

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Ciencias Ambientales

**Tesis de Grado previo a la obtención del Título de
Ingeniería Ambiental**

**Caracterización física de Residuos Sólidos Urbanos,
Caracterización Química de Lixiviados y Propuesta de
Tratamiento para Lixiviados del Relleno Sanitario del
Cantón Mejía**

Autor:

Lenin Zaldumbide

Director de Tesis:

Ing. Esteban Oviedo

QUITO-ECUADOR

2012

Dedicatoria:

Esta investigación es el producto de mi esfuerzo, por esta razón se la dedico a Dios y a mis padres, que creyeron en mi.

Agradecimientos:

Agradezco a Dios por darme las fuerzas de seguir adelante cuando ya no había esperanzas.

El resultado de este proyecto se lo debo a varias personas que me han guiado durante mi carrera y la elaboración de este proyecto:

Agradezco a mis padres por el apoyo ya que sin ellos no hubiera sido posible esto. A mi padre por ser mi ejemplo a seguir, a mi madre que con su cariño y carisma ha sido un pilar fundamental en mi vida

A mis profesores que impartieron sus conocimientos conmigo, al Ing. Esteban Oviedo que guió este proyecto desde sus inicios. A la Ing. Katty Coral que a parte de su rol de maestra, me apoyó para lograr culminar mi carrera. Al Dr. Ordoñez que impartió sus conocimientos y me ofreció ayuda cuando más lo necesitaba.

A María Dolores que creyó en mí y me da fuerzas para seguir adelante

A todos mis amigos que con su preocupación y apoyo estuvieron en los momentos críticos de mi vida

ÍNDICE

I.	CAPITULO	1
1.	Introducción.....	1
1.1.1.	Problemática de los residuos sólidos en el Ecuador	1
1.2.	Antecedentes	2
1.2.1.	Generalidades del Cantón Mejía.....	2
1.3.	Caracterización previa.....	3
1.4.	Situación Actual de los residuos sólidos del Cantón Mejía.....	4
1.4.1.	Relleno Sanitario	5
a)	Estación de Bokashi	5
b)	Estación de Reciclaje	6
c)	Celdas especiales para residuos hospitalarios.....	7
d)	Área de descarga de Residuos/ área de compactación	7
e)	Piscina de recolección de lixiviados	7
f)	Planta de tratamiento y generación de Lixiviados.....	8
1.5.	Generación Diaria de residuos del Cantón Mejía	9
II.	CAPÍTULO	10
2.	MARCO TEÓRICO.....	10
2.1.	Residuo	10
2.2.	Composición	11
2.3.	Relleno Sanitario	11

2.4. Muestra.....	12
2.5. Reciclaje.....	12
2.6. Residuos Hospitalarios.....	12
2.7. Generación de RSU.....	12
2.8. Densidad.....	13
2.9. Humedad.....	13
2.10. Poder Calorífico.....	13
2.11. Lixiviados.....	14
2.12. Piscina de Lixiviados.....	14
2.13. Demanda Biológica de Oxígeno 5 (DBO5).....	14
2.14. Demanda Química de Oxígeno.....	14
2.15. pH.....	14
2.16. Conductividad Eléctrica.....	15
2.17. Nitrógeno Amoniacal.....	15
2.18. Biodegradable.....	15
III. CAPÍTULO.....	15
3. DISEÑO METODOLÓGICO.....	15
3.1. Determinación de la muestra.....	15
3.2. Protocolo de muestreo.....	16
3.2.1. Requisitos de personas involucradas en el proyecto.....	16
3.2.2. Equipo de muestreo.....	16
3.3. Residuos Sólidos Urbanos.....	17

3.3.1. Procedimiento para determinar la composición de RSU	17
3.3.2. Metodología de determinación de Densidad	18
3.3.3. Determinación de Humedad	19
3.3.4. Determinación del poder calórico	20
3.3.4.1. Poder Calórico Superior	21
3.3.4.2. Poder Calórico Inferior	23
3.3.5. Tratamiento estadístico de datos.....	24
3.3.5.3. Cálculo de Frecuencia	24
3.3.5.4. Probabilidad de Ocurrencia	24
3.4. Lixiviados	25
3.4.1. Determinación de la muestra	25
3.4.2. Toma de muestra	26
3.4.3. Análisis de Lixiviados	26
3.4.3.1. DBO5	27
3.4.3.2. DQO.....	27
3.4.3.3. Conductividad y pH	27
3.4.3.4. Nitrógeno total	28
3.4.3.5. Nitrógeno amoniacal	28
3.4.3.6. Determinación de Concentración de metales pesados.....	28
3.4.3.6.1. Digestión	28
3.4.3.6.2. Determinación de concentración de metales pesados.....	28
IV. CAPÍTULO.....	28

4.	RESULTADOS	28
4.1.	RSU	28
4.1.1.	Recolección y datos de entrada al relleno sanitario	29
4.1.2.	Producción Per Cápita de residuos del Cantón Mejía	30
4.1.3.	Composición de Residuos Sólidos Urbanos	30
4.1.4.	Densidad	31
4.1.4.1.	Densidad de residuos sin clasificar	31
4.1.4.2.	Densidad por tipo de residuo.....	31
4.1.5.	Porcentaje de Humedad.....	32
4.1.6.	Poder Calórico	33
4.1.7.	Tratamiento estadístico de componentes de RSU.	33
4.1.7.1.	Papel y Cartón	34
4.1.7.2.	Plásticos	35
4.1.7.3.	Orgánicos.....	35
4.1.7.4.	Textiles.....	36
4.1.7.5.	Otros	37
4.1.8.	Tratamiento estadístico de características físicas de RSU	38
4.1.8.1.	Densidad por tipo de residuo.....	38
4.1.8.2.	Humedad por tipo de residuo.....	39
4.2.	LIXIVIADOS.....	40
4.2.1.	DBO ₅	40
4.2.2.	DQO	40

4.2.3. Nitrógeno Total.....	41
4.2.4. Nitrógeno Amoniacal	41
4.2.5. Conductividad, pH.....	41
4.2.6. Concentración de metales pesados	42
V. CAPÍTULO.....	43
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	43
5.1. RSU.....	43
5.1.1. Composición de RSU	43
5.1.2. Comparación de composición de RSU.....	44
5.1.3. Densidad por tipo de residuo	45
5.1.4. Humedad	45
5.1.5. Poder Calórico.....	46
5.2. LIXIVIADOS.....	47
5.2.1. Demanda de Oxígeno.	47
5.2.2. Nitrógeno Total.....	47
5.2.3. Nitrógeno Amoniacal	47
5.2.4. Conductividad	47
5.2.5. pH.....	47
5.2.6. Concentración de metales pesados	48
5.3. Propuesta de tratamiento	51
5.3.1. Recirculación de lixiviados.....	51
5.3.2. Reducción de demanda de oxígeno.....	52

5.3.2.1.	Reducción de demanda de oxígeno mediante aireación	52
5.3.2.2.	Reducción de demanda de oxígeno mediante coagulación con FeCl ₃	52
6.	CONCLUSIONES	55
7.	RECOMENDACIONES	57
9.	ANEXOS	61
10.	FOTOGRAFÍAS.....	75
11.	Metodología aplicada.	77

Índice de Gráficos

GRÁFICO 1	MAPA DEL CANTÓN MEJÍA.	3
GRÁFICO 2.	COMPOSICIÓN RSU CANTÓN MEJÍA	30
GRÁFICO 3.	PROBABILIDAD DE PAPEL Y CARTÓN	34
GRÁFICO 4.	PROBABILIDAD DE PLÁSTICOS	35
GRÁFICO 5.	PROBABILIDAD DE ORGÁNICOS	36
GRÁFICO 6.	PROBABILIDAD DE TEXTILES	36
GRÁFICO 7.	PROBABILIDAD DE OTROS	38
GRÁFICO 8.	PROBABILIDAD DE DENSIDADES POR TIPO DE RESIDUO.....	38
GRÁFICO 9.	PROBABILIDAD DE HUMEDAD POR TIPO DE RESIDUO.....	39
GRÁFICO 10.	DENSIDAD DE RSU	45
GRÁFICO 11.	PORCENTAJE DE HUMEDAD DE RSU	45
GRÁFICO 12.	CONCENTRACIÓN DE METALES DISUELTOS EN LIXIVIADOS.....	48
GRÁFICO 13	DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA PROPUESTO	54

Índice de Tablas

TABLA 1.	CARACTERIZACIÓN PREVIA DE LOS RESIDUOS DE MEJÍA	3
----------	---	---

TABLA 2. CÁLCULO DE GENERACIÓN DE LIXIVIADOS	8
TABLA 3. INGRESOS ESTIMADOS DE RESIDUOS SÓLIDOS AL RELLENO SANITARIO DE MACHACHI. 10	
TABLA 4. CLASIFICACIÓN Y PODER CALÓRICO DE RSU	20
TABLA 5. TIPOS DE LLAMA ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.....¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
TABLA 6. RESUMEN DE INGRESO DE RESIDUOS MENSUAL AL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN MEJÍA.....	29
TABLA 7. DENSIDAD POR TIPO DE RESIDUO	31
TABLA 8. PORCENTAJE DE HUMEDAD DE RSU	32
TABLA 9. PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR.....	33
TABLA 10. RESULTADO DE ANÁLISIS DE DBO	40
TABLA 11. RESULTADO DE ANÁLISIS DE DQO.....	41
TABLA 12. RESULTADO DE ANÁLISIS DE NITRÓGENO TOTAL	41
TABLA 13. RESULTADO DE ANÁLISIS DE NITRÓGENO AMONIACAL.....	41
TABLA 14. PH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ANÁLISIS DE PH Y CONDUCTIVIDAD DE LIXIVIADO.....	41
TABLA 15. CONCENTRACIÓN DE METALES EN LIXIVIADOS	42
TABLA 16. CARACTERIZACIÓN PREVIA.....	44
Índice de Fotografías	
FOTOGRAFÍA 1. PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.....	9
FOTOGRAFÍA 2. TANQUES DE SEDIMENTACIÓN Y ECUALIZADOR.....	9

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivos: establecer las características físicas de los Desechos Urbanos del Cantón Mejía, a partir de éste se determinará: Densidad, Humedad, Poder calorífico, y porcentaje de composición. Esta información ayudará a determinar una correcta disposición final de la basura de dicho Cantón. El siguiente objetivo a cumplir es analizar parámetros químicos de los lixiviados generados en el relleno sanitario de dicho Cantón siendo éstos: DBO5, DQO, pH, Nitrógeno total, Nitrógeno amoniacal, conductividad eléctrica y los siguientes metales: Zinc; Cadmio; Cromo; Cobre; Cobalto; Manganeso; Plomo y Níquel. Para concluir este estudio se propondrá, en base a una investigación bibliográfica, un tratamiento adecuado para la disminución de la concentración de los contaminantes que excedan la legislación aplicable a estos líquidos.

Determinados los porcentajes de composición de los RSU, el mayor valor es el de materia orgánica, con un 71,85%, seguido por la clasificación plásticos con 11,40%. Los metales disueltos en el lixiviado, cuyas concentraciones exceden los límites de descarga son: Cromo con una concentración de 5mg/L y Plomo con 0,66mg/L. Los resultados de los análisis de DQO y DBO son respectivamente 4150 mgO₂/L y 3320mgO₂/L, y la relación DQO/DBO denota un lixiviado biodegradable.

Descriptores:

Desechos Urbanos, Relleno Sanitario, Basura,

Summary

The objectives of the present paper are: determine the physical characteristics of Municipal Solid Waste (MSW) of Mejía's County; from this objective it will be determined: Density, Humidity, Calorific Power and Composition Percentage, this data will help to determine a correct final disposition for the garbage of the mentioned County. The next objective is to analyze chemical parameters of the leachates generated in the Mejía's County Landfill being these: BOD, QOD,

Ph, Total Nitrogen, Ammoniacal Nitrogen, Electric conductivity, and the following metals: Zinc; Cadmium; Chrome; Copper; Cobalt; Manganese; Lead and Nickel. To conclude with a treatment proposal based in a bibliographic research to reduce the concentration of the contaminants that exceed the current applicable legislation.

Once determined the composition percentages the highest value is the one corresponding to Organic Matter with 71,85%, followed by the plastics classification with 11,4%. The metals dissolved in the leachates, which concentrations exceed the discharge limits are: Chrome with a concentration of 5mg/l and Lead with 0,66mg/l, The results of the COD and BOD are respectively 4150 mgO₂/l and 3320mgO₂/l, and the COD/BOD relation, denotes that the leachate is biodegradable

Key Words

Urban Wastes, Landfill, Garbage

I. CAPITULO

1. Introducción

1.1. Los residuos sólidos en la Agenda 21

El Capítulo 21 de la Agenda 21, establece las bases para un manejo integral de los residuos sólidos municipales como parte del desarrollo sostenible. Se establece ahí que el manejo de los residuos debe contemplar la minimización de la producción de residuos, el reciclaje, la recolección, el tratamiento y disposición final adecuados. Se dice también, que cada país y ciudad establecerán sus programas para lograr lo anterior, de acuerdo a sus condiciones locales y a sus capacidades económicas. De acuerdo con las metas a corto y mediano plazo fijados en la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD-92), realizada en 1992 en Río de Janeiro, para el año 2000 los países en desarrollo tendrían que haber establecido las capacidades para monitorear las cuatro áreas temáticas mencionadas anteriormente y haber establecido programas nacionales con metas propias para cada una de ellas. Asimismo, debieran haber establecido criterios para la disposición final adecuada y la vigilancia ambiental de los RSU y para el año 2005 debieron tratando adecuadamente cuando menos el 50% de sus residuos municipales, cosa que hasta el momento 2012, no se ha cumplido.

1.1.1. Problemática de los residuos sólidos en el Ecuador

De acuerdo con Acción Ecológica (2010), en el Ecuador el 14,91% de los desechos se disponen en Rellenos Sanitarios, el 85% restante se arroja en cuerpos de agua, quebradas, terrenos baldíos y basureros clandestinos.

La disposición de residuos en rellenos sanitarios según las regiones naturales del Ecuador tiene las siguientes cifras: (Acción Ecológica 2010)

- Costa solo el 7,17%
- Sierra el 17,91%
- Oriente 17,17%

La caracterización de residuos consiste en conocer los componentes de éstos y su porcentaje en peso. Una correcta caracterización de los residuos facilita el tratamiento y disposición final de mismos.

Los volúmenes y caracterización de residuos sólidos son muy variables de ciudad a ciudad, ya que a éstos los definen diferentes hábitos y costumbres de las localidades (Sakurai, K. 2000)

El manejo de los residuos sólidos municipales (RSM) en el Ecuador es complejo y ha evolucionado paralelamente a la urbanización, y al crecimiento económico.

Para abordar el manejo de los residuos sólidos municipales no es suficiente conocer los aspectos técnicos de la recolección, limpieza de calles y disposición final. Se requiere también aplicar conceptos relacionados a los factores concomitantes de salud, del ambiente, de pobreza en áreas marginales urbanas y de educación y participación comunitaria.

“Aunque el problema de los residuos sólidos municipales ha sido identificado desde hace varias décadas, especialmente en las grandes ciudades del país, las soluciones parciales que hasta ahora se han logrado no abarcan a todas las ciudades intermedias y menores, convirtiéndose en un tema político permanente que en la mayoría de casos genera conflictos sociales.” (Acurio, G, et al. 1997)

Por otra parte, la generación y manejo de residuos sólidos especiales, como los residuos de hospitales y los industriales peligrosos, están afectando en mayor o menor grado la administración de los residuos sólidos municipales.

Pero a pesar de la compleja situación del manejo de residuos sólidos municipales, existen varios cantones menores que han logrado eficienciar este manejo, como es el caso del Cantón Mejía, Cantón que ha sido considerado dentro de este estudio de caso para sustentar este trabajo de fin de carrera

1.2. Antecedentes

1.2.1. Generalidades del Cantón Mejía.

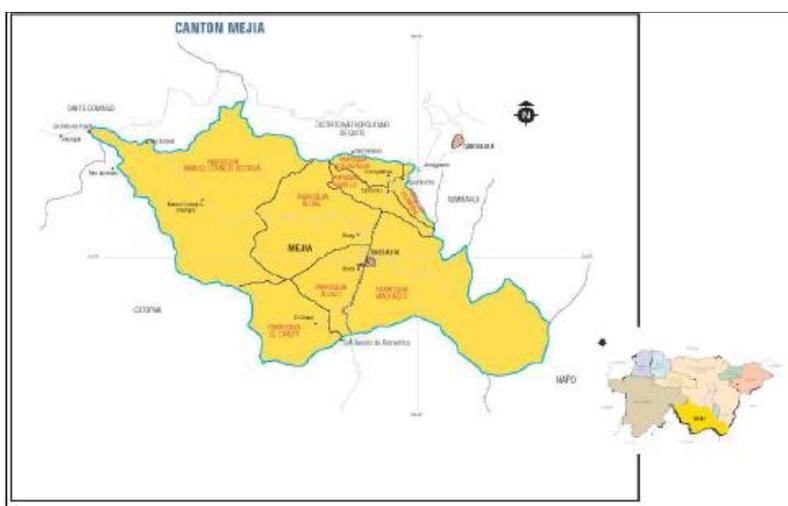
El Cantón Mejía se encuentra, ubicado al Sur-Oriente de la provincia de Pichincha, cuenta con una superficie de 1.459km². El área urbana está consolidada entre el 20 y el 30%, teniendo una

densidad poblacional entre 50 y 60 habitantes/km². Su altura con respecto al nivel del mar está entre los 600 y 4.750 m.s.n.m (Barros, D. y Ortiz, J. 2010).

Se encuentra dividido políticamente en ocho parroquias: Alóag, Aloasí, Cutuglahua, El Cahupi, Machachi, Manuel Cornejo Astorga, Tambillo y Uyumbicho, siendo Machachi la cabecera cantonal (Ver gráfico 1).

De acuerdo al último Censo de Población y Vivienda realizado por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC) en el año 2010, posee aproximadamente 81.335 habitantes.

Gráfico 1 Mapa del Cantón Mejía.



Fuente: INEC, 2001

1.3. Caracterización previa

Mediante el Estudio de Impacto Ambiental del relleno sanitario del Cantón Mejía, se obtuvo la caracterización de residuos sólidos previa a la construcción del mismo, determinando así los porcentajes de los diferentes materiales que forman parte de la composición de los residuos. El resultado de esta caracterización previa se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Caracterización previa de los residuos de Mejía

MATERIAL	MACHACHI RESIDENCIAL		MACHACHI COMERCIAL		ALOAG		CUTUGLAGUA	
	PESO (Kg)	(%)	PESO (Kg)	(%)	PESO (Kg)	(%)	PESO (Kg)	(%)
PAPEL	0,5	1,12	7	12,50	1	2,35	4	6,77966102
CARTON	2	4,47	2,5	4,46	4	9,41	3	5,08474576
PLÁSTICO DURO	2	4,47	5	8,93	2	4,71	5	8,47457627
PLASTICO SUAVE	6	13,41	6	10,71	3	7,06	5	8,47457627
VIDRIOS	0,5	1,12	3	5,36	4	9,41	2,5	4,23728814
LATAS	0,5	1,12	0,5	0,89	0,5	1,18	0,5	0,84745763
TRAPOS	2	4,47	5	8,93	2	4,71	3	5,08474576
ORGÁNICO	27	60,34	25	44,64	24	56,47	30	50,8474576
CUERO	0,25	0,56	0,5	0,89	0	0,00	0,5	0,84745763
MADERA	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0
CAUCHO	2	4,47	1	1,79	1	2,35	2	3,38983051
HIERRO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0
TIERRA	2	4,47	0,5	0,89	1	2,35	3,5	5,93220339
CERÁMICAS	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0
TOTAL	44,75		56		42,5		59	

Fuente: “Estudio de evaluación de impacto ambiental para el nuevo relleno sanitario y diseño técnico para el centro de reciclaje y compostaje del Cantón Mejía”

Elaboración: Ing. Marcelo Muñoz R. MSc

En la tabla 1 se observa la caracterización realizada en el Estudio de Impacto Ambiental y se puede apreciar que el porcentaje de materia orgánica en los residuos bordea el 50%, esto se debe a que el Cantón Mejía tiene un predominio de asentamientos rurales.

