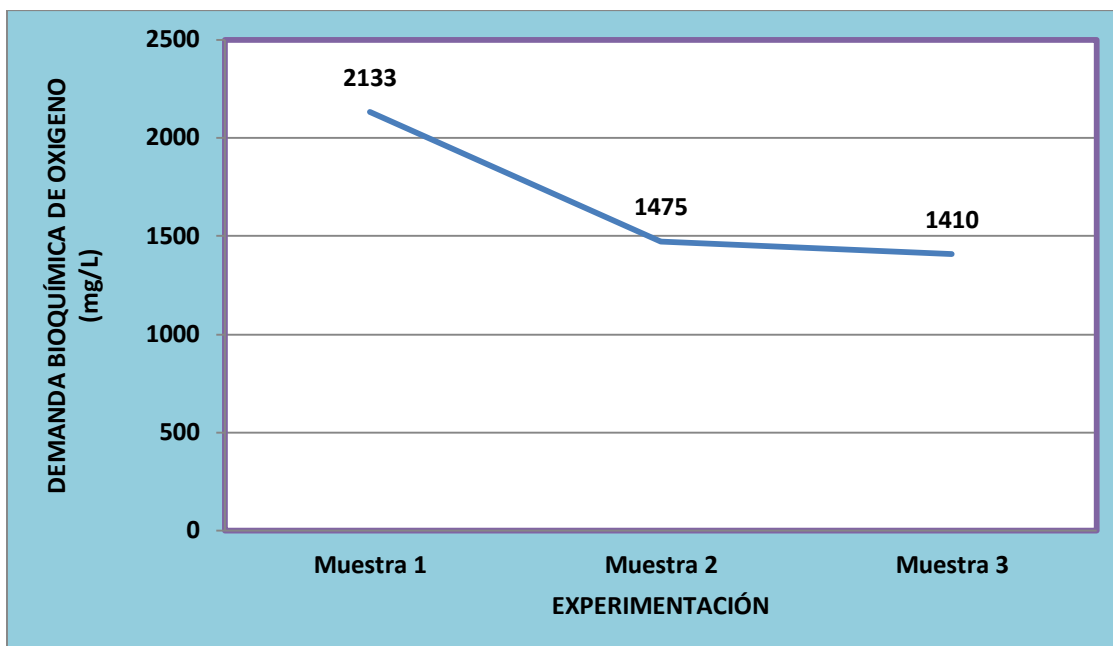
La demanda química de oxígeno tuvo un valor inicial de 6400 mg/L. Los resultados de la tabla 7-3 y la gráfica 2-3 demuestran que existe una disminución de la DQO, en la muestra 2 presenta un valor de 5025 mg/L y en la muestra 3 registra un valor de 4900 mg/L.

### 3.2.7.2 Resultados de los análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

**Tabla 8-3:** Resultados de los análisis de la DBO mediante floculación iónica

Fecha	Experimentación	Unidad	Resultado	Técnica	Observaciones
30/07/2015	Muestra 1	mg/L	2133	Ninguna	Concentración Inicial de lixiviado
02/09/2015	Muestra 2	mg/L	1475	Floculación Iónica	
03/09/2015	Muestra 3	mg/L	1410	Floculación Iónica	Se ocupa una bomba para filtrado

Fuente: CESTTA  
Realizado por: JÁCOME, David. 2015



**Gráfico 3-3:** Disminución de la concentración de DBO con Floculación Iónica

Realizado por: JÁCOME, David. 2015

La demanda bioquímica de oxígeno presentaba una concentración inicial de 2133 mg/L, y con el empleo de los floculadores la concentración de DBO se redujo a 1410 mg/L en la muestra 3 como se observa en la gráfica 3-3.

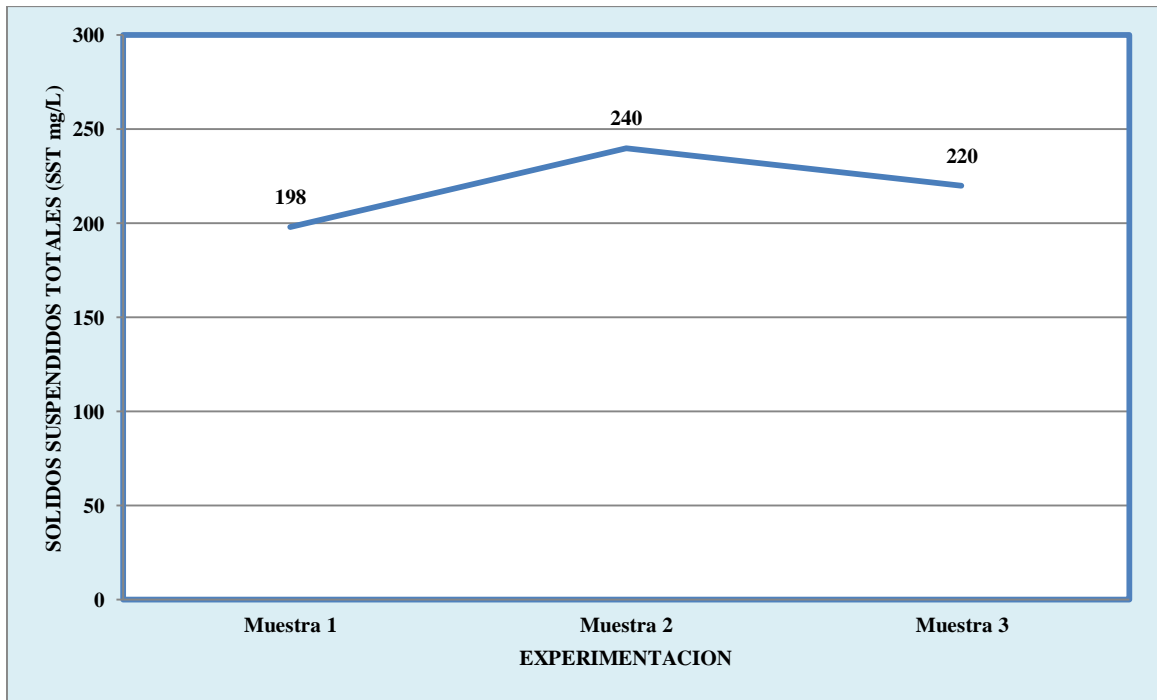
### 3.2.7.3 Resultados de los análisis de los Sólidos Suspendidos Totales (SST)

**Tabla 9-3:** Resultados de los análisis de los SST mediante floculación iónica

Fecha	Experimentación	Unidad	Resultado	Técnica	Observaciones
30/07/2015	Muestra 1	mg/L	198	Ninguna	Concentración Inicial de lixiviado
02/09/2015	Muestra 2	mg/L	240	Floculación Iónica	
03/09/2015	Muestra 3	mg/L	220	Floculación Iónica	Se ocupa una bomba para filtrado

Fuente: CESTTA

Realizado por: JÁCOME, David. 2015



**Gráfico 4-3:** Disminución de la concentración de SST con Floculación Iónica  
 Realizado por: JACOME, David. 2015

El valor inicial de los sólidos suspendidos totales fue de 198 mg/L, en la muestra 2 se obtuvo un incremento considerable con un valor de 240 mg/L, después de tomar los correctivos necesarios se logró reducir a 220 mg/L

#### 3.2.7.4 Floculación iónica lectura de voltaje y corriente

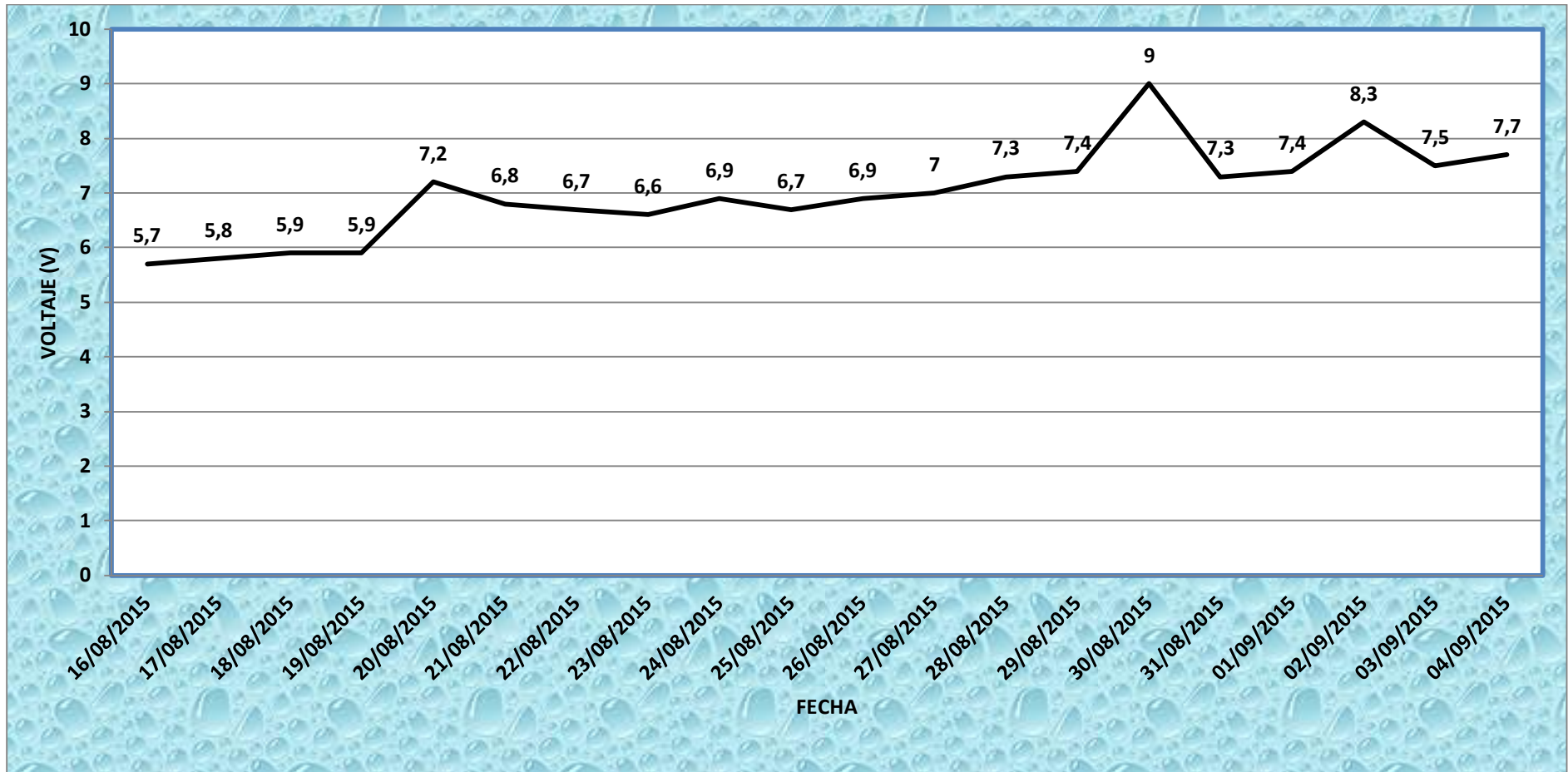
Los datos presentados en la tabla 10-3 fueron registrados desde el 08 de Agosto hasta el 4 de Septiembre del 2015. En este lapso de tiempo se tomaron las lecturas de voltaje y corriente de la fuente de voltaje

**Tabla 10-3:** Lectura de V y A

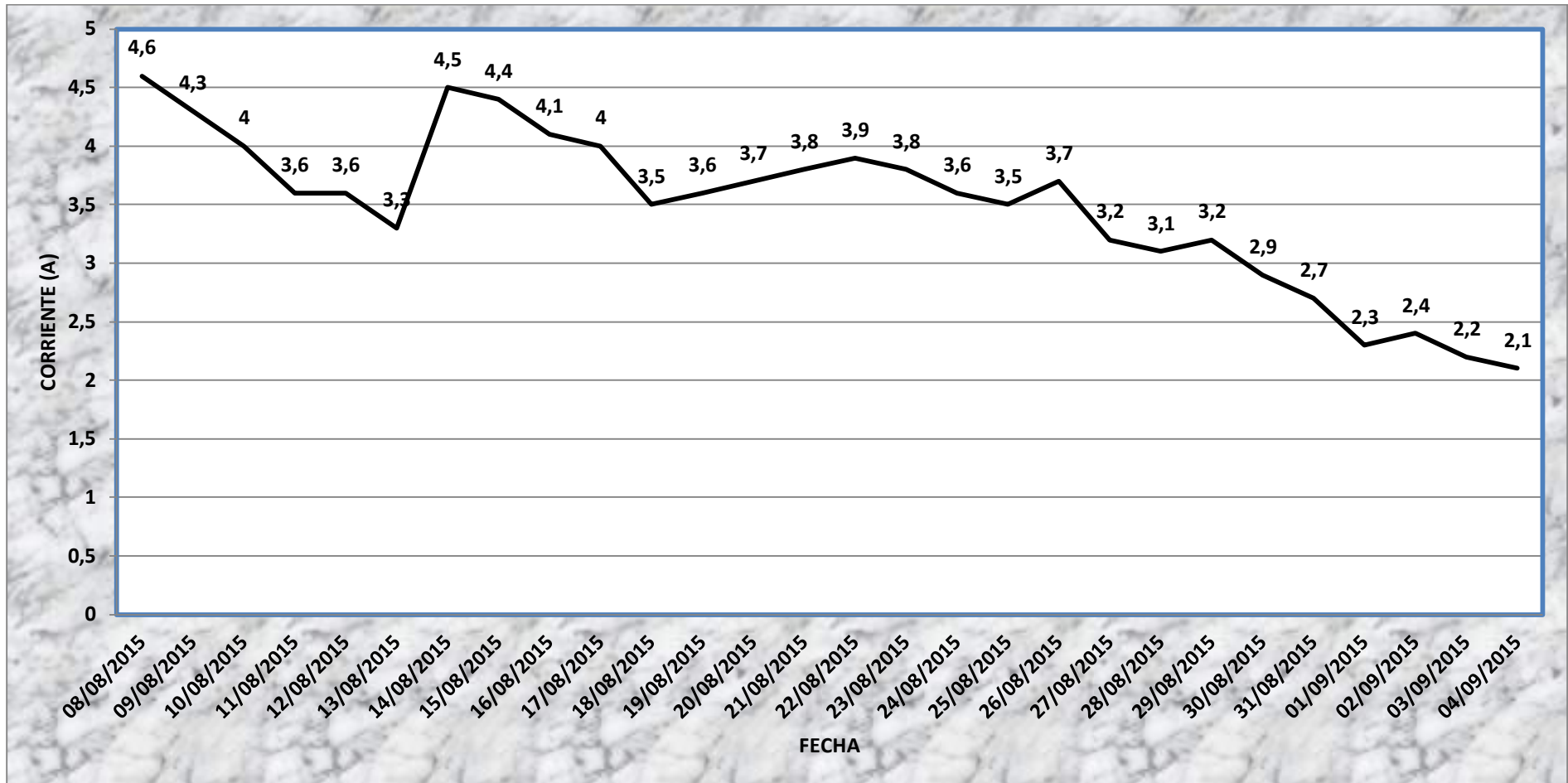
<b>Fecha</b>	<b>Voltaje (v)</b>	<b>Corriente(a)</b>	<b>Observaciones</b>
08/08/2015	3.0	4.6	3 FLOCULADORES
09/08/2015	4.1	4.3	3 FLOCULADORES
10/08/2015	4.6	4.0	3 FLOCULADORES
11/08/2015	5.4	3.6	3 FLOCULADORES
12/08/2015	5.4	3.6	3 FLOCULADORES
13/08/2015	5.5	3.3	3 FLOCULADORES
14/08/2015	5.6	4.5	LIMPIEZA FLOCULADORES
15/08/2015	5.6	4.4	3 FLOCULADORES
16/08/2015	5.7	4.1	3 FLOCULADORES
17/08/2015	5.8	4.0	3 FLOCULADORES
18/08/2015	5.9	3.5	3 FLOCULADORES
19/08/2015	5.9	3.6	4 FLOCULADORES
20/08/2015	7.2	3.7	4 FLOCULADORES
21/08/2015	6.8	3.8	LIMPIEZA FLOCULADORES
22/08/2015	6.7	3.9	4 FLOCULADORES
23/08/2015	6.6	3.8	4 FLOCULADORES
24/08/2015	6.9	3.6	4 FLOCULADORES
25/08/2015	6.7	3.5	4 FLOCULADORES
26/08/2015	6.9	3.7	4 FLOCULADORES
27/08/2015	7.0	3.2	5 FLOCULADORES
28/08/2015	7.3	3.1	LIMPIEZA FLOCULADORES
29/08/2015	7.4	3.2	5 FLOCULADORES
30/08/2015	9.0	2.9	5 FLOCULADORES
31/08/2015	7.3	2.7	5 FLOCULADORES
01/09/2015	7.4	2.3	5 FLOCULADORES
02/09/2015	8.3	2.4	5 FLOCULADORES
03/09/2015	7.5	2.2	5 FLOCULADORES
04/09/2015	7.7	2.1	LIMPIEZA FLOCULADORES

