



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL

**“DISEÑO DE LA CELDA DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS
SÓLIDOS DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN LAGO
AGRIO”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR:

ANDRÉS VINICIO MALDONADO CARLOZAMA

Riobamba-Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL

**“DISEÑO DE LA CELDA DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS
SÓLIDOS DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN LAGO
AGRIO”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: ANDRÉS VINICIO MALDONADO CARLOZAMA

DIRECTOR: Ing. JUAN CARLOS GONZÁLEZ GARCÍA, PhD.

Riobamba-Ecuador

2022

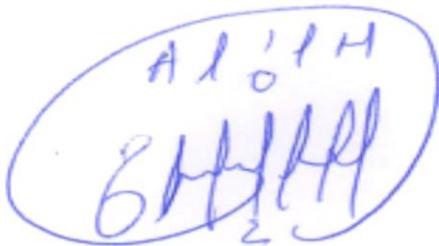
© 2020, **Andrés Vinicio Maldonado Carlozama**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, ANDRÉS VINICIO MALDONADO CARLOZAMA, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 25 de noviembre del 2022

A handwritten signature in blue ink, circled, with the name 'ALONSO' written above it.

Andrés Vinicio Maldonado Carlozama

C.I.220051056-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto Técnico “**DISEÑO DE LA CELDA DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN LAGO AGRIO**”, realizado por el señor: **ANDRÉS VINICIO MALDONADO CARLOZAMA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Jorge Luis Fernández Peralta, MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-11-09
Ing. Juan Carlos Gonzáles, Ph.D DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-11-09
Ing. Fabián Ernesto Arias Arias, PhD MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-11-09

DEDICATORIA

El presente Trabajo de Integración Curricular se lo dedico a Dios y a mi familia, en especial a mis padres. A mi madre TERESA LUCILA CARLOZAMA LEON y a mi padre LUIS HUMBERTO MALDONDO JATIVA, por su apoyo incondicional en esta etapa de mi vida universitaria, por creer en mí, por sus palabras de aliento y bendiciones, por haberme dado la oportunidad de estudiar y acompañarme en este arduo camino del conocimiento, que queda la satisfacción de haber sido parte de esta carrera y de esta institución que me abrió las puertas en la senda del saber.

A mis hermanos: EDGAR MALDONADO, ROCIO MALDONADO, LUIS MALDONADO, DIEGO MALDONADO Y EDISON MALDONADO que siempre han estado con un apoyo moral y económico y su enorme paciencia para creer que todo sacrificio tiene una recompensa, a que, con sus palabras y consejos de no desfallecer en el camino, fortalecieron mi persona, con su enorme carisma y palabras me han levantado en esos días de desvelos universitarios, que siempre han demostrado buenos ánimos, en tiempos de crisis, que siempre me han sabido subir la autoestima y con su muestra de cariño y afecto me han enseñado a que el amor existe en los más pequeños detalles de la vida.

Andrés

AGRADECIMIENTO

Mi enorme gratitud, a ese incansable sacrificio y entrega de mis padres, por formarme como persona, como estudiante, como hombre, y como hijo. Es indescriptible mi reconocimiento y afecto que siento por ellos, no podría haberlo logrado sin su apoyo incondicional y su ayuda costosa en el camino del conocimiento.

A mis profesores, que sembraron en mí la semilla del saber, la curiosidad, la duda, las palabras, la pasión por la investigación y el debate en el día a día de mi vida universitaria, gracias por compartir su sabiduría, ante todo el de la sencillez.

De igual manera, agradezco también a quién con paciencia, me ha orientado para llevar a cabo este Trabajo de Titulación al Ing. Juan Carlos González.

Por último, agradecer a la ESPOCH que me abrió las puertas del saber, a la ilustre ciudad de Riobamba por haberme acogido en estos últimos cinco años de mi vida, a las personas que conocí y me brindaron su amistad, cada una con su historia y sobre todo haber sido parte de ellas también.

Andrés

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Antecedentes.....	2
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	4
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Área de estudio: cantón Lago Agrio.....	5
2.2. Descripción general: Dirección de Ambiente del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Lago Agrio (GADMLA).....	5
2.3. Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS).....	6
2.4. Barrido de calles.....	7
2.4.1. <i>Barrido manual centro de la ciudad</i>	7
2.4.2. <i>Barrido mecánico calles periféricas</i>	7
2.5. Recolección de desechos sólidos urbanos.....	8
2.5.1. <i>Sistema de recolección desechos sólidos comunes</i>	8
2.6. Descripción del personal y equipo necesarios para la fase de recolección.....	8
2.7. Transporte de los residuos sólidos.....	9
2.8. Clasificación y tratamiento de los desechos sólidos.....	9
2.9. Disposición final de desechos.....	9
2.10. Orgánico Estructural Relleno Sanitario del cantón Lago Agrio.....	9

2.11.	Áreas de operación del relleno sanitario.....	10
2.12.	Disposición final de residuos de empresas privadas.....	11
2.13.	Ámbito Legal de la Gestión de Desechos Sólidos.....	12
2.13.1.	<i>Ordenanza Sustitutiva que regula la gestión integral de residuos sólidos, y aseo público en el cantón Lago Agrio</i>	12
2.14.	Obligaciones del generador.....	13
2.15.	Terminología	13
2.15.1.	<i>Diseño</i>	13
2.16.	Tratamiento.....	14
2.17.	Gestión	15
2.18.	Residuos sólidos	15
2.19.	Origen de los residuos	15
2.20.	Clasificación de los residuos	16
2.20.1.	<i>Residuos Sólidos Urbanos</i>	16
2.20.2.	<i>Composición de residuos sólidos urbanos</i>	18
2.20.3.	<i>Residuos Industriales</i>	19
2.20.4.	<i>Residuos especiales y peligrosos</i>	19
2.21.	Importancia de la contaminación con residuos.....	20
2.22.	Control de residuos.....	20
2.22.1.	<i>Reciclaje</i>	21
2.22.2.	<i>Reducir</i>	22
2.22.3.	<i>Reutilizar/reciclar</i>	22
2.22.4.	<i>Recuperar</i>	23
2.22.5.	<i>Relleno Sanitario</i>	23
2.22.6.	<i>Tipos de Relleno Sanitario</i>	24
2.22.6.1.	<i>Relleno sanitario mecanizado</i>	24
2.22.6.2.	<i>Relleno sanitario semi-mecanizado</i>	25
2.22.6.3.	<i>Relleno sanitario manual</i>	25
2.23.	Métodos de construcción de un relleno sanitario.....	25
2.23.1.	<i>Vaguada o depresión</i>	26
2.23.2.	<i>Trinchera o zanja</i>	26
2.23.3.	<i>Zona o área</i>	27
2.23.4.	<i>Combinación de ambos métodos</i>	28
2.23.5.	<i>Dimensiones de la zanja</i>	28
2.23.6.	<i>Uso futuro del relleno sanitario</i>	28
2.24.	Descomposición de los Residuos Sólidos.....	29
2.25.	Estructura de la celda del relleno sanitario.....	30

CAPÍTULO III

3.	METODOLOGÍA.....	33
3.1.	Estimación de la producción per cápita de los residuos sólidos del cantón Lago Agrio	33
3.1.1.	<i>Proyección poblacional</i>	33
3.2.	Cálculo matemático de la dimensión de la celda de los residuos sólidos del cantón Lago Agrio.....	34
3.2.1.	<i>Cálculos para el diseño.....</i>	34
3.2.1.1.	<i>Cantidad de Desechos Sólidos a disponer.....</i>	34
3.2.1.2.	<i>Volumen de la celda Diaria.....</i>	35
3.2.1.3.	<i>Volumen total para un periodo de 1.5 años</i>	35
3.2.1.4.	<i>Área Total de la celda.</i>	35
3.2.1.5.	<i>Área de las Paredes de la celda</i>	36
3.2.1.6.	<i>Área de la base de la celda.....</i>	36
3.2.1.7.	<i>Volumen de la celda</i>	36
3.2.2.	<i>Cálculo de la generación de Lixiviados o Percolado.....</i>	37
3.2.2.1.	<i>Diseño del Sistema de drenaje de lixiviado</i>	38
3.2.2.2.	<i>Volumen de Lixiviado</i>	39
3.2.2.3.	<i>Longitud del Sistema de zanjas para el lixiviado</i>	39
3.3.	Materiales y cantidades para la construcción de la celda diseñada de los residuos sólidos del cantón Lago Agrio.....	40
3.3.1.	<i>Método para la elaboración de planos</i>	40
3.3.2.	<i>Provisión e instalación de la geomembrana</i>	40
3.3.3.	<i>Instalación de tuberías</i>	40
3.3.4.	<i>Instalación de chimeneas</i>	40
3.3.5.	<i>Operación de la construcción de la celda</i>	41

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1.	Ficha técnica del proyecto.....	42
4.2.	Estimación de la producción per cápita de los residuos sólidos del cantón Lago Agrio	43
4.2.1.	<i>El factor de crecimiento poblacional (r) y proyección poblacional (Pf).....</i>	43
4.2.2.	<i>Producción per cápita</i>	43

4.3.	Cálculo matemático de la dimensión de la celda de los residuos sólidos del cantón Lago Agrio.....	44
4.3.1.	<i>Cálculos Volumen de la celda Diaria.....</i>	44
4.3.1.1.	<i>Volumen total para un periodo de 1.5 años</i>	45
4.3.1.2.	<i>Área Total de la celda</i>	45
4.3.1.3.	<i>Área de las Paredes de la celda</i>	46
4.3.1.4.	<i>Área de la base de la celda.....</i>	46
4.3.1.5.	<i>Volumen de la celda</i>	46
4.3.2.	<i>Cálculo de la generación de Lixiviados o Percolado.....</i>	47
4.4.	Materiales y cantidades para la construcción de la celda diseñada de los residuos sólidos del cantón Lago Agrio.....	48
4.4.1.	<i>Método para la elaboración de planos.....</i>	48
4.4.2.	<i>Provisión e instalación de la geomembrana</i>	48
4.4.3.	<i>Instalación de tuberías</i>	49
4.4.4.	<i>Instalación de chimeneas</i>	49
4.4.5.	<i>Operación de la construcción de la celda</i>	49
	CONCLUSIONES.....	52
	RECOMENDACIONES.....	53
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Descripción de los Residuos Sólidos Urbanos	19
Tabla 2-2:	Ventajas y limitaciones de los rellenos sanitarios	23
Tabla 3-2:	Riesgos indirectos del mal manejo de residuos sólidos.....	29
Tabla 4-4:	Ficha técnica.....	42
Tabla 5-4:	Datos para el cálculo factor de crecimiento poblacional	43
Tabla 6-4:	Datos para el cálculo de la producción per cápita	43
Tabla 7-4:	Datos para el cálculo del volumen de la celda diaria.....	44
Tabla 8-4:	Volumen total para un periodo de 1.5 años	45
Tabla 9-4:	Área total de la celda	45
Tabla 10-4:	Área de las paredes de la celda.....	46
Tabla 11-4:	Área de la base de la celda	46
Tabla 12-4:	Volumen de la celda	47
Tabla 13-4:	Requerimientos para la construcción de la celda.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2.	Estructura Orgánica de la Dirección de Ambiente	6
Figura 2-2.	Barrido manual de calles centrales	7
Figura 3-2.	Barrido mecánico de calles periféricas.....	8
Figura 4-2.	Personal de recolección en acción.....	9
Figura 5-2.	Organigrama de los responsables del relleno sanitario.	10
Figura 6-2.	Cifras de RSU en Ecuador	18
Figura 7-2.	Jerarquía de la gestión de residuos sólidos.....	22
Figura 8-2.	Método de depresión.	26
Figura 9-2.	Excavación de zanjas	27
Figura 10-2.	Conformación de celdas con el método de zona o área.....	27
Figura 11-2.	Descomposición de los residuos Sólidos.....	30
Figura 12-2.	Corte vertical de la estructura básica de un relleno sanitario-	32
Figura 13-4.	Lixiviados o percolado	47
Figura 14-4.	Lixiviados o percolado 2	48

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** TABLAS DE PESAJES DE DESECHOS COMUNES
- ANEXO B:** PLANO DE IMPLANTACIÓN DE CELDA Y SUBDRENAJE
- ANEXO C:** PLANTA DE INSTALACIONES DE SUBDRENAJE
- ANEXO D:** PLANO ARQUITECTÓNICO DE CISTERNAS PROPUESTAS PARA EL RELLENO SANITARIO
- ANEXO E:** VISTA EN CORTE DE LOS MUROS ALA
- ANEXO F:** VISTA EN CORTE DE LAS CELDAS PARA EL RELLENO SANITARIO
- ANEXO G:** VISTA EN CORTE DE LA ELABORACIÓN DE LA CELDA
- ANEXO H:** VISTA EN CORTE DE LA ELABORACIÓN DE LA CELDA
- ANEXO I:** DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERÍAS DE LAS CELDAS PARA EL RELLENO SANITARIO
- ANEXO J:** DIMENSIONAMIENTO DE LAS CHIMENEAS PROPUESTAS PARA EL RELLENO SANITARIO

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A	Área (m ²)
Ac	Área de la celda (m ²)
CFC	Clorofluorocarburos
D ha	Días hábiles
Drsm	Densidad de los desechos sólidos (kg/m ³)
DSp	Cantidad de desechos sólidos producido por día (kg)
DSr	Cantidad de desechos sólidos recolectados (kg)
DSrs	Cantidad media diaria desechos sólidos relleno sanitario (kg)
Hab	Habitantes
Hc	Altura de la celda (m)
Hz	Profundidad (m)
K	Coefficiente del grado de compactación de la basura
l	Largo o longitud (m)
MC	Material de cobertura (kg)
Pa	Población Actual
PCBs	Policlorobifenilos y los Policlorotrifenilos
Pm	Precipitación máxima (mmHg)
Qm	Caudal medio de lixiviado (m ³ /d)
Qlm	Caudal medio de lixiviado generado (m ³ /d)
RS	Residuos Sólidos
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
t	Tiempo (d)
Vc	Volumen de la celda diaria (m)
Vz	Volumen de la zanja (m ³)

RESUMEN

En el presente estudio se realizó el dimensionamiento y diseño de la celda para disposición final de residuos sólidos en el relleno sanitario del cantón Lago Agrio, la capacidad de la celda se diseñó para un período de vida útil entre 1.5-2 años, dependiendo del tipo de operación con la que se optimice el espacio disponible. Se realizó el diagnóstico del sitio, con el uso de métodos cualitativos y cuantitativos de análisis en las diferentes fases, así también se visitó el relleno sanitario para la constatación visual del estado. Se determinó una producción per cápita (Ppc) de 0.44 kg/hab. día, importante para el dimensionamiento y proyecciones a futuro dando como resultado que para el año A2020, las dimensiones determinadas fueron de largo 166 m por 85 m de ancho y 8 m de profundidad; se llegó a estas dimensiones a través de los cálculos realizados con los datos de los pesos de los residuos en referencia a 1 año, evitando que los lixiviados que se generan de la descomposición de los residuos causen contaminación y todos sean encausados hacia el sistema de tratamiento. Se recomienda al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Lago Agrio continuar con la implementación de la celda para el manejo adecuado de los residuos sólidos, misma que garantiza una operación del relleno sanitario amigable con el ambiente, reduciendo los impactos negativos provocados por el manejo de los residuos sólidos urbanos en cumplimiento con la normativa ambiental y Plan de Manejo aprobado en la Licencia Ambiental N° 474 del proyecto Relleno Sanitario del Cantón Lago Agrio.