1.4. Situación Actual de los residuos sólidos del Cantón Mejía.

El Ilustre Municipio del Cantón Mejía ha impulsado la gestión de residuos sólidos, con el apoyo del gobierno de Japón. Se ha implementado la primera etapa del proyecto “El Centro de Reciclaje y Compostaje del Cantón Mejía”, cuyo objetivo principal es la recolección diferenciada en el centro urbano de Machachi para reciclar y compostar los residuos aptos para este proceso.

De acuerdo con Röben, E. (2002), el porcentaje de basura descargada en el relleno puede reducirse a un 35-40%, en caso de que los desechos reciclables sean recogidos separadamente y los desechos orgánicos sean compostados.

La segunda etapa de este proyecto consiste en ampliar la recolección diferenciada a todas las parroquias del Cantón.

Actualmente, el relleno sanitario ejecuta el modelo de gestión de residuos separados, que se basan en:

- Los residuos orgánicos se gestionan a través de una estación de compostaje, cuyo producto final sirve al Ilustre Municipio de Mejía como fertilizante/acondicionador del suelo, y es usado para la rehabilitación de espacios verdes.
- Los residuos inorgánicos provenientes de la recolección diferenciada del centro urbano de Machachi, se disponen en el centro de reciclaje, donde se seleccionan, clasifican y recuperan materiales, ya sean estos papeles, cartones, plásticos, vidrios y chatarra; los mismos que son gestionados por los trabajadores de la asociación del “Centro de Reciclaje Los Romerillos”, éste cuenta con aproximadamente 15 personas que no tienen vinculación con el Ilustre Municipio del Cantón Mejía, los mismos que disponen de los desechos recuperables a empresas de reciclaje
- Los residuos hospitalarios se disponen en celdas especiales para este tipo de desechos.

1.4.1. Relleno Sanitario

El relleno sanitario del Cantón Mejía está ubicado 13km al Sur de Machachi, con una extensión de 6 hectáreas de terreno, de las cuales solo el 10% ha sido ocupado en la actualidad, consta de las siguientes áreas:

- Estación de Bokashi
- Estación de Reciclaje
- Celdas especiales para desechos hospitalarios
- Área de compactación
- Piscina de recolección de lixiviados
- Planta de tratamiento de lixiviados
- Oficinas

a) Estación de Bokashi

“Bokashi” es una palabra japonesa que significa “materia orgánica fermentada”; es decir, es abono orgánico fermentado. (Shintani, M., Leblanc, H., Tabora, P. 2000).

Esta técnica tiene como objetivo el activar y aumentar los microorganismos benéficos del suelo y así nutrir a los cultivos.

Ésta estación cuenta con una estructura de características semejantes a un invernadero en la que se da lugar al proceso Bokashi. Dependiendo de los requerimientos del Ilustre Municipio de Mejía, un porcentaje de los residuos sólidos orgánicos que ingresan al relleno se utilizan en esta estación, dentro de la cual, mediante maquinaria otorgada por el gobierno japonés, se tritura y se dispone en pilas, a la misma se le agregan microorganismo para lograr la fermentación. Durante este proceso se monitorean los parámetros de temperatura y humedad, a estas pilas se les voltea pasando un día utilizando maquinaria. Este proceso tiene una duración de 8 semanas durante las cuales los residuos, por acción de microorganismos, se transforman en abono orgánico fermentado

El resultado de este proceso se lo utiliza para la rehabilitación de espacios verdes del Cantón, siendo un acondicionador del suelo, ha suplantado a los fertilizantes químicos antes usados; el excedente de la producción de Bokashi es comercializado por el Ilustre Municipio del Cantón Mejía.

b) Estación de Reciclaje

El Ilustre Municipio del Cantón Mejía con el apoyo del gobierno de Japón, han impulsado el reciclaje en el relleno sanitario, a través de:

- La obtención de maquinaria otorgada por el gobierno japonés.
- El intercambio de metodologías para el tratamiento de los residuos (Bokashi).
- Capacitaciones a los operarios de la maquinaria recibida.

El procedimiento que se lleva a cabo en esta estación consiste en la llegada de los residuos inorgánicos diferenciados de la ciudad de Machachi los días lunes, miércoles y viernes, estos pasan por una cinta transportadora para luego ser clasificados por parte de los trabajadores del

“Centro de Reciclaje Los Romerillos” los mismos que comercian con estos tipos de residuos a empresas especializadas en el reciclaje de materiales.

c) Celdas especiales para residuos hospitalarios

En el relleno sanitario de Mejía no existe ningún tratamiento para los desechos biopeligrosos, por esta razón, estos residuos son dispuestos en celdas especiales, las cuales están compuestas por una base de geomembrana para aislar el contenido del contacto con el suelo, una vez llena la celda, se cubre con tierra. Este tipo de disposición final, garantiza la no propagación de los contaminantes al suelo o agua, mas no asegura la inocuidad de los residuos.

d) Área de descarga de Residuos/ área de compactación

Esta área es utilizada por los recolectores para descargar los residuos sólidos, se encuentra a una distancia de 100 metros del lugar de compactación de la basura.

En este lugar los recolectores depositan su contenido, las personas que se encargan del reciclaje separan los residuos recuperables y disponen de estos a empresas especializadas en reciclaje de materiales

Mediante maquinaria pesada, estos residuos se llevan al área de compactación donde se los dispone de la siguiente manera:

- Se depositan los residuos en el suelo formando una capa de 20cm sobre el mismo.
- Se le cubre con tierra aproximadamente 50cm.
- Mediante maquinaria pesada se procede a la compactación de éstos, formando un nivel de residuos compactados, sobre éste se dispondrán de la misma manera varios niveles más.

e) Piscina de recolección de lixiviados

El Ilustre Municipio del Cantón Mejía ha dispuesto una piscina de recolección de estos líquidos, la misma que dispone de 17 metros de largo por 9 metros de ancho con una profundidad de 4,5 metros. Para aislar el líquido del contacto con el suelo se dispuso de una geomembrana.

Esta piscina se encuentra en la parte baja del relleno haciendo que el líquido se deposite en ésta por medio del sistema de recolección y por la fuerza de gravedad.

Debido a la inoperatividad de la planta de tratamiento, los lixiviados recolectados en la piscina se los bombea a los cubetos de recolección, generando así una recirculación del lixiviado por un tiempo indefinido.

f) Planta de tratamiento y generación de Lixiviados

Debido a las características de estos líquidos, es fundamental darles un tratamiento adecuado para que la concentración de los componentes no afecte a la parte biótica y abiótica del sector, es por esta razón que el Ilustre Municipio del Cantón Mejía ha invertido en una planta de tratamiento de estos líquidos.

El Ing. Marcelo Castillo P. responsable del diseño de la planta de tratamiento de lixiviados, presentó una estimación de generación diaria de estos líquidos la misma que se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 2. Cálculo de generación de lixiviados

CANTÓN	SUPERFICIE (m ²)	METODO SUIZO m ³ /día	PRECIPITACIÓN Y OPERAC m ³ /día	BALANCE HÍDRICO SIM. m ³ /día	PROMEDIO m ³ /día
MEJIA	15000	5,18	9,345	6,82	7,12
	30000	11,23	18,69	13,64	14,52
	45000	16,42	28,035	20,47	21,64
	60000	22,46	37,38	27,29	29,04

Elaboración: Ing. Marcelo Castillo P. 2003.

Dado que el área del relleno consta de 6ha, el diseño de la planta de tratamiento de lixiviados tiene una capacidad para 29,04m³/día.

La planta de tratamiento construida (no operacional) cuenta con dos estructuras separadas.

La primera se encuentra a la entrada de la piscina de lixiviados y cuenta con un sistema de bombeo de líquidos y bandejas de aireación.

La segunda estructura se ubica a 100 metros de la piscina de lixiviados, esta cuenta, al igual que la primera, con un sistema de bombeo, 6 bandejas de aireación, un tanque de sedimentación y un ecualizador.

Fotografía 1. Planta de Tratamiento de Lixiviados



Fotografía de: Lenin Zaldumbide

Fotografía 2. Tanques de Sedimentación y Ecuilizador



Fotografía de: Lenin Zaldumbide

1.5. Generación Diaria de residuos del Cantón Mejía

La cantidad de residuos sólidos que ingresan al Centro de Reciclaje y Compostaje del relleno sanitario es de 46 toneladas/día, de acuerdo con información proporcionada por el Municipio de Mejía.

La estimación de ingreso de residuos sólidos al relleno sanitario fue realizada en el “Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental para el Nuevo Relleno Sanitario y Diseño Técnico para el Centro de Reciclaje y Compostaje del Cantón Mejía”, y se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 3. Ingresos estimados de residuos sólidos al relleno sanitario de Machachi

Año	Producción (ton/día)	Producción (ton/año)	Acumulado (ton)	Relleno Sanitario 60%
2006	20,94	7.644	7.644	4.586
2007	21,33	7.785	15.428	9.257
2008	21,72	7.926	23.354	14.013
2009	22,11	8.072	31.426	18.856
2010	22,52	8.219	39.645	23.787
2011	22,93	8.369	48.013	28.808
2012	23,95	8.522	56.535	33.921
2013	23,77	8.677	65.213	39.128
2014	24,21	8.837	74.050	44.430
2015	24,65	8.998	83.048	49.829
2016	25,11	9.165	92.213	55.328
2017	25,57	9.333	101.546	60.928
2018	26,04	9.505	111.051	66.631
2019	26,52	9.680	120.732	72.439
2020	27,01	9.860	130.592	78.355
2021	27,51	10.042	140.633	84.380
2022	28,02	10.228	150.861	90.517
2023	28,54	10.418	161.279	96.767
2024	29,07	10.612	171.891	103.134
2025	29,61	10.809	182.700	109.620
2026	30,17	11.010	193.710	116.226
2027	30,73	11.217	204.927	122.956
2028	31,30	11.425	216.352	129.811
2029	31,89	11.639	227.991	136.795
2030	32,49	11.857	239.848	143.909
2031	33,10	12.080	251.928	151.157
2032	33,72	12.307	264.235	158.541
2033	34,35	12.538	276.773	166.064
2034	35,00	12.775	289.548	173.729
2035	35,66	13.015	302.563	181.583
2036	63,33	13.262	315.825	189.495

FUENTE: Ilustre Municipio del Cantón Mejía, (2007)

II. CAPÍTULO

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Residuo

Un residuo es todo aquello que se genera como consecuencia no deseada de una actividad humana y, en general, de cualquier ser vivo (Casas J, Torras A, Garriga E, Meritxell M. 2005). En consecuencia, los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) son los residuos generados por un asentamiento humano, en los domicilios particulares acorde a sus necesidades y crecimiento de población y que no tengan la calificación de peligrosos. Los residuos de la limpieza de vías públicas, zonas de recreación también son considerados RSU.

2.2. Composición

Los RSU, están compuestos de un gran número de materiales, el conocimiento de estos materiales llevará a una gestión óptima de los residuos. Dado que éstos están relacionados con las actividades realizadas por una población y por la localización de la misma estos materiales variaran conforme cambien las necesidades humanas. Dentro de los materiales más comunes encontrados en los RSU se pueden señalar:

- Materia orgánica
- Papel y Cartón
- Plásticos
- Textiles
- Pañales

La caracterización de los RSU tiene como objetivo diferenciar los parámetros analíticos de los residuos con el fin de clasificarlos convenientemente.

2.3. Relleno Sanitario

El relleno sanitario es una técnica de disposición final de los RSU en el suelo, esta técnica emplea principios de ingeniería para evitar que estos residuos no causen peligros para el ser humano ni para el ambiente. (INTI)

Ésta práctica confina los desechos en un área reducida, cubriéndola con varias capas de tierra y compactándola para reducir el volumen de los RSU.

En un relleno sanitario se disponen de técnicas para prever los problemas causados por los líquidos y gases que son resultado de la descomposición de la materia orgánica dispuesta en el mismo.(INTI)

2.4. Muestra

“La muestra es el grupo de individuos que realmente se estudiará es un subconjunto de la población, para que esta sea representativa, se han de definir muy bien los criterios de inclusión y exclusión y sobre todo, se han de utilizar las técnicas de muestreo apropiadas”
(Gallego et al, 2006)

2.5. Reciclaje.

El reciclaje es un proceso al cual se someten ciertos residuos con el fin de producir un producto nuevo.

Dentro de los RSU los tipos de materiales más empleados en este proceso son:

- Papel
- Cartón
- Vidrio
- Chatarra
- PET

2.6. Residuos Hospitalarios

Los residuos hospitalarios o biopeligrosos, son los provenientes de clínicas, consultas médicas, centros ambulatorios, clínicas dentales, laboratorios, centros de investigación, de los cuidados de salud domiciliaria (pacientes diabéticos, tratamientos ambulatorios de cuadros agudos por vía intravenosa o intramuscular, etc.), oficinas donde se practica atención de enfermería, y centros de diálisis, entre otros. (Ministerio de Salud, 2011)

Estos residuos se los diferencia mediante el color rojo de su bolsa y a los objetos corto punzantes se los dispondrá en recipientes de plástico resistente, correctamente sellado. Para este tipo de residuos existe una recolección diferenciada para evitar el contacto con los RSU.

2.7. Generación de RSU

De acuerdo con el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Anexo 6, numeral 2.28 la generación se define de la siguiente manera:

“Cantidad de desechos sólidos originados por una determinada fuente en un intervalo de tiempo dado”

Según este concepto, la generación de RSU se ve descrita como la cantidad de desechos de un área urbana en un intervalo de tiempo que se lo establecerá de un día.

2.8. Densidad

El diccionario de la Real Academia Española define la densidad como la *“Magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Su unidad en el Sistema Internacional es el kilogramo por metro cúbico (kg/m³).”*

2.9. Humedad

La determinación de la humedad de los RSU ayuda a conocer el peso real de éstos, es decir sin contar con el factor agua dentro de su peso, también es importante esta información para poder determinar el contenido energético de los RSU.

2.10. Poder Calorífico

El poder calorífico es la energía en forma de calor desprendida por la reacción entre el aire y el combustible (Rolle, K. 2006). Los RSU poseen humedad, ya sea en su estructura y/o la humedad ambiente.

El poder calorífico se clasifica en:

- Poder calorífico superior: Ésta clasificación toma en cuenta el calor que proviene de la condensación del vapor de agua presente en los productos de combustión. (Rolle, K. 2006)
- Poder calorífico inferior: Este valor no toma en cuenta el calor del vapor de agua condensado. (Burschel E., Hernández A., y Lobos M. 2003).

Dado que el vapor de agua de la reacción no se condensa después de producida la combustión, el valor más utilizado es el poder calorífico inferior (Barriga, A.)

2.11. Lixiviados

De acuerdo con el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria Anexo 6 numeral 2.30 se define a los lixiviados de la siguiente manera:

“Líquido que percola a través de los residuos sólidos, compuesto por el agua proveniente de precipitaciones pluviales, escorrentías, la humedad de la basura y la descomposición de la materia orgánica que arrastra materiales disueltos y suspendidos”.

2.12. Piscina de Lixiviados

La piscina de lixiviados tiene como objetivo el recolectar estos líquidos generados para que no entren en contacto con el suelo, de acuerdo con Deng y Englehardt (2007), estos líquidos pueden permear hasta llegar al agua subterránea, mezclarse con aguas superficiales y contribuir con la contaminación del suelo cuando no son controlados.

2.13. Demanda Biológica de Oxígeno 5 (DBO5)

La Demanda Biológica de Oxígeno mide la cantidad de materia orgánica biodegradable, mediante la concentración de oxígeno disuelto que consume una población bacteriana para degradar esta materia orgánica al cabo de 5 días a una temperatura de 20°C (Mendoza J., Montañés M., Palomares A.).

Nájera, H. (2009) describe la relación DBO/DQO como el índice de biodegradabilidad del lixiviado. Wang *et al.* (2003) definen a un lixiviado biodegradable si esta relación supera el valor de 0,3.

2.14. Demanda Química de Oxígeno

Ésta medida indica la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación química de la materia orgánica de una muestra, a diferencia de la DBO5 la DQO es una medida de la materia orgánica total.

2.15. pH

El potencial de hidrógeno es una medida de la acidez o alcalinidad de una muestra líquida, la cual determina la cantidad de iones hidronio presentes. (Durán, M. 2007)

La recirculación de lixiviados se ha planteado como una alternativa para su tratamiento, una vez metanizados los ácidos grasos, el pH del lixiviado aumenta y al aumentar el pH la solubilidad de los metales disminuye logrando una disminución de los metales en solución que son transportados por el lixiviado (Giraldo E., 1997).

2.16. Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica es la capacidad de un material para dejar pasar la corriente eléctrica, ésta se ve aumentada en efluentes líquidos debido a la concentración de iones y sales minerales. (Beltrán, J. 1968)

2.17. Nitrógeno Amoniacal.

El nitrógeno amoniacal se presenta en forma natural en aguas superficiales y residuales, su concentración es muy baja dado que se adsorbe en las arcillas. (Jimenez, B. 2005).

El amoniaco es el producto inicial de la descomposición de residuos nitrogenados orgánicos y su presencia indica la existencia de tales residuos, los niveles excesivos de éste causan problemas en la calidad de agua. (Durán, M. 2007)

2.18. Biodegradable

Material que puede llegar a descomponerse en los elementos químicos que lo conforman mediante la acción de agentes biológicos como pueden ser plantas, microorganismos, animales y/u hongos.

III. CAPÍTULO

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Determinación de la muestra.

Dadas las características del lugar, y conforme a los volúmenes diarios de descarga, se determinó realizar 25 muestreos aleatorios, obteniendo así un número necesario de muestras para realizar el método estadístico de Hanzen.

Para el tratamiento estadístico de los resultados se dividió a las muestras de RSU en 5 períodos conformados por 5 muestras cada uno.

3.2. Protocolo de muestreo

Es indispensable describir un protocolo de muestreo debido a que la legislación ecuatoriana no define uno específico. Cabe recalcar que este protocolo se ha establecido mediante la experiencia en el lugar de toma de muestras (Castillo, M. 2012).

La toma de muestra se realizó diariamente, de lunes a viernes, siendo la hora específica 1:00pm; hora aproximada en la cual los recolectores llegan al relleno sanitario. Los muestreos se realizaron previo al inicio de labores de reciclaje, para que no se vean afectados los valores de composición de la muestra. El Cantón no cuenta con recolección los fines de semana, por lo que los muestreos no fueron necesarios en los días mencionados.

Previo a la toma de muestras se debe seleccionar el lugar de trabajo, el mismo que no debe obstruir la descarga de RSU ni el trabajo de los operarios del sitio.

3.2.1. Requisitos de personas involucradas en el proyecto.

Las personas que estén involucradas en el proyecto “Caracterización física de Residuos Sólidos Urbanos, Caracterización Química de Lixiviados y Propuesta de Tratamiento para Lixiviados del Relleno Sanitario del Cantón Mejía.” deben contar con las vacunas siguientes: (Castillo M. 2012).

- Tétanos
- Hepatitis A y B
- Tifoidea

3.2.2. Equipo de muestreo

Para realizar los muestreos se necesitaron varias herramientas:

- Guantes irrompibles
- Una pala grande

- Una navaja
- Fundas plásticas tipo chaleco
- Balanza de mano
- Costal
- Balde de 8 litros

Una vez determinado el sitio de muestreo y colocado el equipo de protección personal, se prosigue a la toma de muestras mediante los procedimientos detallados a continuación

3.3. Residuos Sólidos Urbanos

3.3.1. Procedimiento para determinar la composición de RSU

La metodología a aplicarse en los muestreos se basa en el “MÉTODO SENCILLO DEL ANÁLISIS DE RESIDUOS SÓLIDOS” descrita por Sakurai, K. (2000) en el manual de la OPS, y se la describe a continuación:

1. Se recolecta 50kg de residuos y se los deposita en el suelo formando una pila.
2. Se rompen las fundas, se deposita todo el contenido de ellas en el suelo y se homogeniza la muestra.
3. Se divide la muestra en cuatro partes y se seleccionan dos extremos opuestos, los otros extremos se descartan.
4. Se realiza este procedimiento 3 veces, hasta reducir la muestra a 6kg.
5. Se procede a clasificar los residuos siendo las principales divisiones:
 - Plásticos.
 - Papel y Cartón.
 - Orgánicos.
 - Textiles.

- Otros.
- Peligrosos.

El grupo “Otros” contemplan residuos que por sus características no se incluyen en las anteriores como son:

Pañales, discos de audio, cintas magnéticas, etc.