Realizado por: JÁCOME, David.2015

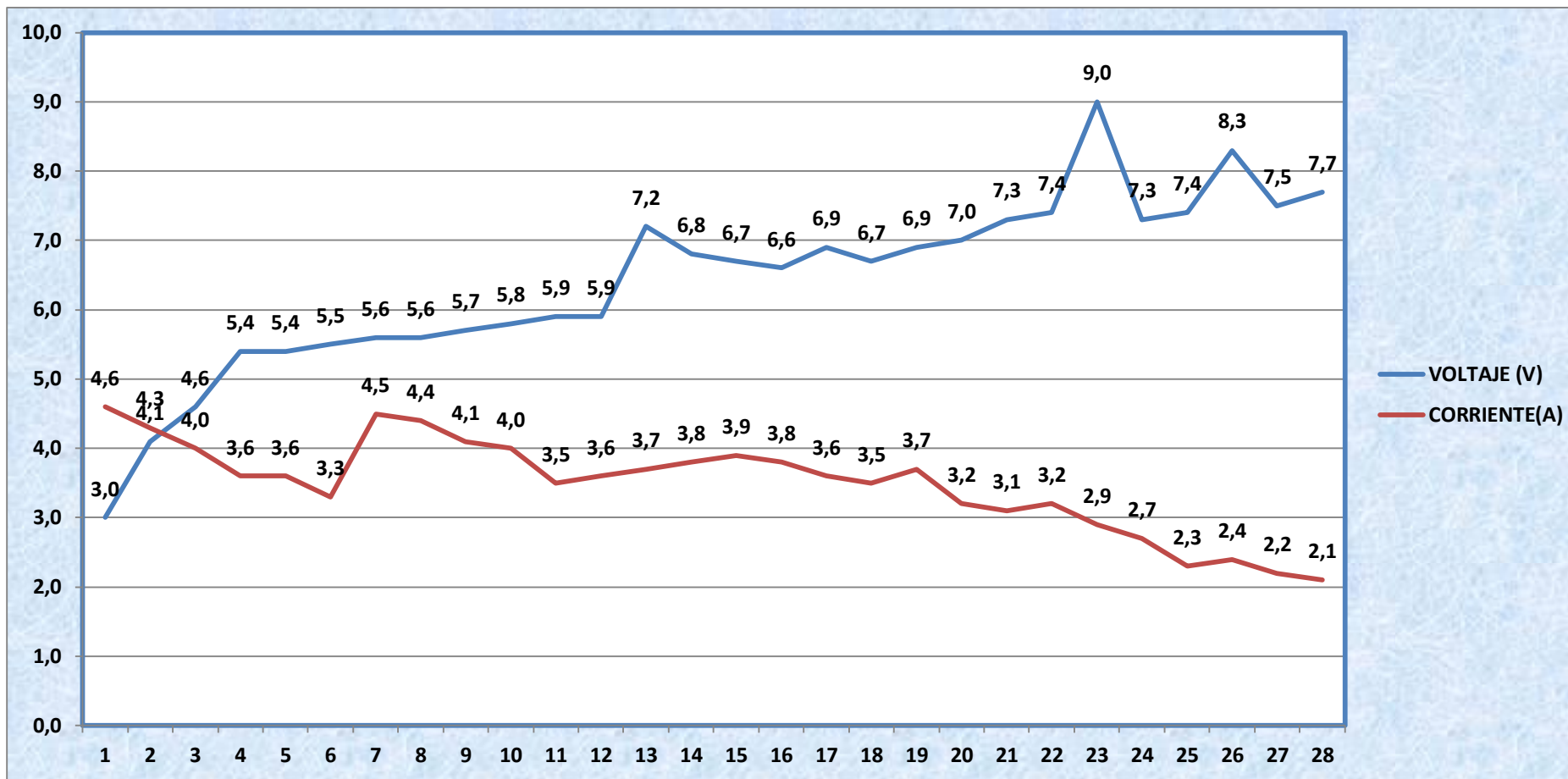




**Gráfico 5-3:** Variación de V de acuerdo a cada fecha de medición  
 Realizado por: JÁCOME, David. 2015



**Gráfico 6-3:** Variación de A de acuerdo a cada fecha de medición  
 Realizado por: JÁCOME, David. 2015



**Gráfico 7-3:** V vs A en cada fecha de medición  
 Realizado por: JÁCOME, David. 2015

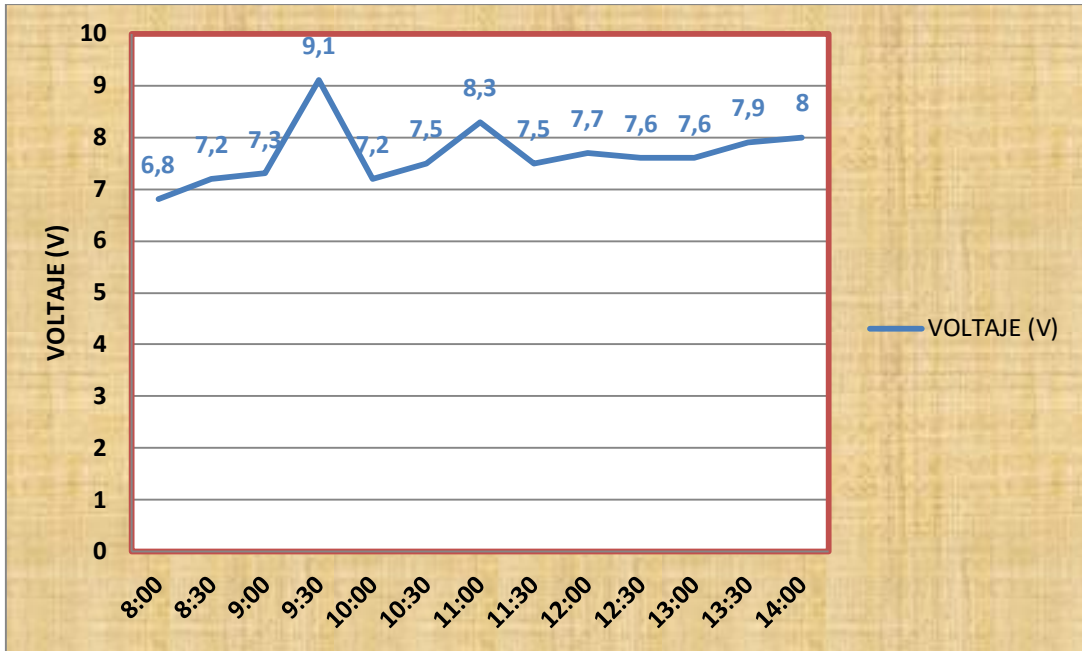
### 3.2.7.5 Floculación iónica lectura de voltaje y corriente en un solo día

Los datos presentados en la tabla 11-3 fueron registrados el 2 de Septiembre del 2015, desde las 8:00 hasta las 14:00. En este lapso de tiempo se tomaron las lecturas de voltaje y corriente cada media hora de la fuente de voltaje.

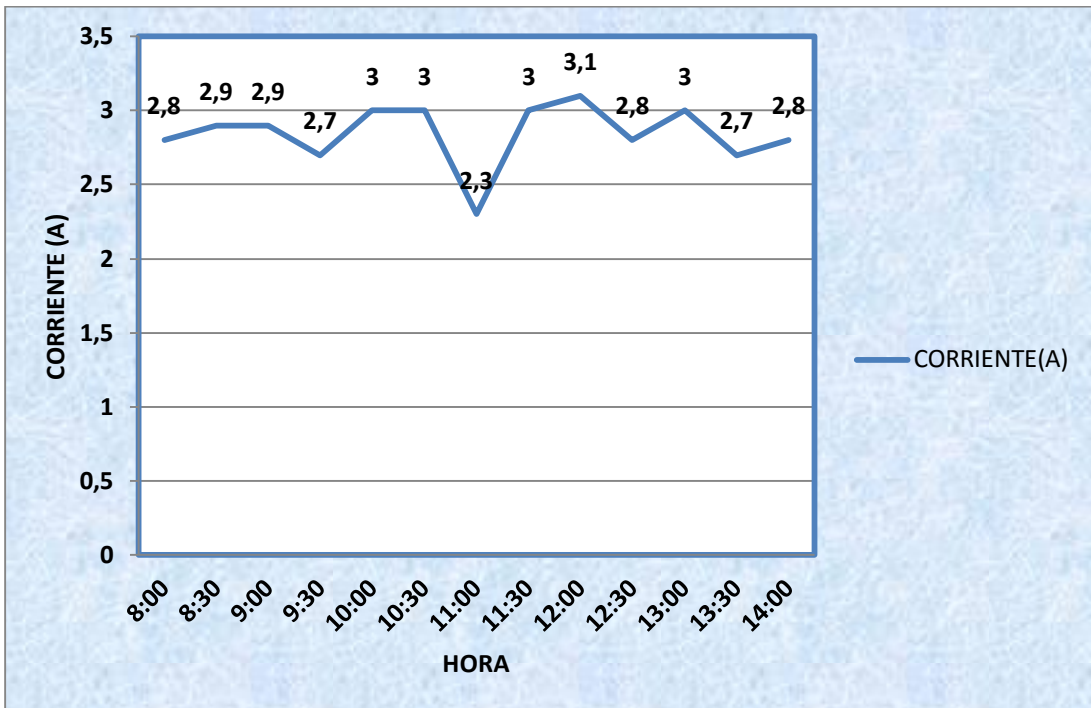
**Tabla 11-3:** Lectura de V y A realizada el 02 de septiembre del 2015

<b>Hora</b>	<b>Voltaje (v)</b>	<b>Corriente(a)</b>
8:00	6.8	2.8
8:30	7.2	2.9
9:00	7.3	2.9
9:30	9.1	2.7
10:00	7.2	3.0
10:30	7.5	3.0
11:00	8.3	2.3
11:30	7.5	3.0
12:00	7.7	3.1
12:30	7.6	2.8
13:00	7.6	3.0
13:30	7.9	2.7
14:00	8.0	2.8

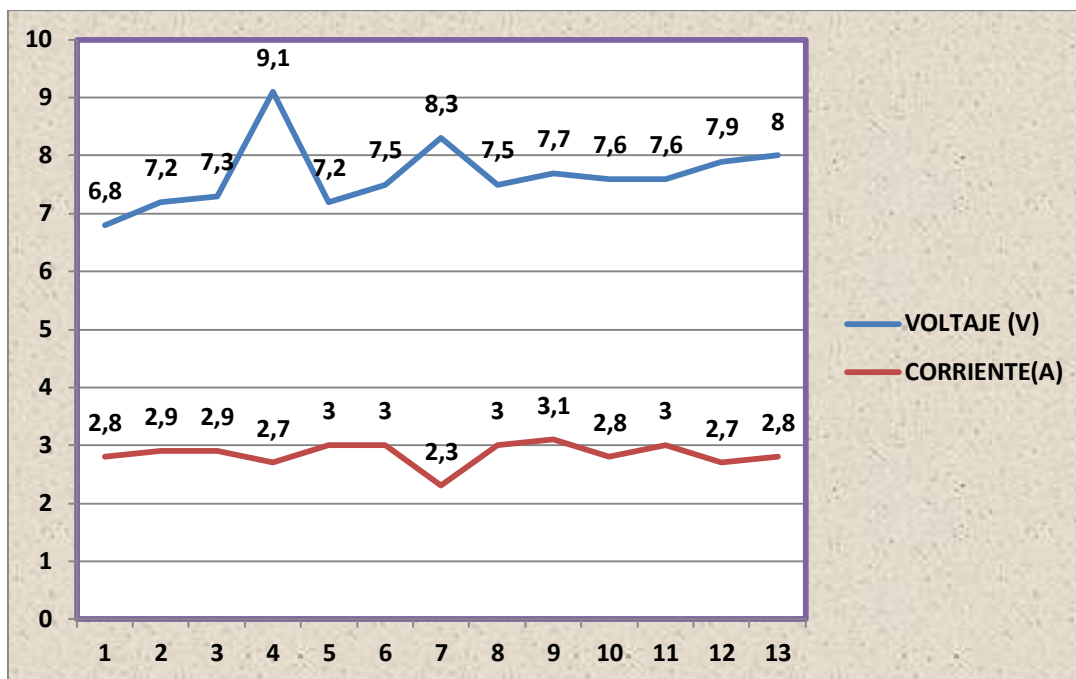
Realizado por: JÁCOME, David. 2015



**Gráfico 8-3:** Variación de V en un solo día de medición 02 de septiembre del 2015  
 Realizado por: JÁCOME, David. 2015



**Gráfico 9-3:** Variación de A en un solo día de medición 02 de septiembre del 2015  
 Realizado por: JÁCOME, David. 2015



**Gráfico 10-3:** V vs A en un solo día de medición 02 de septiembre del 2015  
 Realizado por: JÁCOME, David. 2015

### 3.2.8 Resultados Floculación Iónica y Técnica Fenton

#### 3.2.8.1 Resultados de los análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

**Tabla 12-3:** Resultado de la DQO mediante floculación iónica y técnica fenton

Fecha	Experimentación	Unidad	Resultado	Técnica	Observaciones
16/09/2015	Muestra 4	mg/L	3700	Floculación Iónica y Fenton	Fe SO <sub>4</sub> se colocó 200g H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> se colocó 200 mL

Fuente: CESTTA  
 Realizado por: JÁCOME, David. 2015

En la muestra 4 se ocupa las dos técnicas compuestas floculación iónica y fenton, logrando resultados muy satisfactorios con un valor de 3700 mg/L.