Palabras clave: <DISEÑO DE LA CELDA>, <NORMATIVA AMBIENTAL>, <IMPACTOS NEGATIVOS>, <RESIDUOS SÓLIDOS>, <RELLENO SANITARIO>.

 D.B.R.A.I.
Ing. Cristian Castillo



0062-DBRA-UTP-2023

SUMMARY

The objective of this study was to carry out the sizing and design of the cell for the final disposal of solid waste in the sanitary landfill of the Lago Agrio canton. The cell's capacity was designed for a period of useful life between 1.5-2 years, depending on the operation with which the available space is optimized. The site diagnosis was carried out using qualitative and quantitative analysis methods in the different phases, and the sanitary landfill was visited to verify the state visually. A per capita production (Ppc) of 0.44 kg/pop./day/ was determined; important for sizing and future projections resulting in that for the year A2020, the determined dimensions were 166 m long by 85 m wide and 8 m deep; These dimensions were reached through the calculations made with the data of the weights of the waste about one year, avoiding that the leachates that are generated from the decomposition of the waste cause contamination and all are prosecuted towards the treatment system. It is recommended that the Autonomous Decentralized Municipal Government of Lago Agrio continue with the cell implementation for the proper management of solid waste, which guarantees an environmentally friendly landfill operation, reducing the negative impacts caused by waste management. Urban solids in compliance with environmental regulations and the Management Plan approved in Environmental License No. 474 of the Lago Agrio Canton Sanitary Landfill project.

Keywords: <CELL DESIGN>, ENVIRONMENTAL REGULATIONS, +NEGATIVE IMPACTS>, <SOLID WASTE, <LANDFILL>.



Ing. Paul Obregón. Mgs
0601927122

INTRODUCCIÓN

La generación de desechos sólidos es un problema a nivel mundial por lo que se han determinado algunas soluciones o alternativas amigables con el Ambiente, que generalmente suelen ser costosas y solo pueden llevarlas a cabo aquellos países desarrollados, existen soluciones alternativas menos costosas que se llevan a cabo en algunos países con menos disponibilidad de recursos.

La gestión integral de los desechos sólidos propone en su etapa de disposición final, un manejo que contempla diseño y construcción de celdas para el tratamiento de estos dentro de un relleno sanitario.

En el municipio de Lago Agrio existen alrededor de 139 576 habitantes los cuales por sus diferentes actividades cotidianas son generadores de residuos sólidos; el cantón cuenta con un sistema de barrido, recolección, transporte y disposición final a cargo de la Dirección de Gestión Ambiental (DGA) del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Lago Agrio (GADMLA); debiendo disponer al final alrededor de 73,86 toneladas diarias de residuos.

El incremento anual de la generación de desechos es el principal problema del actual relleno sanitario, mismo que requiere de una actualización de información con datos de producción per cápita que permita un diseño, para proyectar la vida útil de la celda de desechos y facilite la construcción de la celda proyectando para mínimo un año.

Para un adecuado diseño de la celda es necesario conseguir información básica como:

- La población que atenderá
- La caracterización de los desechos
- La cobertura del servicio
- La cantidad de residuos sólidos

La cobertura se debe definir antes de iniciar la proyección de la población de residuos sólidos para poder determinar el área adecuada para la celda y realizar un adecuado tratamiento de los residuos sólidos (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Lago Agrio, 2012).

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Justificación

Los estudios de impacto ambiental, se han convertido en uno de los principales requisitos dentro de los proyectos de desarrollo, el diseño para la construcción de las celdas de tratamiento de residuos sólidos en Lago Agrio es un detalle técnico que parte de la estimación de la producción per cápita de residuos sólidos del cantón, con el cual se facilitará la toma de decisiones y proyección de vida útil de celdas con especificaciones técnicas que mitigue los impactos significativos (contaminación del suelo, aire y agua), mitigando los principales impactos negativos que conlleva la disposición final de los desechos sólidos.

Es por esta razón que el diseño, construcción y operación de las celdas de tratamientos de los residuos sólidos necesita una Evaluación de Impacto Ambiental por medio del cual se pretende comprender de manera integral las posibles interrelaciones de los sistemas biofísicos y factores sociales, sus posibles respuestas ante el proyecto con el objeto de optimizarlo mediante la prevención, mitigación o compensación de los efectos adversos a fin de prevenir posibles daños al entorno. El GADM de Lago Agrio, obtuvo la Licencia Ambiental otorgada por el Ministerio del Ambiente, mediante Resolución N° 474, de fecha 26 de marzo de 2012, para el proyecto de: “CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN LAGO AGRIO, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS”

Los residuos sólidos tienen un alto poder contaminante que obliga a la ciudadanía en general a aplicar un control y saneamiento básico de los mismos. El desarrollo de este proyecto promueve la correcta disposición final y al tratamiento de los residuos sólidos en un Relleno Sanitario el que permitirá mejorar la calidad de vida de los pobladores y minimizar el impacto negativo al ambiente y a la salud pública (Wladimir, 2016).

1.2. Antecedentes

El primer relleno municipal que registra la historia es hace más de 2500 años, abierto por los gobernantes de la ciudad griega de Atenas, ubicándolo a más de un kilómetro de los límites de la ciudad. Actualmente, el reto de manejar adecuadamente los residuos sólidos es prioridad de cada país, siendo los avances tecnológicos el crecimiento poblacional los que promueven la creación de nuevas metodologías para su manejo.

En el cantón Lago Agrio a partir de la aprobación de la licencia Ambiental inicia la construcción de 5 celdas de residuos, en el presente proyecto se ha generado información para la construcción de la celda N° 6 cuya finalidad es mejorar el tratamiento de los desechos sólidos.

Dando cumplimiento a la licencia ambiental, el GAD Municipal de Lago Agrio, realiza la primera Auditoria Ambiental de Cumplimiento en año 2014, correspondiente al período 2012-2013. La Dirección Provincial de Sucumbíos del Ministerio de Ambiente, con Oficio N° MAE- DPAS-2016-0288 de fecha 09 de marzo de 2016, emitió el pronunciamiento favorable de la Auditoria Ambiental de Cumplimiento del proyecto “Construcción, Operación y Mantenimiento del Relleno Sanitario de Lago Agrio, provincia de Sucumbíos. Y la segunda auditoria correspondiente a los períodos y 2015 – 2017, amparados en el Acuerdo Ministerial Nro. 109 del 02 de octubre del 2018, Art. 31 Auditorías de Conjunción, para el proyecto: Ejecución de Cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental del Relleno Sanitario del Cantón Lago Agrio, provincia de Sucumbíos, ubicado en el Km 5 de la vía a Tarapoa.

La generación actual 58845,27kg/año durante el año 2019, sirvió para los cálculos y diseño de la Celda de residuos del cantón para el primer semestre del año 2020.

Desde el 2010 se ha emitido dos acuerdos ministeriales (031 y 052) con la finalidad de fomentar iniciativas, como la recolección de botellas plásticas. Ecuador tiene un índice per cápita de 0,73 kilogramos de desechos diarios por habitante, lo que representa aproximadamente 4'000.000 de toneladas anuales, siendo un 60 % de productos orgánicos, plástico (11 %), cartón (9 %), vidrio (2 %), chatarra (2 %), entre otros componentes. (Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos – PNGIDS ECUADOR, s.f.)

El código orgánico de organización territorial, autonomía y descentralización (COOTAD) en su artículo 55 establece que los Gobiernos Autónomos Descentralizados municipales son los responsables directos del manejo de sus desechos sólidos pero no se puede negar su baja capacidad de gestión en este tema, pues, la mayor parte de municipios crearon unidades para proveer el servicio bajo la dependencia jerárquica de las direcciones de higiene y en otros a través de las comisarías municipales que tienen una débil imagen institucional y no cuentan con autonomía administrativa ni financiera. El cantón Lago Agrio está interesada en el diseño de la celda en el relleno sanitario para la disposición final de sus residuos (Pozo, 2010).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar la celda de tratamiento de los residuos sólidos para el relleno sanitario del cantón Lago Agrio

1.3.2. Objetivos Específicos

- Estimar la producción per cápita de los residuos sólidos del cantón Lago Agrio.
- Dimensionar matemáticamente la celda de los residuos sólidos del cantón Lago Agrio.
- Establecer los materiales y cantidades para la construcción de la celda diseñada de los residuos sólidos del cantón Lago Agrio.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Área de estudio: cantón Lago Agrio

Lago Agrio forma parte del centro de Sucumbíos, en conjunto con sus siete cantones: Putumayo, Cuyabeno, Shushufindi, Cáscales, Gonzalo Pizarro, Sucumbíos y Lago Agrio. Nueva Loja es su cabecera cantonal y provincial (LUTOPSA S.A, 2015). Tiene una población de 91 744 habitantes. Presenta dos tipos de clima: mega térmico-lluvioso (97%) y tropical-mega térmico-húmedo (3%). Su altitud está en un rango entre 320 y 620 metros sobre el nivel del mar. La proyección de la población al 2015 fue de 106 863 habitantes. Además, por la creación del cantón Cuyabeno, su extensión actual es de 3 215 m², en comparación a su extensión original, la cual era de 7 214 m² (LUTOPSA S.A, 2015).

Entre sus características biofísicas, se encuentra la textura del suelo, el cual tiene las cualidades de: franco-arcilloso (29%); franco-arenoso (27%); y arcilloso (22%) (LUTOPSA S.A, 2015).

Como parte del conflicto del uso de suelo en el cantón se conoce que el 30% se usa correctamente, en comparación con el subutilizado, que ocupa un 45%. Por último, el suelo sobre utilizado ocupa un 23% (LUTOPSA S.A, 2015).

Por otro lado, los recursos no renovables existentes en el cantón son manejados por Petro amazonas con sus 16 estaciones de producción y 19 plataformas petroleras. También por las minas inscritas al cantón Concesión, las cuales se distribuyen entre 7 estaciones de extracción de material pétreo de construcción (LUTOPSA S.A, 2015).

2.2. Descripción general: Dirección de Ambiente del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Lago Agrio (GADMLA)

La Dirección de Ambiente del GADMLA se encuentra como unidad responsable de los siguientes servicios: recolección y transporte de desechos sólidos; barrido de calles en Nueva Loja; disposición final de los desechos sólidos; mantenimiento de parques, jardines y parterres; control al cumplimiento de la normativa ambiental municipal; programa de educación ambiental y servicio de reciclaje (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Lago Agrio , 2018 pág. 4). Las actividades como parte de la gestión integral de residuos sólidos tienen como efecto la disposición final en el relleno sanitario a partir de una licencia ambiental, bajo la resolución 474, donde se

resuelve aprobar el Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental del proyecto *Relleño sanitario del cantón Lago Agrio* (Ministerio del Ambiente, 2012).

A continuación, se describe la información relevante de los procesos llevados a cabo dentro de la Gestión Integral de Desechos Sólidos del cantón Lago Agrio.

Como se presenta en la Figura 1.2, se detallan las unidades que están a cargo de la dirección de ambiente del GADMLA:



Figura 1-2. Estructura Orgánica de la Dirección de Ambiente

Realizado por: Maldonado, A. 2020.

Fuente: GADMLA (2020).

Nuestro tema de investigación se encuentra en la unidad encargada de la GIRS, Gestión integral de residuos sólidos.

2.3. Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS)

Las diferentes etapas dentro de la gestión de los desechos sólidos del cantón Lago Agrio, están estructuradas por áreas con personal e inspectores, responsables en cada uno de los procesos dentro del servicio: almacenamiento, barrido manual y mecánico, recolección, transporte y disposición final de desechos.

Para añadir, se debe conocer cómo se generan y almacenan los residuos sólidos. Su producción depende del tamaño de la población y de sus características socioeconómicas. Se clasifica y varía de acuerdo al productor, que puede ser del tipo comercial, residencial, domiciliario, institucional, de mercado y de barrido público (Córdor, 2019 pp. 67). En cifras, la generación de residuos del cantón se resume en la siguiente cita:

Según proyecciones de Natura Inc. en el año 2014 la población del cantón Lago Agrio generó un total de 19314,97 toneladas de residuos sólidos. De acuerdo con resultados se determinó que los componentes a aprovechar son: materia orgánica, papel, cartón, plástico, vidrio y metales.