3.3.2. Metodología de determinación de Densidad

La densidad se la determinó en los residuos caracterizados y en los residuos no alterados, esto quiere decir que se determinó densidad en el relleno con residuos sin clasificar.

a) Densidad de residuos sin caracterizar

La densidad de los residuos sin caracterizar se la obtuvo en el sitio de muestreo y la metodología utilizada se especifica a continuación.

1. Se aforó un balde plástico con 6 litros de agua y se marcó con una señal hasta donde el agua llegaba.
2. Mediante una balanza digital se determinó el peso del balde vacío.
3. En el relleno sanitario, se aforó con residuos sin clasificar hasta la marca de 6l y se pesó el balde.
4. Mediante la siguiente fórmula se determinó la densidad de los residuos sin clasificar.

Fórmula 1. Determinación de densidad de residuos sin clasificar

$$\rho = \frac{(\text{peso residuos} + \text{balde lb} - \text{peso del balde lb})}{6\text{l} * 2.2}$$

Donde: 2,2 el factor de conversión de lb a kg.

b) Densidad por tipo de residuo

La determinación de los residuos caracterizados se la determinó en laboratorio, utilizando un vaso de precipitación de 1000ml de volumen y una balanza analítica, se detalla a continuación el procedimiento utilizado.

1. Se determinó el peso del vaso de precipitación vacío.
2. Se procede a aforar con el tipo de residuo específico hasta los 800ml, sin comprimir ni hacer presión sobre los residuos.
3. Se volvió a pesar el vaso de precipitación y se obtiene mediante una sustracción el peso del residuo.
4. Se utiliza la fórmula siguiente y se obtiene la densidad del residuo en estudio.

Fórmula 2. Determinación de densidad por tipo de residuos

$$\rho = \frac{(\text{PESO DE RESIDUOS + VASO g}) - (\text{PESO DEL VASO g})}{800\text{mL}}$$

3.3.3. Determinación de Humedad

Una vez clasificados los residuos se realizó la determinación de humedad por residuo.

1. Se pesó un crisol de 150mL vacío, en una balanza analítica y se registró el valor marcado.
2. Se trituró el tipo de residuo a analizar hasta quedar en un tamaño aproximado de 1cm*1cm.
3. Se depositó el residuo en el crisol y se volvió a pesar en la balanza analítica, y se registra el valor indicado.
4. Se almacenó en una estufa configurada a 105°C por 24 horas para asegurar que toda la humedad ha sido eliminada.
5. Se recuperó el crisol con los residuos secos y se pesó, registrando el valor marcado.
6. El resultado del peso de la humedad contenida en los residuos se obtiene con la siguiente fórmula:

Fórmula 3. Determinación de humedad

$$H(g) = (PESO DE RESIDUOS HUMEDOS g + CRISOL - PESO CRISOL g) \\ - (PESO RESIDUOS SECOS + CRISOL g - PESO DEL CRISOL g)$$

Para obtener el porcentaje de humedad por tipo de residuo de la muestra colocada en el crisol se utilizó la siguiente fórmula

Fórmula 4. Determinación del porcentaje de humedad

$$H(\%) = \frac{H(g) * 100}{(PESO DE RESIDUOS HUMEDOS g + CRISOL - PESO CRISOL g)}$$

ISO 1146:1993 E. Soil quality. Determination of dry matter and water content on a mass basis-Gravimetric method

3.3.4. Determinación del poder calórico

La determinación del poder calórico superior e inferior, se la realizó mediante la metodología de Sakurai, K. (2000) “MÉTODO SENCILLO DEL ANÁLISIS DE RESIDUOS SÓLIDOS” descrita en el manual de la OPS.

Esta metodología utiliza los porcentajes de peso secos de residuos como se describe a continuación

Tabla 4. Clasificación y poder calórico de RSU

	Composición húmeda (%)	Composición seca (%)	Poder calorífico superior (kcal/kg)
a. Papel y cartón	a	} a+b+c+d-W	} $\frac{a+b+c+d-W}{100} \times 4,000$
b. Trapos	b		
c. Madera y follaje	c		
d. Restos de alimentos	d		
e. Plástico, caucho y cuero	e	e	$\frac{e}{100} \times 9,000$
f. Metales	f	f	} $\frac{f+g+h+W}{100} \times 0$
g. Vidrios	g	g	
h. Suelo y otros	h	h	
i. Agua	-	W	
TOTAL	100%	100%	40(a+b+c+d-W) + 90e kcal/kg

Fuente: Sakurai, K. (2000).

3.3.4.1. Poder Calórico Superior

La determinación del poder calorífico superior se la realizó utilizando el porcentaje seco de cada residuo, el cual se lo determinó de la siguiente manera:

1. Se pesaron en una balanza digital los residuos diferenciados muestreados en el relleno y se registró el peso de los mismos.
2. Se realizó la sumatoria de todos los tipos de residuos diferenciados muestreados en el relleno y se obtuvo el valor del peso húmedo de la muestra obtenida.
3. Se utilizó la siguiente fórmula para determinar la materia seca utilizada en los crisoles.

Fórmula 5. Determinación de residuos secos utilizados

RESIDUOS SECOS UTILIZADOS EN CRISOL g

$$= (\text{PESO RESIDUOS SECOS} + \text{CRISOL g} - \text{PESO DEL CRISOL g})$$

4. Se determina la cantidad de materia utilizada en el ensayo de humedad de la siguiente manera.

Fórmula 6. Residuos húmedos utilizados

$$\begin{aligned} & \text{RESIDUOS HUMEDOS UTILIZADOS EN CRISOL } g \\ & = (\text{PESO DE RESIDUOS HUMEDOS } g + \text{CRISOL} - \text{PESO CRISOL } g) \end{aligned}$$

5. Se calculó la cantidad de materia seca en el total de la muestra por tipo de residuos mediante:

Fórmula 7. Residuos secos clasificados de la muestra

$$\begin{aligned} & \text{RESIDUOS SECOS CLASIFICADOS EN TOTAL DE LA MUESTRA}(g) \\ = & \frac{\text{RESIDUOS SECOS UTILIZADOS EN CRISOL } g * \text{RESIDUOS HUMEDOS DIFERENCIADOS } g}{\text{RESIDUOS HUMEDOS UTILIZADOS } g} \end{aligned}$$

Siendo los residuos húmedos diferenciados, el valor del peso de los residuos clasificados recolectados en el relleno

6. Se realiza la sumatoria de los residuos secos clasificados en total de la muestra, para determinar el peso seco de la muestra obtenida en el relleno

7. Mediante la siguiente fórmula se obtuvieron los porcentajes de los residuos clasificados secos.

Fórmula 8. Porcentaje de residuos secos clasificados

$$\begin{aligned} & \% \text{RESIDUOS SECOS CLASIFICADOS} \\ = & \frac{\text{RESIDUOS SECOS CLASIFICADOS EN TOTAL DE LA MUESTRA}(g) * 100}{\text{PESO SECO DE LA MUESTRA OBTENIDA EN EL RELLENO } g} \end{aligned}$$

Siendo, los residuos secos clasificados en total de la muestra, el peso seco por tipo de residuo de la muestra obtenida en el relleno

8. Se aplica la fórmula desarrollada por Sakurai, K. (2000) “MÉTODO SENCILLO DEL ANÁLISIS DE RESIDUOS SÓLIDOS” para determinar el poder calórico superior:

Fórmula 9. Determinación de Poder Calórico Superior

$$Ps (Kcal / Kg) = 40 (a + b + c + d - w) + 90e$$

- Donde:

- Ps = Poder calorífico Superior expresado en kcal/kg
- a= porcentaje del tipo de residuos papel y cartón
- b= porcentaje de residuos textiles
- c y d= porcentaje de residuos orgánicos
- w= porcentaje de humedad por tipo de residuo
- e= porcentaje seco de plásticos

3.3.4.2. Poder Calórico Inferior

Para determinar teóricamente el valor del poder calórico inferior, se utilizó el siguiente procedimiento:

1. Para calcular el porcentaje de humedad en la muestra obtenida del relleno sanitario se utilizó la siguiente fórmula:

Fórmula 10. Porcentaje de humedad en la muestra obtenida en el relleno

$$\begin{aligned}
 & \text{PORCENTAJE DE HUMEDAD EN LA MUESTRA OBTENIDA EN EL RELLENO} \\
 & = 100 \\
 & \quad - \frac{\text{PESO SECO DE LA MUESTRA OBTENIDA EN EL RELLENO} * 100}{\text{PESO DE HUMEDO DE LA MUESTRA OBTENIDA EN EL RELLENO}}
 \end{aligned}$$

2. Se utilizó la siguiente fórmula descrita por Sakurai, K. (2000) “MÉTODO SENCILLO DEL ANÁLISIS DE RESIDUOS SÓLIDOS” para determinar el poder calórico inferior:

Fórmula 11. Determinación de Poder Calórico Inferior

$$Pi (kcal / kg) = Ps - 6W$$

- Donde:
- Pi = Poder calorífico inferior expresado en Kcal/kg
- Ps = Poder calorífico Superior expresado en Kcal/kg

- W = porcentaje de humedad de la muestra

3.3.5. Tratamiento estadístico de datos

3.3.5.1. Algoritmo de Hassen

Uno de los métodos más utilizados en la predicción del comportamiento de los contaminantes en un efluente, es el algoritmo de Hassen. Este método permite pronosticar la concentración de los parámetros a cualquier probabilidad de ocurrencia. (Ehming Santillan, S. 2005). Este tipo de análisis estadístico solo permite predecir un parámetro a la vez. Para poder aplicar este análisis se debe contar con un número mínimo de 5 muestras. El procedimiento a seguir es el siguiente:

3.3.5.2. Tabulación de datos

Para empezar con este método se debe organizar todos los datos experimentales, ordenándolos de mayor a menor. Con esto se logra que el valor mayor tenga la menor probabilidad de ocurrencia. (Ehming Santillan, S. 2005)

3.3.5.3. Cálculo de Frecuencia

Una vez realizada la tabulación de datos, el siguiente paso a tomar es el del cálculo de la frecuencia, para lo cual se aplica la siguiente fórmula.

Fórmula 12.

$$F = \frac{n}{N+1}$$

Donde:

F = frecuencia

n = número de datos experimentales

N = número total de datos experimentales

3.3.5.4. Probabilidad de Ocurrencia

Para la probabilidad de ocurrencia (P) se aplica la siguiente fórmula de cálculo:

Ecuación 13.

$$P = F \times 100$$

Donde:

P = probabilidad de ocurrencia

$$F = \text{frecuencia}$$

Es el dato que se busca calcular, y debido a esto, el orden que se tabula siempre en ascendente al contrario que los datos experimentales. Hay que tomar muy en cuenta este detalle el momento de presentar los resultados y lograr graficarlos.

Una vez revisado todos los datos, se procede a realizar la regresión lineal que permita generar una ecuación predictiva de la probabilidad de ocurrencia. Esto se refiere a que en el proceso de realizar la regresión lineal se tomará en cuenta las siguientes variables: En el eje X se utilizarán los datos ascendentes de la probabilidad de ocurrencia, mientras que en el eje Y, tomarán los datos experimentales determinados en el laboratorio, del parámetro en estudio en orden descendente. Todo esto, se ajustará a una recta que permita determinar una ecuación lineal con su respectivo coeficiente de correlación lineal. Este coeficiente, será el indicador de ajuste de la recta a los datos determinados y graficados, es decir, el ajuste de la línea deberá ser más preciso mientras este índice se aproxime lo más posible a 1. (Ehming Santillan, S. 2005)

Tabla 5. Ejemplo de la aplicación del método de Hassen

N° ORDEN	FRECUENCIA	PROBABILIDAD (P)	PLÁSTICOS EXPERIMENTAL	PLÁSTICOS CALCULADO
1	0,167	16,7	16,2	16,6
2	0,333	33,3	14,1	14,5
3	0,500	50,0	13,1	12,4
4	0,667	66,7	11,8	10,3
5	0,833	83,3	6,94	8,2
PENDIENTE				-0,125
INT. EJE				18,654
DQO = 18,65-0,125*P				
			MAX	16,19
			MIN	6,94
			PROME	12,4

Elaborado por: Lenin Zaldumbide

3.4. Lixiviados

3.4.1. Determinación de la muestra

Dado que el lixiviado recolectado en la piscina, se encontraba recirculado más de una vez desde los cubetos de recolección hasta ésta, se determinó realizar una muestra puntual, es decir una muestra de estos líquidos, la misma que se extrajo del fondo de la piscina, mediante un sistema de recolección de líquidos, para lograr una mejor homogeneidad.

3.4.2. Toma de muestra

Para recolectar la muestra del lixiviado se utilizaron los siguientes materiales

- Botella plástica
- Cuerda de Nylon
- Corcho
- Balde

Se procedió a atar un extremo de la cuerda nylon al corcho que se sujetó a la botella plástica vacía, ésta se introdujo en el balde que contenía un peso para lograr alcanzar el fondo de la piscina; acto seguido se ató otra cuerda nylon al balde para el descenso y ascenso del mismo. Se arrojó el balde haciendo que se llene de lixiviado y llegue hasta el fondo de la piscina, una vez en el fondo se retiró el corcho de la botella, ésta se llenó de líquido y se procedió a extraer el balde junto con la botella de la piscina, una vez fuera se tapó la botella y se dispuso del contenido del balde nuevamente en la piscina de lixiviados. La muestra se transportó hasta el laboratorio de la Universidad Internacional SEK y se la refrigeró hasta realizar los respectivos análisis.

3.4.3. Análisis de Lixiviados

De acuerdo con el libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), anexo 1, numeral 4.2.1.15. *“Los lixiviados generados en los rellenos sanitarios cumplirán con los rangos y límites establecidos en las normas de descargas a un cuerpo de agua.”*

En el anexo primero del TULAS, tabla 12, se especifican los límites permisibles de los contaminantes detallados en el Anexo 1 del presente documento.

Dadas las características de lixiviados estudiados bibliográficamente y basándose en dicho anexo correspondiente a límites descargas a un cuerpo de agua del TULAS, se seleccionaron varios parámetros a analizar:

- DBO₅

- DQO
- pH
- Conductividad Eléctrica
- Oxígeno disuelto
- Zn
- Cd
- Cr
- Cu
- Co
- Mn
- Pb
- Ni

3.4.3.1. DBO5

Para analizar la Demanda Biológica de Oxígeno se utilizó la metodología 5210 B de la APHA, AWWA, WPCF, (1998).

3.4.3.2. DQO

Los estudios de la Demanda Química de Oxígeno se basaron en la metodología 5220 D de APHA, AWWA. WPCF, (1998).

3.4.3.3. Conductividad y pH

Para determinar los valores de Conductividad y pH se siguió el siguiente procedimiento:

- Se dispuso de 300ml de muestra en un vaso de precipitación.

- Se acoplaron a un potenciómetro las sondas que determinan estos dos parámetros.
- Se procedió a lavar las sondas especificadas con abundante agua destilada.
- Se accionó el potenciómetro y se determinaron los valores marcados.

3.4.3.4. Nitrógeno total

Para determinar la concentración de Nitrógeno total de la muestra se utilizó la metodología 4500 C detallada de la APHA, AWWA, WPCF, (1998).

3.4.3.5. Nitrógeno amoniacal

Para determinar la concentración de Nitrógeno amoniacal de la muestra se utilizó la metodología 4500 NH₃ detallada de la APHA, AWWA, WPCF, (1998).

3.4.3.6. Determinación de Concentración de metales pesados

3.4.3.6.1. Digestión

Previo a realizar los análisis de concentración de metales pesados, se emplea la técnica de digestión para reducir la interferencia causada por la materia orgánica, y convertir los metales a una forma que pueda ser determinada por espectrofotometría de absorción atómica mediante la metodología 3030 F detallada de la APHA, AWWA, WPCF, (1998).

3.4.3.6.2. Determinación de concentración de metales pesados

En la determinación de concentraciones de los metales antes expuestos, de acuerdo con la legislación previamente mencionada, se prosiguió con el análisis de la concentración de metales mediante la metodología estandarizada de APHA, AWWA, WPCF, (1998) para la Determinación de Metales por Espectrometría de Metales por Absorción Atómica de Llama 3111.

IV. CAPÍTULO

4. RESULTADOS

4.1. RSU

4.1.1. Recolección y datos de entrada al relleno sanitario

De acuerdo con los datos obtenidos del año 2011, se obtiene un promedio mensual y diario de residuos como se muestra a continuación en la tabla 6.

Tabla 6. RESUMEN MENSUAL DE INGRESO DE RESIDUOS AL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN MEJÍA

REGISTRO DE ENTRADA MENSUAL 2011	
PERÍODO	CANTIDAD TONELADAS
ENERO	1373,20
FEBRERO	1337,60
MARZO	1524,47
ABRIL	1218,83
MAYO	1369,80
JUNIO	1671,05
JULIO	1315,56
AGOSTO	1595,81
SEPTIEMBRE	1422,94
OCTUBRE	1251,70
NOVIEMBRE	1119,59
DICIEMBRE	1422,03
PROMEDIO	1385,21

MENSUAL	
GENERACIÓN DIARIA	45,54

Elaborado por: Lenin Zaldumbide

4.1.2. Producción Per Cápita de residuos del Cantón Mejía

La producción Per Cápita se denomina a la generación de residuos en un día por cada habitante del Cantón, este es de ayuda para realizar estimaciones de generación de residuos de acuerdo con el crecimiento poblacional.

Según los datos obtenidos del INEC del último Censo de Población y Vivienda en el año 2010, el Cantón Mejía posee aproximadamente 81.335 habitantes, el 80% de los habitantes poseen el servicio de recolección dentro del Cantón, la generación diaria de RSU del Cantón es de 45,54 toneladas de residuos lo que indica que la producción Per Cápita del Cantón es de:

$$ppc = \frac{0,70kg}{habitante * dia}$$

4.1.3. Composición de Residuos Sólidos Urbanos

Gráfico 2. Composición RSU Cantón Mejía



Elaborado por: Lenin Zaldumbide

4.1.4. Densidad

4.1.4.1. Densidad de residuos sin clasificar

La densidad media de las muestras tomadas es de 350kg/m^3 , este valor se atribuye a los residuos sin compactar y sin clasificar y se la obtiene para determinar el volumen real de los residuos previa la compactación

4.1.4.2. Densidad por tipo de residuo.

Tabla 7. Densidad por tipo de residuo

DENSIDAD POR TIPO DE RESIDUO	
CLASIFICACIÓN	DENSIDAD kg/m³
PAPEL Y CARTÓN	50,60

PLÁSTICOS	63,81
ORGÁNICOS	230,72
TEXTILES	93,22
PAÑALES	185,63
CAUCHO	88,13
LONA	78,00
VAJILLA DESECHABLE	15,56
RESTOS DE FOCO INCANDESCENTE	40,00

Elaborado por: Lenin Zaldumbide

4.1.5. Porcentaje de Humedad

Tabla 8. Porcentaje de Humedad de RSU

PROMEDIO DE PORCENTAJE DE HUMEDAD POR TIPO DE RESIDUO	
PAPEL Y CARTON	20,27%
PLÁSTICOS	16,04%
ORGÁNICOS	69,76%
TEXTILES	22,96%
PAÑALES	44,65%

CAUCHO	0,53%
VAJILLA DESECHABLE	4,61%
RESTOS DE FOCO	0,76%
GUANTES	5,15%
LONA	8,33%

Elaborado por: Lenin Zaldumbide

4.1.6. Poder Calórico

Tabla 9. Poder Calórico Superior e Inferior

PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE RSU DEL CANTÓN MEJÍA	
PODER CALÓRICO SUPERIOR kcal/kg	5317
PODER CALORICO INFERIOR kcal/kg	4921