### 3.2.8.2 Resultados de los análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

**Tabla 13-3:** Resultado de la DBO mediante floculación iónica y técnica fenton

Fecha	Experimentación	Unidad	Resultado	Técnica	Observaciones
16/09/2015	Muestra 4	mg/L	1150	Floculación Iónica y Fenton	Fe SO <sub>4</sub> se colocó 200 g H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> se colocó 200 mL

Fuente: CESTTA

Realizado por: JÁCOME, David. 2015

La demanda bioquímica de oxígeno en la muestra 4 se reduce a un más en comparación a la muestra anterior a un valor de 1150 mg/L.

### 3.2.8.3 Resultados de los análisis de los Sólidos Suspendidos Totales (SST)

**Tabla 14-3:** Resultado de los SST mediante floculación iónica y técnica fenton

Fecha	Experimentación	Unidad	Resultado	Técnica	Observaciones
16/09/2015	Muestra 4	mg/L	570	Floculación Iónica y Fenton	FeSO <sub>4</sub> se colocó 200 g, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> se colocó en 200 mL

Fuente: CESTTA

Realizado por: JACOME, David. 2015

Los valores de SST en la muestra 4 presenta un valor de 570 mg/L, como se observa en la tabla 14-3.

### 3.2.9 Resultados Técnica Fenton

#### 3.2.9.1 Resultados de los análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

**Tabla 15-3:** Resultados de la DQO mediante técnica fenton

Fecha	Experimentación	Unidad	Resultado	Técnica	Observaciones
16/09/2015	Muestra 5	mg/L	3650	Fenton	Se utiliza un filtro casero Fe SO <sub>4</sub> se aumentó en 400g H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> se aumentó en 400 mL
05/10/2015	Muestra 6	mg/L	3400	Fenton	FeSO <sub>4</sub> se aumentó en 600 g H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> se aumentó en 600 mL

Fuente: CESTTA

Realizado por: JACOME, David. 2015



**Gráfico 11-3:** Disminución de la concentración de DQO con Técnica fenton

Realizado por: JÁCOME, David. 2015

Para la obtención de los resultados de las muestras 5 y 6 se utiliza la técnica fenton, reduciéndose en la muestra 5 a un valor de 3650 mg/L y como resultado final se obtuvo 3400 mg/L de DQO, como se observa en el gráfico 11-3 .



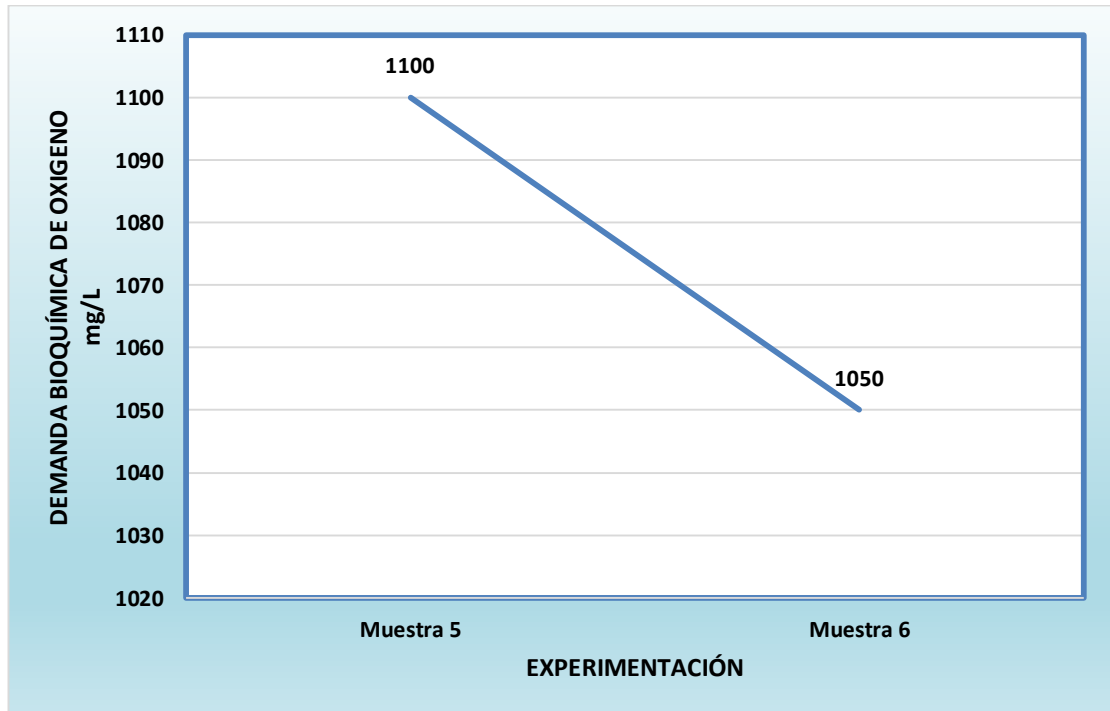
3.2.9.2 Resultados de los análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

**Tabla 16-3:** Resultados de la DBO mediante técnica fenton

Fecha	Experimentación	Unidad	Resultado	Técnica	Observaciones
16/09/2015	Muestra 5	mg/L	1100	Fenton	Se utiliza un filtro casero Fe SO <sub>4</sub> se aumentó en 400g H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> se aumentó en 400 mL
05/10/2015	Muestra 6	mg/L	1050	Fenton	FeSO <sub>4</sub> se aumentó en 600 g H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> se aumentó en 600 mL

Fuente: CESTTA

Realizado por: JÁCOME, David. 2015



**Gráfico 12-3:** Disminución de la concentración de DBO con Técnica fenton

Realizado por: JACOME, David. 2015

Con la técnica fenton la demanda bioquímica de oxígeno se redujo a valores considerables, que al final del proceso en la muestra 6 se obtuvo un valor final de 1050 mg/L.

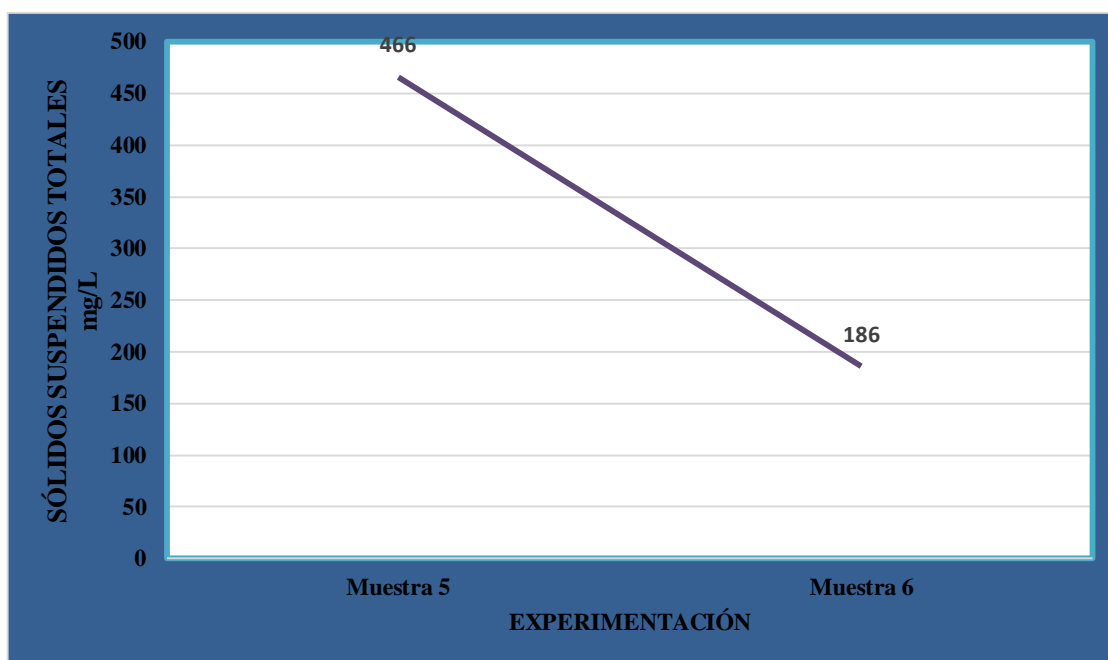
### 3.2.9.3 Resultados de los análisis de los Sólidos Suspendedos Totales (SST)

**Tabla 17-3:** Resultados de los SST mediante técnica fenton

Fecha	Experimentación	Unidad	Resultado	Técnica	Observaciones
16/09/2015	Muestra 5	mg/L	466	Fenton	Se utiliza un filtro casero Fe SO <sub>4</sub> se aumentó en 400g H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> se aumentó en 400 mL
05/10/2015	Muestra 6	mg/L	186	Fenton	Fe SO <sub>4</sub> se aumentó en 600 g H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> se aumentó en 600mL

Fuente: CESTTA

Realizado por: JÁCOME, David. 2015



**Gráfico 13-3:** Disminución de la concentración de SST con Técnica fenton

Realizado por: JÁCOME, David. 2015

El inconveniente presentado de los altos valores de los sólidos suspendedos totales de las muestras anteriores, se logró solucionar con el empleo de la técnica fenton con una reducción de (186 mg/L en la muestra 6), en referencia al valor más alto de la muestra 4 que tenía un valor de 570 mg/L.

### 3.2.10 Resultados Globales

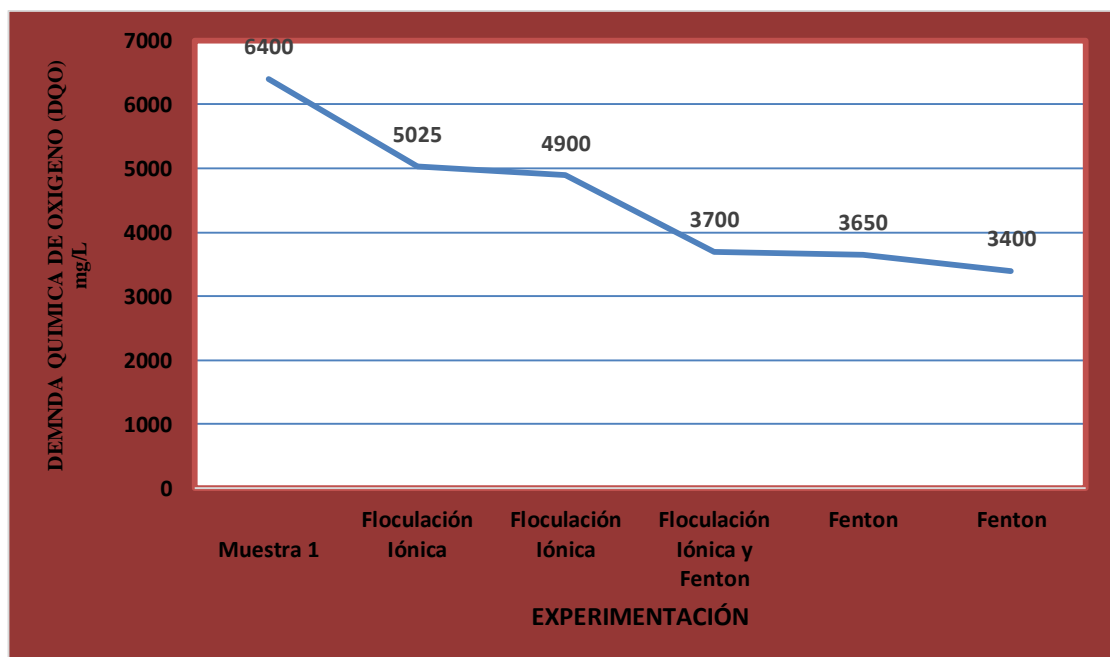
#### 3.2.10.1 Resultados de los análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

**Tabla 18-3:** Resultados de la DQO con las técnicas utilizadas

Fecha	Experimentación	Unidad	Resultado	Técnica	Observaciones
30/07/2015	Muestra 1	mg/L	6400	Ninguna	Concentración Inicial de lixiviado
02/09/2015	Muestra 2	mg/L	5025	Floculación Iónica	
03/09/2015	Muestra 3	mg/L	4900	Floculación Iónica	Se ocupa una bomba para filtrado
16/09/2015	Muestra 4	mg/L	3700	Floculación Iónica y Fenton	FeSO <sub>4</sub> se colocó 200g H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> se colocó 200mL
16/09/2015	Muestra 5	mg/L	3650	Fenton	Se utiliza un filtro casero FeSO <sub>4</sub> se aumentó en 400g H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> se aumentó en 400 mL
05/10/2015	Muestra 6	mg/L	3400	Fenton	FeSO <sub>4</sub> se aumentó en 600g H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> se aumentó en 600 mL