Además, se propone un aprovechamiento de 1920 Ton/año de residuos, equivalente al 16,5% anual de materia orgánica, para compostar (Esparza, 2015 pág. 44).

En cuanto al almacenamiento, es necesario que se maneje correctamente la basura en diferentes centros de producción como en mercados, instituciones y domicilios con la finalidad de evitar la proliferación de roedores o moscas, que ocasionan graves problemas ambientales, estéticos y sociales (Cóndor, 2019 pág. 67).

2.4. Barrido de calles

2.4.1. Barrido manual centro de la ciudad

En el barrido manual constan 10 rutas en las cuales cada personal encargado tiene un carretón, donde se recolectan los residuos. También existe una moto triciclo que apoya a los carretones, cuyo depósito se realiza según se complete su capacidad. Por otro lado, el horario de trabajo es de 7:00 a 19:00, y los obreros trabajan cada 15 días. Además, a diario, el peso aproximado de recolección de cada obrero es de 250kg al día por persona. Cóndor (2019)



Figura 2-2. Barrido manual de calles centrales

Realizado por: Maldonado, A. 2016.

2.4.2. Barrido mecánico calles periféricas

En el barrido mecánico se da preferencia a las calles periféricas. Se lleva a cabo con una barredora mecánica cuya capacidad de almacenamiento es de 700 kg. El servicio cuenta con 10 rutas en las cuales laboran dos personas con un recorrido de 14 a 15 km diarios. Además, se presta servicio a entidades públicas (Cóndor, 2019).



Figura 3-2. Barrido mecánico de calles periféricas

Fuente: Córdor, N., 2019.

2.5. Recolección de desechos sólidos urbanos.

2.5.1. Sistema de recolección desechos sólidos comunes

La recolección de residuos se define, según el Ministerio del Ambiente (2015) como la “acción de acopiar y/o recoger los desechos/residuos al equipo destinado a transportarlo a las instalaciones de almacenamiento, eliminación o a los sitios de disposición final” (pág. 7). En Lago Agrio, este proceso se lo realiza de puerta a puerta, con nueve rutas de recolección dentro de la cabecera cantonal y catorce en las parroquias (Córdor, 2019).

2.6. Descripción del personal y equipo necesarios para la fase de recolección

Este proceso consta de 8 vehículos de recolección, los cuales se manejan entre 14 choferes, apoyados por 42 obreros de recolección. Para una mejor calidad del servicio, se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo de camiones recolectores, además de un control diario al cumplimiento de la recolección con un informe diario del peso de desechos que se genera por ruta.

Cabe resaltar que este parte del proceso de gestión de residuos es la más peligrosa, por los riesgos laborales y de salud presentes como la infección de enfermedades parasitarias y bacterianas. Esto se debe a que los microorganismos se reproducen y se alimentan en estos ambientes. Por otro lado, cada trabajador está propenso a lesiones por objetos cortopunzantes (Contreras, 2008).



Figura 4-2. Personal de recolección en acción.

Fuente: Córdor, N., 2019.

2.7. Transporte de los residuos sólidos

Posterior a la recolección, se transportan los residuos al relleno sanitario. Este proceso se realiza dos veces al día, la primera descarga se lo realiza al medio día, y la segunda en la tarde o en la noche. Finalmente se purga el vehículo (Contreras, 2008).

2.8. Clasificación y tratamiento de los desechos sólidos

Tras la fundación de la Asociación de Servicios de Reciclaje de la Amazonía Limpia de Nueva Loja (ASESORAL) con el apoyo del municipio en el 2015, se realiza la recolección, clasificación y tratamiento de vidrios, papel y plásticos, de puerta a puerta, y en fundas azules. Se lleva al relleno sanitario para su venta a los socios encargados del lugar, quienes se encargan del empaquetado y redistribución (Córdor, 2019).

2.9. Disposición final de desechos

En Lago Agrio ingresan diariamente 60.61 toneladas diarias, con una producción estimada de 0.43 kilogramos por habitante cada día.

2.10. Orgánico Estructural Relleno Sanitario del cantón Lago Agrio

El organigrama de los delegados responsables del relleno sanitario se resume en la siguiente figura 5-2:

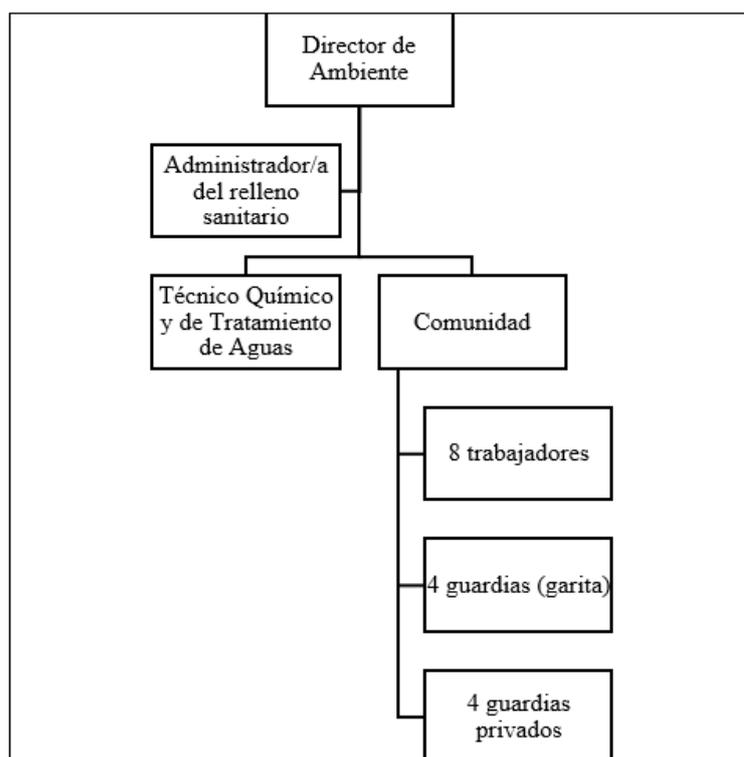


Figura 5-2. Organigrama de los responsables del relleno sanitario.

Fuente: Maldonado, A. 2016.

2.11. Áreas de operación del relleno sanitario

Tolu, Ìren, & (2021), explicaron que en un relleno sanitario se recolectan alrededor de 630 toneladas de desechos domésticos mezclados y se llevan a la planta de clasificación donde se clasifican los materiales reciclables como PET, metales, otros plásticos y una fracción orgánica de los desechos.

La fracción orgánica se alimenta en digestores anaeróbicos. Por otro lado, se venden los residuos reciclables, y los residuos restantes se envían al vertedero. Para el control de calidad, la humedad de los residuos se mide ligeramente por encima del 50% antes de su vertido. Los desechos residuales son una entrada al área de deposición y las salidas son el vertedero y lixiviados (Tolu, y otros, 2021).

El gas de vertedero y el biogás se pueden convertir en electricidad mediante cuatro unidades de cogeneración con una capacidad total de 4.8 MWe. El lixiviado se recolecta en piscinas de lixiviados (lagunas) antes de transferirlo a la planta de tratamiento (Tolu, y otros, 2021).

Para mantener un caudal variable, se instalan como amortiguadores dos lagunas con una capacidad total de almacenamiento de 7 000 m³. El tiempo de retención en las lagunas ronda los 43 días, lo que provoca una reducción de los niveles de DQO (Tolu, y otros, 2021).

Se pueden utilizar dos tipos diferentes de biorreactores de membrana sumergida en la planta de tratamiento. Una membrana puede ser de hoja plana, pero con el tiempo la capacidad disminuye y los costos de operación y mantenimiento aumentan. Posteriormente, se pueden instalar módulos de membrana de fibra hueca en el mismo lugar, trabajando en paralelo con las membranas de hoja plana (Tolu, y otros, 2021).

Para finalizar, una planta de tratamiento de relleno sanitario puede funcionar con dos módulos de membrana diferentes durante mucho tiempo. Además, el punto de descarga puede ser un arroyo seco que esté cerca de la instalación si es que hay ausencia de un sistema de alcantarillado (Tolu, y otros, 2021).

En Lago Agrio el protocolo para el depósito de desechos en el relleno consiste en: i) ingreso de los residuos en una báscula para medir la masa que ingresa a la celda; ii) declaración del valor medido a la oficina de acopio de materiales y químicos; iii) aplicar el lavado de vehículos que ingresan al galpón de reciclaje; y iv) descarga de los desechos en las piscinas de tratamiento de lixiviados.

Esta última etapa del protocolo funciona de mejor manera si cumple con la siguiente condición: “es apropiada para regiones planas, donde se dispone de una profundidad efectiva adecuada y donde el nivel freático se encuentra lo suficientemente profundo como para evitar la contaminación del acuífero” (Torri, 2017 pág. 3).

El mecanismo de un relleno también se resume de la siguiente manera:

Los residuos sólidos son depositados en celdas o zanjas – en ocasiones denominadas trincheras previamente excavadas con una retroexcavadora o un tractor de orugas. La profundidad de las celdas se encuentra limitada por la permeabilidad del suelo, pudiendo alcanzar 7 m de profundidad. Dichas celdas se cubren previamente con membrana sintética o con arcilla de baja permeabilidad, o con la combinación de ambas, para limitar la movilidad de los gases y/o lixiviados que pueden generarse como resultado de la descomposición de la basura (Torri, 2017 pág. 3).

2.12. Disposición final de residuos de empresas privadas

Los residuos sólidos se consideran un problema para todas las ciudades y pueblos de todo el mundo. Además, muchos países han desarrollado sistemas apropiados para mejorar su sistema de gestión de desechos sólidos. Por tal motivo, el uso de vertederos para la eliminación de desechos sólidos urbanos es común tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo. La

diferencia es que los países desarrollados toman las precauciones de ingeniería para minimizar los impactos adversos sobre la salud y el medio ambiente al verter residuos en el relleno sanitario (Yousuf, y otros, 2009).

Los lixiviados de los rellenos sanitarios representan un problema ambiental en todo el mundo, pero principalmente en los países de bajos ingresos, debido a la falta de tecnologías de tratamiento asequibles. La mayoría de estos países utilizan el almacenamiento o la recirculación de estos residuos durante períodos prolongados como proceso de tratamiento, lo que provoca el envejecimiento de los lixiviados y dificulta la remediación biológica adicional (Mendoza, y otros, 2010).

En general, los lixiviados se caracterizan por la relación entre la demanda biológica de oxígeno y la demanda química de oxígeno (DBO_5 / DQO). Para los lixiviados jóvenes (de 3 a 12 meses), esta relación varía entre 0.6 y 1.0, y para los lixiviados medianos (de 1 a 5 años) y viejos (mayores a 5 años), de 0.3 a 0.6 y de 0.1 a 0.3 respectivamente. Así pues, los lixiviados generados por prensado directo en los camiones aún no están bien documentados, pero se estima que contribuyen a cerca del 10% de la producción diaria de lixiviados en los rellenos sanitarios, principalmente en época de lluvias (Mendoza, y otros, 2010).

Entre las principales empresas privadas y público-privadas que tienen sus rellenos sanitarios en Lago Agrio, están: Rapivisa, EP Petroamazonas, CCDC, EP Petroecuador, Oscar Jer, Nutrijama, El Camal Municipal, el Hospital “Marco Vinicio Iza”, Mauricio Navarrete, CYFOD, Agrocalidad y SENAE.

2.13. Ámbito Legal de la Gestión de Desechos Sólidos

2.13.1. Ordenanza Sustitutiva que regula la gestión integral de residuos sólidos, y aseo público en el cantón Lago Agrio

“Establece derechos, deberes, obligaciones y responsabilidades que son de cumplimiento y observancia de las y los ciudadanos, de las empresas, organizaciones, instituciones públicas y privadas, que habitan o transiten en el cantón Lago Agrio” (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Lago Agrio, 2012).

En el artículo 16, se determina la clasificación de los residuos, en especial los peligrosos e infecciosos como los que se encuentren en las siguientes categorías: centros y Subcentro de salud, hospitalarios, moteles, burdeles, peluquerías, casas de citas, estéticas, consultorios médicos,

centros de investigación e instituciones dedicadas a la salud humana (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Lago Agrio, 2012).

2.14. Obligaciones del generador

Art. 64. Todo establecimiento relacionado con el área de la salud que genere residuos peligrosos e infecciosos: (Art. 6, RIGIDS) Elaborar un plan de gestión de residuos peligrosos e infecciosos que comprenda la fase de generación, clasificación, aislamiento, transporte, tratamiento y almacenamiento (controlsanitario.gob.ec, 2019).

Capacitar al personal involucrado en manejo de residuos hospitalarios, con el fin de prevenir o reducir el riesgo que estos residuos representan para la salud y el ambiente, así como brindar los elementos de protección personal necesarios para la manipulación de estos (controlsanitario.gob.ec, 2019).

Art. 67. Separación de residuos (Art.9. RIGIDS) Los residuos deben ser separados técnicamente y siguiendo las normas descritas en el Acuerdo interministerial Nro. 5186 MAE-MSP Reglamento Interinstitucional para la gestión integral de desechos sanitarios (controlsanitario.gob.ec, 2019).

Art. 88. Responsabilidades del generador (Ministerio del Ambiente, 2015)

Obtener registro de generador de desechos peligrosos y/o especiales ante el MAE (Ministerio del Ambiente, 2015).