Elaborado por: Lenin Zaldumbide

4.1.7. Tratamiento estadístico de componentes de RSU.

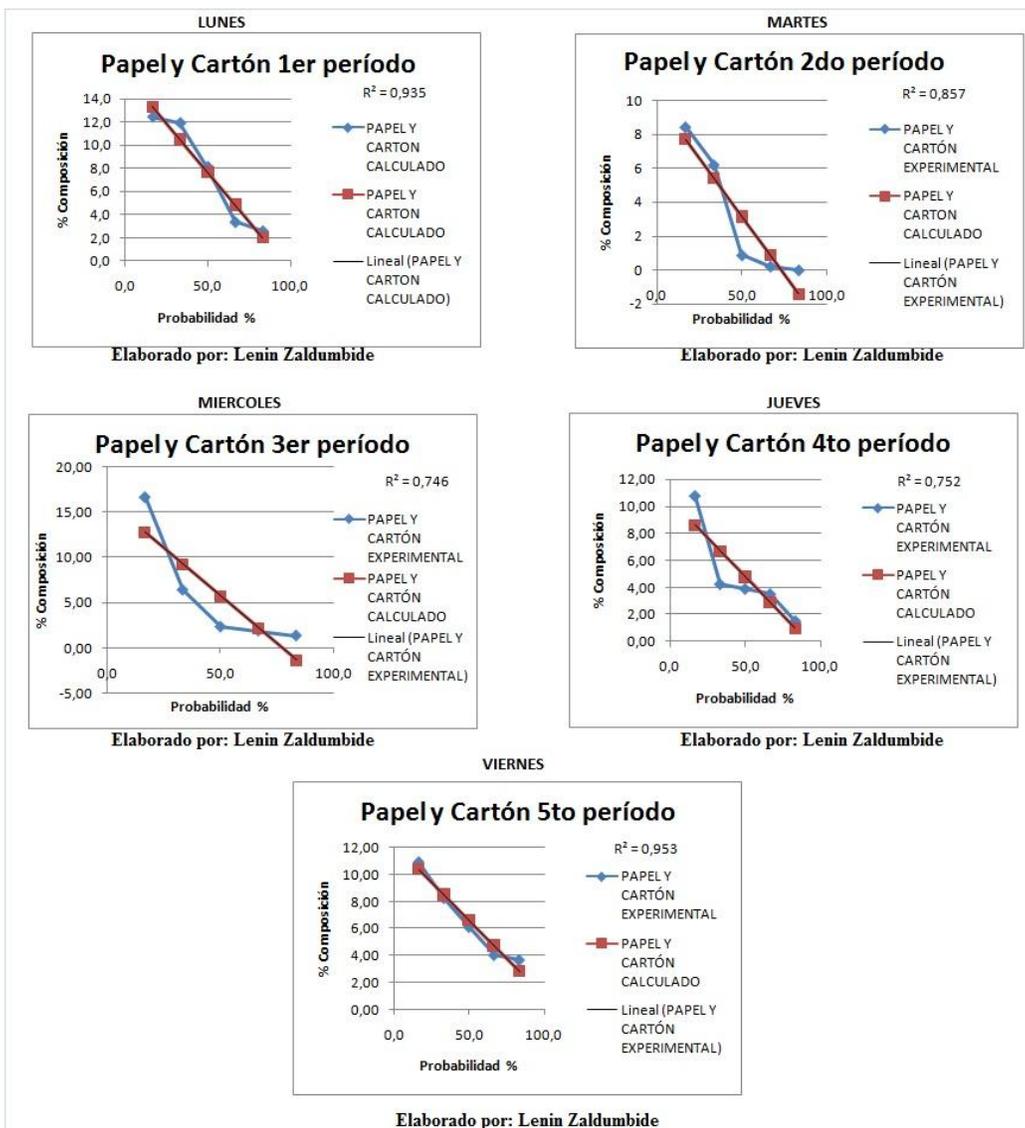
Para realizar el tratamiento estadístico de los resultados obtenidos, se agruparon los datos por períodos siendo estos:

- Primer período, conformado por los resultados de las muestras de los días lunes
- Segundo período, conformado por los resultados de las muestras de los días martes
- Tercer período, conformado por los resultados de las muestras de los días miércoles
- Cuarto período, conformado por los resultados de las muestras de los días jueves
- Quinto período, conformado por los resultados de las muestras de los días viernes.

A continuación se muestra el tratamiento estadístico por período para los diferentes tipos de residuos

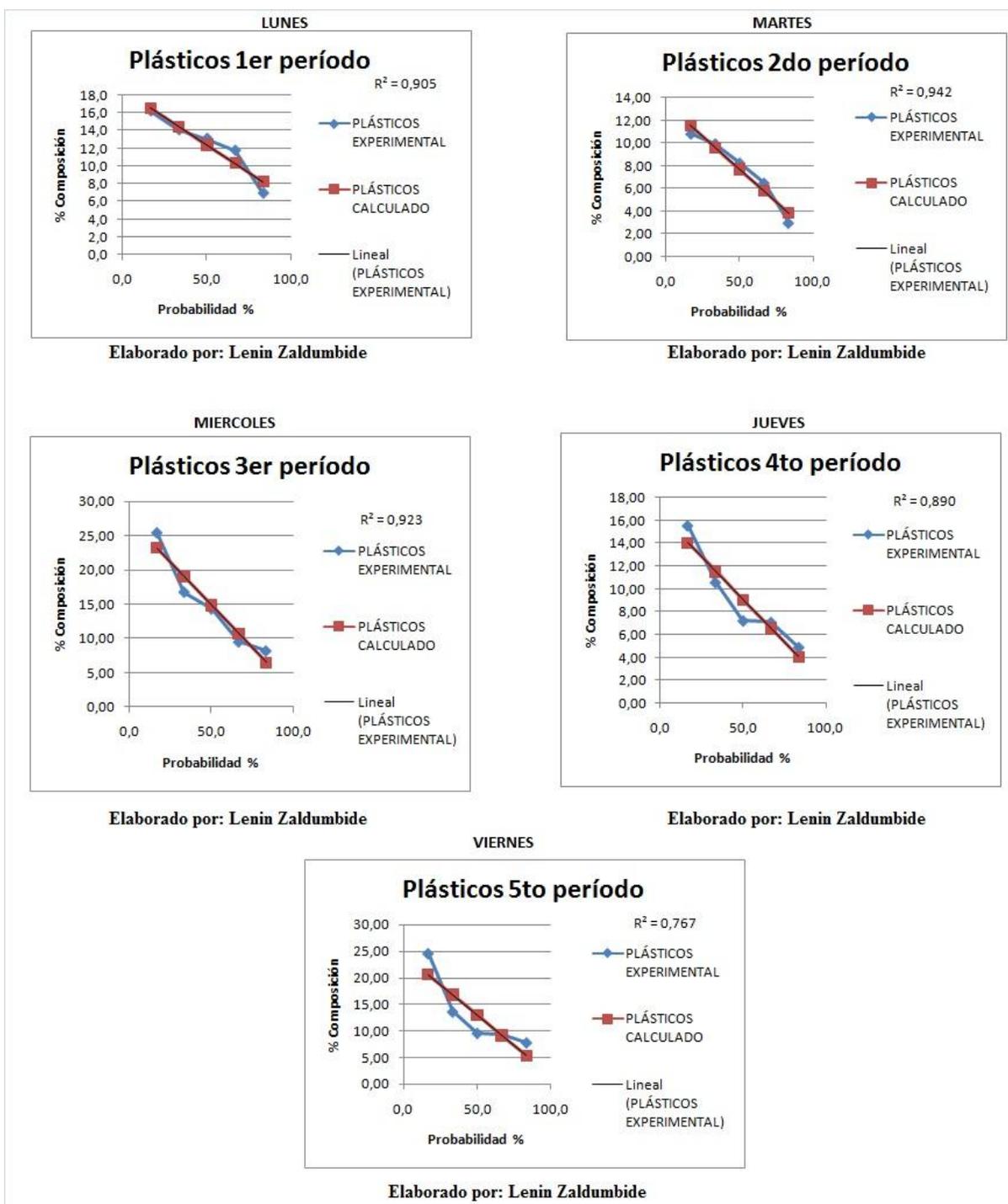
4.1.7.1. Papel y Cartón

Gráfico 3. Probabilidad de ocurrencia de Papel y Cartón



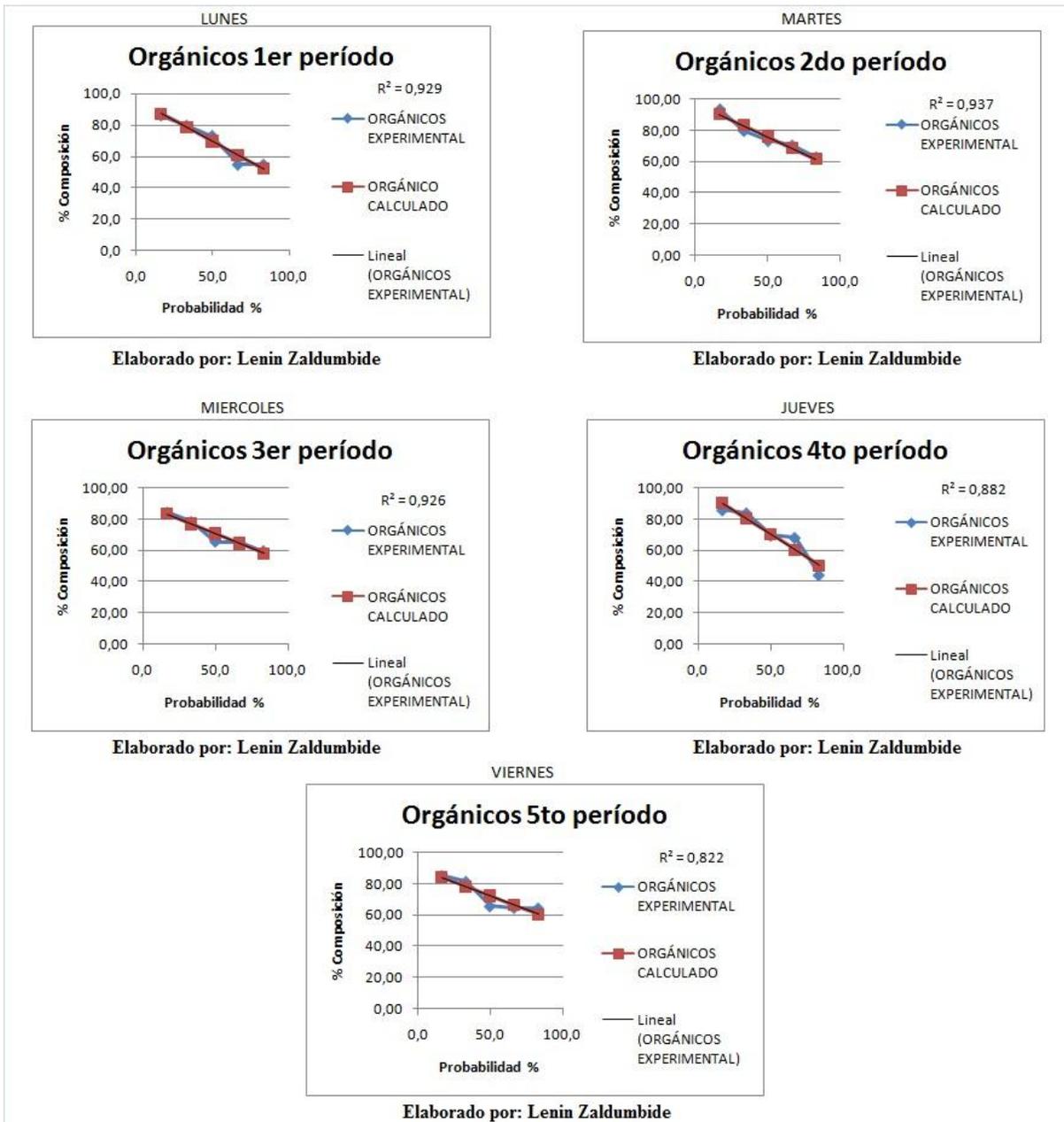
4.1.7.2. Plásticos

Gráfico 4. Probabilidad de ocurrencia de Plásticos



4.1.7.3. Orgánicos

Gráfico 5. Probabilidad de ocurrencia de Orgánicos

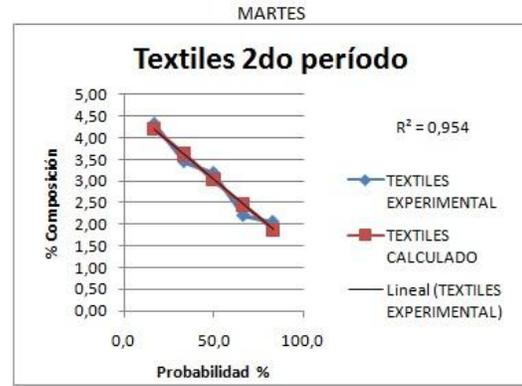


4.1.7.4. Textiles

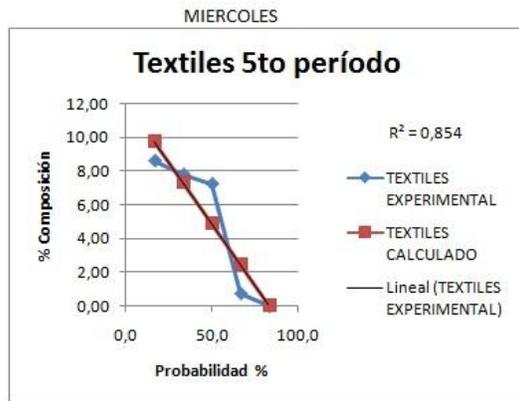
Gráfico 6. Probabilidad de ocurrencia de Textiles



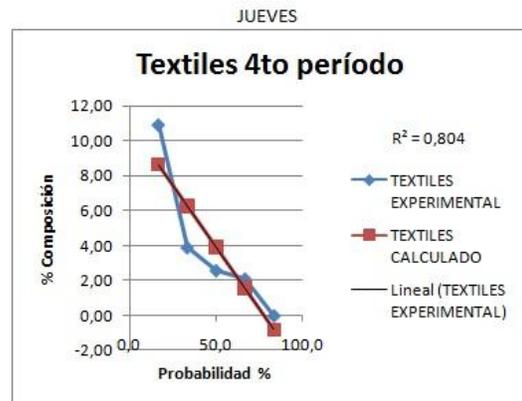
Elaborado por: Lenin Zaldumbide



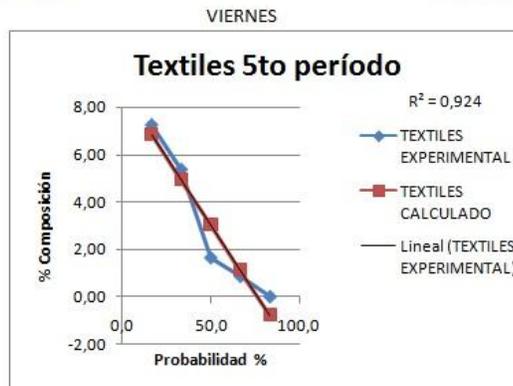
Elaborado por: Lenin Zaldumbide



Elaborado por: Lenin Zaldumbide



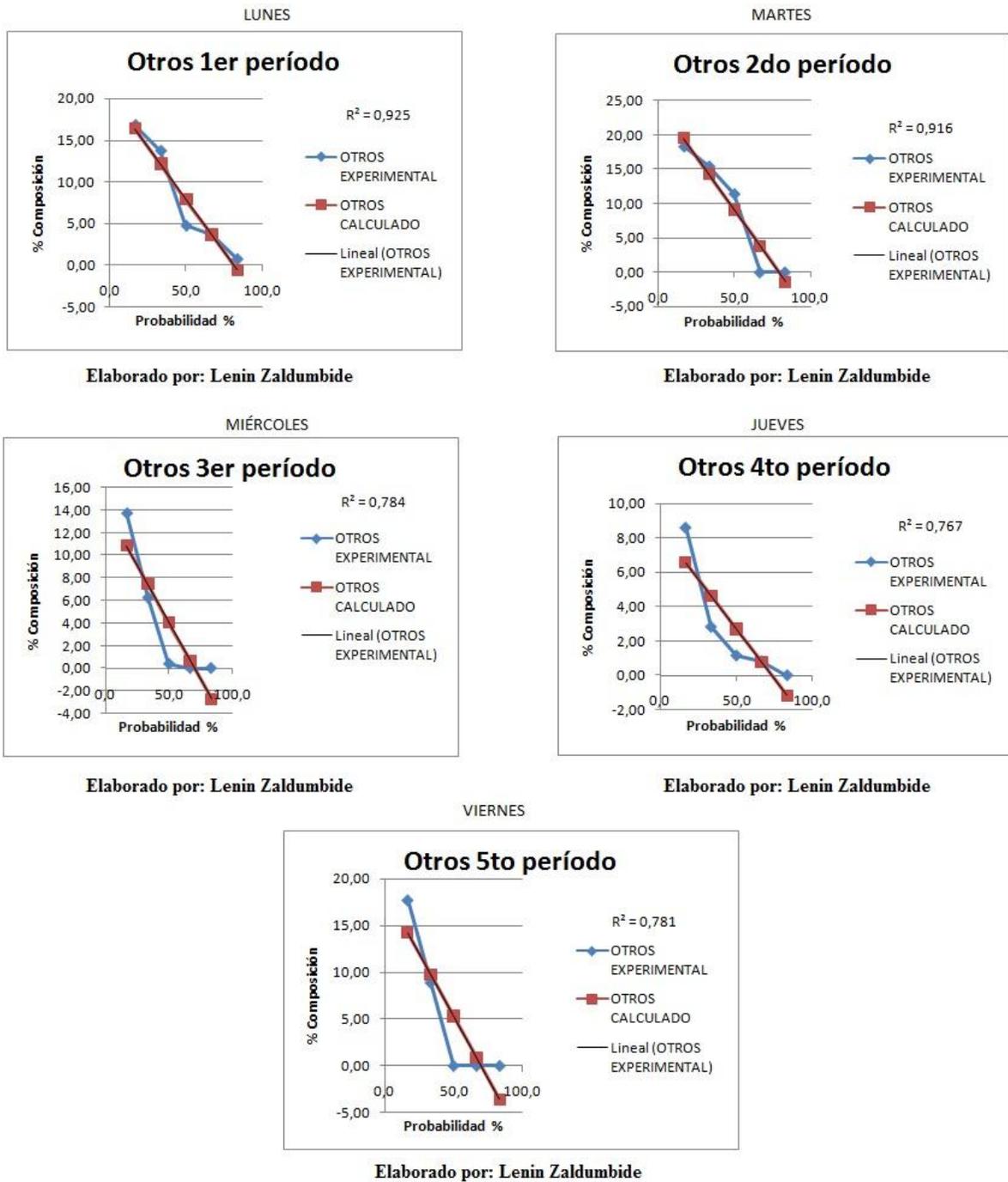
Elaborado por: Lenin Zaldumbide



Elaborado por: Lenin Zaldumbide

4.1.7.5. Otros

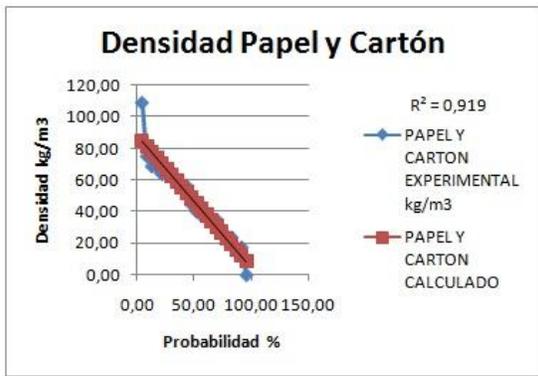
Gráfico 7. Probabilidad de ocurrencia de Otros



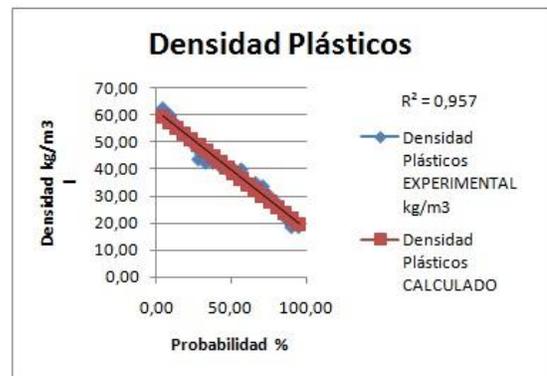
4.1.8. Tratamiento estadístico de características físicas de RSU

4.1.8.1. Densidad por tipo de residuo

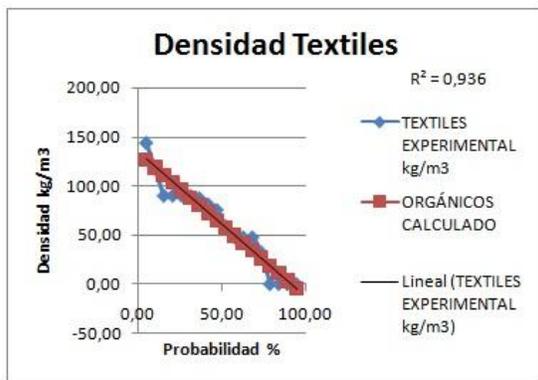
Gráfico 8. Probabilidad de densidades por tipo de residuo