Fuente: CESTTA

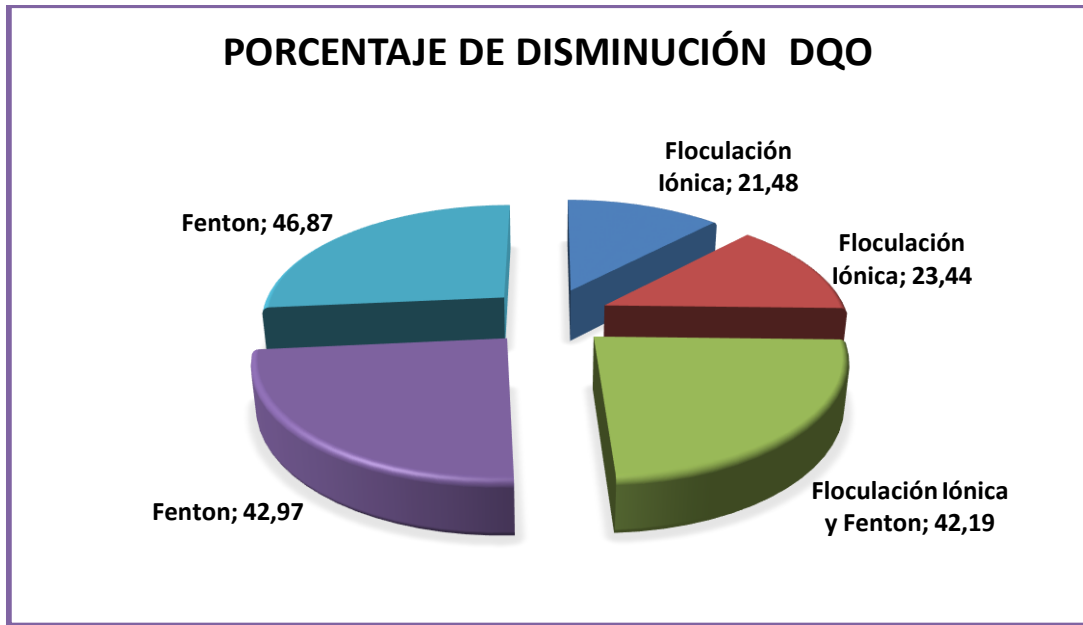
Realizado por: JÁCOME, David. 2015



**Gráfico 14-3:** Disminución de la concentración de DQO con cada técnica utilizada

Realizado por: JÁCOME, David. 2015

Los resultados iniciales del lixiviado del relleno sanitario del cantón Salcedo, demuestra que partimos con una demanda química de oxígeno de 6400 mg/L, con las diferentes técnicas utilizadas los resultados disminuyeron. En la gráfica 15-3 se muestra en porcentajes la disminución de DQO a partir de la muestra 2.



**Gráfico 15-3:** % de disminución de la concentración DQO con cada técnica utilizada  
Realizado por: JÁCOME, David. 2015

Después de haber realizado los diferentes procesos de depuración del lixiviado del relleno sanitario del cantón Salcedo, observamos que partimos con un valor de demanda química de oxígeno de 6400 mg/L, después de aplicar floculación iónica se obtuvo un porcentaje de remoción de 21.48%, y que después de aplicar las diferentes técnicas floculación iónica y fenton compuestas e individuales se logró como resultado final una remoción de DQO en 3400 mg/L que representa un porcentaje de 46.87%.

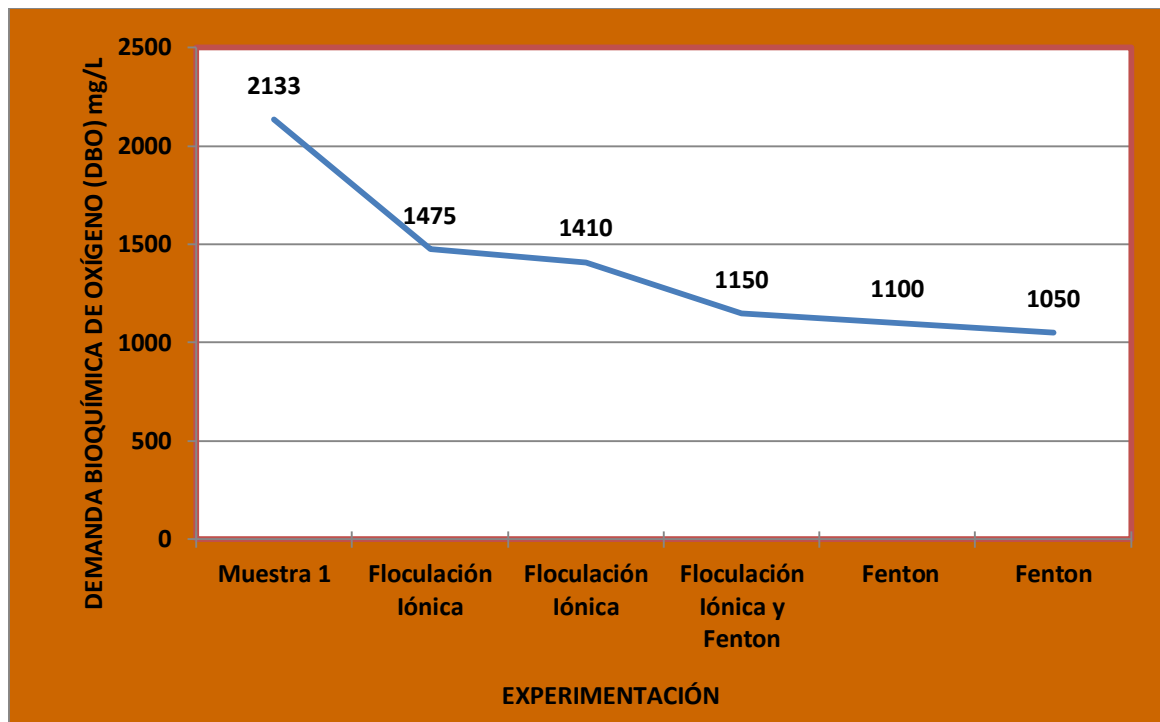
3.2.10.2 Resultados de los análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

**Tabla 19-3:** Resultados de la DBO con las técnicas utilizadas

Fecha	Experimentación	Unidad	Resultado	Técnica	Observaciones
30/07/2015	Muestra 1	mg/L	2133	Ninguna	Concentración Inicial de lixiviado
02/09/2015	Muestra 2	mg/L	1475	Floculación Iónica	
03/09/2015	Muestra 3	mg/L	1410	Floculación Iónica	Se ocupa una bomba para filtrado
16/09/2015	Muestra 4	mg/L	1150	Floculación Iónica y Fenton	FeSO <sub>4</sub> se colocó 200 g H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> se colocó 200 mL
16/09/2015	Muestra 5	mg/L	1100	Fenton	Se utiliza un filtro casero FeSO <sub>4</sub> se aumentó en 400g H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> se aumentó en 400mL
05/10/2015	Muestra 6	mg/L	1050	Fenton	FeSO <sub>4</sub> se aumentó en 600g H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> se aumentó en 600 mL

Fuente: CESTTA

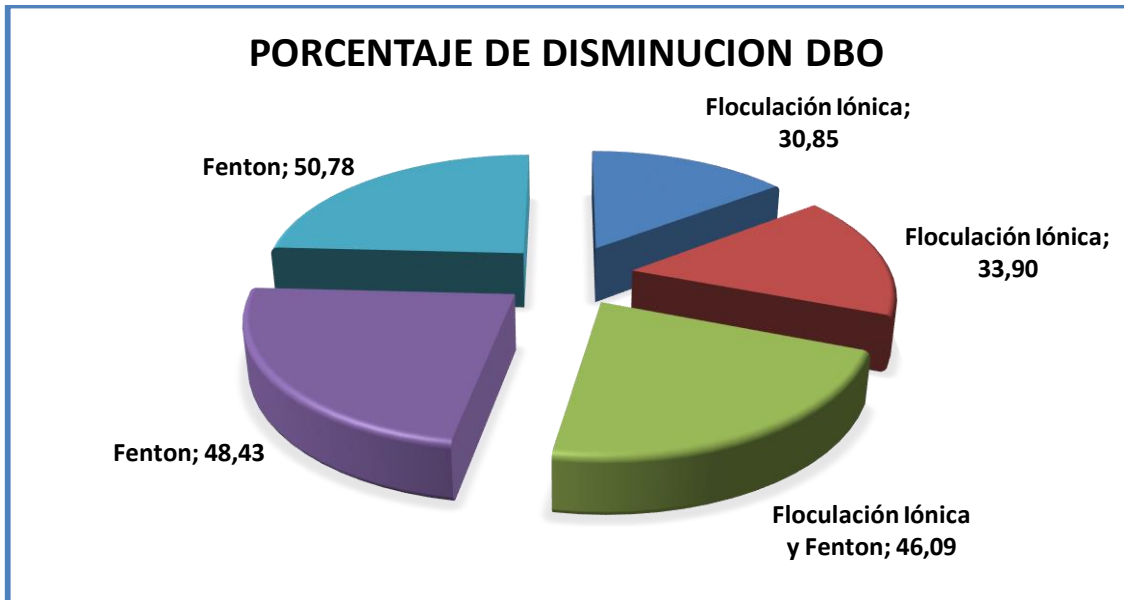
Realizado por: JÁCOME, David. 2015



**Gráfico 16-3:** Disminución de la concentración de DBO con cada técnica utilizada

Realizado por: JÁCOME, David. 2015

Cuando se recogió la primera muestra de lixiviado del relleno sanitario del cantón Salcedo y se envió a analizar en el laboratorio, el resultado de DBO fue de 2133 mg/L. Para cada muestra se aplicó diferentes técnicas, logrando reducir la concentración de DBO en 1050 mg/L como valor final.



**Gráfico 17-3:** % de disminución de la concentración DBO en cada muestra analizada  
Realizado por: JÁCOME, David. 2015

En la gráfica 17-3, observamos que para obtener la muestra 2, se aplicó la técnica de floculación iónica al lixiviado reduciéndose en 30.85% (1475 mg/L), posteriormente a este líquido se aplicó floculación iónica y fenton en forma individual y compuesta, en cada uno de estos procesos se obtuvo una remoción, obteniéndose como valor final un porcentaje de remoción de 50.78% (1050 mg/L) de disminución de DBO.

### 3.2.10.3 Resultados de los análisis de los Sólidos Suspendedos Totales (SST)

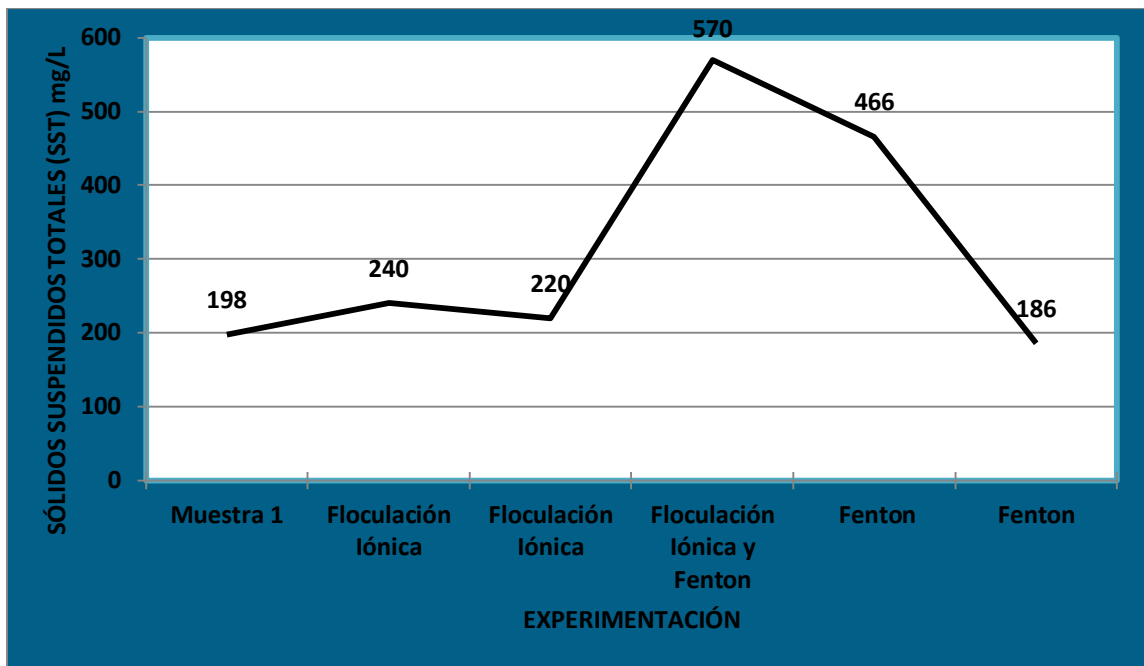
**Tabla 20-3:** Resultados de los SST con las técnicas utilizadas

Fecha	Experimentación	Unidad	Resultado	Técnica	Observaciones
30/07/2015	Muestra 1	mg/L	198	Ninguna	Concentración Inicial de lixiviado
02/09/2015	Muestra 2	mg/L	240	Floculación Iónica	
03/09/2015	Muestra 3	mg/L	220	Floculación Iónica	Se ocupa una bomba para filtrado
16/09/2015	Muestra 4	mg/L	570	Floculación Iónica y Fenton	FeSO <sub>4</sub> se colocó 200 g H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> se colocó en 200 mL
16/09/2015	Muestra 5	mg/L	466	Fenton	Se utiliza un filtro casero FeSO <sub>4</sub> se aumentó en 400g H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> se aumentó en 400 mL
05/10/2015	Muestra 6	mg/L	186	Fenton	FeSO <sub>4</sub> se aumentó en 600g H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> se aumentó en 600 mL

Fuente: CESTTA

Realizado por: JÁCOME, David. 2015

Para tener un punto de partida en lo que respecta a los sólidos suspendidos totales del lixiviado del relleno sanitario, se entregó una muestra para ser analizada y el resultado que se obtuvo fue de 198 mg/L. Los datos indican que han aumentado a un máximo de 570 mg/L y luego otra vez decayó a un valor de 466 mg/L, preocupados por estos valores se tomaron correctivos, con lo cual el resultado final fue satisfactorio con un valor de 186 mg/L.