Realizar la entrega de los desechos peligrosos y/o especiales, únicamente a personas naturales o jurídicas que cuenten con el permiso ambiental emitido por el MAE o por Airar (Ministerio del Ambiente, 2015).

Declarar anualmente ante el MAE, la generación y manejo de los desechos (hasta el 10 de enero del siguiente año) (Ministerio del Ambiente, 2015).

2.15. Terminología

2.15.1. Diseño

Es el proceso de conceptualización, modelado, construcción, evaluación y prueba de algo para llegar a una solución. El diseño se basa en conceptos artificiales caracterizados en términos de funciones, objetivos y de versión. El diseño se ocupa de crear conocimiento sobre los fenómenos

y objetos de lo artificial. Los objetos artificiales son aquellos hechos por humanos (o por arte) en lugar de la naturaleza (Dewang, 2017).

Si bien los diseños tradicionales requieren que los rellenos sanitarios reciban un mantenimiento prolongado después del cierre, las regulaciones cada vez más estrictas y la disponibilidad cada vez menor de sitios adecuados para los rellenos sanitarios pueden obligar al diseñador a considerar algunas de las nuevas tecnologías que pueden acelerar la estabilización de los residuos sólidos. La estabilización se consigue mediante la degradación de los residuos depositados, principalmente a través de la composición, lo que reduce el volumen de la pila y puede provocar hundimientos superficiales. Los diseños de rellenos sanitarios ofrecen dos opciones: rellenos sanitarios secos o sellados; y vertederos húmedos (US Army, 1994).

2.16. Tratamiento

Es el porcentaje de residuos que son reciclados, compostados, incinerados y vertidos en un sitio controlado (un.org, 2021). La cantidad de residuos tratados o eliminados con diferentes métodos está estrechamente relacionada con la política nacional de gestión de residuos: incentivos para la minimización, reciclaje / recuperación, legislación más estricta para el vertido de residuos (por ejemplo, prohibición del vertido de residuos combustibles) e impuestos diferenciados.

El reciclaje se define como cualquier reprocesamiento de material en un proceso de producción que lo desvía del flujo de desechos, excepto su reutilización como combustible. Se debe incluir tanto la reprocesamiento como el mismo tipo de producto, y para diferentes propósitos. Debe excluirse el reciclaje directo dentro de las plantas industriales en el lugar de generación.

El compostaje se define como un proceso biológico que somete los desechos biodegradables a la descomposición anaeróbica o aeróbica, lo que da como resultado un producto (compost) que se agrega al suelo para mejorar la fertilidad. La incineración es un tratamiento térmico de residuos durante el cual la energía químicamente fija de las materias quemadas se transforma en energía térmica. Los compuestos combustibles se transforman en gases de combustión que salen del sistema como gases de combustión. Las materias inorgánicas incombustibles permanecen en forma de escoria y cenizas volantes. La incineración incluye la incineración con o sin recuperación de energía.

El relleno sanitario se define como depositar residuos en o sobre la tierra, de manera controlada. Incluye relleno sanitario especialmente diseñado y almacenamiento temporal de más de un año en sitios permanentes. La definición cubre tanto el relleno sanitario en sitios internos (es decir,

donde un generador de desechos elimina sus propios desechos en el lugar de generación) como en sitios externos. Los residuos de vertederos incluyen todas las cantidades que van al vertedero, ya sea directamente o después de su clasificación y / o tratamiento. El vertido controlado requiere el sometimiento a un sistema de permisos y procedimientos de control técnico de conformidad con la legislación nacional vigente.

2.17. Gestión

Es el manejo de la interacción y el impacto de las actividades humanas en el medio ambiente. Tiene como objetivo garantizar que los servicios de los ecosistemas y la biodiversidad estén protegidos y mantenidos para un uso equitativo de las generaciones humanas futuras, y también, mantener la integridad del ecosistema como un fin en sí mismo al tomar en consideración variables éticas, económicas y científicas (ecológicas) (West Coast District Municipality, 2012).

Se trata de identificar los factores que tienen un interés en los conflictos que pueden surgir entre la satisfacción de las necesidades y la protección del medio ambiente (West Coast District Municipality, 2012).

2.18. Residuos sólidos

Los términos “basura” y “residuos sólidos” se utilizan más o menos como sinónimos, aunque se prefiere el último término. Los residuos sólidos se pueden clasificar de varias formas diferentes. El punto de origen es importante en algunos casos, por lo que la clasificación, como de origen doméstico, institucional, comercial, industrial, callejero, demolición o construcción. La naturaleza del material puede ser importante, por lo que la clasificación se puede hacer sobre la base de fracciones orgánicas, inorgánicas, combustibles, no combustibles, perecibles y no perecibles. La clasificación de desechos sólidos se utiliza generalmente para elegir las opciones de tratamiento, recolección, reciclaje y eliminación (Masten, y otros, 2020).

2.19. Origen de los residuos

“Residuos Sólidos” es un término genérico que se utiliza para describir las cosas que tiramos. Incluye objetos que la audiencia común comúnmente llama basura y desperdicio. Una definición más técnica incluye cualquier artículo desechado: cosas destinadas a ser reutilizadas, recicladas o recuperadas; lodos; y desechos peligrosos. La definición reglamentaria excluye específicamente los desechos radiactivos y los desechos de la minería *in situ* (Masten, y otros, 2020).

La eliminación de desechos sólidos crea un problema principalmente en áreas densamente pobladas. En general, cuanto más concentrada está la población, mayor se vuelve el problema, aunque algunas zonas muy pobladas han desarrollado soluciones creativas para minimizar los problemas. Se han realizado diversas estimaciones de la cantidad de residuos sólidos generados y recogidos por persona por día. Desde 1960, la masa total de residuos sólidos urbanos (RSU) generados por año ha aumentado de 79.9 Tg/año a 225.9 Tg/año en 2014. La tasa de generación alcanzó su punto máximo en 2005 en 229.2 Tg/año. La tasa de generación de RSU per cápita alcanzó su punto máximo, en 2000, a una tasa de 2.14 kg-persona/día. Para 2014, el último año del que se dispone de datos, la tasa fue de 2.03 kg-persona/año (Masten, y otros, 2020).

Las costumbres sociales dan lugar a variaciones significativas en la masa de residuos generados. Por ejemplo, recolecciones más frecuentes tienden a resultar en un aumento en la cantidad total de material recolectado (Masten, y otros, 2020).

El uso cada vez mayor de unidades de eliminación de basura en el hogar tiende a disminuir la masa de desperdicios de alimentos eliminados como RSU. A medida que aumenta el uso de alimentos envasados y preparados, también lo hace la masa de residuos de envases, mientras que la cantidad de residuos de alimentos crudos eliminados disminuye. La masa total de desperdicio es menor en las áreas de menores ingresos, mientras que el porcentaje de desperdicio de alimentos aumenta (Masten, y otros, 2020).

Las ubicaciones residenciales (incluidas las viviendas multifamiliares) generan aproximadamente del 55 al 65% de todos los RSU. Los promedios están sujetos a ajustes en función de muchos factores locales. Los estudios muestran grandes diferencias en las cantidades recolectadas por los municipios debido a diferencias en el clima, los niveles de vida, la época del año, la educación, la ubicación y las prácticas de recolección y eliminación (Masten, y otros, 2020).

2.20. Clasificación de los residuos

Los residuos se clasifican en las siguientes categorías: residuos especiales, residuos líquidos, residuos peligrosos, residuos sólidos restringidos, perecibles y no perecibles (NSW Environment Protection Authority, 2014).

2.20.1. Residuos Sólidos Urbanos

Los residuos sólidos urbanos (RSU) se generan a partir de hogares, oficinas, hoteles, tiendas, escuelas y otras instituciones. Los componentes principales son residuos de alimentos, papel,

plástico, trapos, metal y vidrio, a pesar de que los escombros de demolición y construcción a menudo se incluyen en los residuos recogidos, como son pequeñas cantidades de residuos peligrosos, como bombillas eléctricas, baterías, repuestos de automóviles y medicamentos desechados y productos químicos (United Nations ESCAP, 2021).

Los *residuos urbanos orgánicos o perecibles* son aquellos que se biodegradan, y pueden ser: residuos domésticos; residuos de papeleras; estiércol y tierra nocturna pañales desechables, compresas para incontinencia o compresas higiénicas; desechos alimentarios; desecho animal; arenilla o filtros de sistemas de tratamiento de aguas residuales que han sido deshidratados para que el arenilla o tamices no contienen líquidos libres; y cualquier mezcla de los desechos mencionados anteriormente (NSW Environment Protection Authority, 2014).

Al evaluar si los residuos han sido preclasificados como residuos perecibles, se aplican las siguientes categorías: i) *desechos animales*, que incluyen animales muertos y partes de animales; ii) *desperdicio de alimentos*, como desperdicios de la fabricación, preparación, venta o consumo de alimentos (pero no incluyen los residuos de las trampas de grasa); y iii) *estiércol*, que incluye cualquier mezcla de estiércol y lechos de animales biodegradables (NSW Environment Protection Authority, 2014).

Por otro lado, los *residuos urbanos no perecibles o inorgánicos* son aquellos que no se biodegradan, y pueden ser: vidrio, plástico, caucho, cartón yeso, cerámica, ladrillos, hormigón o papel metálico, cartón, residuos domésticos de limpieza municipal que no contienen residuos de alimentos, arena, sedimentos, basura y contaminantes brutos recolectados y eliminados de las aguas pluviales (NSW Environment Protection Authority, 2014).

También es inorgánico el material natural virgen excavado (como arcilla, grava, arena, suelo o roca labrada) que no están contaminado con productos químicos manufacturados, o con residuos de proceso, como resultado de actividades industriales, comerciales, mineras o agrícolas que no contienen minerales o suelos sulfídicos, o cualquier otro residuo (NSW Environment Protection Authority, 2014).

Para añadir, se incluyen los residuos de madera como aserrín, recortes de madera, cajas de madera, embalajes de madera, tarimas, virutas de madera y materiales similares. No incluye la madera tratada con productos químicos como el arseniato de cobre y cromo (CCA), creosota de alta temperatura (HTC), creosota emulsionada pigmentada (PEC) y solvente orgánico con conservante ligero (LOSP) (NSW Environment Protection Authority, 2014).

2.20.2. Composición de residuos sólidos urbanos

La composición de los RSU considera tres divisiones: urbana, industrial y rural. La división urbana se divide en dos subdivisiones, que originan clases de fuentes: residencial (viviendas) y no residencial (comercial, institucional / servicios, construcción / demolición y especial) (Buenrostro, y otros, 2000).

Esta última clase agrupa las fuentes que, por los materiales utilizados en sus actividades económicas, o por los servicios que ofrecen, o por los productos que comercializan, generan residuos sólidos que pueden ser peligrosos para la salud de la población o para el medio ambiente. La división industrial engloba todas las instalaciones, independientemente de su tamaño, y está formada por una única clase industrial. La división rural incluye todas las fuentes derivadas de las actividades agrícolas y ganaderas, y está formada por la clase agrícola-ganadera (Buenrostro, y otros, 2000).

Cada clase produce diferentes residuos sólidos, que se clasifican de acuerdo con la fuente generadora, de la siguiente manera: i) residuos residenciales: los residuos generados en viviendas ya sean casas o apartamentos; y ii) residuos comerciales: los residuos generados en instalaciones comerciales, tiendas departamentales, supermercados, restaurantes, marketplaces y mercados ambulantes (Buenrostro, y otros, 2000).

En Ecuador, las cifras de los residuos urbanos generados son las siguientes:

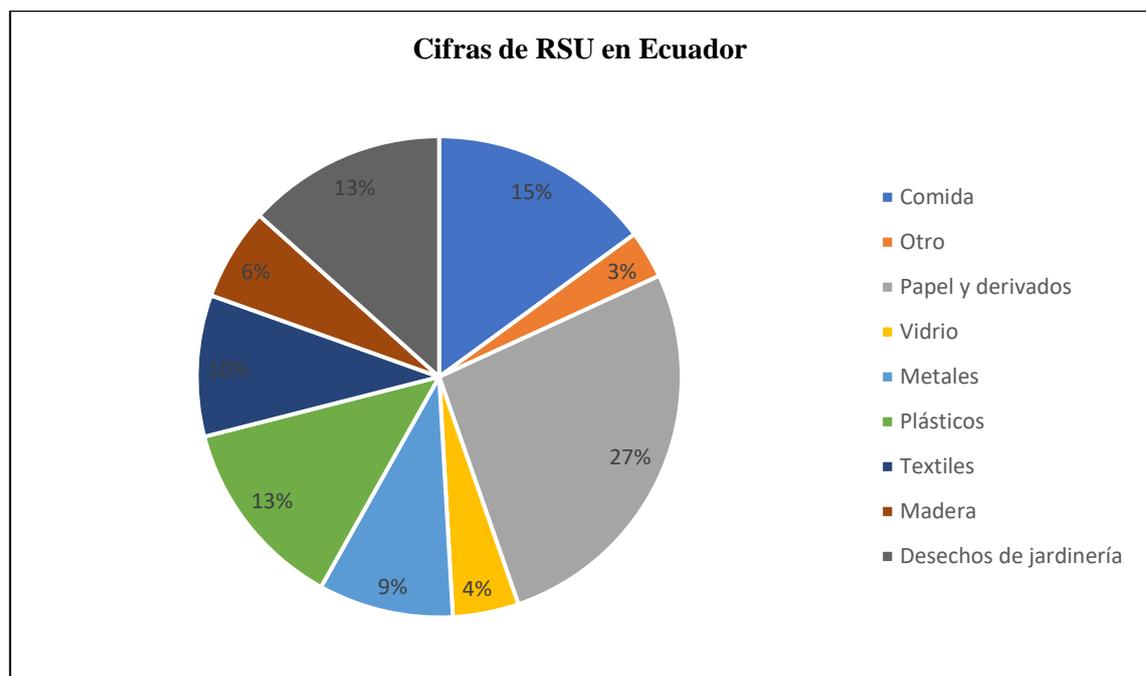


Figura 6-2. Cifras de RSU en Ecuador

Fuente: Masten, S. y Davis, M., 2020.