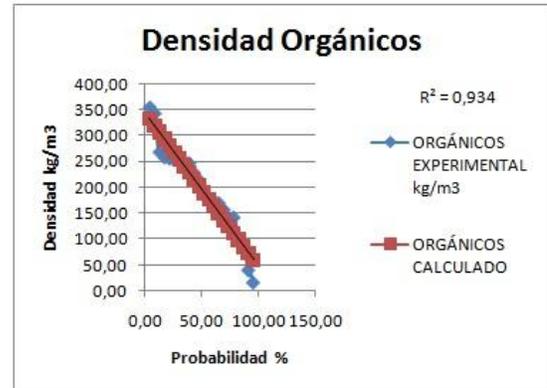
Elaborado por: Lenin Zaldumbide



Elaborado por: Lenin Zaldumbide



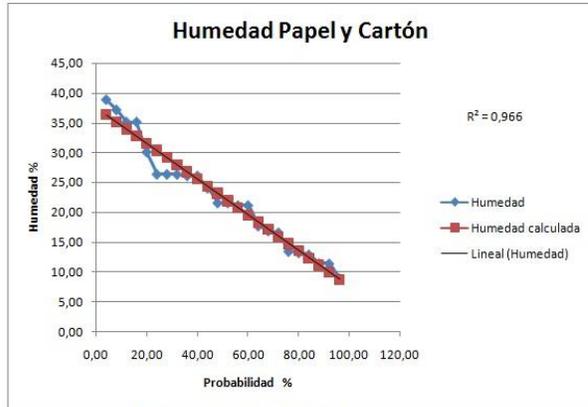
Elaborado por: Lenin Zaldumbide



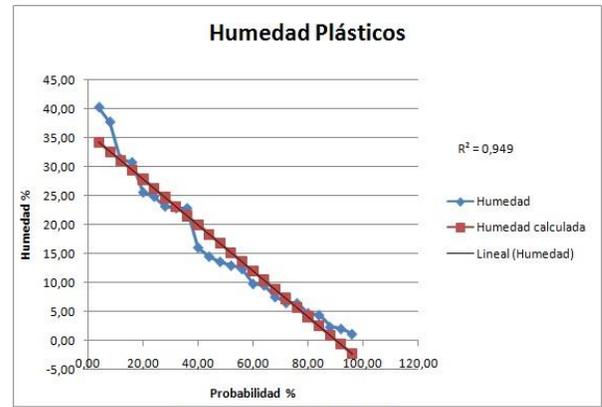
Elaborado por: Lenin Zaldumbide

4.1.8.2. Humedad por tipo de residuo.

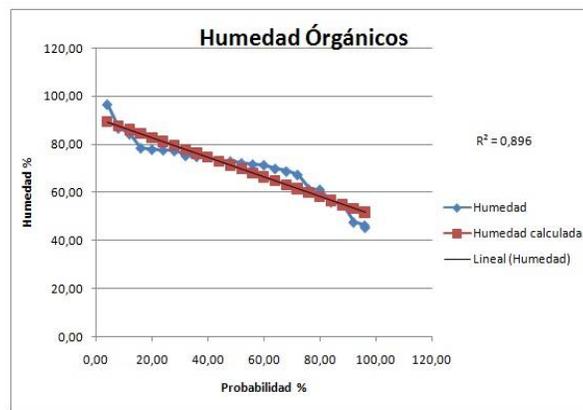
Gráfico 9. Probabilidad de Humedad por tipo de residuo



Elaborado por: Lenin Zaldumbide



Elaborado por: Lenin Zaldumbide



Elaborado por: Lenin Zaldumbide

4.2. LIXIVIADOS

Mediante las metodologías especificadas anteriormente los análisis de laboratorio se presentan a continuación.

4.2.1. DBO₅

Tabla 10. Resultado de análisis de DBO

ANÁLISIS DE DBO DE LIXIVIADOS		
DBO	mg/L	3320

Elaborado por: Lenin Zaldumbide

4.2.2. DQO

Tabla 11. Resultado de análisis de DQO

ANÁLISIS DE DQO DE LIXIVIADOS		
DQO	mg/L	4150

Elaborado por: Lenin Zaldumbide

4.2.3. Nitrógeno Total

Tabla 12. Resultado de análisis de Nitrógeno Total

ANÁLISIS DE NITRÓGENO TOTAL DE LIXIVIADOS		
NITRÓGENO TOTAL	mg/L	2985

Elaborado por: Lenin Zaldumbide

4.2.4. Nitrógeno Amoniacal

Tabla 13. Resultado de análisis de Nitrógeno amoniacal

ANÁLISIS DE NITRÓGENO AMONICAL DE LIXIVIADOS		
NITRÓGENO AMONICAL	mg/L	3286,25

Elaborado por: Lenin Zaldumbide

4.2.5. Conductividad, pH

Los análisis de pH y conductividad eléctrica dieron como resultados los siguientes valores

Tabla 14. pH y Conductividad Eléctrica ANÁLISIS DE pH Y CONDUCTIVIDAD DE LIXIVIADO

ANÁLISIS DE pH Y CONDUCTIVIDAD DE LIXIVIADOS		
Metales	Unidad	Medición
pH	Unidad	10,69
Conductividad	ms/cm	28

Elaborado por: Lenin Zaldumbide

4.2.6. Concentración de metales pesados

Tabla 15. Concentración de Metales en Lixiviados

ANÁLISIS DE CONCENTRACIÓN DE METALES EN LIXIVIADOS		
Metales	Unidad	Medición
Zn	mg/L	0,67
Cd	mg/L	0,01
Cr	mg/L	5
Cu	mg/L	0,18
Co	mg/L	0,038
Mn	mg/L	0,49
Pb	mg/L	0,66
Ni	mg/L	0,33

Elaborado por: Lenin Zaldumbide

V. CAPÍTULO

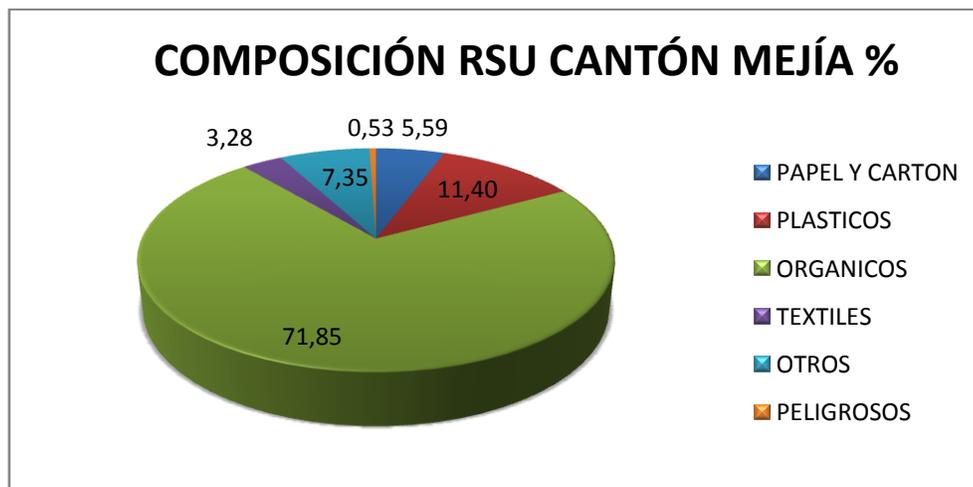
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. RSU

5.1.1. Composición de RSU

Durante la caracterización de los RSU, existen varias clasificaciones de los mismos que son recurrentes en todas las muestras obtenidas del relleno sanitario, estos tipos de residuos son: Papel y Cartón, Plásticos, Orgánicos y Textiles.

Gráfico 2. Composición de RSU Cantón Mejía



Elaborado por: Lenin Zaldumbide

La composición que se detalla en el gráfico no es la composición que se dispone en el relleno sanitario debido al trabajo de las personas del centro de reciclaje, que separan materiales reciclables reduciendo así la cantidad, en peso, que se dispone en el relleno sanitario.

El porcentaje de residuos orgánicos del Cantón Mejía supera el 70% lo cual da un indicio de los hábitos alimenticios de los habitantes de este Cantón, en el cual no se consumen en gran medida alimentos preparados.

Estableciendo una comparación entre los porcentajes de composición de RSU del Distrito Metropolitano de Quito, el cual posee un 53,2% de residuos orgánicos (Castillo, M. 2012), con

la del Cantón Mejía, se puede observar cómo el lugar de generación de RSU, las facilidades y comodidades que una urbe brinda a sus habitantes influyen directamente en la composición de RSU teniendo una diferencia de 20 puntos porcentuales.

5.1.2. Comparación de composición de RSU

El estudio de Impacto Ambiental del relleno sanitario cuenta con una caracterización previa la cual se puede observar en la Tabla 1 del presente documento.

Para realizar un análisis comparativo, se resumieron los datos previos y se los ordenó de la siguiente manera.

Tabla 16. Caracterización previa
CARACTERIZACIÓN PREVIA

RESIDUO	PESO kg	%
PAPEL Y CARTÓN	24	11,86
PLÁSTICOS	34	16,81
TRAPOS	12	5,93
ORGÁNICOS	106	52,41
TOTAL	202,25	

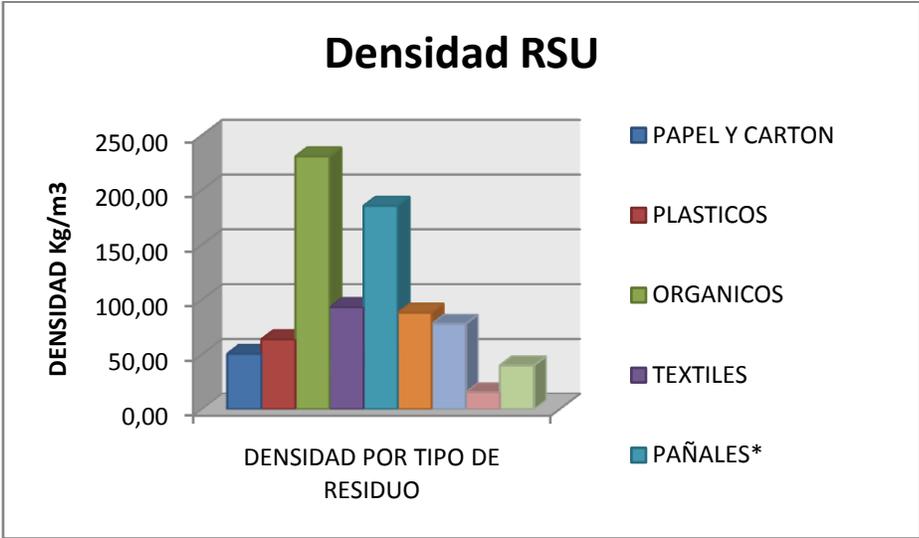
Elaborado por: Lenin Zaldumbide

Al comparar los datos anteriores con los actuales, podemos notar una disminución aproximada de los porcentajes de residuos de papel y cartón en un 6%, plásticos en un 5%, textiles en un 2%. Estas cifras pueden estar atribuidas al período escolar, ya que gran parte de los muestreos actuales se los realizaron en el período de verano.

Se puede evidenciar un aumento de residuos orgánicos en un 19%, lo que se le puede atribuir al crecimiento poblacional, como al incremento de industrias alimenticias que se establecen dentro del Cantón.

5.1.3. Densidad por tipo de residuo

Gráfico 10. Densidad de RSU



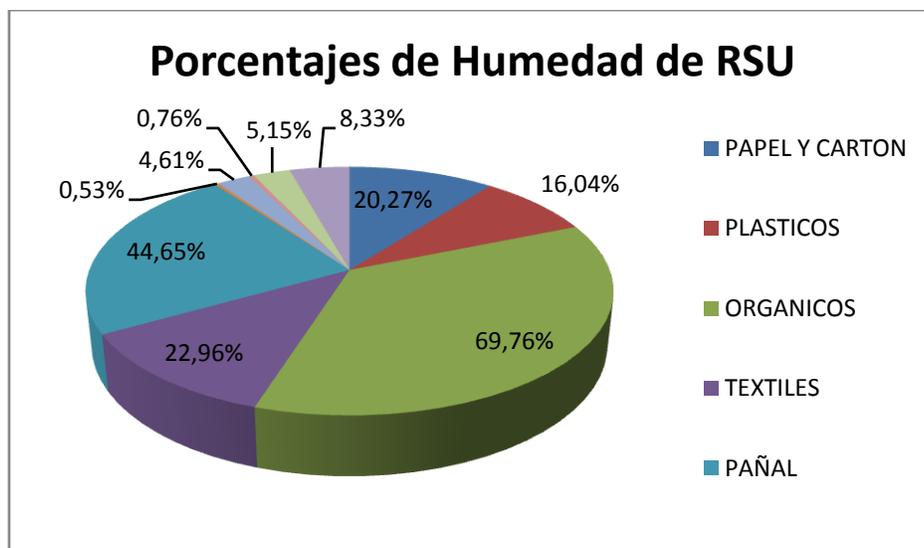
Elaborado por: Lenin Zaldumbide

De las clasificaciones de papel, cartón y plásticos se puede observar que muy poca cantidad de residuos ocupan un gran volumen y si a estos tipos de residuos se los compacta correctamente, ocuparán un volumen menor en su disposición final.

Los residuos orgánicos y los pañales poseen las mayores densidades medidas, esto se atribuye a las características propias de los residuos así como la humedad.

5.1.4. Humedad

Gráfico 11. Porcentaje de Humedad de RSU



Elaborado por: Lenin Zaldumbide

Una vez determinado el porcentaje de humedad por tipo de residuo, el valor más representativo es el de la materia orgánica, que por sus características posee una gran cantidad de agua en su estructura, también se puede notar la cantidad de humedad presente en pañales desechables, ya que por su función, retienen una gran cantidad de líquidos.

5.1.5. Poder Calórico.

El poder calórico es un factor importante a la hora de tomar decisiones sobre la generación de energía a partir de RSU.

El poder calórico inferior para recuperar energía debe ser de por lo menos 1.500 kcal/kg. (Sakurai, K. 2000). Los residuos del Catón Mejía cuentan con un promedio de 4921,80 kcal/kg lo que indica que la energía necesaria para incinerar estos residuos será recuperada.

5.1.6. Análisis de los datos estadísticos.

5.1.6.1. Composición de RSU

En los gráficos 3-7 se puede observar un incremento de porcentaje de composición en los residuos inorgánicos, en especial el valor del tipo de residuos plástico, éste incrementa notablemente en los períodos 3 y 5 que refieren a los días miércoles y viernes. Este incremento se puede atribuir a varios factores como pueden ser:

- Los hábitos de los habitantes en cuanto a consumo de alimentos preparados el día anterior a la recolección
- Los hábitos sanitarios, al disponer de los residuos en días estratégicos, es decir, evitan una acumulación por falta de recolección el fin de semana.

5.2. LIXIVIADOS

5.2.1. Demanda de Oxígeno.

Se determinó la Demanda Biológica de Oxígeno y la Demanda Química de Oxígeno cuyos resultados fueron de 3320mg/L y 4150mg/L respectivamente. Los límites máximos de estos contaminantes son 100mg/L para DBO5 y 250mg/L para DQO. El lixiviado generado en el relleno sanitario del Cantón Mejía posee una relación DBO/DQO de 0,8 lo cual nos indica que la materia orgánica presente en este líquido es degradable mediante métodos biológicos.

5.2.2. Nitrógeno Total

El Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria establece como límite máximo una concentración de 15mg/l. La concentración de Nitrógeno en la muestra es de 2985mg/l, ésta se le atribuye a los altos porcentajes de materia orgánica presente en el relleno, que debido a procesos biológicos, se transforman a éste contaminante

5.2.3. Nitrógeno Amoniacal

La concentración de Nitrógeno Amoniacal presente en la muestra es de 3286,25mg/L, se le atribuye esta concentración a la acción microbiana de descomposición de compuestos nitrogenados.

5.2.4. Conductividad

Este parámetro no está descrito en la legislación como contaminante ni posee un límite permisible. Del análisis de conductividad eléctrica de lixiviados se obtuvo un valor de 28ms/cm, lo cual indica la alta concentración de sales minerales disueltas en el líquido.

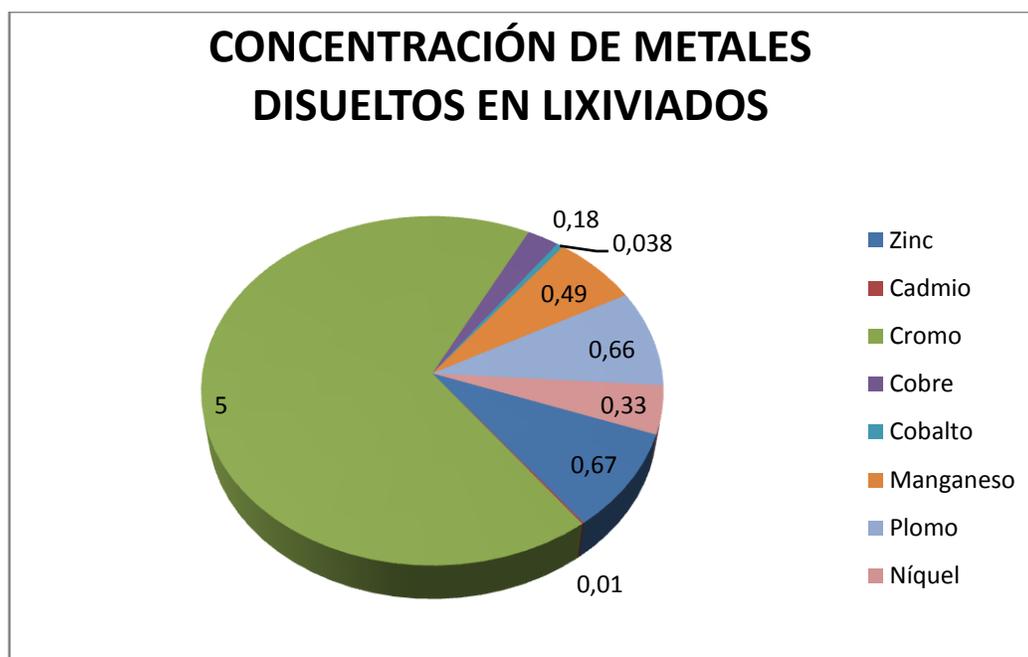
5.2.5. pH

De los valores obtenidos se puede observar un pH alto, con un valor de 10,89 el mismo que sobrepasa la normativa de límites de descarga. Este valor es evidencia el recirculamiento de estos líquidos en el relleno sanitario.

La recirculación de estos líquidos se ha planteado como una alternativa para su tratamiento, una vez metanizados los ácidos grasos, el pH del lixiviado aumenta y al aumentar el pH la solubilidad de los metales disminuye logrando una disminución de los metales en solución que son transportados por el lixiviado (Giraldo E., 1997).

5.2.6. Concentración de metales pesados

Gráfico 12. Concentración de Metales Disueltos en Lixiviados



Elaborado por: Lenin Zaldumbide

Debido a que los lixiviados son el resultado del proceso de percolación de un líquido a través del relleno, la concentración de ciertos elementos podrían estar atribuidas a las características físico-químicas del suelo del sector y a los residuos depositados.

- **Zinc**

Posee una concentración de 0,67 mg/l, es una concentración baja y no sobrepasa los límites de descarga permisibles.

- **Cromo**

El Cromo total analizado se encuentra con una concentración que sobrepasa en diez veces al límite permisible de descarga, esta concentración se la puede atribuir a procesos naturales y a los diferentes usos que el hombre ha dado a este metal, como pueden ser:

- La industria metalúrgica que utiliza este metal para el recubrimiento de metales y la fabricación de acero inoxidable.
- Se utilizan cromatos y óxidos de cromo como mordientes es decir, que sirven para fijar los colores en los productos textiles, en la fabricación de colorantes y pinturas.

Cabe recalcar, que en los muestreos realizados en el relleno sanitario no se determinó ningún metal cromado ni productos relacionados con curtiembres.

- **Cadmio**

El cadmio presente en los lixiviados del relleno sanitario del Cantón Mejía es de 0,1mg/l, se atribuye esta concentración a factores naturales tanto como antropogénicos, los más importantes se citan a continuación:

- Meteorización de rocas por agentes naturales.
- Se lo utiliza para la fabricación de baterías níquel-cadmio.
- Algunos compuestos de cadmio se emplean como estabilizantes de plásticos como el PVC

Durante los muestreos realizados en el relleno Sanitario se evidenciaron baterías recargables especialmente de teléfonos celulares las cuales poseen este metal en su interior.