**Gráfico 18-3:** Disminución de la concentración de SST con cada técnica utilizada  
 Realizado por: JÁCOME, David. 2015

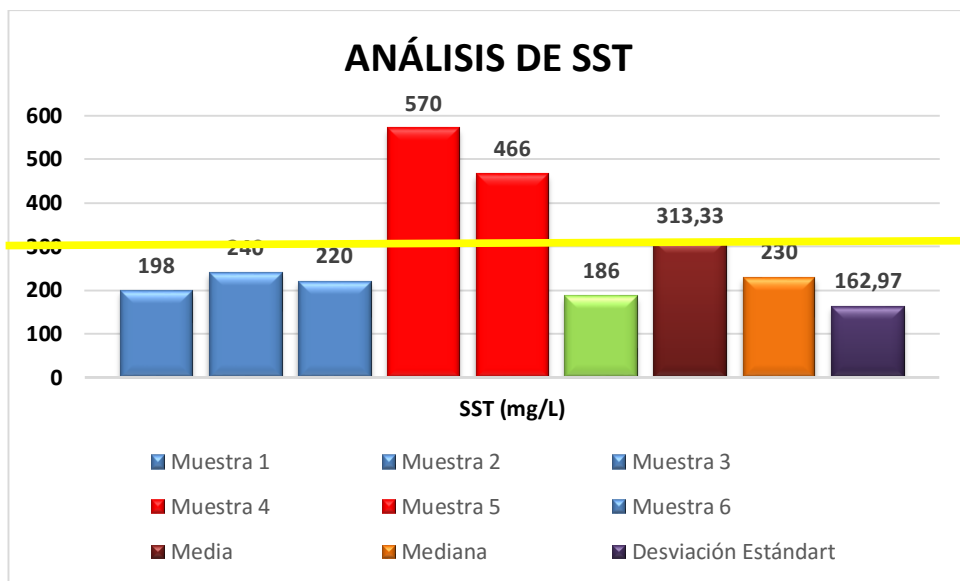
En la gráfica 18-3 de los sólidos suspendidos totales (SST), se observa una variación de concentración de SST, con un valor máximo de 570 mg/L correspondiente a la muestra 4 y un valor mínimo de 186 mg/L correspondiente a la muestra 6. Debido a esta variación sometimos los datos al cálculo de la media, mediana y desviación estándar.

**Tabla 21-3:** Análisis de media, mediana y desviación estándar de SST

Experimentación	SST (mg/L)
Muestra 1	198
Muestra 2	240
Muestra 3	220
Muestra 4	570
Muestra 5	466
Muestra 6	186
Media	313.33
Mediana	230
Desviación Estándar	162.97

Realizado por: JÁCOME, David. 2015





**Gráfico 19-3:** Variación de la concentración SST  
 Realizado por: JÁCOME, David. 2015

En la gráfica 19-3 observamos que la línea amarilla representa la media de la concentración de SST la cual tiene un valor de 313.33 mg/L, las barras de color rojo nos indican los valores que se encuentran fuera de rango, y el resultado final está representado con la barra de color verde.

### 3.3 Propuesta

El lixiviado que se produce en el relleno sanitario del cantón Salcedo no recibe ningún tratamiento de remediación ambiental, lo que genera una alta contaminación tanto del aire, suelo, agua debido a la desintegración natural de los residuos orgánicos e inorgánicos, el lixiviado contienen gran cantidad de contaminantes, esto se ve reflejado en los análisis de laboratorio por lo cual se vio la necesidad de ejecutar un tratamiento adecuado a este líquido de contaminación peligrosa.

El mejoramiento de la calidad de lixiviado se mejorara con la utilización de Floculación Iónica y Técnica Fenton en el relleno sanitario como alternativa al tratamiento, ya que de acuerdo a estudios y referencias internacionales son muy viables en el proceso de tratamiento de la calidad del lixiviado. Planteo la utilización de la técnica de floculación iónica como tecnología de remediación del lixiviado en sitios de disposición final, esta técnica ya se ha utilizado con buenos resultados en otros países en la remediación de aguas residuales y de regadío.

El proyecto pretende desarrollar la técnica de floculación iónica en otro ámbito todavía no explorado internacionalmente, ni en nuestra nación, como es el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios con altas concentraciones de DQO, DBO y SST. Además la investigación demuestra que en el proceso de floculación iónica los costos de operación y mantenimiento son muy bajos, y no necesita grandes espacios para la colocación del prototipo por lo que su implantación no generara inconvenientes ya sean del tipo físico, infraestructura, y daños a trabajadores.

Para disminuir aún más los parámetros contaminantes del lixiviado, propongo la utilización de la Técnica Fenton en el relleno sanitario del cantón Salcedo, que ha sido utilizada con éxito en el tratamiento de lixiviados, para lo cual es necesario suministrar las dosis óptimas de sulfato de hierro y peróxido de hidrogeno.

### 3.4 Análisis y Discusión de Resultados

#### 3.4.1 Análisis de Resultados

##### Técnica Floculación Iónica

Esta técnica consiste en aplicar bajos voltajes a floculadores que se encuentran sumergidos en el tanque reservorio de lixiviados, que son los encargados de retener sólidos y transformarles en lodos inertes, para su posterior tratamiento. En nuestro proyecto ocupamos un contenedor de 220 L, al cual colamos seis floculadores, que durante el tiempo de prueba se fueron realizando cambios de acuerdo a los resultados entregado por el laboratorio.

**Tabla 22-3:** Muestras antes y después de los tratamientos aplicados

Parámetro	Antes	Después
DQO	6400 mg/L	3400 mg/L
DBO	2133 mg/L	1050 mg/L
SST	198 mg/L	186 mg/L

Fuente: CESTTA

De acuerdo a los datos de la tabla 22-3 entregada por el laboratorio, dan como resultado que DQO y DBO se redujo notablemente las concentraciones, después de haber puesto en funcionamiento el prototipo que está conformado por la fuente de voltaje y los floculadores. La concentración inicial de los valores SST fue de 198 mg/L, este valor es muy alto por lo que esta fuera del límite máximo permisible que exige el TULSMA.

Por este inconveniente los resultados de los sólidos suspendidos totales fueron inversos a los de DQO y DBO, debido a la adherencia de sólidos externos menos densos (sólidos volátiles) existentes en el medio donde se realizó la investigación. Para solucionar este problema de la excesiva concentración de sólidos suspendidos totales de nuestro lixiviado a tratar, se tomó como referencia los resultados de la muestra 2 donde se obtuvo un valor de SST de 240 mg/L.

La alternativa fue que en la muestra 3 se ocupó una bomba y un filtro, con lo cual se consiguió disminuir los valores de SST a un valor de 220 mg/L. Otro método para resolver este inconveniente fue la aplicación de la técnica Fenton individual con dos dosis, con lo cual se obtuvo un resultado final de 186 mg/L con una reducción en porcentaje de 67.36%, si tomamos como punto de partida el valor máximo de 570 mg/L que corresponde a la muestra 4.

### **Floculación iónica y Fenton**

En el desarrollo del presente trabajo surgió la necesidad de experimentar las dos técnicas juntas, como una forma de obtener resultados alentadores al combinar floculación iónica con una sola dosis de reactivo fenton sulfato de hierro y peróxido de hidrogeno 200 g y 200 mL respectivamente logrando disminuir la concentración de DQO, DBO, demostrando que las dos técnicas pueden trabajar conjuntamente.

### **Técnica Fenton**

El pH del lixiviado del relleno sanitario del cantón Salcedo se encontraba en un rango ácido lo que favoreció la aplicación del reactivo fenton debido a que cumple con los requisitos para su puesta en práctica, no teniendo que realizar ningún ajuste del pH al lixiviado. Se aplicó dos dosis independientes de reactivo fenton para tratar el lixiviado del relleno sanitario, la primera dosis fue de peróxido de hidrogeno y sulfato de hierro de 400 mL y 400 g respectivamente y la última dosis de 600 mL y 600 g, obteniendo un porcentaje de remoción final de DQO de 46.87% y de DBO de 50.78% y SST 67.36% demostrando que el proceso fenton fue aplicado de manera correcta.

### 3.4.2 *Discusión de Resultados*

La información de la caracterización del lixiviados del relleno sanitario situado en San Pedro de Jachaguango del cantón Salcedo, se muestran a continuación en la tabla 23-3, en donde se registran valores mínimos, máximos, valores promedios y la desviación estándar, de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST) pertenecientes al año 2015.

Las técnicas de Floculación Iónica y Fenton, individuales y combinadas, utilizadas en el proceso de tratamiento del lixiviado del relleno sanitario del cantón Salcedo, resultaron ser muy apropiadas, las adaptaciones de los floculadores conjuntamente con el aumento de las dosis de la reacción fenton, se logró reducir la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en un porcentaje de 46.87%, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) se redujo en un porcentaje de 50.77%.

En donde se obtuvo inconvenientes durante la investigación, fueron en el tratamiento de Sólidos Suspendidos Totales. Partimos con un valor inicial, muestra 1 de 198 mg/L, en la muestra 2 sube a 240 mg/L, por esta razón se decide emplear una bomba y un filtro, con el cual se reduce en la muestra 3 a un valor de 220 mg/L, pero este valor no fue el esperado, se desecha esta solución, cuando nos entregan los resultados de la muestra 4 en el que se incrementa exageradamente a un valor de 570 mg/L, nos sirvió de alerta para tomar los correctivos necesarios, se analiza el proceso de funcionamiento del prototipo, y se percata que los floculadores conectados a negativo de la fuente no adherían los flóculos del lixiviado, con esta novedad se decide ir conectando los otros dos floculadores progresivamente al positivo de la fuente, y el otro quedando de referencia.

La adición de los floculadores y el incremento de las dosis de reactivo fenton se inició con un valor de 200 g  $\text{FeSO}_4$  y 200ml  $\text{H}_2\text{O}_2$ , los reactivos fenton se incrementaron consecutivamente hasta llegar a un valor final de 600 g  $\text{FeSO}_4$  y 600ml de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , se consigue reducir los Sólidos Suspendidos Totales hasta un valor final indicado en la muestra 6 de 186 mg/L.

El relleno sanitario entro en funcionamiento en septiembre del 2009, teniendo 6 años de vida útil, de acuerdo a esta característica y después de haber ocupado las diferentes técnicas para reducir la concentraciones de DQO, DBO y SST, se obtuvo el índice de biodegradabilidad con un valor de 0.30 que es un valor bajo, con este resultado no es factible ocupar procesos biológicos, el rango que se recomienda para ocupar microorganismos es de un IB de 0.4–0.5 según (Millot et al., 1986,) y de acuerdo a (Mendez et al., 2010) el valor del índice de biodegradabilidad debe ser superior a 0.4.

**Tabla 23-3:** Porcentaje de remoción en el lixiviado del relleno sanitario del cantón Salcedo

Parámetro	Unidad	Valores				% Remoción
		VALOR PROMEDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	DESVIACION ESTÁNDAR	
DQO	mg/L	4513	3400	6400	1150.41	46.87
DBO	mg/L	1386.33	1050	2133	404.2	50.78
SST	mg/L	313.33	186	570	163	67.36

Realizado por: JÁCOME, David. 2015

El lixiviado del relleno sanitario del cantón Salcedo fue tratado en primer instancia con floculación iónica, obteniéndose eficiencias de remoción de DQO 46.87%, DBO 50.78% y SST 67.36% (tabla 23-3). Primeramente vamos a comparar con una técnica parecida a la floculación que es la electrocoagulación la que se implementó al lixiviado formado en el relleno sanitario del Inga Quito- Ecuador, los dos proceso funcionan bajo el mismo principio a bajos voltajes.

El lixiviados del relleno sanitario del Inga poseen concentraciones parecidas a la del lixiviado del relleno sanitario del cantón Salcedo, según (Guanolisa, Lorena. 2012) consiguió resultados de remoción de DQO 18.7%, DBO 50% y SST 32.9% (tabla 24-3). Demostrando que la técnica de floculación iónica es más efectiva para proceso de remediación de lixiviados obteniendo mejores resultados en DQO y SST por los obtenidos por proceso de electrocoagulación.

**Tabla 24-3:** Características del lixiviado tratado por electrocoagulación en el relleno sanitario del Inga Quito – Ecuador

Parámetro	Unidad	Lixiviado inicial	Lixiviado tratado	% Remoción
DBO	mg/L	3675	1837	50
DQO	mg/L	6750	5490	18.7
SST	mg/L	710	571	32.9

Fuente: GUANOLISA, Lorena. 2012

En la tabla 23-3 se presenta que las eficiencias de remoción de DQO, DBO y SST por medio de floculación iónica se encuentran por encima de experiencias internacionales según (REYES

ÁVILA Deisy, y MERCADO MARTÍNEZ Iván, 2003) del relleno sanitario de la Esmeralda- Manizales Colombia se obtuvieron porcentajes de remoción de DBO 4.17 %, DQO 6.55 y SST 19.19% por medio de electrocoagulación, alcanzando mejores resultados en el lixiviado de Salcedo por medio de floculación iónica sin embargo los valores finales del proceso continúan elevados por lo que el lixiviados no pueden ser descargados a cuerpos de agua.

Demostrando con esto que es más efectivo el diseño de floculadores de acero inoxidable de 90cm de largo por 5cm de diámetro, que placas de aluminio de 7.5 cm x 5 cm x 0.1 cm y 15.5 cm x 6 cm x 0.3 cm para el tratamiento de lixiviados, debido a que los floculadores adhieren más carga contaminante.

**Tablas 25 -3:** Porcentaje de remoción por electrocoagulación en el lixiviado del relleno sanitario Esmeralda – Manizales Colombia

Parámetro	Unidad	Lixiviado inicial	Lixiviado tratado	% Remoción
DBO	mg/L	4800	4600	4.17
DQO	mg/L	7133.95	6666.15	6.55
SST	mg/L	396	320	19.19

Fuente: REYES ÁVILA Deisy, MERCADO MARTÍNEZ Iván, 2003

Nuestro rango de DBO estuvo entre 2133 - 1050 mg/L, se logró atenuar en 50. 77%, muy por debajo de (CHAVARRO, Mauricio. 2006) del relleno sanitario la glorita Pereira – Risaralda Colombia, que está en una rango de 430.81-28.81 mg/L con una atenuación de 93.48% (tabla 26-3), lo mismo ocurre con (NÁJERA, H. 2009) relleno sanitario de Tuxtla Gutiérrez-Chiapas México, que está en un rango de 1301- 103.5 mg/L la cual obtuvo una eficacia del 92% (tabla 27 - 3).