Tabla 1-2: Descripción de los Residuos Sólidos Urbanos

TIPOS DE RESIDUOS	DESCRIPCIÓN
Residuos de plantas de tratamiento	Sólidos y semisólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales o potable (lodos)
Residuos especiales	Residuos de calles, jardines, vehículos abandonados
Construcción y demoliciones	Piedra, cemento, varillas, cabos de tubos, cabo de piezas metálicas, bolsas de cemento
Cenizas y residuos	Material sobrante de la quema de combustibles
Desperdicios	Residuos orgánicos, excluyendo los provenientes de la comida u otro material purificable. Típicamente papel, cartón, plástico, vidrios, metales.
Orgánicos	Residuos orgánicos como frutas verduras provenientes principalmente de la comida

Fuente: NSW Environment Protection Authority., (2014).

Realizado por: Maldonado, Andrés, 2020.

2.20.3. Residuos Industriales

Los desechos sólidos industriales abarcan una amplia gama de materiales de diversa toxicidad ambiental. Normalmente, esta gama incluiría papel, materiales de embalaje, residuos del procesamiento de alimentos, aceites, disolventes, resinas, pinturas y lodos, vidrio, cerámica, piedras, metales, plásticos, caucho, cuero, madera, tela, paja, abrasivos, etc. en el caso de los residuos sólidos urbanos, la ausencia de una base de datos sistemática y actualizada periódicamente sobre residuos sólidos industriales garantiza que se desconozcan en gran medida las tasas exactas de generación (United Nations ESCAP , 2021).

2.20.4. Residuos especiales y peligrosos

Con un rápido desarrollo en la agricultura, la industria, el comercio, los hospitales y las instalaciones sanitarias, la región de Asia y el Pacífico consume cantidades importantes de productos químicos tóxicos y produce una gran cantidad de desechos peligrosos. Actualmente, hay alrededor de 110 000 tipos de productos químicos tóxicos disponibles comercialmente. Cada año, se añaden al mercado otros 1000 productos químicos nuevos para usos industriales y de otro tipo (United Nations ESCAP , 2021).

La mayoría de los desechos peligrosos son el subproducto de un amplio espectro de procesos industriales, agrícolas y de fabricación, establecimientos nucleares, hospitales e instalaciones sanitarias. Principalmente, los generadores de alto volumen de residuos industriales peligrosos son las plantas químicas, petroquímicas, petroleras, de tratamiento de madera, de pulpa y papel,

cuero, textiles y de producción de energía (centrales de carbón y nucleares y plantas de producción de petróleo) (United Nations ESCAP , 2021).

Las industrias pequeñas y medianas que generan desechos peligrosos incluyen talleres de reparación de automóviles y equipos, talleres de galvanoplastia y acabado de metales, fábricas textiles, hospitales y centros de atención médica, tintorerías y usuarios de pesticidas. Los principales tipos de desechos peligrosos generados en la región de Asia y el Pacífico incluyen los disolventes de desecho, los desechos que contienen cloro y los desechos que contienen plaguicidas, organofosforados, herbicidas, ureas y fungicidas. En particular, los disolventes se utilizan ampliamente en la región y, como consecuencia, se producen grandes cantidades de disolventes residuales (United Nations ESCAP , 2021).

Dentro de la clasificación de desechos peligrosos se encuentran: contenedores, que hayan contenido previamente una sustancia de clase 1, 3, 4, 5 u 8 en el sentido del Código de Transporte de Mercancías Peligrosas; alquitrán de hulla o residuos de brea de alquitrán de hulla (siendo el residuo alquitranado del calentamiento, procesamiento o quema de carbón o coque) que comprenden más del 1% (en peso) de alquitrán de hulla o residuos de brea de alquitrán de hulla; baterías de plomo-ácido o de níquel-cadmio (que se generan o recogen por separado actividades realizadas con fines comerciales o de servicios comunitarios); residuos de pintura con plomo que no procedan de instalaciones residenciales o instituciones educativas o de cuidado infantil; y cualquier mezcla de los residuos mencionados anteriormente (NSW Environment Protection Authority, 2014).

2.21. Importancia de la contaminación con residuos

La producción de residuos sólidos es una consecuencia inevitable de la actividad humana, y su manejo impacta directamente en la salud de las personas y el medio ambiente que lo rodea. A nivel mundial, las personas están desechando cantidades crecientes de desechos y su composición es más compleja que nunca, a medida que se difunden los productos de consumo electrónicos y de plástico. Estas dos tendencias plantean un desafío para las ciudades, que están encargadas de proteger a sus ciudadanos de sus desechos (Vergara, y otros, 2012).

2.22. Control de residuos

El primer paso en la gestión de residuos sólidos es la generación de residuos. Una vez que un material ya no tiene valor para su propietario, se considera desperdicio. La generación de desechos varía según el país, el nivel socioeconómico y como resultado de muchas otras prácticas. Una vez

que los residuos se generan en el sitio, deben procesarse de alguna manera. Este procesamiento puede incluir lavado, separación y almacenamiento para reciclar una parte de los desechos. El derecho público y la educación afectan significativamente este paso. Por ejemplo, en algunas comunidades es ilegal desechar los recortes de césped y otra biomasa similar en la recolección regular de basura. Este material debe desecharse durante la recolección de basura separada. Educar al público sobre la importancia del reciclaje también afectará este paso (Masten, y otros, 2020).

La recolección de residuos es el siguiente paso en el proceso de gestión. La recolección incluye la recogida de desechos sólidos y el vaciado de contenedores en vehículos adecuados para su transporte. Este paso también incluye la recolección de material reciclable. La recolección y el transporte de desechos representan una fracción significativa del costo total de la gestión de desechos (Masten, y otros, 2020).

Los desechos recolectados se pueden transferir a una instalación de almacenamiento central o a una instalación de procesamiento. Si se produce el procesamiento, generalmente incluye la reducción de masa y volumen, junto con la separación en los diversos componentes que se pueden reutilizar. En este punto, los residuos separados pueden convertirse en un bien valioso. De hecho, ya no es un desperdicio. La porción orgánica de los desechos se puede transformar en calor por medios químicos (generalmente incineración) o en gas combustible o compost (mediante reacciones mediadas biológicamente) (Masten, y otros, 2020).

2.22.1. Reciclaje

Es cualquier operación de recuperación mediante la cual los materiales de desecho se reprocesan en productos, materiales o sustancias, ya sea para el propósito original o para otros fines. Incluye el procesamiento de material orgánico, pero no incluye la recuperación de energía y el procesamiento en materiales que se utilizarán como combustibles o para operaciones de relleno. Los países europeos más dedicados al reciclaje son Bélgica, República Checa, Países Bajos y Eslovenia, solo por nombrar algunos, y los países con bajo reciclaje de desechos son, por ejemplo, Bulgaria, Estonia y Rumania. Se pueden describir tres tipos de reciclaje: reducción, reutilización y recuperación (Pires, y otros, 2019).

Hoy en día se ha vuelto indispensable el uso de las 3 R's como proceso de conservación de los recursos y el medio ambiente, los mismos que son: reducción, reúso y reciclaje de desechos sólidos. En la figura 2-1 se observa el orden jerárquico a seguir para obtener un buen manejo de residuos sólidos, ya que este debe ser dirigido a la prevención antes que a las herramientas

curativas. En este caso la incineración se considera como “valoración” de residuos, si estos se incineran con el fin de producir energía calórica para generación de energía eléctrica (Pires, y otros, 2019).

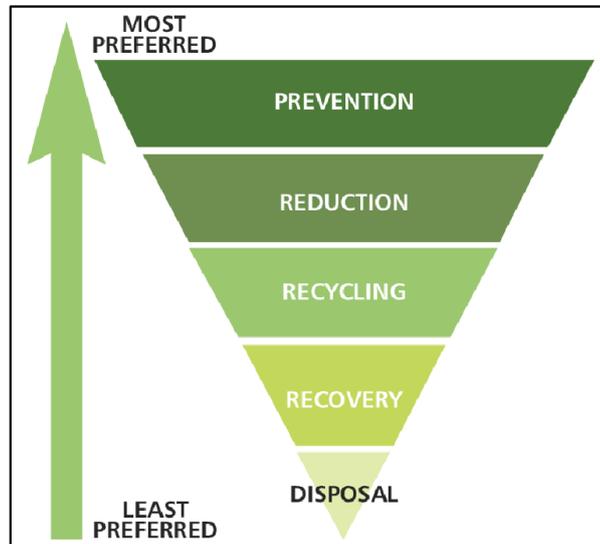


Figura 7-2. Jerarquía de la gestión de residuos sólidos.

Fuente: Bide, T (2020).

2.22.2. Reducir

Está en la más alta prioridad. La reducción de los desechos innecesarios puede ampliar la existencia de recursos, ahorrando energía y materiales vírgenes en forma aún más notable que el reciclaje y el reúso. Uno de los métodos de reducción de desechos es fabricar productos de mayor duración, los fabricantes deberían elaborar productos fáciles de reusar, reciclar y reparar, desarrollando así industrias de prefabricación en las que desarmen, reparen y armen nuevamente un producto usado y/o descompuesto (Vélez, 2018).

2.22.3. Reutilizar/reciclar

Es la práctica de tomar algo que es desechable y transformarlo en algo de mayor uso y valor. Otras definiciones también siguen el mismo concepto, aumentando el valor. Se refiere a los procesos que pueden incrementar el valor del material reciclado con el tiempo, donde el material reciclado se reemplaza para un uso más significativo o con un mayor valor ambiental (Pires, y otros, 2019).

2.22.4. *Recuperar*

Cualquier operación cuyo resultado principal sea un residuo que tenga un propósito útil al reemplazar a otros materiales que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o un residuo que se esté preparando para cumplir esa función como un nuevo producto o materia prima (Pires, y otros, 2019).

2.22.5. *Relleno Sanitario*

[...] Una técnica de ingeniería para el adecuado confinamiento de los desechos y/o residuos sólidos; consiste en disponerlos en celdas debidamente acondicionadas para ello y en un área del menor tamaño posible, sin causar perjuicio al ambiente, especialmente por contaminación a cuerpos de agua, suelos, atmósfera y sin causar molestia o peligro a la salud y seguridad pública. Comprende el esparcimiento, acomodo y compactación de los desechos y/o residuos, reduciendo su volumen al mínimo aplicable, para luego cubrirlos con una capa de tierra u otro material inerte, por lo menos diariamente y efectuando el control de los gases, lixiviados y la proliferación de vectores (Ministerio del Ambiente, 2015 págs. 7-8).

Tabla 2-2: Ventajas y limitaciones de los rellenos sanitarios

VENTAJAS	LIMITACIONES
1. La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para instaurar el tratamiento de residuos mediante plantas de incineración o de compost	1. La adquisición del terreno es difícil debido a la oposición de los vecinos al sitio seleccionado, fenómeno conocido como NIMBY (not in my back yard' no en mi patio trasero), por diversas razones: -La falta de conocimiento sobre la técnica del relleno sanitario. -La evidente desconfianza sostenibilidad de la obra. La falta de saneamiento legal del lugar.
2. Tiene menores costos de operación y mantenimiento que los métodos de tratamiento	2. El rápido proceso de urbanización, que limita y encarece el costo de los pocos terrenos disponibles, o que obliga a ubicar el relleno sanitario en sitios alejados de la población.
3. Un relleno sanitario es un método completo y definitivo, dada su capacidad para recibir todo tipo de RSM.	3. La vulnerabilidad de la calidad de las operaciones del relleno y el alto riesgo de transformarlo en un botadero a cielo abierto, principalmente por la falta de voluntad política de las administraciones municipales para invertir los fondos necesarios a fin de asegurar su correcta y operación y mantenimiento.
4. Genera empleo de mano de obra poco calificada, disponible en abundancia en los países en desarrollo.	4. No se recomienda el uso del relleno clausurado para construir viviendas, escuelas, etc.
5. Recupera gas metano en los rellenos sanitarios que reciben más de 500 t/día, lo que	5. La limitación para construir infraestructura pesada por los asentamientos y hundimientos después de clausurado el relleno.

puede construir una fuente alternativa de energía para algunas ciudades.	
6. Su lugar de emplazamiento puede estar tan cerca del área urbana como lo permita la existencia de lugares disponibles, lo que reduce los costos de transporte y facilita la supervisión por parte de la comunidad.	6. Se requiere un monitoreo luego de la clausura del relleno sanitario, no solo para controlar los impactos ambientales negativos, sino también para evitar que la población use el sitio indebidamente.
7. Permite recuperar terrenos que se consideraban improductivos o marginales, tornándolos útiles para la construcción de parques, áreas recreativas y verdes, etc.	7. Puede ocasionar impacto ambiental de largo plazo si no se toman las previsiones necesarias en la selección del sitio y no se ejercen los controles para mitigarlos. En rellenos sanitarios de gran tamaño conviene analizar los efectos del tráfico vehicular, sobre todo de los camiones que transportan los residuos por las vías que confluyen al sitio y que producen polvo, ruido y material volante.
8. Un relleno sanitario puede comenzar a funcionar en corto tiempo como método de eliminación de residuos.	8. Los predios o terrenos situados alrededor del relleno sanitario pueden devaluarse.
9. Se considera flexible porque puede recibir mayores cantidades adicionales de residuos con poco incremento de personal.	9. En general, no puede recibir residuos peligrosos.

Fuente: Torri, S (2017)

Elaborado por: Maldonado Andrés, 2020.