- **Cobre**

Su concentración en los lixiviados analizados posee un valor bajo la normativa de descarga siendo la concentración 0,18mg/l, la presencia de este metal puede ser atribuida a varios factores, los más importantes se mencionan a continuación:

- Debido a sus múltiples usos como metal, el cobre está dispuesto en diferentes formas aprovechando su poder conductor térmico y eléctrico.

- En su forma no metálica el sulfato de cobre (III) es el compuesto de cobre de mayor importancia industrial y se lo emplea como abono y pesticida en agricultura.

- **Cobalto**

La concentración de este metal es de 0,038mg/l, valor que se encuentra dentro de la normativa de límites de descarga. La presencia de este metal puede ser el resultado de las características propias del suelo o por factores antropogénicos los más importantes son:

- Por su aspecto, dureza y resistencia a la oxidación, se utiliza este metal para recubrimientos metálicos por deposición electrolítica.

- Se lo utiliza como secante para pinturas, barnices y tintas

- Recubrimiento base de esmaltes vitrificados

- Pigmentos

- Electrodo de baterías eléctricas

No se pudieron evidenciar estos factores dentro del relleno sanitario en gran cantidad salvo las baterías que se encontraban en mínimas cantidades.

- **Manganeso**

La concentración de Manganeso se encuentra dentro de los límites de descarga dispuestos en el TULAS. Éste es el duodécimo elemento más abundante en el mundo, por lo que su concentración en los lixiviados analizados puede deberse a la cantidad de Manganeso del suelo o debido a la materia orgánica del relleno, puesto el manganeso es un elemento esencial indispensable para la vida.

- **Plomo**

La concentración de Plomo determinada en la muestra es de 0,66mg/l lo que indica que sobrepasa la norma aplicable. Se puede atribuir a los usos que se le da a este elemento por parte del ser humano, a continuación se detallan los más importantes:

- Se lo utiliza para la fabricación de pigmentos sintéticos.
- Se emplean los compuestos de plomo como los silicatos, carbonatos y ácidos orgánicos como estabilizadores contra la luz y el calor para los plásticos de cloruro de vinilo.
- Se utilizan para la fabricación de esmaltes de vidrio y cerámica.

- **Níquel**

La concentración de Níquel en la muestra analizada tiene un valor de 0,33mg/l, la concentración de este metal se encuentra dentro de los límites permitidos. Se puede mencionar que esta concentración se debe a los usos que el ser humano ha destinado para este elemento, siendo los más importantes los siguientes:

- Aproximadamente el 65% del níquel consumido se emplea en la fabricación de acero inoxidable austenítico.
- El 12% en superaleaciones de níquel.
- El 23% restante se reparte entre aleaciones, baterías recargables, fabricación de monedas, recubrimientos metálicos y fundición

Se evidenciaron elementos que contienen este metal en el relleno, junto con el Cadmio son componentes de baterías recargables.

5.3. Propuesta de tratamiento

Determinadas las características químicas de la muestra de lixiviados tomada de la piscina de recolección de estos líquidos, se procedió a consultar bibliográficamente tratamientos realizados para lixiviados de características similares a los del Cantón Mejía.

5.3.1. Recirculación de lixiviados

Teniendo en cuenta el periodo de funcionamiento del relleno sanitario, se estima que el lixiviado generado sea un lixiviado joven, con altas concentraciones de DBO, DQO y metales pesados (Giraldo E. 1997). Como se pudo observar en los resultados de los análisis, el lixiviado posee un pH básico lo cual indica una recirculación, que, según Giraldo E. (1997) se puede considerar una alternativa de tratamiento, la misma que logra que la solubilidad de los metales disminuya, reduciendo así la concentración de metales en solución del líquido y la cantidad de materia orgánica biodegradable presente en los lixiviados. (Castrillón, L, *et al* 2008).

La concentración de los metales analizados en la muestra de lixiviados es baja al igual que los valores de DBO y DQO, en comparación con otros generados en distintos relleno sanitarios. Esta concentración se atribuye a la recirculación de estos líquidos desde la piscina hasta los cubetos de recolección. Se propone seguir recirculando estos líquidos como medida de pre-tratamiento, y así conjuntamente con la planta de tratamiento lograr tener un efluente que cumpla con la normativa vigente.

5.3.2. Reducción de demanda de oxígeno.

5.3.2.1. Reducción de demanda de oxígeno mediante aireación

Dado que la demanda de oxígeno sobrepasa en sus dos formas DBO y DQO a los límites permisibles de descarga según el TULAS, se requiere un tratamiento especial para reducir este valor. Con el fin de oxidar biológicamente la materia orgánica dispuesta en estos líquidos y alcanzar una saturación de Oxígeno disuelto, se propone la recirculación dentro de la planta de tratamiento, específicamente en las bandejas de aireación por gravedad, para lograr una acción microbiana favorable por parte de los organismos presentes en el lixiviado.

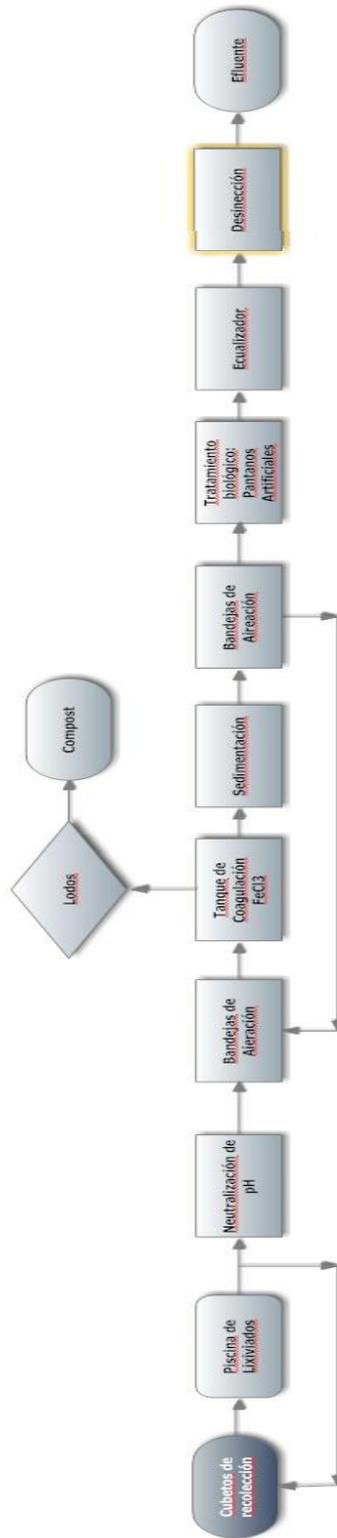
5.3.2.2. Reducción de demanda de oxígeno mediante coagulación con FeCl_3

En el caso de lixiviados la técnica de coagulación se ha empleado como medida de pre-tratamiento antes de procesos biológicos, es catalogada una etapa de pulimiento para la remoción de componentes orgánicos no biodegradables. Nájera, H, *et al* (2009) concluye en su proyecto:

“El proceso de coagulación-floculación aplicado a los lixiviados maduros del SDF de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, demostró ser efectivo en la remoción de carga orgánica medida como DQO cuando se empleó $FeCl_3$ como coagulante, obteniéndose las mejores eficiencias de remoción (67%) a pH 6 y a una dosis de 1.4 gr/L, bajo las condiciones de 250 y 30 rpm de mezcla rápida y lenta, respectivamente.”

En la planta de tratamiento del relleno sanitario del Cantón Mejía se puede incorporar la coagulación utilizando Cloruro Férrico, dadas las características del lixiviado generado, se podría reducir, en condiciones de operación similares, una gran cantidad de materia orgánica medida como DQO.

. **Gráfico 13** Diagrama de Flujo del sistema propuesto



6. CONCLUSIONES

- El sistema de recolección diferenciada del centro urbano de Machachi, posee varias deficiencias en su aplicación, ya que se pudo constatar que los residuos no llegan diferenciados al relleno sanitario.
- El relleno sanitario cuenta con un gran apoyo para su gestión integral por parte del Ilustre Municipio del Cantón Mejía, el mismo que busca implementar nuevas técnicas de disposición final de RSU.
- Debido a los horarios de recolección del Cantón, se dispuso una hora específica para realizar los muestreos, esta hora fue seleccionada por la afluencia de los recolectores al relleno sanitario lo que facilitó que las muestras sean representativas.
- Es indispensable que los muestreos se los realice aleatoriamente para obtener resultados que se asemejen a la totalidad del Cantón.
- Debido a las condiciones de los muestreos y la manipulación de RSU, es indispensable el uso de equipo de protección personal, siendo los guantes irrompibles la indumentaria más importante por el constante contacto con los RSU.
- Al encontrar en el relleno sanitario envases de plaguicidas químicos, se evidencian fallas en la recolección y disposición de residuos peligrosos.
- El porcentaje de residuos más representativo es el de la materia orgánica, ya que éste es un Cantón rural, este porcentaje supera el 70%.
- Al comparar los datos referidos en el Estudio de Impacto Ambiental con los datos obtenidos en la caracterización en esta investigación, se puede observar un claro incremento en cuanto a porcentaje de materia orgánica, se atribuye esto al crecimiento poblacional del Cantón.
- En la comparación de la caracterización efectuada en esta investigación con la caracterización previa se pueden observar que existen valores que no han incrementado con el paso del tiempo, esto se puede atribuir al período que se realizaron los muestreos en esta investigación, período en el cual los estudiantes de colegio se encontraban de vacaciones, y este factor influye en la composición de los RSU.
- Los residuos orgánicos, por su estructura, son el tipo de residuos que poseen mayor porcentaje de humedad, los pañales y toallas sanitarias se posicionan segundos, debido a

que su función es la de retener la mayor cantidad de líquidos, mientras que los textiles por sus características se ubican terceros en porcentaje de humedad.

- Los RSU del Cantón Mejía, pese a la cantidad de humedad por cada residuo, poseen un gran contenido energético obteniendo un valor de 4921,80 kcal/kg.
- Durante el lapso de esta investigación, la piscina de lixiviados se ha ampliado de un ancho de 3m a 9m, como consecuencia de los estimados de generación de estos líquidos para los próximos años.
- Durante los análisis de lixiviados se tuvo que recurrir a realizar diluciones en factor 1:100 para los parámetros de DBO y DQO, ya que por los métodos sin dilución no es posible determinar estos valores por su elevada concentración
- Los datos obtenidos de las demandas biológica y química de Oxígeno nos indican que este es un lixiviado biodegradable según la relación establecida de la DBO/DQO.
- Durante la digestión de la muestra a ser analizada por espectrofotometría atómica se evidenció una clara producción de gases tóxicos así como una reacción exotérmica, para lo cual el equipo de protección personal cumplió un papel indispensable.
- El TULAS específicamente determina el contaminante Cromo Hexavalente en su tabla de límites permisibles de descargas a un cuerpo de agua, en esta investigación se determinó la concentración del Cromo total de la muestra, que obtuvo un valor de 5mg/l, es por esta razón que se desconoce si este parámetro no cumple con los límites de descarga.
- Al momento de analizar la concentración de Níquel en la muestra, se necesitó el cambio del combustible de uno a base de aire-acetileno a uno en base de óxido de Nitrógeno-acetileno para alcanzar la temperatura adecuada para determinar este metal.
- El pH básico es evidencia de la acción de la recirculación de los lixiviados, lo cual confirma un tratamiento por la baja concentración de los metales pesados y de la materia orgánica disuelta en la muestra, comparados bibliográficamente con otros lixiviados.
- El sistema de recolección de RSU se muestra eficiente
- Los residuos hospitalarios se disponen de manera diferente y poseen una recolección diferenciada debido a las características propias de estos residuos.
- El sistema de recolección de lixiviados, en su parte visible, es eficiente debido a que no existe el contacto de estos con el suelo y se impide la percolación de éstos líquidos en el subsuelo.

7. RECOMENDACIONES

El impulso que se le ha dado a la gestión de los RSU en el Cantón Mejía, es una ayuda a la problemática de estos residuos no obstante se recomienda lo siguiente

- Fomentar la gestión integral de los RSU, mediante campañas informando a toda la comunidad de la labor realizada en el relleno sanitario, con el fin de comprometer a los habitantes del Cantón con estas labores.
- Implementación de campañas de concienciación para lograr una recolección diferenciada eficiente en el centro urbano de Machachi.
- Realizar estudios de calidad de suelo para determinar las áreas del Cantón que necesiten más cantidades de nutrientes para aumentar la producción de Bokashi.
- Realizar estudios de la cantidad de nutrientes que posee el abono orgánico generado en el relleno sanitario y su aporte en el suelo del Cantón.
- Se recomienda realizar un estudio de mercado enfocado a los posibles consumidores del abono orgánico generado en el relleno sanitario para lograr una reducción de la materia orgánica que se dispone en el relleno sanitario.
- Se recomienda el estudio de nuevas técnicas de recolección y disposición final de los residuos peligrosos que garanticen la inocuidad de estos para el ambiente y para el ser humano.
- Se recomienda el incentivo a los trabajadores del “Centro de Reciclaje los Romerillos” ya que su labor ayuda al relleno en cuanto cantidad de materia dispuesta en el mismo.
- La correcta recuperación de los RSU reciclables reducirán la cantidad de materia que se dispone en el relleno, evitando la disminución de la vida útil del mismo y la mala disposición de los residuos dentro del relleno sanitario
- Se recomienda la compactación de los residuos utilizando maquinaria pesada, ya que se pudo evidenciar la falta de compactación de los RSU en el relleno sanitario.
- Se recomienda el análisis de los gases generados por la descomposición de la materia orgánica para futuras investigaciones.

- Se recomienda que la descarga de los recolectores se las realice en el sitio a ser compactados los RSU, ya que si estos son dispuestos en otro lugar, se realiza un gasto innecesario movilizándolos.
- Se recomienda establecer un mantenimiento preventivo a la maquinaria utilizada en el relleno, con el fin de evitar molestias y gastos innecesarios.
- Conforme lo observado en el relleno sanitario, se recomienda la utilización de equipos de protección personal pertinente a todos los trabajadores del lugar.
- Dado su contenido energético, se recomienda analizar la posibilidad de generar electricidad a partir de RSU.
- Se recomienda la re circulación de lixiviados como pre-tratamiento de los mismos ya que ayuda a la disminución tanto de metales como de materia orgánica
- Se recomienda constriuir un lugar de muestreo en la piscina de lixiviados para evitar posibles molestias en futuras investigaciones
- Se recomienda la implementación de un tratamiento biológico a los lixiviados, para así lograr cumplir con los límites permisibles por la legislación ecuatoriana
- La clasificación de residuos previa la compactación ayudaría a establecer métodos correctos para este proceso, ya que si los RSU presentan una densidad baja, como plásticos o papeles, ocuparan mucho volumen por unidad de peso.
- La implementación de la compactación con residuos diferenciados dependerá de la mano obra disponible en el lugar, se recomienda un análisis costo-beneficio para la contratación de nuevo personal para este tipo tareas específico.
- Se recomienda una inspección del sistema de recolección de lixiviados para garantizar la ausencia de fugas que no se evidencian en la superficie.

8. Bibliografía

- Barros, D. y Ortiz, J. (2010), Evaluación de rendimientos en el sistema de gestión final de los residuos sólidos del Cantón Mejía. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Fundación Natura. (2009), Manejo Adecuado de Desechos Hospitalarios: La clave para proteger la salud y el ambiente. Recuperado el 28 de julio de 2012 de http://www.fnatura.org/boletines/Desechos_hospitalarios.pdf
- Röben, E. (2002), Manual de Compostaje Para Municipios. Loja, Ecuador: DED/ Ilustre Municipalidad de Loja

- Universidad Autónoma de Madrid. Espectroscopia atómica. Recuperado el 31 de julio de 2012 de http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/lhh345a/Espectroscopiaatomica.pdf
- Kunitoshi, S. (2000), METODO SENCILLO DEL ANALISIS DE RESIDUOS SOLIDOS. CEPIS/OPS: Asesor Regional en Residuos Sólidos. Recuperado el 01 de agosto de 2012 de <http://www.bvsde.paho.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html>
- Acción Ecológica. GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS. ECUADOR-2010. Recuperado el 01 de agosto de 2012 de: <http://www.accionecologica.org/images/stories/desechos/casos/ecuador.pdf>
- Shintani, M., Leblanc, H., Tabora, P. (2000), BOKASHI (Abono Orgánico Fermentado). Guacimo, Limón, Costa Rica.
- Bernache G., Sánchez S., Garmendia A., Dávila A. y Sánchez M. (2001). Solid waste characterization study in the Guadalajara metropolitan zone, Mexico. Waste Manag. Res. 19, 413-424
- Rolle, K. (2006), Termodinámica. 6ª edición, Prentice Hall
- Casas J, Torras A, Garriga E, Meritxell M. 2005. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Los residuos municipales y su gestión. España: Asociación Mundial de las Grandes Metrópolis. Metropolis
- Real Academia Española. (2001). Diccionario de la lengua española (22.a ed.). Consultado en <http://www.rae.es/rae.html>
- Burschel E., Hernández A., y Lobos M. (2003). La Leña una fuente de energía renovable para Chile. Editorial Universitaria.
- Mendoza J., Montañés M., Palomares A. Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente. Servicio de Publicaciones
- Giraldo E., 1997, "Manejo Integrado de Residuos Sólidos Urbanos".
- Castillo M. (2012), "Determinación de la Composición y Densidad de los Residuos Sólidos Urbanos del Distrito Metropolitano de Quito con fines de aprovechamiento energético y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero."
- Nájera, H. Castañón, J., Figueroa, J. y Rojas-Valencia, M (2009). Caracterización y tratamiento fisicoquímico de lixiviados maduros producidos en el sitio de disposición final de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México

- Castrillón, L., Fernández-Nava, Y., Rodríguez-Iglesias, J., Marañón, E., Berrueta, J., 2008, “Tratamiento de Lixiviados de Vertederos de Residuos Urbanos (RU)”. Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente. Instituto Universitario de Tecnología Industrial de Asturias. Universidad de Oviedo. Gijón. España.
- Nájera, H. Castañón, J., Figueroa, J. y Rojas-Valencia, M (2009). Caracterización y tratamiento fisicoquímico de lixiviados maduros producidos en el sitio de disposición final de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Wang, F., Smith, D., & El-din, M. (2003). Application of advanced oxidation methods for landfill leachate treatment – A review. *Environmental Eng. Sci.* 2: 413.127
- Ministerio de Salud. (2011). División de inversiones y desarrollo de la red asistencial. Chile.
- Barriga, A. Seminario Combustión Industrial Aplicada y Control de Contaminantes. ESPOL
- Tipán, R., Yáñez J., 2011. Modelo de Gestión de Residuos Sólidos en Áreas Rurales. Escuela Politécnica Nacional. Ecuador.
- Durán, M. (2007), Introducción a la Química Ambiental. Reverté Ediciones. México D.F
- Beltrán, J. (1968), Chemical Principles. Editorial Reverté.
- Jimenez, B. (2005), La contaminación Ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada.
- Acurio, G., Rossin, A., Teixeira, P., Zepeda, F. (1997). Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe. Washington D.C.
- Ehming Santillan, S. (2005). *CARACTERIZACION Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES DE UNA "EMPRESA FLORÍCOLA"*. Quito: UISEK.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos. Recuperado el 06 de agosto del 2012 de:
http://www.inti.gov.ar/girsu/asis_dispo.htm

9. ANEXOS

Anexo 1. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		⁸ Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10

Fuente: Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Anexo 1. Tabla 12

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0

Continúa...

Continuación...

TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600

Fuente: Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Anexo 1. Tabla 12

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	1000
Sulfitos	SO ₃	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

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

Fuente: Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Anexo 1. Tabla 12

Anexo 2. Caracterización de RSU

MUESTRA	DENSIDAD kg/L	COMPONENTES 1RA SEMANA	PESO POR COMPONENTE kg	% DE COMPONENTE POR MUESTRA
M28-5	0,29	PAPEL Y CARTON	0,76	11,411
		PLASTICOS	1	15,015
		ORGANICOS	1,72	25,826
		TEXTILES	0,42	6,306
		OTROS	1,46	21,922
		PELIGROSOS	1,3	19,520
		TOTAL	6,66	100,000
M29-5	0,22	PAPEL Y CARTON	0,44	8,943
		PLASTICOS	0,58	11,789
		ORGANICOS	1,42	28,862
		TEXTILES	0,14	2,846
		OTROS	2,2	44,715
		PELIGROSOS	0,14	2,846
		TOTAL	4,92	100,000
M30-5	0,378	PAPEL Y CARTON	0,16	2,548
		PLASTICOS	1,56	24,841
		ORGANICOS	4,02	64,013
		TEXTILES	0,54	8,599
		OTROS		
		PELIGROSOS		
		TOTAL	6,28	100,000
M31-5		PAPEL Y CARTON	0,2	3,322
		PLASTICOS	0,38	6,312
		ORGANICOS	2,04	33,887
		TEXTILES	1,14	18,937
		OTROS	2,26	37,542
		PELIGROSOS		
		TOTAL	6,02	100,000
M1-6	0,371	PAPEL Y CARTON	0,44	6,607
		PLASTICOS	1,4	21,021
		ORGANICOS	3,66	54,955
		TEXTILES	0,52	7,808
		OTROS	0,64	9,610
		PELIGROSOS		
		TOTAL	6,66	100,000

Elaborado por: Lenin Zaldumbide

MUESTRA	DENSIDAD kg/L	COMPONENTES 2DA SEMANA	PESO POR COMPONENTE kg	% DE COMPONENTE POR MUESTRA
M4-6	0,341	PAPEL Y CARTON	0,74	12,416
		PLASTICOS	0,78	13,087
		ORGANICOS	3,26	54,698
		TEXTILES	0,18	3,020
		OTROS	1	16,779
		PELIGROSOS		0,000
		TOTAL	5,96	100,000
M5-6	0,379	PAPEL Y CARTON	0,014	0,216
		PLASTICOS	0,42	6,487
		ORGANICOS	4,74	73,216
		TEXTILES	0,28	4,325
		OTROS	1	15,446
		PELIGROSOS	0,02	0,309
		TOTAL	6,474	100,000
M6-6	0,303	PAPEL Y CARTON	0,34	6,415
		PLASTICOS	0,76	14,340
		ORGANICOS	4,14	78,113
		TEXTILES	0,04	0,755
		OTROS	0,02	0,377
		PELIGROSOS		
		TOTAL	5,3	100,000
M7-6	0,386	PAPEL Y CARTON	0,58	10,733
		PLASTICOS	0,84	15,544
		ORGANICOS	3,76	69,578
		TEXTILES	0,14	2,591
		OTROS	0,044	0,814
		PELIGROSOS	0,04	0,740
		TOTAL	5,404	100,000
M8-6	0,356	PAPEL Y CARTON	0,7	10,920
		PLASTICOS	1,58	24,649
		ORGANICOS	4,13	64,431
		TEXTILES	0	0,000
		OTROS	0	0,000
		PELIGROSOS		
		TOTAL	6,41	100,000

Elaborado por: Lenin Zaldumbide

MUESTRA	DENSIDAD kg/L	COMPONENTES 3RA SEMANA	PESO POR COMPONENTE kg	% DE COMPONENTE POR MUESTRA
M11-6	0,303	PAPEL Y CARTON	0,26	3,342
		PLASTICOS	0,54	6,941
		ORGANICOS	6,7	86,118
		TEXTILES	0	0,000
		OTROS	0,28	3,599
		PELIGROSOS		0,000
		TOTAL		7,78
M12-6	0,386	PAPEL Y CARTON	0,46	8,440
		PLASTICOS	0,45	8,257
		ORGANICOS	3,42	62,752
		TEXTILES	0,12	2,202
		OTROS	1	18,349
		PELIGROSOS	0	0,000
		TOTAL		5,45
M13-6	0,356	PAPEL Y CARTON	0,918	16,740
		PLASTICOS	0,523	9,537
		ORGANICOS	3,57	65,098
		TEXTILES	0,473	8,625
		OTROS	0	0,000
		PELIGROSOS		
		TOTAL		5,484
M14-6	0,402	PAPEL Y CARTON	0,092	1,535
		PLASTICOS	0,292	4,871
		ORGANICOS	2,656	44,304
		TEXTILES	0,655	10,926
		PAPEL QUIMICO	2,3	38,365
		TOTAL		5,995
M15-6	0,371	PAPEL Y CARTON	0,239	4,045
		PLASTICOS	0,549	9,291
		ORGANICOS	5,024	85,023
		TEXTILES	0,097	1,642
		OTROS	0	0,000
		PELIGROSOS		
		TOTAL		5,909

Elaborado por: Lenin Zaldumbide

MUESTRA	DENSIDAD kg/L	COMPONENTES 4TA SEMANA	PESO POR COMPONENTE kg	% DE COMPONENTE POR MUESTRA
M18-6	0,356	PAPEL Y CARTON	0,129	2,556
		PLASTICOS	0,817	16,188
		ORGANICOS	4,019	79,631
		TEXTILES	0,043	0,852
		OTROS	0,039	0,773
		PELIGROSOS		0,000
		TOTAL		5,047
M19-6	0,311	PAPEL Y CARTON	0	0,000
		PLASTICOS	0,176	2,965
		ORGANICOS	5,555	93,582
		TEXTILES	0,205	3,454
		OTROS	0	0,000
		PELIGROSOS	0	0,000
		TOTAL		5,936
M20-6	0,318	PAPEL Y CARTON	0,14	1,882
		PLASTICOS	1,89	25,403
		ORGANICOS	4,87	65,457
		TEXTILES	0,54	7,258
		OTROS	0	0,000
		PELIGROSOS		
		TOTAL		7,44
M21-6	0,371	PAPEL Y CARTON	0,193	3,904
		PLASTICOS	0,356	7,201
		ORGANICOS	4,145	83,839
		TEXTILES	0,193	3,904
		OTROS	0,057	1,153
		PELIGROSOS		
		TOTAL		4,944
M22-6	0,394	PAPEL Y CARTON	0,223	3,667
		PLASTICOS	0,474	7,793
		ORGANICOS	3,98	65,439
		TEXTILES	0,326	5,360
		OTROS	1,079	17,741
		PELIGROSOS		
		TOTAL		6,082

Elaborado por: Lenin Zaldumbide

MUESTRA	DENSIDAD kg/L	COMPONENTES 5TA SEMANA	PESO POR COMPONENTE kg	% DE COMPONENTE POR MUESTRA
M25-6	0,326	PAPEL Y CARTON	0,616	8,115
		PLASTICOS	1,068	14,069
		ORGANICOS	5,546	73,060
		TEXTILES	0	0,000
		OTROS	0,361	4,756
		PELIGROSOS		0,000
		TOTAL		7,591
M26-6	0,371	PAPEL Y CARTON	0,39	6,210
		PLASTICOS	0,68	10,828
		ORGANICOS	5,01	79,777
		TEXTILES	0,2	3,185
		OTROS	0	0,000
		PELIGROSOS	0	0,000
		TOTAL		6,28
M27-6	0,311	PAPEL Y CARTON	0,077	1,333
		PLASTICOS	0,475	8,221
		ORGANICOS	4,865	84,199
		TEXTILES	0	0,000
		OTROS	0,361	6,248
		PELIGROSOS		
		TOTAL		5,778
M28-6	0,364	PAPEL Y CARTON	0,24	4,248
		PLASTICOS	0,4	7,080
		ORGANICOS	4,85	85,841
		TEXTILES	0	0,000
		OTROS	0,16	2,832
		TOTAL		5,65
M29-6	0,371	PAPEL Y CARTON	0,422	8,265
		PLASTICOS	0,489	9,577
		ORGANICOS	4,151	81,297
		TEXTILES	0,044	0,862
		OTROS	0	0,000
		PELIGROSOS		
		TOTAL		5,106

Elaborado por: Lenin Zaldumbide

MUESTRA	DENSIDAD kg/L	COMPONENTES 6ta SEMANA	PESO POR COMPONENTE kg	% DE COMPONENTE POR MUESTRA
M6-8	0,341	PAPEL Y CARTON	0,85	11,888
		PLASTICOS	0,84	11,748
		ORGANICOS	4,2	58,741
		TEXTILES	0,28	3,916
		OTROS	0,98	13,706
		PELIGROSOS	0	0,000
		TOTAL	7,15	100,000
M7-8	0,379	PAPEL Y CARTON	0,06	0,878
		PLASTICOS	0,68	9,956
		ORGANICOS	4,81	70,425
		TEXTILES	0,14	2,050
		OTROS	0,78	11,420
		PELIGROSOS	0,36	5,271
		TOTAL	6,83	100,000
M8-8	0,378	PAPEL Y CARTON	0,16	2,315
		PLASTICOS	1,16	16,787
		ORGANICOS	4,1	59,334
		TEXTILES	0,54	7,815
		OTROS	0,95	13,748
		PELIGROSOS	0	0,000
		TOTAL	6,91	100,000
M9-8	0,386	PAPEL Y CARTON	0,2	3,521
		PLASTICOS	0,6	10,563
		ORGANICOS	3,87	68,134
		TEXTILES	0,12	2,113
		OTROS	0,49	8,627
		PELIGROSOS	0,4	7,042
		TOTAL	5,68	100,000
M10-8	0,371	PAPEL Y CARTON	0,44	6,120
		PLASTICOS	0,98	13,630
		ORGANICOS	4,61	64,117
		TEXTILES	0,52	7,232
		OTROS	0,64	8,901
		PELIGROSOS	0,000	0,000
		TOTAL	7,19	100,000

Elaborado por: Lenin Zaldumbide

Anexo 3. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD Y PODER CALORÍFICO

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CANTÓN MEJÍA

MUESTRA	COMPONENTES	PESO CRISOL g	RS+HUMEDOS+CRISOL g	PESO Kg	DENSIDAD g/ml	RSSECO+CRISOL g	HUMEDAD g	PORCENTAJE HUMEDAD %	PESO POR COMPONENTE g	% DE COMPONENTE POR MUESTRA	MATERIA UTILIZADA g	MATERIA SECA g	PESO POR COMPONENTE SECO g	TOTAL MUESTRA PESO SECO g	% DE MATERIA SECA EN LA MUESTRA	% DE HUMEDAD EN LA MUESTRA	%COMPONETE SECO	PODER CALORICO SUPERIOR TEORICO Kcal/Kg *NO SE ANALIZARON LOS RESIDUOS PELIGROSOS	PODER CALORICO INFERIOR TEORICO Kcal/Kg *NO SE ANALIZARON LOS RESIDUOS PELIGROSOS
M2B-5	PAPELY CARTON	89,503	107,371			102,699	4,672	26,145	760,000	11,411	17,868	13,197	561,297	2332,010	35,015	64,985		5878,466	5488,557
	PLASTICOS	94,557	100,417			99,691	0,726	12,388	1000,000	15,015	5,860	5,134	876,120						
	ORGANICOS	94,926	181,417			123,161	58,256	67,354	1720,000	25,826	86,491	28,235	561,303						
	TEXTILES	90,756	103,567			100,916	2,651	20,693	420,000	6,306	12,811	10,160	333,090						
M29-5	PAPELY CARTON	90,747	100,798			98,626	2,173	21,616	440,000	8,943	10,051	7,878	344,888	3242,947	65,914	34,086		4689,720	4485,201
	PLASTICOS	94,553	97,092			96,511	0,581	22,872	580,000	11,789	2,539	1,959	447,345						
	ORGANICOS	329,000	373,000			353,000	20,000	45,455	1420,000	28,862	44,000	24,000	774,545						
	TEXTILES	89,497	119,847			107,919	11,928	39,301	140,000	2,846	30,350	18,422	84,978						
	PANALES	97,195	107,588			104,712	2,876	27,673	2200,000	44,715	10,393	7,517	1591,190						
M30-5	PAPELY CARTON	82,087	91,224			83,291	1,933	21,187	160,000	2,549	9,127	7,194	126,109	2595,200	41,166	58,834		6245,093	5892,086
	PLASTICOS	87,930	95,783			93,773	2,010	25,599	1560,000	24,841	7,853	5,844	1180,803						
	ORGANICOS	89,503	169,072			106,626	62,446	78,477	4020,000	64,013	79,578	17,127	865,219						
	TEXTILES	94,926	111,900			108,537	3,363	19,804	540,000	8,599	16,990	13,618	433,059						
M31-5	PAPELY CARTON	82,101	95,380	0,051	0,064	91,873	3,506	26,404	200,000	3,322	13,279	9,773	147,191	3686,493	61,237	38,763		7497,695	7265,120
	PLASTICOS	87,931	90,746	0,024	0,030	90,381	0,365	12,958	380,000	6,312	2,814	2,450	330,758						
	ORGANICOS	89,500	172,960	0,226	0,283	110,090	62,870	75,330	2040,000	33,887	83,460	20,590	503,276						
	TEXTILES	94,913	151,152	0,207	0,259	117,467	33,685	59,896	1140,000	18,937	56,239	22,554	457,181						
	CAUCHO	97,203	138,091	0,069	0,086	137,816	0,215	0,527	2260,000	37,542	40,828	40,613	2248,088						
M1-6	PAPELY CARTON	94,909	107,814	0,046	0,058	103,275	4,539	35,172	440,000	6,607	12,905	8,366	285,242	3713,071	55,752	44,248		6663,660	6398,171
	PLASTICOS	89,498	95,641	0,200	0,250	95,513	0,127	2,071	1400,000	21,021	6,145	6,015	1371,009						
	ORGANICOS	87,933	148,210	0,308	0,385	105,008	43,202	71,673	3660,000	54,955	60,277	17,075	1036,765						
	TEXTILES	103,570	129,224	0,078	0,098	123,945	5,279	20,578	520,000	7,808	25,655	20,375	412,992						
	GUANTES	94,619	123,498	0,072	0,090	122,002	1,496	5,146	640,000	9,610	28,869	27,384	607,064						
M4-6	PAPELY CARTON																		
	PLASTICOS																		
	ORGANICOS																		
	TEXTILES																		

Elaborado por: Lenin Zaldumbide

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CANTÓN MEJÍA

MUESTRA	COMPONENTES	PESO CRISOL g	RS HUMEDOS+CRISOL g	PESO /300ml	DENSIDAD g/ml	RS SECOS+CRISOL g	HUMEDAD g	PORCENTAJE DE HUMEDAD %	PESO POR COMPONENTE g	% DE COMPONENTE POR MUESTRA	MATERIA UTILIZADA g	MATERIA SECA g	PESO POR COMPONENTE SECO g	TOTAL MUESTRA PESO SECO g	% DE MATERIA SECA EN LA MUESTRA	% DE HUMEDAD EN LA MUESTRA	%COMPONENTE SECO	PODER CALORICO SUPERIOR TEORICO Kcal/Kg *NO SE ANALIZARON LOS RESIDUOS PELIGROSOS	PODER CALORICO INFERIOR TEORICO Kcal/Kg *NO SE ANALIZARON LOS RESIDUOS PELIGROSOS
M4-6	PAPEL Y CARTON	87,910	97,075	0,028	0,035	95,458	1,617	17,648	740,000	12,416	9,165	7,547	609,404	3861,184	64,785	35,215		4961,881	4750,591
	PLASTICOS	89,475	101,175	0,015	0,019	100,617	0,558	4,769	780,000	13,087	11,700	11,142	742,800						
	ORGANICOS	103,571	159,323	0,215	0,269	132,763	26,560	47,640	3260,000	54,698	55,751	29,191	1706,934						
	TEXTILES	95,626	115,740	0,047	0,059	112,363	3,377	16,790	180,000	3,020	20,114	16,737	149,779						
	PAÑAL	94,590	224,000	0,130	0,163	179,000	45,000	34,773	1000,000	16,779	129,410	84,410	652,267						
M5-6	PAPEL Y CARTON	89,477	94,406	0,014	0,018	99,853	0,553	11,215	14,000	0,216	4,929	4,376	12,490	2890,335	44,645	55,355		4718,097	4385,969
	PLASTICOS	94,553	106,049	0,028	0,035	105,915	0,134	1,165	420,000	6,487	11,497	11,363	415,108						
	ORGANICOS	102,505	149,783	0,114	0,142	117,253	32,530	68,806	4740,000	73,216	47,278	14,748	1478,589						
	TEXTILES	87,902	102,816	0,072	0,090	101,757	1,059	7,101	280,000	4,325	14,914	13,855	260,117						
	PANALES	94,597	130,864	0,036	0,045	120,858	10,007	27,591	1000,000	15,446	36,267	26,261	724,090						
M6-6	PAPEL Y CARTON	89,476	98,356	0,019	0,024	97,164	1,191	13,417	340,000	6,415	8,880	7,683	294,383	2117,500	39,954	60,046		5677,635	5317,361
	PLASTICOS	103,546	107,330	0,039	0,044	107,169	0,161	4,412	760,000	14,340	3,787	3,613	726,284						
	ORGANICOS	94,594	157,446	0,205	0,256	110,439	47,017	74,739	4140,000	78,113	62,852	15,845	1043,695						
	TEXTILES	87,904	98,340	0,038	0,048	96,594	1,756	16,038	40,000	0,755	10,436	8,600	33,269						
	FOCO		8,095	0,008	0,040	8,033	0,061	0,751	20,000	0,377	8,095	8,033	19,849						
M7-6	PAPEL Y CARTON	103,532	111,734	0,032	0,040	110,271	1,463	17,838	580,000	10,733	8,202	6,739	476,536	2500,562	46,272	53,728		5563,515	5247,159
	PLASTICOS	94,597	101,603	0,032	0,040	101,219	0,465	6,555	840,000	15,544	7,086	6,622	784,939						
	ORGANICOS	89,483	134,973	0,162	0,203	103,181	31,792	69,887	3760,000	69,578	45,490	13,698	1132,233						
	TEXTILES	87,912	113,630	0,094	0,118	102,945	10,686	41,549	140,000	2,591	25,718	15,032	81,831						
	PAÑAL	96,000	307,000	0,206	0,258	216,000	91,000	43,128	44,000	0,814	211,000	120,000	25,024						
M8-6	PAPEL Y CARTON	87,927	95,842	0,029	0,036	94,717	1,125	14,217	0,700	10,920	7,916	6,790	0,600	3,209	0,050	99,950		6225,509	5626,809
	PLASTICOS	94,585	99,502	0,032	0,040	99,103	0,479	9,588	1,580	24,648	4,997	4,518	1,429						
	ORGANICOS	103,584	142,473	0,172	0,215	114,699	27,774	71,419	4,130	64,431	38,889	11,115	1,180						
M4-6	PAPEL Y CARTON																		
	PLASTICOS																		
	ORGANICOS																		
	TEXTILES																		