**Tablas 26-3:** Porcentaje de remoción por FAFA en lixiviados del relleno sanitario la glorita de Pereira – Risaralda

Parámetro	Unidad	Valor inicial	Valor final	% Remoción
DQO	mg/L	8629.17	3211.67	62.78
DBO	mg/L	430.81	28.81	93.48
SST	mg/L	390.13	101.60	73.95

Fuente: CHAVARRO, Mauricio. 2006

**Tablas 27 -3:** Porcentaje de remoción por proceso fisicoquímico en el lixiviado del relleno sanitario de Tuxtla Gutiérrez-Chiapas México

Parámetro	Unidad	Valores				% Remoción
		VALOR PROMEDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
DQO	mg/L	6177.8	4657.5	7102	84.273	34
DBO	mg/L	926.8	103.5	1301	36.069	92
SST	mg/L	559.25	37.5	2730	1275.2	98.62

Fuente: NÁJERA, H. 2009

Nuestros resultados de DBO son considerablemente buenos con un tanto por ciento del 50.78 de disminución de DBO, muy por encima si observamos la información de (REYES ÁVILA Deisy, y MERCADO MARTÍNEZ Iván, 2003) del relleno sanitario La Esmeralda – Manizales – Colombia, sus concentración se encuentra en un rango 4800 – 4600 mg/L con apenas un 4.1% de eliminación. Al igual conseguimos una buena cantidad de remoción, si miramos la investigación ejecutada por (MÉNDEZ et al., 2010) su rango es de 580 – 335 mg/L con un 42% de efectividad. (Tabla 28 – 3).

**Tabla 28 -3:** Porcentaje de remoción por proceso fenton en el lixiviado del relleno sanitario de Mérida – Yucatán México

Parámetro	Unidad	Valor inicial	Valor final	% de Remoción
DQO	mg/L	17450	4000	77
DBO	mg/L	580	335	42

Fuente: MÉNDEZ et al., 2010

Los valores obtenidos en el tratamiento del relleno sanitario del cantón Salcedo con lo que respecta a DQO obtuvimos un rango desde 6400 – 3400 mg/L con una reducción del 46.87%. Si nos percatamos con (NÁJERA, H. 2009) del relleno sanitario de Tuxtla Gutiérrez-Chiapas México con datos del rango entre 7102 – 4657.5 mg/L con una equivalencia de disminución de contaminantes del 34% nuestros logros alcanzados son rescatables de acuerdo a este artículo científico.

Todo lo contrario acontece con (CRUZ, Marbella. 2011) del relleno sanitario de Bordo Poniente con un rango que oscila de 4156.15 – 332.492 que nos da un porcentaje de remoción del 92% (tabla

29-3) muy superior a los obtenidos en el lixiviado del relleno sanitario del cantón Salcedo Cotopaxi – Ecuador.

**Tablas 29 -3:** Porcentaje de remoción por proceso fenton en el lixiviados del relleno sanitario Bordo Poniente

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor inicial</b>	<b>Valor final</b>	<b>% de Remoción</b>
DQO	mg/L	4156.15	332.492	92
DBO	mg/L	398.51	150	62

Fuente: CRUZ, Marbella. 2011

En el tratamiento del lixiviado del relleno sanitario del cantón Salcedo, fueron los valores de los sólidos suspendidos totales que variaron considerablemente, alcanzando un valor máximo de 570 mg/L , aplicando los diferentes procesos de remediación se llegó a reducir a 186 mg/L equivalente a un porcentaje del 67.36 % de remoción, resultados satisfactorios si comparamos con (GUANOLISA, Lorena. 2012) relleno sanitario del Inga Quito – Ecuador que sus datos indican estar en un rango 710-571 mg/L con una eficacia del 32.9 %,

Al igual sucede si cotejamos con (REYES ÁVILA Deisy, y MERCADO MARTÍNEZ Iván, 2003) del relleno sanitario de La Esmeralda – Manizales Colombia que sus valores de SST permanecieron en un rango de 396 – 320 mg/L con un porcentaje de eliminación de 19.19 %. Los valores obtenidos de SST son muy elevados con un 67.36% de reducción, si comparamos con (CHAVARRO, Mauricio. 2006) relleno sanitario de la glorita Pereira – Risaralda Colombia, cuyo rango de SST está entre 390.13 – 101.60 con 73.95% de remoción.

Estos resultados son buenos si comparamos con los nuestros, los mejores resultados son conseguidos en la investigación realizada por (NÁJERA, H. 2009) del relleno sanitario de Tuxtla Gutiérrez-Chiapas México que tiene un rango de 2730 – 37.5 mg/ L con una eliminación de sólidos de 98.62%.



### 3.5 Presupuesto proceso de floculación iónica y técnica fenton

**Tabla 30-3:** Costo de los materiales del equipo de floculación iónica

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total
Bidón de 220 L	1	\$ 45	\$ 45
Tubo de acero inoxidable (m)	3	\$ 96.66	\$ 290
Tubo hueco (m)	3	\$ 96.66	\$ 290
Cable # 14 AWG	10	\$ 0.15	\$ 1.15
Estilete	1	\$ 0.50	\$ 0.50
Pinzas	1	\$ 2.00	\$ 2.00
Multímetro	1	\$ 5.00	\$ 5.00
Arandelas para pernos de ½	6	\$ 0.15	\$ 0.90
Pernos de media de 3 pulgadas	6	\$ 0.25	\$ 1.5
Taype	1	\$ 2.00	\$ 2.00
Fuente de voltaje	1	\$ 100	\$ 100
Llave inglesa de ½	1	\$10	410
Guantes de látex	2	\$0.20	\$0.40
Flexómetro	1	\$5	\$5
Bomba de succión de agua de 1/2 hp	1	\$50	\$50
Filtro	1	\$17	\$17
Manguera plástica de media (m)	4	\$ 0.25	1
Teflón	1	\$1.25	\$1.25
Acoples de media	2	\$0.25	\$0.50
Collarines de media	2	\$0.25	\$0.50
Llave de tubo	1	\$12	\$12
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>\$738.05</b>

Realizado por: JÁCOME, David. 2015

**Tabla 31-3:** Costos mano de obra

Descripción	Costo / día
1 mecánico	\$ 30
Costo total	\$ 30

Realizado por: JÁCOME, David. 2015

**Tabla 32-3:** Costo proceso fenton

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total
Balanza digital	1	\$ 15	\$ 15
Vaso de precipitación de 200 (mL)	1	\$ 5	\$ 5
Erlenmeyer de 2000 (mL)	1	\$ 8	\$ 8
Sulfato de hierro(g)	600	\$ 0.25	\$ 150
Peróxido de hidrogeno (mL)	600	\$ 0.22	\$ 131
COSTO TOTAL			\$ 309

Realizado por: JÁCOME, David. 2015

**Tabla 33-3:** Materiales de campo

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total
Cuaderno	1	\$ 1.50	\$ 1.50
Esfero	1	\$ 0.45	\$ 0.45
Cooler	1	\$ 40	\$ 40
Hielo	2	\$ 0.50	\$ 1.00
Recipiente para el muestreo	2	\$ 0.10	\$ 0.20
Guantes de látex	2	\$ 0.20	\$ 0.40
COSTO TOTAL			\$ 43.55

Realizado por: JÁCOME, David. 2015

**Tabla 34-3:** Análisis de laboratorio

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Total</b>
Solidos suspendidos totales	6	\$17	\$102
Demanda química de oxígeno	6	\$17	\$102
Demanda bioquímica de oxígeno	6	\$8.50	\$51
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>\$255</b>

Realizado por: JÁCOME, David. 2015

**Tabla 35-3:** Costo total del proyecto

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Total</b>
1	Costo de los materiales del equipo de floculación iónica	\$ 738.05
2	Costos mano de obra	\$ 30
3	Costo proceso fenton	\$ 309
4	Materiales de campo	\$ 43.55
5	Análisis de laboratorio	\$255
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>1375.6</b>

Realizado por: JÁCOME, David. 2015

## CONCLUSIONES

- La investigación se fundamentó en aplicar tecnologías novedosas, efectivas, no desarrolladas en el país, y de alto rendimiento para una futura aplicación al lixiviado del relleno sanitario del cantón Salcedo y de esta manera ofrecer una mejor alternativa de tratamiento.
- La aplicación de floculación iónica y técnica fenton al lixiviado, disminuyó paulatinamente los olores desagradables, causado por los desechos arrojados en el relleno sanitario.
- Las variaciones de corriente dependieron de los floculadores conectados a positivo, se determinó que a mayor cantidad de sólidos adheridos a los floculadores, se obtiene una mayor corriente.
- La variación de voltaje variaba para compensar el incremento de corriente, que a su vez depende de cuán sucios estén los floculadores.
- Al proceso de floculación se aplicó voltajes de corriente continua a los floculadores en un rango entre 3.0 voltios y 9.0 voltios y los valores de corriente en un rango de 2.1 a 4.6 amperios.
- La floculación iónica es un proceso de bajo costo, lo cual se demostró mediante el cálculo de consumo eléctrico generado durante el proceso de investigación con un periodo de duración de 28 días, el valor a pagar por consumo de energía es \$ 0.30.
- La concentración de la Demanda Química de Oxígeno post-tratamiento presenta un valor de 6400 mg/L y después de aplicar la técnica de floculación iónica y fenton, en forma compuesta e individual se obtuvo un valor de 3400 mg/L que representa un porcentaje de remoción de DQO de 46.87%.
- Al realizar una comparación de la concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno post-tratamiento presenta un valor de 2133 mg/L y después de aplicar la técnica de floculación iónica y fenton, en forma compuesta e individual se obtuvo un valor de 1050 mg/L con un porcentaje de reducción de 50.78%.

- Los porcentajes de concentración se redujo: DQO en 46.87%, DBO en 50.78%, y SST 67.36% lo que nos quiere decir que las técnicas utilizadas dieron resultado para este tipo de lixiviado.
- La concentración final de los valores SST fue de 186 mg/L, este valor es muy alto dentro del límite máximo permisible para líquidos a tratar.
- Los valores de SST en las cuatro primeras muestras tienen valores muy variables y que no están de acuerdo a las normas TULSMA, después de un larga investigación y análisis, se aumentó el número de floculadores y se incrementaron las dosis del reactivo fenton con lo cual se consiguió bajar del valor máximo de 570 mg/L a un valor final de 186 mg/L, equivalente a un porcentaje 67.36%.
- Los resultados finales de DQO, DBO y SST no están dentro del límite máximo permisible exigido por la normativa ambiental ecuatoriana. Para optimizar las características de los parámetros analizados es necesario, aumentar el tiempo de tratamiento, incrementando floculadores y dosis de reactivo fenton. Con este proceso de mejoramiento de la calidad del lixiviado, se puede purificar agua totalmente contaminada en agua para consumo humano.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el GAD Municipal, ejecute el tema de investigación “Tratamiento de lixiviados del relleno sanitario del cantón Salcedo Provincia de Cotopaxi mediante Floculación iónica y Técnica Fenton en el año 2015” para salvaguardar a los poblados que se encuentra a los alrededores del relleno sanitario.
- Informar a las autoridades pertinentes del GAD Municipal de Salcedo, de los resultados satisfactorios logrados en el tratamiento del lixiviado del relleno sanitario.
- Los representantes del cabildo deben incrementar el presupuesto, para mejorar las instalaciones del relleno sanitario y conseguir un tratamiento adecuado al lixiviado, para disminuir la contaminación ambiental.
- Crear abonos verdes mediante la optimización de los procesos de tratamiento de los desechos orgánicos, para generar ingresos financieros y poder sustentarse económicamente el relleno sanitario.
- Para evitar la generación de lixiviados en mayor cantidad sería aconsejable generar campañas de reciclaje para la ciudadanía del cantón Salcedo por parte del GAD municipal.
- Dotar de servicios básicos como son agua y energía eléctrica al relleno sanitario para procesos de tratamiento de la basura.
- Es aconsejable ajustar todos los terminales eléctricos del equipo de floculación iónica, para obtener un mejor contacto y evitar de esta manera altos consumos de energía y daños al sistema.
- Para evitar el aumento de los sólidos volátiles, el recipientes de estar herméticos cerrados
- Al transcurrir el tiempo de funcionamiento del prototipo, se observó que a los siete días los floculadores se encuentran sobrecargado de sólidos, con lo cual descubrimos que la frecuencia de limpieza era necesario realizarlo a los siete días.

- Para ocupar fenton se recomienda primeramente realizar una medición de pH, y ejecutar este proceso si se encuentra en un rango ácido.
- Adherir las dosis óptimas de reactivo fenton, para obtener una mejor remoción de DBO, DQO y SST.
  
- Se recomienda no aplicar procesos biológicos al lixiviado del relleno sanitario del cantón Salcedo ya que su índice de biodegradabilidad (IB) tiene un valor de 0.30 y está por debajo de las normas establecidas.
  
- Después de la experimentación en la cual se empleó las dos técnicas de remediación ambiental, se lograron resultados satisfactorios, que pueden servir para tratamientos posteriores en lixiviados a nivel del país.