2.22.6. Tipos de Relleno Sanitario

En relación con la disposición final de residuos sólidos municipales, se podría proponer tres tipos de rellenos sanitarios:

2.22.6.1. Relleno sanitario mecanizado

El relleno sanitario mecanizado es aquel diseñado para las grandes ciudades y poblaciones que generan más de 40 toneladas/día. Por sus exigencias es un proyecto de ingeniería bastante complejo, que va más allá de operar con equipo pesado. Esto último está relacionado con la cantidad y el tipo de residuos, la planificación, la selección del sitio, la extensión del terreno, el diseño y la ejecución del relleno, y la infraestructura requerida, tanto para recibir los residuos como para el control de las operaciones, el monto y manejo de las inversiones y los gastos de operación y mantenimiento (Córdor, 2019).

Para operar este tipo de relleno sanitario se requiere del uso de un compactador de residuos sólidos, así como equipo especializado para el movimiento de tierra: tractor de oruga, retroexcavadora, cargador o volquete (Córdor, 2019).

2.22.6.2. *Relleño sanitario semi-mecanizado*

Cuando la población genere o tenga que disponer entre 16 y 40 toneladas diarias de residuos sólidos municipales en el relleno sanitario, es conveniente usar maquinaria pesada como apoyo al trabajo manual, a fin de hacer una buena compactación de la basura, estabilizar los terraplenes y dar mayor vida útil al relleno. En estos casos, el tractor agrícola adaptado con una hoja topadora o cuchilla y con un cucharón o rodillo para la compactación puede ser un equipo apropiado para operar este relleno al que podríamos llamar semimecanizado (Córdor, 2019).

Los rellenos sanitarios con compactación mecanizada son la tecnología apropiada para municipalidades medianas y grandes que producen una cantidad diaria de basura que no sería factible manejar completamente a mano (Córdor, 2019).

Los municipios deben disponer generalmente de fondos adecuados y también de personal técnico capacitado. En el relleno sanitario mecanizado trabajan generalmente dos tractores compactadores que realizan los trabajos de colocación, compactación y cubierta de los desechos; además, las excavaciones y el transporte necesario para suministrar nuevo material de cobertura (Ministerio del Ambiente, 2012).

Los trabajos de mantenimiento se pueden hacer manualmente o con apoyo de maquinaria, dependiendo de la disponibilidad y necesidad de estas máquinas (Ministerio del Ambiente, 2012).

2.22.6.3. *Relleño sanitario manual*

Es una adaptación del concepto de relleno sanitario para las pequeñas poblaciones que por la cantidad y el tipo de residuos que producen (menos de 15 toneladas/día), incluyendo sus condiciones económicas, no están en capacidad de adquirir el equipo pesado debido a sus altos costos de operación y mantenimiento (Torri, 2017). El término manual se refiere a que la operación de compactación y confinamiento de los residuos sea ejecutada con el apoyo de una cuadrilla de obreros y empleando herramientas especializadas (Torri, 2017).

2.23. Métodos de construcción de un relleno sanitario

El método constructivo y la subsecuente operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno, aunque dependen también del tipo de suelo y de la profundidad del nivel freático. Existen tres maneras básicas de construir un relleno sanitario, por trinchera o zanja, por zona o área, y por vaguada o depresión (Torri, 2017).

2.23.1. Vaguada o depresión

Se usa una fosa como relleno o vertedero. “Las técnicas para colocar y compactar residuos en este tipo de relleno sanitario varían según la geometría del lugar, las características del material de cobertura disponible, la hidrología y la geología del lugar, los tipos de instalaciones de control de gases y lixiviado que van a utilizarse y el acceso al lugar” (Torri, 2017 pág. 4).

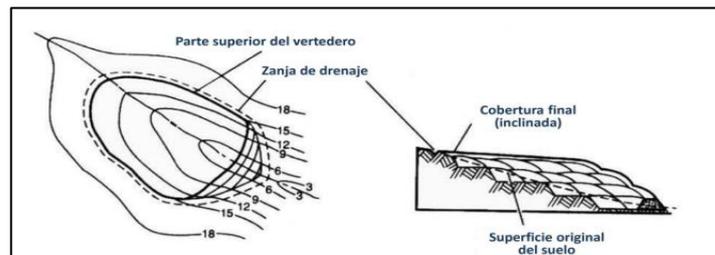


Figura 8-2. Método de depresión.

Fuente: Torri, S (2017).

2.23.2. Trinchera o zanja

Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad con una retroexcavadora o un tractor de orugas. Hay experiencias de excavación de trincheras de hasta de 7 metros de profundidad. Los RSM se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra excavada (Torri, 2017).

Se debe tener especial cuidado en periodos de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas. De ahí que se deba construir canales perimétricos para captarlas y desviarlas e incluso proveer a las zanjas de drenajes internos. En casos extremos, se puede construir un techo sobre ellas o bien bombear el agua acumulada. Sus taludes o paredes deben estar cortados de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado (Torri, 2017).

La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero. Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación (Torri, 2017).

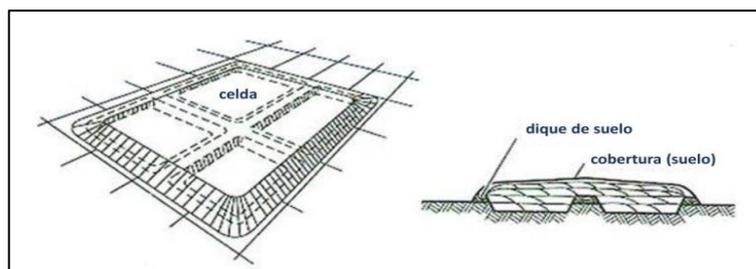


Figura 9-2. Excavación de zanjas

Fuente: Torri, S (2017).

2.23.3. Zona o área

En áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar la basura, esta puede depositarse directamente sobre el suelo original, el que debe elevarse algunos metros, previa impermeabilización del terreno. En estos casos, el material de cobertura deberá ser transportado desde otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial. Las fosas se construyen con una pendiente suave en el talud para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno (Torri, 2017).

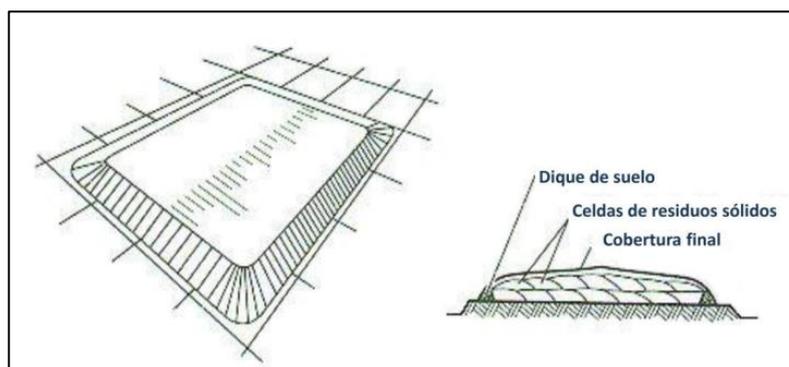


Figura 10-2. Conformación de celdas con el método de zona o área.

Fuente: Torri, S (2017).

Sirve también para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava de las laderas del terreno o, en su defecto, de un lugar cercano para evitar los costos de acarreo. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba (Torri, 2017).

El relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno; es decir, la basura se descarga en la base del talud, se extiende y apisona contra él y se recubre diariamente con una capa de tierra. Se continúa la operación avanzando sobre el terreno, conservando una pendiente suave de unos 18,4 a 26,5 grados en el talud; es decir, la relación vertical/horizontal de 1:3 a 1:2, respectivamente, y de 1 a 2 grados en la superficie, sea, de 2 a 3,5% (Torri, 2017).

2.23.4. Combinación de ambos métodos

Dado que estos dos métodos de construcción de rellenos sanitarios tienen técnicas similares de operación, es posible combinar ambos para aprovechar mejor el terreno y el material de cobertura, así como para obtener mejores resultados (Torri, 2017).

2.23.5. Dimensiones de la zanja

Para efecto de la operación manual, las dimensiones de la zanja estarán limitadas por:

La profundidad de la zanja, de dos a tres metros de acuerdo con el nivel freático, tipo de suelo, tipo de equipo y costos de excavación. El ancho de la zanja entre 3 y 6 metros es conveniente para evitar el acarreo de larga distancia de la basura y material de cobertura, lo cual implica mejores rendimientos de trabajo, de tal manera que puede ser planeada la operación dejando un lado para acumular la tierra y el otro para la descarga de los desechos (Córdor, 2019).

2.23.6. Uso futuro del relleno sanitario

El uso futuro de un relleno sanitario depende del clima, de su localización respecto al área urbana, de su distancia de las zonas habitadas, de su extensión o área superficial y de las características constructivas. Estas últimas tienen que ver con la configuración final del relleno, la altura y el grado de compactación y, por supuesto, la capacidad económica de la población (Contreras, 2008).

El terreno de un relleno sanitario clausurado se presta para desarrollar programas de recuperación paisajística y social como un parque, un campo deportivo o una zona verde. Por fortuna ya existen en la Región experiencias de aprovechamiento de estos sitios transformados en parques y áreas recreativas en México D. F., Santiago de Chile y Buenos Aires, entre otras ciudades (Contreras, 2008).

No se recomienda la construcción de edificaciones, viviendas, escuelas ni infraestructura pesada sobre la superficie del relleno, debido a su poca capacidad para soportar estructuras pesadas, además de los problemas que pueden ocasionar los hundimientos y la generación de gases (Contreras, 2008).

Para la recuperación del paisaje es conveniente la siembra de plantas de raíces cortas y césped o grama. En muchos casos, después de la cobertura final, el pasto crece en forma espontánea (Contreras, 2008).

Tabla 3-2: Riesgos indirectos del mal manejo de residuos sólidos

VECTORES	FORMAS DE TRANSMISIÓN	ENFERMEDADES CAUSADAS
Ratas	Mordiscos, orina, heces Pulgas	Peste bubónica, Tifus y Leptospirosis
Moscas	Vía mecánica (alas, patas y cuerpo)	Fiebre tifoidea, Salmonelosis, cólera, Amibiasis, Disentería y Giardias
Mosquitos	Picadura del mosquito	Malaria, Leishmaniosis, Fiebre Amarilla, Dengue y Filariosis
Cucarachas	Vía mecánica (Alas, patas y cuerpo)	Fiebre, tifoidea, Cólera y Giardiasis
Cerdos	Ingestión de carne contaminada	Cisticercosis, Toxoplasmosis, Triquinosis y Teniasis

Fuente: Ministerio del Ambiente (2012).

Realizado por: Maldonado, Andrés 2020.

2.24. Descomposición de los Residuos Sólidos

Los depósitos de residuos sólidos en los vertederos se descomponen mediante una combinación de procesos químicos, físicos y biológicos. La descomposición produce subproductos sólidos, líquidos y gaseosos. Todos ellos son motivo de preocupación en la gestión global del vertedero. Como resultado de la combinación de los procesos mencionados anteriormente, el relleno sanitario es una forma de reactor bioquímico. El resultado es que las variaciones en características tales como la humedad, la edad y la composición de los desechos en varios lugares dentro de los desechos son de gran importancia para el grado en el que se descomponen los desechos y se producen los subproductos. De acuerdo con esto, el conocimiento del contenido de humedad, el carácter del lixiviado y la migración del gas dentro de la basura son esenciales para comprender el estado actual del proceso de descomposición. Sin embargo, todos los subproductos de la descomposición de residuos sólidos tienen un impacto negativo en el medio ambiente sin importar el estado y la velocidad del proceso de descomposición (Donevska, y otros, 2006).

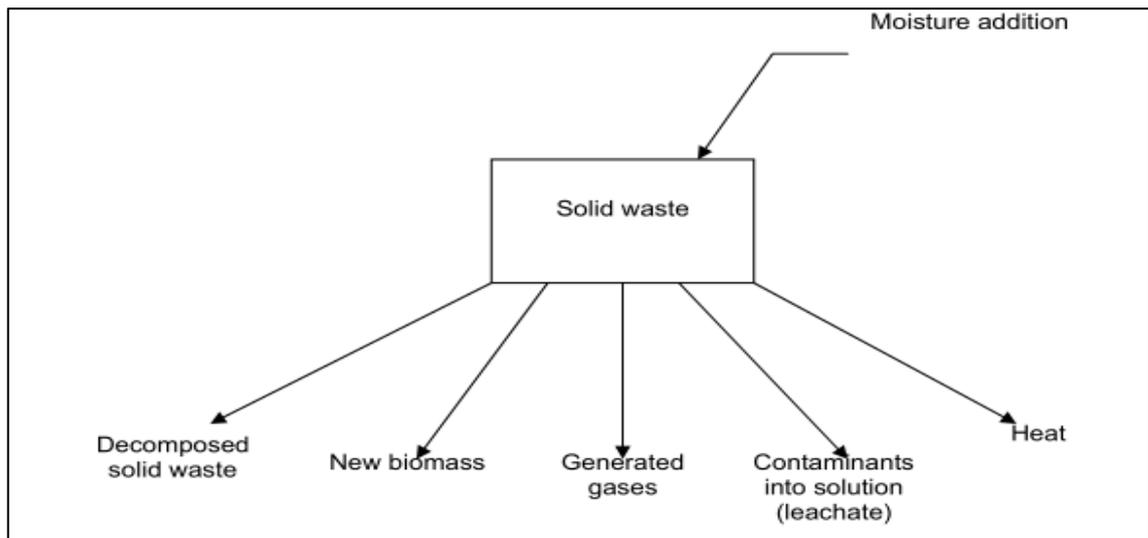


Figura 11-2. Descomposición de los residuos Sólidos

Fuente: Donevska, Jovanovski, Efremov, & Papic, 2006.