Elaborado por: Lenin Zaldumbide

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CANTÓN MEJÍA

MUESTRA	COMPONENTES	PESO CRISOL g	RS HUMEDOS+CRISOL g	PESO Kg /800ml	DENSIDAD g/ml	RS SECOS+CRISOL g	HUMEDAD g	PORCENTAJE DE HUMEDAD %	PESO POR COMPONENTE g	% DE COMPONENTE POR MUESTRA	MATERIA UTILIZADA g	MATERIA SECA g	PESO POR COMPONENTE SECO g	TOTAL MUESTRA PESO SECO g	% DE MATERIA SECA EN LA MUESTRA	% DE HUMEDAD EN LA MUESTRA	%COMPONETE SECO	PODER CALORICO SUPERIOR TEORICO Kcal/Kg * NO SE ANALIZARON LOS RESIDUOS PELIGROSOS	PODER CALORICO INFERIOR TEORICO Kcal/Kg * NO SE ANALIZARON LOS RESIDUOS PELIGROSOS
M11-6	PAPEL Y CARTON	95,653	102,963	0,021	0,026	102,018	0,946	12,939	260,000	3,342	7,310	6,364	226,358	1899,789	24,419	75,581		5214,679	4761,192
	PLASTICOS	94,601	99,384	0,048	0,060	98,689	0,695	14,532	540,000	6,941	4,783	4,088	461,527						
	ORGANICOS	87,905	127,530	0,183	0,229	94,136	33,394	84,276	6700,000	86,118	39,625	6,231	1053,513						
	TEXTILES	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000						
	PAÑAL		373,000	0,269	0,336	211,000	162,000	43,432	280,000	3,599	373,000	211,000	158,391						
M12-6	PAPEL Y CARTON	90,202	101,254	0,014	0,018	99,765	1,489	13,472	460,000	8,440	11,052	9,563	398,030	3349,333	61,456	38,544		4605,812	4374,546
	PLASTICOS	94,501	106,049	0,028	0,035	104,915	1,134	9,819	450,000	8,257	11,548	10,414	405,813						
	ORGANICOS	103,257	149,783	0,114	0,142	128,254	21,529	46,272	3420,000	62,752	46,527	24,998	1837,486						
	TEXTILES	87,902	102,816	0,072	0,090	101,757	1,059	7,101	120,000	2,202	14,914	13,855	111,479						
	PAÑALES	90,523	115,218	0,160	0,200	105,255	9,964	40,348	1000,000	18,349	24,695	14,731	596,525						
M13-6	PAPEL Y CARTON	94,600	100,878	0,051	0,064	100,311	0,554	8,981	818,000	16,744	6,278	5,712	835,557	2258,217	41,178	58,822		4721,051	4368,121
	PLASTICOS	103,548	107,330	0,034	0,043	105,911	1,429	37,739	523,000	9,537	3,787	2,358	325,658						
	ORGANICOS	94,594	157,446	0,201	0,251	108,651	48,796	77,635	3570,000	65,089	62,852	14,057	798,428						
	TEXTILES	87,904	98,340	0,039	0,048	94,491	3,849	36,677	473,000	8,625	10,436	6,588	298,573						
M14-6	PAPEL Y CARTON	103,555	113,407	0,045	0,056	112,102	1,305	13,245	92,000	1,535	9,852	8,547	79,814	1440,386	24,026	75,974		4761,501	4305,660
	PLASTICOS	95,607	97,673	0,040	0,050	97,159	0,514	24,873	292,000	4,871	2,066	1,552	219,371						
	ORGANICOS	87,956	111,121	0,125	0,158	94,218	16,918	72,969	2656,000	44,304	23,165	6,262	717,951						
	TEXTILES	94,503	110,564	0,070	0,088	104,903	5,654	35,302	655,000	10,926	15,981	10,327	423,249						
	PAPEL QUIMICO			0,050	0,063														
M15-6	PAPEL Y CARTON	79,939	91,221	0,030	0,038	89,929	1,292	11,453	0,239	4,045	11,282	9,990	0,212	2,163	0,037	99,963		5173,183	4573,403
	PLASTICOS	97,181	104,413	0,027	0,034	103,866	0,547	7,566	0,549	9,291	7,233	6,685	0,507						
	ORGANICOS	89,535	168,202	0,140	0,175	110,671	57,532	73,133	5,024	85,023	78,667	21,136	1,350						
	TEXTILES	97,203	108,617	0,072	0,090	108,249	0,368	3,224	0,097	1,642	11,414	11,046	0,094						
M4-6	PAPEL Y CARTON																		
	PLASTICOS																		
	ORGANICOS																		
	TEXTILES																		

Elaborado por: Lenin Zaldumbide

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CANTÓN MEJÍA

MUESTRA	COMPONENTES	# DE CRISOL	PESO CRISOL g	RSHUMEDOS+CRISOL g	PESO Kg	DENSIDAD g/ml	RSSECO+CRISOL g	HUMEDAD g	PORCENTAJE DE HUMEDAD %	PESO POR COMPONENTE g	% DE COMPONENTE POR MUESTRA	MATERIA UTILIZADA g	MATERIA SECA g	PESO POR COMPONENTE SECO g	TOTAL MUESTRA PESO SECO g	% DE MATERIA SECA EN LA MUESTRA	% DE HUMEDAD EN LA MUESTRA	%COMPONETE SECO	PODER CALORICO SUPERIOR TEORICO Kcal/Kg *NO SE ANALIZARON LOS RESIDUOS PELIGROSOS	PODER CALORICO INFERIOR TEORICO Kcal/Kg *NO SE ANALIZARON LOS RESIDUOS PELIGROSOS
M18-6	PAPEL Y CARTON	10	79,894	89,063	0,020	0,044	87,513	1,550	16,904	129,000	2,556	9,169	7,619	107,193	1055,997	20,923	79,077	3,523	4176,146	3701,686
	PLASTICOS	4	0,000	0,000	0,018	0,040	0,000	0,000	0,000	817,000	16,188	0,000	0,000	0,000						
	ORGANICOS	3	89,502	157,040	0,041	0,091	104,821	52,219	77,318	4019,000	79,631	67,538	15,319	911,602						
	TEXTILES	6	97,162	105,847	0,034	0,076	103,775	2,071	23,851	43,000	0,852	8,695	6,613							
	OTROS (DESECHABLES)	2	83,216	86,763	0,007	0,016	86,599	0,163	4,610	39,000	0,773	3,547	3,383	37,202						
M19-6	PAPEL Y CARTON	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1696,107	28,573	71,427	9,025	4435,430	4006,869
	PLASTICOS	4	97,221	100,730	0,018	0,023	100,166	0,564	16,075	176,000	2,965	3,510	2,946	147,007						
	ORGANICOS	M	89,490	132,083	0,203	0,254	100,189	31,894	74,882	5555,000	93,582	42,593	10,699	1395,320						
	TEXTILES	10	83,209	93,778	0,026	0,033	91,101	2,677	25,327	205,000	3,454	10,569	7,892	153,080						
	PANALES	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000						
M20-6	PAPEL Y CARTON	1	93,015	101,253	0,051	0,064	100,312	0,941	11,422	140,000	1,882	8,238	7,297	124,009	3624,139	48,712	51,288	4,209	6011,497	5703,757
	PLASTICOS	12	103,254	108,365	0,034	0,043	107,197	1,168	22,859	1890,000	25,403	5,111	3,943	1457,992						
	ORGANICOS	16	89,338	139,319	0,201	0,253	108,653	30,666	61,194	4870,000	65,457	49,497	19,392	1889,831						
	TEXTILES	3	90,259	105,267	0,038	0,048	94,491	10,776	71,794	540,000	7,258	15,109	4,233	152,311						
M21-6	PAPEL Y CARTON	1	83,203	95,435	0,055	0,063	92,489	2,946	24,080	193,000	3,904	12,232	9,287	146,526	2464,482	49,848	50,152	6,430	4675,432	4374,520
	PLASTICOS	12	97,196	102,221	0,033	0,041	101,895	0,326	6,484	356,000	7,201	5,025	4,699	322,918						
	ORGANICOS	10	89,488	147,644	0,279	0,344	115,116	32,530	55,933	4145,000	83,838	58,159	25,628	1826,562						
	TEXTILES	3	0,000	11,952	0,009	0,090	9,814	2,138	17,888	193,000	3,904	11,952	9,814	158,476						
M22-6	PAPEL Y CARTON	3	89,481	115,263	0,054	0,068	105,673	9,590	37,197	0,223	3,667	25,782	16,192	0,140	1,911	0,031	99,969	15,640	4952,706	4352,895
	PLASTICOS	10	97,219	99,890	0,042	0,053	99,271	0,620	23,195	0,474	7,793	2,672	2,052	0,364						
	ORGANICOS	12	83,209	122,326	0,140	0,175	94,096	28,230	72,168	3,980	65,409	39,117	10,887	1,108						
	LONA		330,000	342,000	0,078	0,098	341,000	1,000	8,333	0,326	5,360	12,000	11,000	0,299						
M4-6	PAPEL Y CARTON																			
	PLASTICOS																			
	ORGANICOS																			
	TEXTILES																			

Elaborado por: Lenin Zaldumbide

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CANTÓN MEJÍA

MUESTRA	COMPONENTES	# DE CRISOL	PESO CRISOL g	RSHUMEDOS+CRISOL g	PESO Kg/ml	DENSIDAD g/ml	RSSECO+CRISOL g	HUMEDAD g	PORCENTAJE DE HUMEDAD %	PESO POR COMPONENTE g	% DE COMPONENTE POR MUESTRA	MATERIA UTILIZADA g	MATERIA SECA g	PESO POR COMPONENTE SECO g	TOTAL MUESTRA PESO SECO g	% DE MATERIA SECA EN LA MUESTRA	% DE HUMEDAD EN LA MUESTRA	%COMPONETE SECO	PODER CALORICO SUPERIOR TEORICO Kcal/Kg *NO SE ANALIZARON LOS RESIDUOS PELIGROSOS	PODER CALORICO INFERIOR TEORICO Kcal/Kg *NO SE ANALIZARON LOS RESIDUOS PELIGROSOS
M25-6	PAPEL Y CARTON	10	83,186	96,445	0,049	0,109	92,948	3,497	26,377	616,000	8,115	13,259	9,762	453,517	1287,163	16,956	83,044		4364,828	3866,567
	PLASTICOS	4	89,492	95,778	0,050	0,111	93,247	2,531	40,263	1068,000	14,069	6,286	3,755	0,000						
	ORGANICOS	3	97,235	188,606	0,160	0,356	109,422	79,184	86,662	5546,000	73,060	91,371	12,187	739,728						
	TEXTILES	6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000						
	PANALES	2	330,000	453,000	0,153	0,340	362,000	91,000	73,984	361,000	4,756	123,000	32,000	93,919						
M26-6	PAPEL Y CARTON	0	89,255	93,215	0,020	0,025	92,021	1,194	30,138	390,000	6,210	3,960	2,767	0,000	783,961	12,483	87,517		7003,070	6477,971
	PLASTICOS	4	102,021	106,326	0,045	0,056	105,002	1,324	30,756	680,000	10,828	4,305	2,981	470,858						
	ORGANICOS	M	99,322	149,202	0,156	0,195	101,022	48,180	96,591	5010,000	79,777	49,880	1,700	170,790						
	TEXTILES	10	85,021	92,256	0,065	0,081	90,170	2,087	28,844	200,000	3,185	7,235	5,148	142,313						
	PANALES	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000						
M27-6	PAPEL Y CARTON	1	89,501	109,654	0,030	0,038	101,814	7,840	38,903	77,000	1,333	20,153	12,313	47,049	1449,127	25,080	74,920		5126,081	4676,561
	PLASTICOS	12	83,199	89,465	0,015	0,029	87,504	1,961	31,291	475,000	8,221	6,288	4,385	336,361						
	ORGANICOS	10	97,228	167,050	0,138	0,170	112,668	54,381	77,880	4865,000	84,109	68,812	15,441	1075,716						
	PANALES	3	330,000	517,000	0,115	0,144	379,000	138,000	73,797	0,000	0,000	187,000	49,000	0,000						
M28-6	PAPEL Y CARTON	1	83,873	95,231	0,045	0,056	93,216	2,015	17,738	240,000	4,248	11,358	9,343	197,428	2461,384	43,564	56,436		4793,288	4454,674
	PLASTICOS	12	97,199	101,299	0,022	0,028	101,202	0,097	2,371	400,000	7,081	4,100	4,003	390,517						
	ORGANICOS	10	90,215	149,259	0,139	0,248	113,022	36,239	61,372	4850,000	85,841	59,043	22,807	1873,439						
	TEXTILES	3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000						
M29-6	PAPEL Y CARTON	3	97,208	106,797	0,060	0,075	105,202	1,595	16,638	0,422	8,285	9,593	7,994	0,352	2,673	0,052	99,948		4790,132	4190,446
	PLASTICOS	10	83,199	85,881	0,050	0,063	85,515	0,366	13,629	0,489	9,577	2,688	2,322	0,422						
	ORGANICOS	12	89,507	146,866	0,013	0,016	115,325	31,541	54,988	4,151	81,297	57,360	25,819	1,868						
	TEXTILES		0,000	4,422	0,020	0,029	3,021	1,401	31,672	0,044	0,862	4,422	3,021	0,020						
M4-6	PAPEL Y CARTON																			
	PLASTICOS																			
	ORGANICOS																			
	TEXTILES																			

Elaborado por: Lenin Zaldumbide

10. FOTOGRAFÍAS

Fotografías del Relleno Sanitario.

Celdas especiales para residuos hospitalarios



Fuente: Lenin Zaldumbide

Área de compactación de RSU



Fuente: Lenin Zaldumbide

Estación de Bokashi



Fuente: Lenin Zaldumbide

Área de descarga de recolectores



Fuente: Lenin Zaldumbide

11. Metodología aplicada.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO). Método APHA 5210

1. Tomar 300 ml de muestra a 20 °C.
2. Saturar la muestra con oxígeno, mediante aireación intensiva provista por un compresor durante 30 minutos, y añadir nutrientes.
3. Medir la concentración de oxígeno disuelto inmediatamente después del proceso de saturación, con la sonda Hach específica para la determinación de la concentración de oxígeno.
4. Trasvasar la muestra saturada a una botella winkler de 300 ml de capacidad, llenándola hasta el borde y dejando caer la tapa, con la finalidad de dar un cierre hermético al contenido.
5. Colocar la botella en una incubadora a 20 °C durante cinco días.
6. Finalmente y luego de los cinco días, medir la saturación de oxígeno final de la muestra.

12. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO). APHA 5220 B. Método de reflujo abierto.

1. Tomar 10 ml de la muestra problema y colocar en un balón de destilación.
2. Añadir 0,1 g. de Sulfato de Mercurio, 5 ml de dicromato de potasio 0,25 N y 15 ml de la mezcla sulfato de plata – ácido sulfúrico.
3. Armar el equipo de reflujo abierto.
4. Digerir la muestra durante dos horas a reflujo abierto.
5. Dejar en reposo la muestra digerida y lavar el refrigerante con agua destilada con el doble del volumen de la muestra digerida.
5. Enfriar la muestra.
6. Agregar tres gotas del indicador ferroína para titulación.
7. Cuantificar el exceso de dicromato de potasio titulando la muestra con SAF.
8. Anotar los mililitros gastados de SAF.
9. Paralelo a este proceso, repetir con 10 ml de agua destilada como blanco.

Fórmula de cálculo de DQO:

$$\text{DQO (mg/L)} = \frac{(A - B) \times M \times 8000}{\text{ml de muestra}}$$

Donde:

A= mililitros de SAF utilizados en la titulación del blanco.

B = mililitros de SAF utilizados en la titulación de la muestra.

M = molaridad del SAF.

Nitrógeno Amoniacal. Método 4500 NH3 E.

Instrumental:

- Aparato de destilación

Reactivos:

- Agua exenta de Amoniacal
- Solución tampón de borato
- Hidróxido de sodio, 6N
- Agua decolorante
- Sulfito de sodio
- Tiosulfato de sodio
- Oxido de fenilarsina
- Arsenito de sodio
- Agente neutralizante:
 1. Hidróxido de sodio 1N
 2. Ácido sulfúrico 1N
 3. Solución absorbente, ácido bórico puro
 1. Solución indicadora de ácido bórico
 2. Ácido sulfúrico 0,04N
- Solución de indicador mixta: Disuélvanse 200mg de indicador rojo de metilo en 100ml de alcohol etílico o isopropílico del 95 por 100. Disuélvanse 100mg de azul de metileno en 50ml de alcohol etílico o isopropílico del 95 por 100. Combínense las dos soluciones.
- Solución indicadora de ácido bórico
- Titulante estándar de ácido sulfúrico 0,0N

Procedimiento

Preparación del equipo: Añádanse 500ml de agua y 20ml de tampón borato a un matraz de destilación y ajústese el pH a 9,5 con solución de NaOH 6N.

Añádanse unas cuentas de vidrio o fragmentos pequeños para ayudar a la ebullición, y utilícese esta mezcla para producir vapor en el aparato de destilación hasta que en el destilado no aparezcan trazas de amoniaco.

Preparación de la muestra: Utilícese 500ml de muestra declorada o una porción diluida con agua a 500ml. Elimínese el cloro residual por la adición de agente declorante, equivalente al cloro residual, en el momento de la obtención. Si fuera necesario, neutralícese a pH aproximado de 7, con ácido o base diluidos mediante un medidor de pH

Añádanse 25ml de solución tampón de borato y ajústese el pH a 9,5 con NaOH 6N mediante un medidor de pH

Destilación: Para reducir al mínimo la contaminación, déjese instalado el aparato de destilación después de agotar el vapor y hasta justo antes de empezar la destilación de la muestra. Desconéctese el matraz productor de vapor y pásese inmediatamente el matraz de muestra al aparato de destilación. Destílese a una velocidad de o a 10ml/min con el extremo del tubo de salido por debajo de la superficie de la solución ácida receptora. Recójase el destilado en un erlenmeyer de 500ml que contenga 50ml de solución de solución indicadora de ácido bórico. Recójase por lo menos 200ml de destilado bájese e destilado obtenido para evitar su contacto con el tubo de salida y manténgase la destilación durante 1 o 2 minutos, para limpiar el condensador y tubo de salida Dilúyase a 500ml con agua.

Titúlese el amoniaco del destilado con H₂SO₄ 0,02N titulante hasta que el indicador vire a lavanda pálido.

Cálculo.

$$mg NH_3. N/l = \frac{(A - B) * 280}{ml de muestra}$$

Donde:

A: volumen de H₂SO₄ titulado para la muestra

B: volumen de H₂SO titulado para el blanco

Nitrógeno orgánico total: Método 4500 N_{org} C

Instrumental:

Aparato de digestión

Aparato de destilación

Reactivos:

- Agua exenta de Amoniac
- Solución tampón de borato
- Hidróxido de sodio, 6N
- Agua declorante
- Sulfito de sodio
- Tiosulfato de sodio
- Oxido de fenilarsina
- Arsenito de sodio
- Agente neutralizante:
- 4. Hidróxido de sodio 1N
- 5. Ácido sulfúrico 1N
- 6. Solución absorbente, ácido bórico puro
- 3. Solución indicadora de ácido bórico
- 4. Ácido sulfúrico 0,04N
- Solución de sulfato mercúrico
- Reactivo de digestión
- Reactivo hidróxido de sódico-tiosulfato sódico
- Solución tampón de borato
- Hidróxido de sodio 6N

Procedimiento

Eliminación de amoniac: llévase con la pipeta 50ml de muestra o un volumen apropiado diluido en 50ml con agua, a un vaso de precipitados de 100ml. Añádanse 3ml de tampón borato y ajústese a pH 9,5 con NaOH 6N, usando un medidor de pH. Transfiérase la muestra cuantitativamente a un matraz kjeldahl de 100ml e hiérvanse 30ml.

Digestión: añádanse con cuidado 10ml de reactivo de digestión a un matraz kjedahl conteniendo la muestra. Añádanse 5 o 6 cuentas de vidrio para evitar saltos en la digestión. Ajústese cada unidad calefactora del aparato de digestión micro-kjeldahl a su posición media y caliéntese las matraces bajo vitrina o con un equipo de eyección adecuado para eliminar los humos de SO₃. Continúese hirviendo vivamente hasta que la solución se aclare y se observen vapores abundantes. Ajústese entonces cada unidad calefactora al máximo y digiérase durante otros 30 minutos. Enfríese y transfírase cuantitativamente la muestra digerida por dilución y lavado varias veces a un aparato de destilación micro-kjedahl, de modo que el colmen total en el aparato de destilación no supere los 30ml. Añádanse 10ml de reactivo de hidróxido-tiosulfato y conéctese al vapor.

Destilación: Contrólese la tasa de producción de vapor al contenido de ebullición en la unidad destiladora, de forma que no se produzcan escapes de vapor desde el extremo del condensador ni burbujeo de contenido del matraz receptor. Destílese y recójanse de 30 a 40ml de destilado por debajo de los 10ml de solución de ácido bórico indicador para un acabado titulométrico. Llévase el extremo de condensador por debajo del nivel de solución de ácido bórico, sin permitir que la temperatura de condensador supere los 29°C. Bájese el destilado recogido de modo que no tenga contacto con el tubo de salida y continúese la destilación durante 1 o 2 minutos finales para limpiar el condensador.

Digestión de la muestra de lixiviados: 3030 E

Reactivos:

Acido nítrico

Acido Clorhídrico

Procedimiento:

1. Se tomó 250ml de muestra y se la colocó sobre una plancha térmica ajustada a 150°C.
2. Se prosigue a añadir en forma paulatina 30ml de “Agua Regia”, este líquido representa 2 partes de ácido clorhídrico y 1 parte de ácido nítrico, de la mezcla de la muestra y el agua regia se produce una reacción exotérmica liberando gases tóxicos y generando espuma.
3. Se dejó reposar la muestra sobre la plancha térmica durante 90 minutos logrando así la correcta digestión de los metales y la generación de vapores tóxicos.
4. Se procedió a filtrar para eliminar cualquier tipo de sólidos del líquido.

Determinación de concentración de metales: 3111B

Reactivos

Soluciones estándar del equipo de Espectrofotometría de absorción atómica.

Procedimiento.

1. Mediante las instrucciones del equipo de Espectrofotometría de absorción atómica se determinaron las concentraciones blanco para la determinación de concentración de los metales
2. Se depositó la muestra digerida en un vaso de precipitación y se procedió al análisis de concentración.