## BIBLIOGRAFÍA:

- **ARIAS Pamela, & SEILLES Marine.** Revista. *Información Ambiental en hogares 2014*. Quito. – Ecuador. 2014. pp. 17- 45  
[http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Encuestas\\_Ambientales/Hogares\\_2014/Documento\\_tecnico\\_Modulo\\_Ambiental\\_Hogares\\_2014.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Encuestas_Ambientales/Hogares_2014/Documento_tecnico_Modulo_Ambiental_Hogares_2014.pdf)  
2014- 04- 25
- **BERTOLINO, R.** Revista. *Participación ciudadana y gestión integral de residuos sólidos 2014*. Buenos Aires-Argentina. 2000. pp 1-17.  
2014-09-28
- **CEPEDA MIRANDA, María.** Informe. *Informe de gestión del año 2014 de la Dirección Provincial del Ambiente de Cotopaxi*. Cotopaxi-Ecuador 2014. pp.5-15  
[http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/Informe\\_de\\_rendici%C3%B3n\\_de\\_cuentas\\_20141.pdf](http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/Informe_de_rendici%C3%B3n_de_cuentas_20141.pdf)  
2014-09-01
- **CONANT y FADEM.** Libro.*Guia comunitaria para la salud ambiental*. primera ed. California- USA: Hesperian 2011. pp. 30-45
- **DIAZ, Luis & DE JANON, Carmen Elena.** Libro. *Reciclaje y Tratamiento Biológico de los Residuos Sólidos Municipales*. Quito-Ecuador. 2014. pp 13-17.
- **ECUADOR, MINISTERIO DEL AMBIENTE.** Libro. *Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Libro VI, Anexo 1, tabla 12 “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce”*. Quito-Ecuador. 2014. pp. 42-44.
- **ELECTRONI CAUNICORM.**  
[https://www.google.com.ec/?gfe\\_rd=cr&ei=IIU5VrPGFoOZmAH6gqxl&gws\\_rd=ssl#q=valor+rms](https://www.google.com.ec/?gfe_rd=cr&ei=IIU5VrPGFoOZmAH6gqxl&gws_rd=ssl#q=valor+rms).  
2015-10-04
- **FIGUEROA,Jesus**  
<https://www.youtube.com/watch?v=H6riHs8bBVo>  
2015-09-09



- **GAD Municipal del Canton Salcedo.** Libro. *Manejo de los desechos solidos en el Canton Salcedo.* 2012 .pp. 1-20
  
- **GARCÍA, Ferrer.; & ALBARRÁN, Fabián.** Libro. Tratamiento de lixiviados de vertederos de RSU por procesos de membrana. *1 simposio Iberoamericana de Ingeniería de Residuos* 2008. Barcelona-España. pp.1-11.  
<http://www.redisa.uji.es/artSim2008/agua/A12.pdf>  
 2015-07-23
  
- **GIRALDO, E.** Libro. Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios avances recientes. Medellín-Colombia. 2002. pp 23-55  
<http://www.acodal.com/docs/Rv14-A8.pdf/>.  
 2015-20-07
  
- **JARAMILLO, Jorge.** Libro. *Guia para el diseño construccion y operacion de rellenos sanitarios manuales.* Antioquia-Colombia. 2002. pp 3-40.
  
- **MANUAL OPERATIVO DE LA NORMA NCH 411/10.** Libro. *Calidad del Agua. Muestreo. Parte 10: Muestreo de aguas residuales. Recolección y manejo de las muestras*
  
- **MEDINA, Roger.** Libro . *Recirculacion de lixiviados y sus efectos en la compactacion de rellenos sanitarios.* Mexico D.F.- Mexico. 2006. pp. 1-6.
  
- **MÉNDEZ NOVELO, Roger:** Revista .Determinación de la dosis optima de reactivo fenton en un tratamiento de lixiviados por fenton-absorción. *Revista internacional de contaminación ambiental.* Mérida-México. 2010 26 (3). pp. 221-230.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992010000300004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992010000300004)  
 2015-08-14
  
- **MINISTERIO DEL AMBIENTE** Revista. Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos 2014. Quito-Ecuador. 2014. pp. 10-15  
<http://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>.

2015-09-15

- **SIERRA** et al. Libro *Manual de metodo analiticos para la determinacion de parametros fisico-quimicos en aguas*, Garcilaso-Peru. Fundacion Universitaria Andaluza 2002. pp 74-78

## ANEXOS

### Anexo A: Lixiviado a tratar



Fuente: JÁCOME, David. 2015

### Anexo B: Instalación de los floculadores iónicos



Fuente: JÁCOME, David. 2015

**Anexo C:** Calibración del equipo de floculación iónica



Fuente: JÁCOME, David. 2015

**Anexo D:** Inicio proceso de floculación iónica



Fuente: JÁCOME, David. 2015

**Anexo E:** Floculadores iónicos retención de sólidos



Fuente: JÁCOME, David. 2015

**Anexo F:** Medición de voltaje a los floculadores



Fuente: JÁCOME, David. 2015



**Anexo G:** Limpieza de los floculadores iónicos



Fuente: JÁCOME, David. 2015

**Anexo H:** Adición de reactivo fenton



Fuente: JÁCOME, David. 2015

**Anexo I:** Análisis reactivo fenton



Fuente: JÁCOME, David. 2015

**Anexo J:** Medición de pH proceso fenton



Fuente: JÁCOME, David. 2015

## Anexo K: Rango de pH



Fuente: JÁCOME, David. 2015

## Anexo L: Filtración del lixiviado



Fuente: JÁCOME, David. 2015



**Anexo M:** Elaboración de filtro casero



Fuente: JÁCOME, David. 2015

**Anexo N:** Aplicación del filtro casero en el lixiviado a tratar



Fuente: JÁCOME, David. 2015

**Anexo O:** Concentraciones iniciales de DQO, DBO y SST

 <p><b>CESTTA</b> SGC</p>	<p><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p><b>DEPARTAMENTO : LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA)</b></p> <p><b>Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</b></p>
--	---

<b>INFORME DE ENSAYO No.</b>	1143
<b>ST:</b>	15 – 014 ANÁLISIS DE LIXIVIADOS
<b>Nombre Peticionario:</b>	NA
<b>Atn.</b>	David Jácome
<b>Dirección:</b>	Salcedo, Sector PJ Salcedo – Cotopaxi
<b>FECHA:</b>	30 de Julio del 2015
<b>NUMERO DE MUESTRAS:</b>	1
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2015/07/20 – 10:30
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2015/07/19 – 11:20
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2015/07/20 - 2015/07/30
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Lixiviado
<b>CÓDIGO LABCESTTA:</b>	LAB-L 024-15
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	Lixiviado
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Piscina de lixiviados Salcedo
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Físico – Químico
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	David Jácome
<b>CONDICIONES AMBIENTALES:</b>	T máx.:25.0 °C. T min.: 15.0°C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Demanda Química de Oxígeno	Standard Methods No. 5220 D	mg/L	6400	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	Standard Methods No. 5210 B	mg/L	2133	-
Sólidos Suspendidos	Standard Methods No. 2540 D	mg/L	198	-

**OBSERVACIONES:**


- Muestra transportada en refrigeración.

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

  
**Dr. Mauricio Alvarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
 E INSPECCIÓN  
 LAB - CESTTA  
 ESPOCH

**Anexo P:** Análisis proceso de floculación iónica

 <p><b>CESTTA</b> SGC</p>	<p><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p><b>DEPARTAMENTO : LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA)</b></p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>
--	--

<b>INFORME DE ENSAYO No. ST:</b>	1273
<b>Nombre Peticionario:</b>	15 - 018 ANÁLISIS DE LIXIVIADOS
<b>Atn. Dirección:</b>	NA David Jácome Salcedo, Sector PJ Salcedo - Cotopaxi
<b>FECHA:</b>	02 de Septiembre del 2015
<b>NUMERO DE MUESTRAS:</b>	1
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2015/08/24 - 12:02
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2015/08/24 - 08:50
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2015/08/24 - 2015/09/02
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Lixiviado
<b>CÓDIGO LABCESTTA:</b>	LAB-L. 029-15
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	NA
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	PISCINA DE LIXIVIADOS
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Físico - Químico
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	David Jácome
<b>CONDICIONES AMBIENTALES:</b>	T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Demanda Química de Oxígeno	Standard Methods No. 5220 D	mg/L	5025	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	Standard Methods No. 5210 B	mg/L	1475	-
Sólidos Suspendidos	Standard Methods No. 2540 D	mg/L	240	-

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

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

**Anexo Q:** Análisis proceso de floculación iónica con prueba filtrada

 <p><b>CESTTA</b> SGC</p>	<p><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p><b>DEPARTAMENTO : LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA)</b></p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>
--	--

<b>INFORME DE ENSAYO No.</b>	1292
<b>ST:</b>	15 - 019 ANÁLISIS DE LIXIVIADOS
<b>Nombre Peticionario:</b>	NA
<b>Atn.</b>	David Jácome
<b>Dirección:</b>	Salcedo, Sector PJ Salcedo - Cotopaxi
<b>FECHA:</b>	03 de Septiembre del 2015
<b>NUMERO DE MUESTRAS:</b>	1
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2015/08/25 - 08:37
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2015/08/24 - 08:50
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2015/08/25 - 2015/09/03
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Lixiviado
<b>CÓDIGO LABCESTTA:</b>	LAB-L 030-15
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	NA
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	PISCINA DE LIXIVIADOS
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Físico - Químico
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	David Jácome
<b>CONDICIONES AMBIENTALES:</b>	T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0°C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Demanda Química de Oxígeno	Standard Methods No. 5220 D	mg/L	4900	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	Standard Methods No. 5210 B	mg/L	1410	-
Sólidos Suspendidos	Standard Methods No. 2540 D	mg/L	220	-

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

  
**Dr. Mauricio Alvarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
 E INSPECCIÓN  
 LAB - CESTTA  
 ESPOCH



**Anexo R:** Análisis proceso de floculación iónica y técnica fenton

 <p><b>CESTTA</b> SGC</p>	<p><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p>DEPARTAMENTO : <b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA)</b></p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>
--	--

**INFORME DE ENSAYO No.** 1352  
**ST:** 15 - 020 ANÁLISIS DE LIXIVIADOS  
**Nombre Peticionario:** NA  
**Atn.** David Jácome  
**Dirección:** Salcedo, Sector PJ  
 Salcedo - Cotopaxi

**FECHA:** 16 de Septiembre del 2015  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2015/09/04 - 09:12  
**FECHA DE MUESTREO:** 2015/09/03 - 13:00  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2015/09/04 - 2015/09/16  
**TIPO DE MUESTRA:** Lixiviado  
**CÓDIGO LABCESTTA:** LAB-L 031-15  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** NA  
**PUNTO DE MUESTREO:** PISCINA DE LIXIVIADOS  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Físico - Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** David Jácome  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Demanda Química de Oxígeno	Standard Methods No. 5220 D	mg/L	3700	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	Standard Methods No. 5210 B	mg/L	1150	-
Sólidos Suspendidos	Standard Methods No. 2540 D	mg/L	570	-

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

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

**Anexo S:** Análisis proceso fenton con filtro casero

	<b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b>  <b>DEPARTAMENTO :</b> <b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA)</b>  Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183
---	---

<b>INFORME DE ENSAYO No.</b>	1354
<b>SI:</b>	15 - 021 ANÁLISIS DE LIXIVIADOS
<b>Nombre Peticionario:</b>	NA
<b>Atn.</b>	David Jácome
<b>Dirección:</b>	Salcedo, Sector PJ Salcedo - Cotopaxi
<b>FECHA:</b>	16 de Septiembre del 2015
<b>NUMERO DE MUESTRAS:</b>	1
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2015/09/04 - 11:54
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2015/09/03 - 13:10
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2015/09/04 - 2015/09/16
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Lixiviado
<b>CÓDIGO LABCESTTA:</b>	LAB-L 032-15
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	NA
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	PISCINA DE LIXIVIADOS
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Físico - Químico
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	David Jácome
<b>CONDICIONES AMBIENTALES:</b>	T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0°C


**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Demanda Química de Oxígeno	Standard Methods No. 5220 D	mg/L	3650	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	Standard Methods No. 5210 B	mg/L	1100	-
Sólidos Suspendidos	Standard Methods No. 2540 D	mg/L	466	-

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

  
**Dr. Mauricio Álvarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
 E INSPECCIÓN  
**LAB - CESTTA**  
**ESPOCH**

**Anexo T: Análisis proceso fenton**

 <p><b>CESTTA</b> SGC</p>	<p><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p><b>DEPARTAMENTO :</b> <b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA)</b></p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>
--	---

**INFORME DE ENSAYO No.** 1448  
**ST:** 023 – 15 ANÁLISIS DE LIXIVIADOS  
**Nombre Peticionario:** NA  
**Atn.** David Jácome  
**Dirección:** Salcedo, Sector PJ  
 Salcedo – Cotopaxi

**FECHA:** 05 de Octubre del 2015  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2015/09/24 – 15:29  
**FECHA DE MUESTREO:** 2015/09/23 – 19:00  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2015/09/24 - 2015/10/05  
**TIPO DE MUESTRA:** Lixiviado  
**CÓDIGO LABCESTTA:** LAB-L, 037-15  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** NA  
**PUNTO DE MUESTREO:** Piscina de lixiviados  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Físico – Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** David Jácome  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0°C


**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Demanda Química de Oxígeno	Standard Methods No. 5220 D	mg/L	3400	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	Standard Methods No. 5210 B	mg/L	1050	-
Sólidos Suspendidos	Standard Methods No. 2540 D	mg/L	186	-