2.25. Estructura de la celda del relleno sanitario

Suelo, en la que la basura se separa del área que lo rodea. Contienen basura y sirven para prevenir la contaminación entre los desechos y el medio ambiente circundante, especialmente agua subterránea. No están diseñados para descomponer la basura, simplemente para enterrarla. Eso es porque contienen cantidades mínimas de oxígeno y humedad, lo que evita que la basura se descomponga rápidamente. Por lo tanto, los vertederos se llenan, monitorean y mantienen cuidadosamente mientras están activos y hasta 30 años después de su cierre (Advanced Disposal, 2021).

Es una estructura cuidadosamente diseñada y monitoreada que aísla la basura del entorno circundante (por ejemplo, agua subterránea, aire, lluvia). Este aislamiento se logra con el uso de un revestimiento inferior y una cobertura diaria de suelo (Advanced Disposal, 2021).

Los componentes principales de cualquier relleno sanitario autorizado y seguro son:

Revestimiento inferior: el revestimiento inferior separa y evita que los desechos enterrados entren en contacto con los residuos naturales subyacentes, suelos y aguas subterráneas. En los rellenos sanitarios de Residuos Sólidos Municipales, los revestimientos inferiores generalmente se construyen utilizando algún tipo de plástico sintético duradero y resistente a perforaciones HDPE (polietileno de alta densidad) con un grosor de 30 a 100 milésimas de pulgada. Los revestimientos de plástico también pueden diseñarse con una combinación de suelos arcillosos compactados, junto con plástico sintético (Advanced Disposal, 2021).

Celdas (viejas y nuevas): esta es el área de un vertedero que se ha construido y aprobado para la eliminación de desechos. Estas celdas varían en tamaño (dependiendo del total de toneladas de desechos recibidos cada día en el relleno sanitario) desde unos pocos acres hasta más de 20 acres. Dentro de estas celdas más grandes hay celdas más pequeñas conocidas como la superficie de trabajo diario, o algunas veces denominadas celdas. Aquí es donde los residuos que llegan al vertedero para su eliminación ese día se preparan colocando el material en capas o elevaciones donde luego se depositan los residuos compactados y triturados por maquinaria pesada de compactación de vertedero (Advanced Disposal, 2021).

Sistema de recolección de lixiviados: el fondo de cada relleno sanitario generalmente está diseñado para que la superficie inferior del relleno sanitario está inclinado a un punto bajo, llamado sumidero. Aquí es donde los líquidos que quedan atrapados dentro del relleno sanitario, conocidos en los desechos industria como lixiviados, se recolectan y eliminan del vertedero. El sistema de recolección de lixiviados consiste típicamente en una serie de tubos perforados, paquetes de grava y una capa de arena o grava colocada en el fondo del vertedero. Una vez que el lixiviado es extraído del sumidero, normalmente se bombea o se hace fluir por gravedad a un tanque de retención o estanque, donde se trata en el sitio o se transporta fuera del sitio a una instalación de tratamiento de aguas residuales pública o privada (Advanced Disposal, 2021).

Torri (2017) explicó también sobre la importancia del control ambiental en cada sección del relleno: Antes de la instalación, durante la operación y luego del cierre del relleno sanitario se llevan a cabo tareas de control ambiental para comprobar que no se están produciendo afectaciones al aire, al suelo o a las aguas subterráneas y superficiales. Dichas tareas se efectúan a través de pozos de monitoreo de aguas subterráneas, estaciones de muestreo de aguas superficiales junto con las plantas de tratamiento de líquidos lixiviados y el equipamiento para monitoreo de emisiones gaseosas (pág. 6).

También se puede apreciar la estructura por medio de una ilustración en corte vertical de un diseño común de un relleno sanitario, tal como se muestra en la siguiente figura:

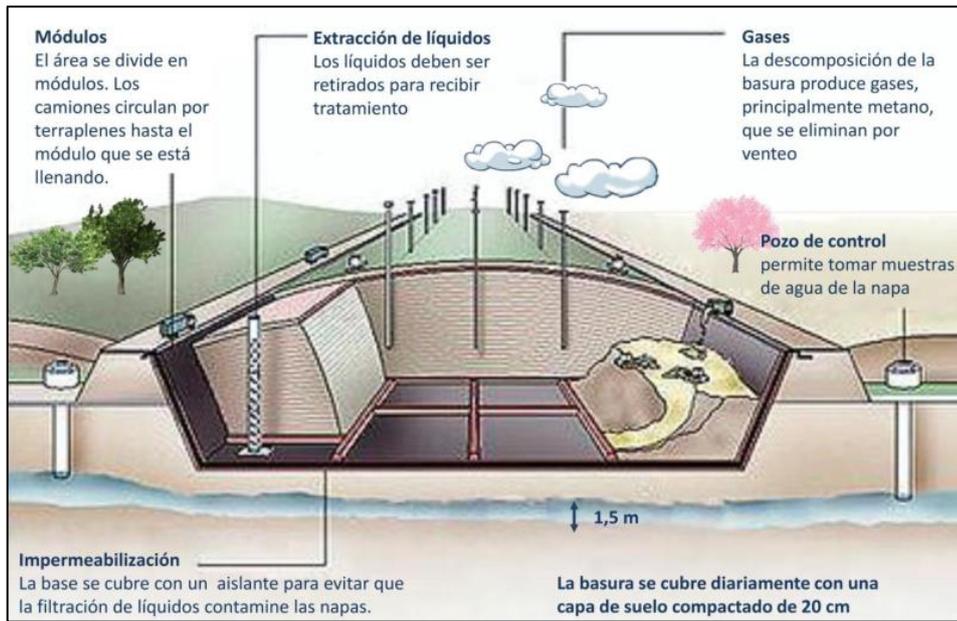


Figura 12-2. Corte vertical de la estructura básica de un relleno sanitario-

Fuente: Torri, S (2017).

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Estimación de la producción per cápita de los residuos sólidos del cantón Lago Agrio

Para obtener el cálculo de la producción per cápita o la cantidad de residuos sólidos generados por cada habitante de la población muestreada en un día, expresado en kg/hab*día se utilizó la siguiente fórmula:

$$PPC = \frac{DSG}{P_f}$$

Donde:

PPC = producción per cápita (kg/hab*día)

DSG = desechos sólidos generados (kg/día)

P_f = números de habitantes futuros (Hab)

3.1.1. Proyección poblacional

Para determinar el número de habitantes y la población futura para el cantón Lago Agrio en un intervalo de vida útil de la celda de 1.5 años se aplica el método geométrico el cual se basa en la siguiente fórmula:

$$P_f = P_1 * (1 + r)^n$$

Dónde:

P_f = población futura

P₁ = población inicial

r = factor de crecimiento poblacional

n = periodo de diseño

El factor de crecimiento poblacional (r) se obtiene de la siguiente ecuación:

$$r = \left(\frac{P_{UC}}{P_{Ci}} \right)^{\frac{1}{(t_{uc}-t_{ci})}} - 1$$

Dónde:

r = factor de crecimiento poblacional

P_{uc} = es la población obtenida en el último censo poblacional

P_{ci}, es la población obtenida en el primer censo poblacional

Tuc, es el año del último censo poblacional

Tci, es el año del primer censo poblacional

3.2. Cálculo matemático de la dimensión de la celda de los residuos sólidos del cantón Lago Agrio

Para obtener el cálculo de la celda de los residuos sólidos del cantón Lago Agrio se tomó en cuenta que se componen básicamente de desechos sólidos y material de cobertura, esta será dimensionada con el objeto de economizar tierra, sin perjuicio del recubrimiento, que proporcione un frente de trabajo suficiente para la descarga y maniobra de los vehículos recolectores. Las dimensiones y el volumen de la celda diaria dependen de factores tales como (MMAA, 2010, pp13-46):

- La cantidad diaria de desechos sólidos a disponer.
- El grado de compactación.
- La altura de la celda más cómoda para el trabajo manual.

3.2.1. Cálculos para el diseño

Los cálculos a continuación detallados fueron basados en la metodología propuesta de la guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales por: (cita guía Jaramillo, tp119-122)

3.2.1.1. Cantidad de Desechos Sólidos a disponer

Es la cantidad total de desechos dispuestos hasta el final de la vida útil de la celda y se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$DSrs = \frac{DS p \times 7}{dhab}$$

Donde:

$DSrs$ = Cantidad media diaria de DS en el relleno sanitario (kg/día)

$DS p$ = Cantidad de DS producido por día (kg/día)

$dhab$ = Días hábiles laborados en una semana por el cantón Lago Agrio (7días)

3.2.1.2. Volumen de la celda Diaria

Se refiere al volumen que ocupa los residuos sólidos y se obtiene tomando en cuenta la densidad compactada; el cálculo es tomado en cuenta para 1 día

$$V_c = \frac{DSdrs}{\rho rsm} * mc$$

Donde:

V_c = Volumen de la celda diaria (m^3)

$DSdrs$ = cantidad diaria de residuos sólidos en el relleno sanitario (kg/día)

ρrsm = Densidad de los desechos sólidos compactados en el relleno sanitario ($400-500kg/m^3$)

mc = Factor de material de cobertura (20-25%) debe notarse que la densidad usada para la basura recién compactada es menor que la densidad de la basura estabilizada que se usa para el cálculo del volumen.

3.2.1.3. Volumen total para un periodo de 1.5 años

Es el volumen que ocupa los residuos sólidos y se obtiene tomando en cuenta la densidad compactada con referencia a 548 días.

$$V_{cTotal} = V_c * t$$

Donde:

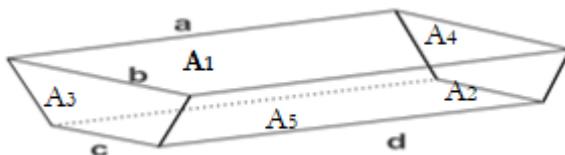
V_{cTotal} = Volumen de la celda total

V_c = Volumen de la celda diaria por día (m^3)

t = tiempo vida útil 548 días

3.2.1.4. Área Total de la celda.

El área de la celda se estimó con la sumatoria de las áreas de las paredes de la celda, las mismas que pertenecen a figuras geométricas como el trapecio y el rectángulo aplicando sus respectivas formulas.



$$A_t = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$$

Donde:

$A_t =$ Área Total de la celda (m^2)

$A_{1,2,3,4} =$ Área de las paredes de la celda (m^2)

$A_5 =$ Área de la base de la celda (m^2)

3.2.1.5. Área de las Paredes de la celda

Para calcular el área de las paredes de la celda se tomó en cuenta la siguiente ecuación:

$$A = h * \frac{a + b}{2}$$

Donde:

$A =$ Área del trapecio (m^2)

$a =$ Largo (m)

$b =$ Ancho (m)

$h =$ Altura (m)

3.2.1.6. Área de la base de la celda

Para calcular el área de la base de la celda se tomó en cuenta la siguiente ecuación:

$$A = a * b$$

Donde:

$A =$ Área del rectángulo (m^2)

$a =$ Largo (m)

$b =$ Ancho (m)

3.2.1.7. Volumen de la celda

El volumen de la celda fue calculado en base a la topografía del terreno que cuenta con un área mayor de $14110m^2(166m*85m)$, un área menor de $9280m^2(64m*145m)$, considerando la profundidad de excavación de 8m, como se recomienda en la guía. (Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado, 2008)

$$V_c = \frac{t * DS_r * mc}{D_{rsm}}$$

Dónde:

V_C = volumen de la zanja (m^3)

t = Tiempo de vida útil (días)

DS_r = Cantidad de desechos sólidos recolectados (kg/día)

mc = Factor de material de cobertura de 1.2 a 1.25 (osea 20 a 25%)

D_{rsm} = Densidad de los desechos sólidos en el relleno (kg/m^3)

3.2.2. Cálculo de la generación de Lixiviados o Percolado

El volumen de lixiviado o líquido percolado en un relleno sanitario depende de los siguientes factores:

- Precipitación pluvial en el área del relleno.
- Escorrentía superficial y/o infiltración subterránea.
- Evapotranspiración
- Humedad natural de los RSM.
- Grado de compactación
- Capacidad de campo (capacidad del suelo y de los RSM para retener humedad).

El volumen de lixiviado está fundamentalmente en función de la precipitación pluvial. No solo la escorrentía puede generarlo, también las lluvias que caen en el área del relleno hacen que su cantidad aumente, ya sea por la precipitación directa sobre los residuos depositados o por el aumento de infiltración a través de las grietas en el terreno. Debido a las diferentes condiciones de operación y localización de cada relleno, las tasas esperadas pueden variar; de ahí que deban ser calculadas para cada caso en particular. Dado que resulta difícil obtener información local sobre los datos climatológicos, se suelen utilizar coeficientes que correlacionan los factores antes mencionados con el fin de precisar el volumen de lixiviado producido.

El método suizo, por ejemplo, permite estimar de manera rápida y sencilla, el caudal de lixiviado o líquido percolado mediante la ecuación:

$$Q = \frac{1}{T} P * A$$

Dónde:

Q_m = Caudal medio de lixiviado o líquido percolado (L/seg)

P = Precipitación media anual (mm/año)

A = Área superficial del relleno (m²)

t = Número de segundos en un año (31.536.000 seg/año)

K = Coeficiente del grado de compactación de la basura, cuyos valores recomendados son los siguientes:

- Para rellenos débilmente compactados con peso específico de 0,4 a 0,7 t/m³, se estima una producción de lixiviado entre 25 y 50% (k = 0,25 a 0,50) de precipitación media anual correspondiente al área del relleno.
- Para rellenos fuertemente compactados con peso específico > 0,7 t/m³, se estima una generación de lixiviado entre 15 y 25% (k = 0,15 a 0,25) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno.