**OBSERVACIONES:**

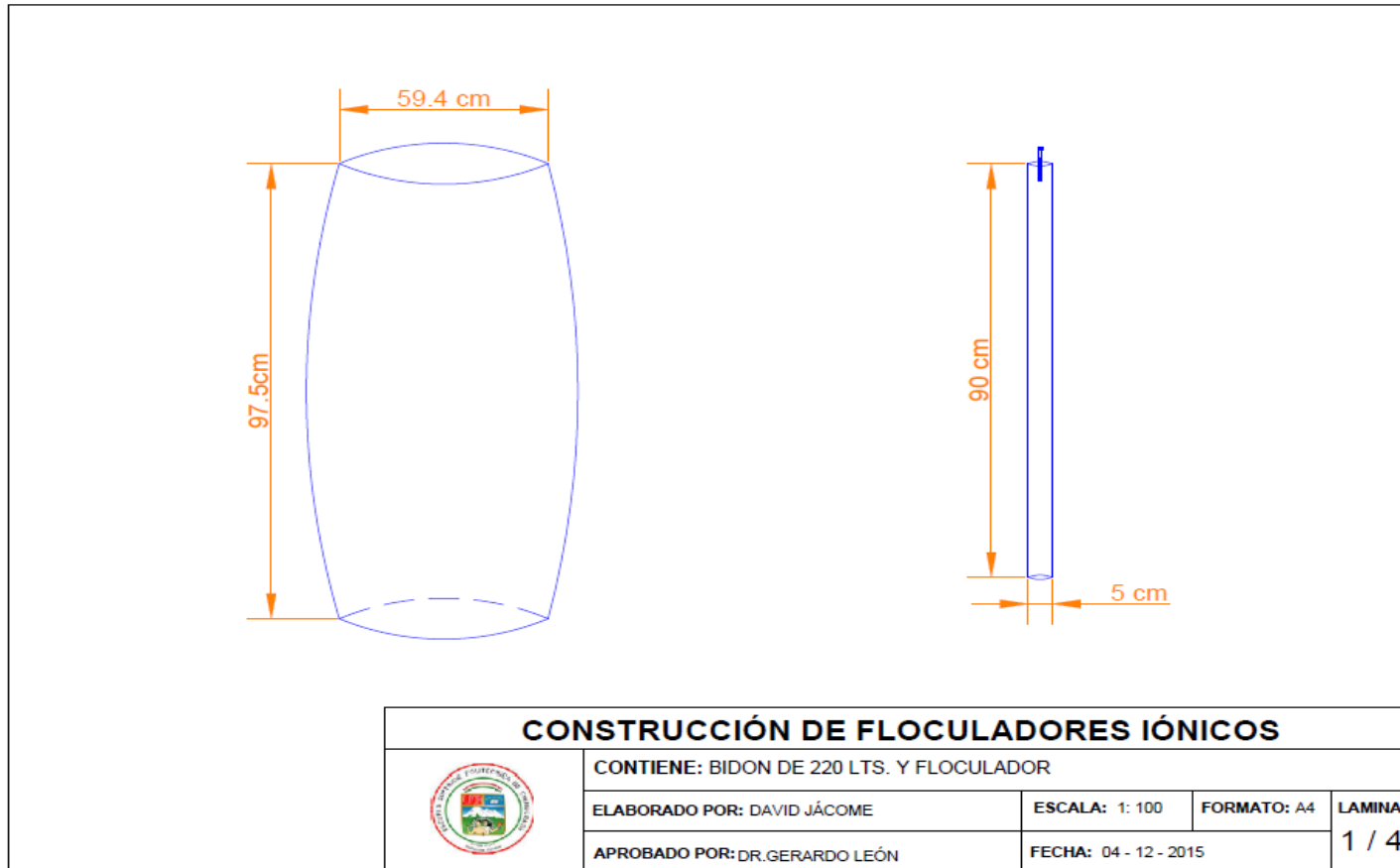
- Muestra receptada en el laboratorio.

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

  
**Dr. Mauricio Álvarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
 E INSPECCIÓN  
 LAB - CESTTA  
 ESPOCH

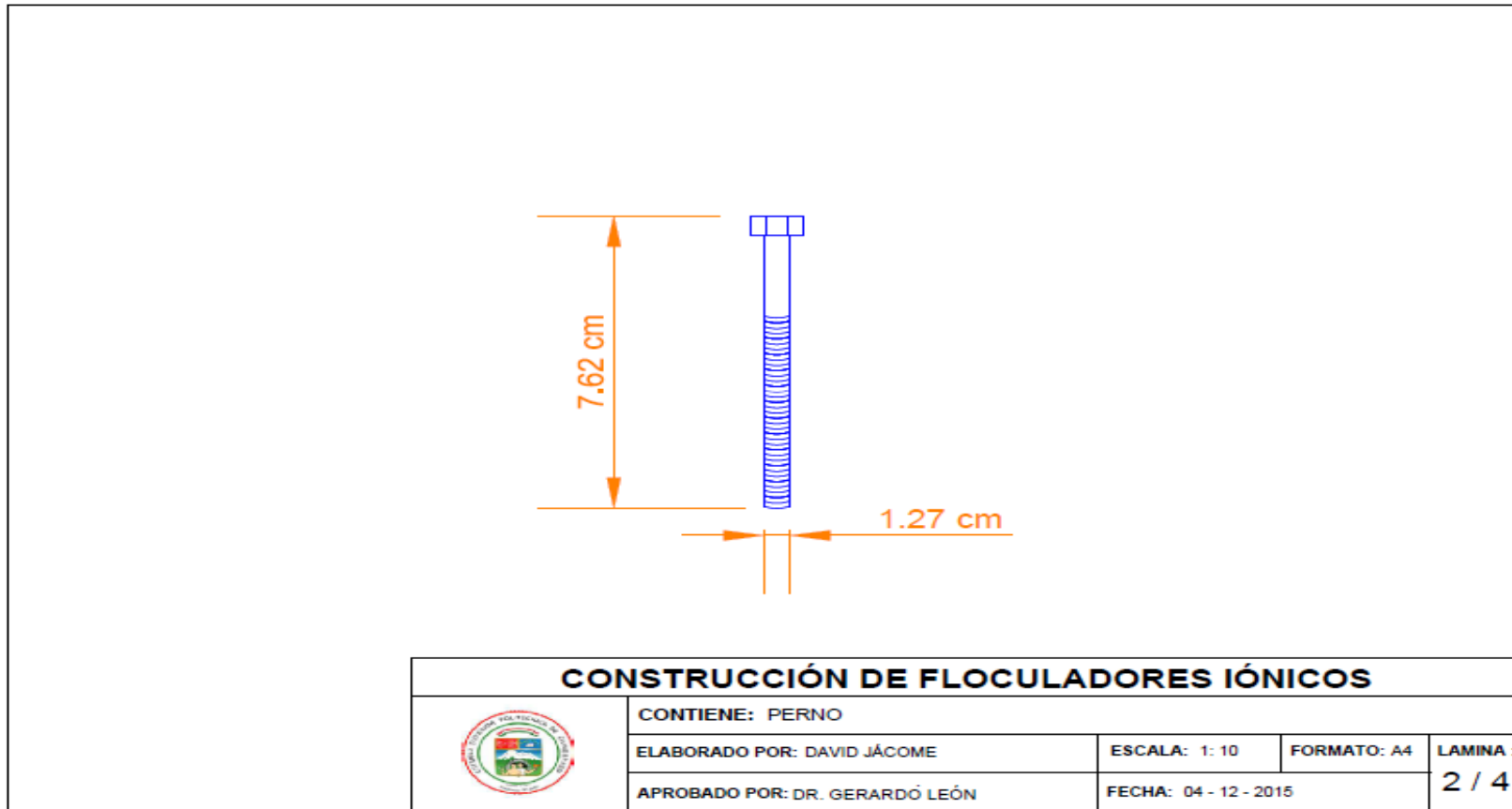
**Anexo U:** Componentes proceso de floculación iónica Bidón de 220 L y Floculadores



Fuente: JÁCOME, David. 2015

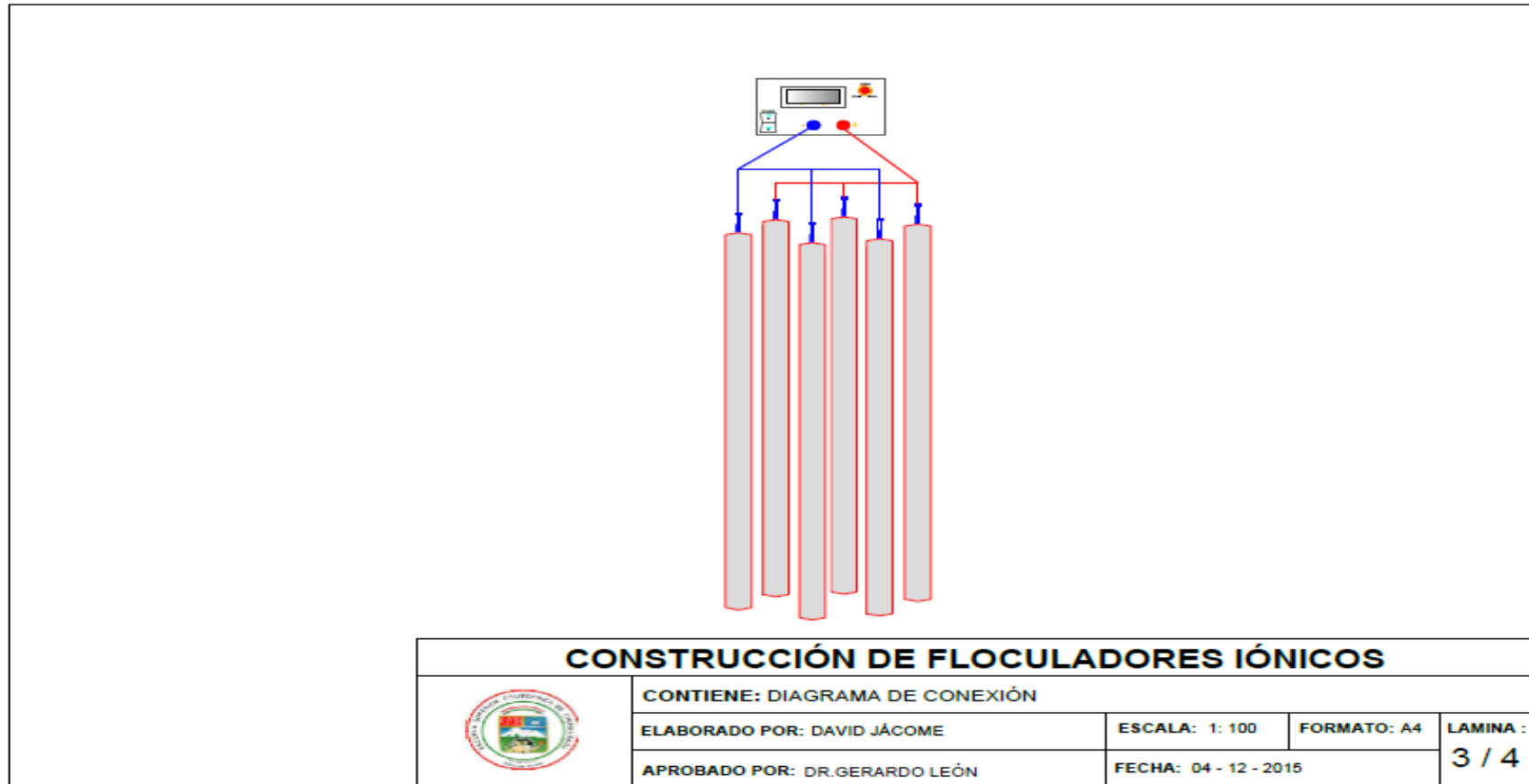


**Anexo V:** Componentes proceso floculación iónica Pernos



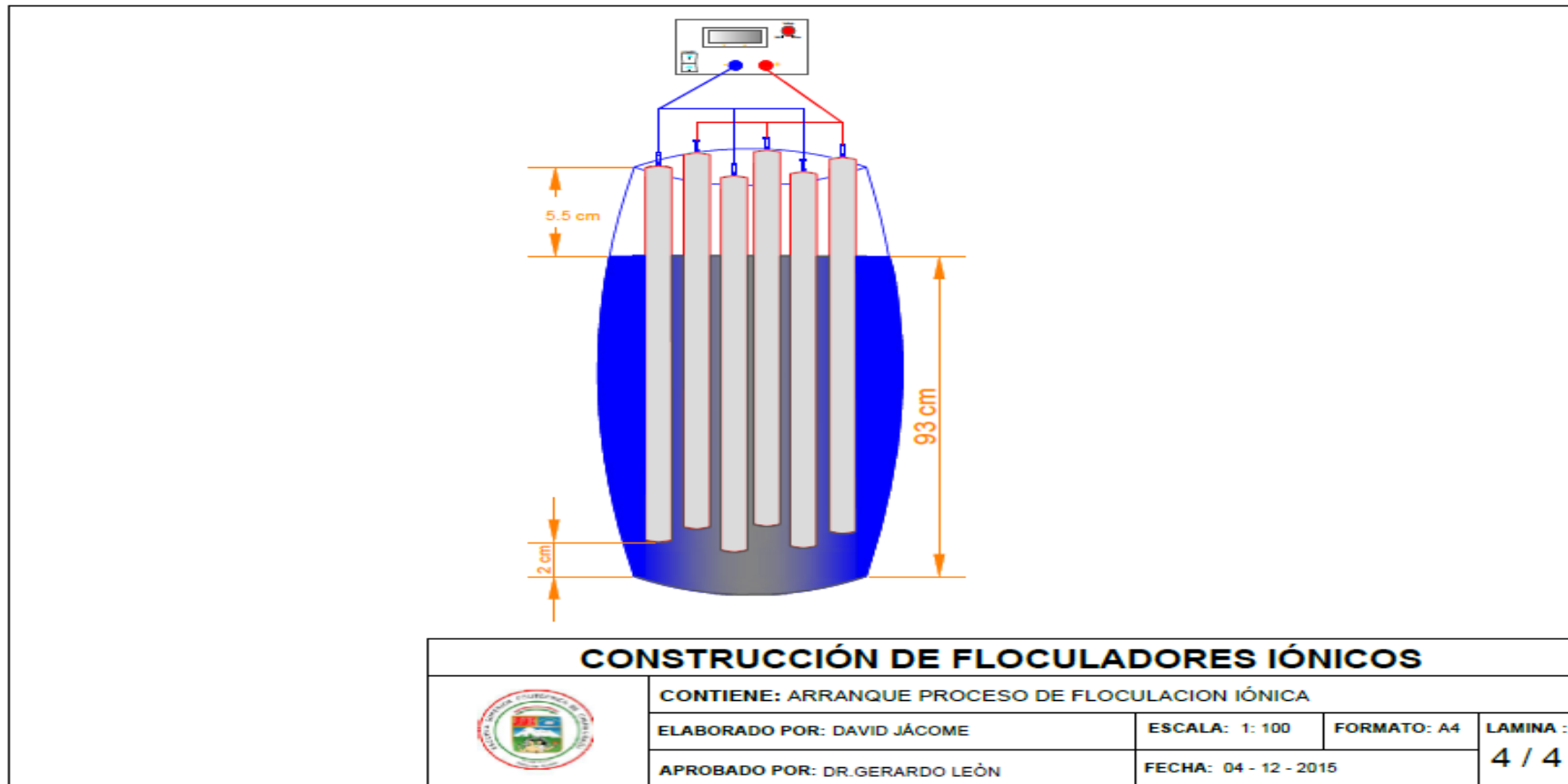
Fuente: JÁCOME, David. 2015

**Anexo W:** Diagrama de conexión proceso floculación iónica



Fuente: JÁCOME, David. 2015

**Anexo X:** Arranque proceso de floculación iónica



Fuente: JÁCOME, David. 2015