Sobre la base de las observaciones realizadas en varios rellenos pequeños, se puede afirmar que la generación de lixiviado se presenta fundamentalmente durante los periodos de lluvias y unos cuantos días después, y se interrumpe durante los periodos secos. Por tal razón, sería conveniente una adaptación de este método de cálculo para calcular la generación del lixiviado en función de la precipitación de los meses de lluvias y no de todo el año. Este criterio es importante a la hora de estimar la red de drenaje o almacenamiento de lixiviado para los rellenos sanitarios manuales. Por lo tanto, se sugiere que partiendo de la ecuación 5, los registros de precipitación sean los del mes de máxima lluvia, expresados en mm/mes, con lo cual se consigue una buena aproximación al caudal generado:

$$Q_{lm} = P * A * K$$

Dónde:

Q_{lm} = Caudal medio de lixiviado generado (m³/mes)

P_m = Precipitación máxima mensual (mm/mes)

A = Área superficial del relleno⁹ (m²)

K = Coeficiente del grado de compactación de la basura

1 m = 103 mm

3.2.2.1. Diseño del Sistema de drenaje de lixiviado

Dada la poca extensión superficial de los rellenos sanitarios, en primer lugar, se recomienda minimizar el ingreso de las aguas de lluvia no solo controlando las aguas de escorrentía por medio

de canales interceptores a nivel perimetral. De esta manera, la cantidad de lixiviado tiende a ser nula, con lo que se evita uno de los mayores problemas de este tipo de obras, sobre todo en las zonas lluviosas. En segundo lugar, es conveniente construir un sistema de almacenamiento del lixiviado en forma de espina de pescado al interior del relleno, en concreto en la base que servirá de soporte de cada plataforma. El sistema puede estar conectado (Erik, 2012, pp 54-73)

3.2.2.2. *Volumen de Lixiviado*

Si lo anterior no es suficiente, la mayor cantidad posible del lixiviado generado se almacenará en zanjas en el interior del relleno sanitario, a manera de falso fondo, y el resto se guardará en otras fuera del relleno para que se evapore. Progresivamente se construirán más zanjas según las necesidades locales. El volumen de lixiviado se estima con la siguiente ecuación (Erik, 2012, pp54-73):

$$V = Q * t$$

Dónde:

V = Volumen de lixiviado que será almacenado (m³)

Q = Caudal medio de lixiviado o líquido percolado (m³/mes)

t = número máximo de meses con lluvias consecutivas (mes)

3.2.2.3. *Longitud del Sistema de zanjas para el lixiviado*

Con el caudal obtenido se pueden calcular las dimensiones del sistema de zanjas para el almacenamiento de lixiviado, tal como se indica en la siguiente ecuación. Las zanjas deberán tener por lo menos un ancho de 0,6 metros por un metro de profundidad, siempre que el nivel freático esté un metro más abajo y el suelo tenga las condiciones de impermeabilidad recomendadas anteriormente (Erik, 2012, pp 54-73).

$$l = \frac{V}{a}$$

Dónde:

l = Longitud de las zanjas de almacenamiento (m)

V = Volumen de lixiviado que será almacenado durante los periodos de lluvia (m³)

a = Área superficial de la zanja (m²).

3.3. Materiales y cantidades para la construcción de la celda diseñada de los residuos sólidos del cantón Lago Agrio

3.3.1. Método para la elaboración de planos

Para la realización de planos se recurrió al programa de AutoCAD, la planimetría del diseño se realiza a una escala de 1:1000

La vista planta y cortes de cada unidad que compone la planta de tratamiento se traza a diferentes escalas.

3.3.2. Provisión e instalación de la geomembrana

Para establecer la cantidad de geomembrana para la celda y garantizar la estanquidad de la superficie evitando pérdidas de agua por infiltración hacia el suelo utilizamos la siguiente fórmula:

$$C_{geo} = A_T + 10\% \text{ de pérdida}$$

Donde:

C_{geo} = Cantidad de geomembrana para la celda (m²)

A_t = Área Total de la celda (m²)

3.3.3. Instalación de tuberías

La instalación de la tubería en la celda es para drenar los líquidos que se combinan con los gases generados por la basura hacia la celda de líquidos de lixiviados, se realizó el cálculo en base a la sumatoria de tubería la misma que fue dispuesta a una distancia de 20 metros con una pendiente de aproximadamente 1% hacia los puntos de captación al borde de la pendiente como se recomienda en la guía...(cita) pp81

3.3.4. Instalación de chimeneas

La instalación de las chimeneas en la celda es con la finalidad de sacar a la superficie los gases producidos por la basura en descomposición.

Para el diseño de la chimenea se tomó en cuenta la guía DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y CIERRE DE RELLENO SANITARIO MECANIZADO

Donde se recomienda que tenga un diámetro de 0.30 a 0.50m con un radio de influencia de aproximadamente 20 m, adicional la chimenea será construida a manera de ventilación con piedra, puntales, capas de tierra, capas basura, piedra bola y en su final con una malla metálica para garantizar la resistencia.

3.3.5. Operación de la construcción de la celda

Una de las operaciones más importantes que he considerado en la construcción de la celda es el tiempo de excavación y el movimiento de la tierra de la celda, la misma que depende del tipo de suelo y las características del equipo a utilizarse. Por lo tanto, para establecer los días o el tiempo de excavación se toma en consideración la siguiente ecuación:

$$t_{exc} = \frac{Vc}{R * J}$$

Donde:

t_{exc} = Tiempo de excavación (días)

Vc = Volumen de la celda

R = Rendimiento de excavación del equipo pesado

J = Jornada de trabajo diaria (8 horas)

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Ficha técnica del proyecto

Tabla 4-4: Ficha técnica

1	Nombre del Proyecto	DISEÑO DE LA CELDA DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN LAGO AGRIO	
2	Ubicación Centro de Operaciones	Provincia	Cantón
		Sucumbíos	Lago Agrio
3	Coordenadas	Coordenadas UTM WGS84 Zona 17	
	Datum: WGS 84 Proyección: UTM Zona: 17 Sur	Punto	X Y
		Punto 1	266939.70 10006197.10
		Punto 2	296599.80 10005785.50
		Punto 3	296673.20 10008092.50
		Punto 4	296754.57 10008321.64
		Punto 5	266939.70 10006197.10
	Punto 6	266939.70 10006197.10	
4	Nombre o razón social de la compañía.	GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL LAGO AGRIO	
5	Área del Proyecto	Relleno Sanitario del Cantón Lago Agrio	
6	Dirección o domicilio, teléfono, fax, correo electrónico empresa. proponente.	Calle 12 de febrero y Cofanes Tel (062830612 /062280144). Email: info@lagoagrrio.gob.ec	
7	Representante legal GAD LAGO AGRIO	Ing. Abraham Freire Paz	
8	Población	139576 habitantes	

Fuente: Elaboración Propia

Realizado por: Maldonado, Andrés 2020

El presente trabajo de titulación se llevó a cabo en la provincia de Sucumbíos, cantón Lago Agrio, en el relleno sanitario del cantón, en la ficha técnica se indica los datos más importantes como la ubicación geográfica del relleno sanitario, su autoridad principal quien es el Ing. Abraham Freire Paz y el número de beneficiarios del proyecto que asciende 139576 habitantes.

4.2. Estimación de la producción per cápita de los residuos sólidos del cantón Lago Agrio

4.2.1. El factor de crecimiento poblacional (r) y proyección poblacional (P_f)

Tabla 5-4: Datos para el cálculo factor de crecimiento poblacional

Población 2010 (P_{uc})	91744 habitantes
Población 1990 (P_{ci})	41254 habitantes
Periodo de diseño (n)	1.5 años

Fuente: INEC (2010)

Realizado por: Maldonado, Andrés 2020

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{(t_{uc}-t_{ci})}} - 1$$

$$r = \left(\frac{91744}{41254} \right)^{\frac{1}{(2010-1990)}} - 1 = 4.08$$

$$P_f = P_{uc} * (1 + r)^n$$

$$P_f = 91744 * (1 + 4.08)^{1.5} = 97412 \text{ Hab.}$$

4.2.2. Producción per cápita

Tabla 6-4: Datos para el cálculo de la producción per cápita

Promedio diario de desechos sólidos generados (DSG)	61597.05 kg/día
Proyección Poblacional (P_f)	97412 hab.

Fuente: Elaboración Propia

Realizado por: Maldonado, Andrés 2020

$$PPC = \frac{DSG}{N. Hab.}$$

$$PPC = \frac{61597.05 \frac{kg}{día}}{97412 \text{ hab.}}$$

$$PPC = 0.63 \frac{kg}{hab * día}$$

Para la obtención de la producción per cápita se tomó en cuenta el promedio diario de los desechos sólidos generados (DSG) de 12 meses calendario del 2019 y (P_f) la Población futura; para obtener el promedio fue tomado en cuenta los pesos diarios tomados en una báscula

registrados en una hoja Excel en el Relleno Sanitario de Lago Agrio de 9 rutas, barrido mecánico, barrido manual del cantón, obteniendo un valor de 61597.05 kg/día, mientras que para predecir la población futura fue necesario tomar la información de los censos establecidos en el año 1990 y 2010 por el Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC para la obtención del factor de crecimiento propio del cantón el mismo que es de 4.08, con este factor se estimó la población futura de lago agrio con un valor de 97412 Hab.

Es de suma importancia establecer la estimación de la producción per cápita de los residuos sólidos ya que de esto dependerá el diseño de la celda por lo tanto una vez obtenido las variables con datos reales procedemos a calcular la PPC la misma que tiene un valor de 0.63 kg/hab*día; el valor obtenido supera al valor promedio de cada habitante que es de 0.58 kilogramos de residuos sólidos, en el área urbana, según la Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, correspondiente al año 2016.

4.3. Cálculo matemático de la dimensión de la celda de los residuos sólidos del cantón Lago Agrio

4.3.1. Cálculos Volumen de la celda Diaria

Tabla 7-4: Datos para el cálculo del volumen de la celda diaria.

Cantidad diaria de residuos sólidos en el relleno sanitario (<i>DSdrs</i>)	61597.05kg/día
Densidad de los desechos sólidos compactados en el relleno sanitario (400-500kg/m ³) (<i>prsm</i>)	1100 kg/m ³
Factor de material de cobertura (20-25%) (<i>mc</i>)	0.20

Fuente: Elaboración Propia

Realizado por: Maldonado, Andrés 2020

$$Vc = \frac{DSdrs}{prsm} * mc$$

$$Vc = \frac{61597.05 \frac{kg}{día}}{1100 \text{ kg/m}^3} * 0.20 = 11.1994 \text{ m}^3/\text{días}$$

Los resultados que se alcanzó como el volumen de los residuos sólidos compactados, se obtuvo para estimar la capacidad de la celda diaria, la cual a 1.5 años será de 9290,74 kg/m³, en cambio se analizó que se necesitan 9290,74 kg/m³ de volumen estabilizado, el cual es un dato importante

para determinar el volumen del relleno sanitario y así garantizar la estabilidad y vida útil del mismo según

4.3.1.1. Volumen total para un periodo de 1.5 años

Es el volumen que ocupa los residuos sólidos y se obtiene tomando en cuenta la densidad compactada con referencia a 548 días.

Tabla 8-4: Volumen total para un periodo de 1.5 años

Volumen de la celda diaria por día (V_c)	111994 m ³ /días
tiempo vida útil (t)	548 días
Volumen de la celda total ($V_{c_{Total}}$)	6 1.372.712 m ³

Fuente: Elaboración Propia

Realizado por: Maldonado, Andrés 2020

$$V_{c_{Total}} = V_c * t$$

$$V_{c_{Total}} = 111994 \text{ m}^3/\text{días} * 548\text{días} = 6 1.372.712 \text{ m}^3$$

4.3.1.2. Área Total de la celda

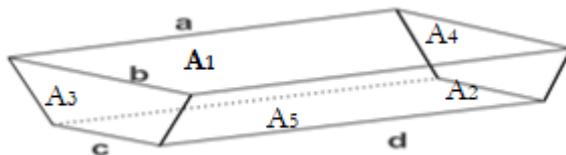
El área de la celda se estimó con la sumatoria de las áreas de las paredes de la celda, las mismas que pertenecen a figuras geométricas como el trapecio y el rectángulo aplicando sus respectivas formulas.

Tabla 9-4: Área total de la celda

Área de las paredes de la celda($A_{1,2,3,4}$)	(1244 + 1244 + 596 + 596)m ²
Área de la base de la celda(A_5)	9820m ²
Área Total de la celda (A_t)	13500m ²

Fuente: Elaboración Propia

Realizado por: Maldonado, Andrés 2020



$$A_t = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$$

$$A_t = 1244 + 1244 + 596 + 596 + 9820 = 13500\text{m}^2$$

Al observar los parámetros necesarios para la celda diaria, se corroboró el cálculo del área total necesaria para la implementación del diseño del relleno sanitario, ya que la acumulación de celdas conforma el relleno sanitario.

4.3.1.3. Área de las Paredes de la celda

Para calcular el área de las paredes de la celda se tomó en cuenta la siguiente ecuación:

Tabla 10-4: Área de las paredes de la celda

Largo(a)	166 m
Ancho(b)	85m
Altura(h)	8m
Área del trapecio(A)	1004 m ²

Fuente: Elaboración Propia

Realizado por: Maldonado, Andrés 2020

$$A = h * \frac{a + b}{2}$$

$$A = 8 * \frac{166m+85m}{2} = 1004 \text{ m}^2$$

4.3.1.4. Área de la base de la celda

Para calcular el área de la base de la celda se tomó en cuenta la siguiente ecuación:

Tabla 11-4: Área de la base de la celda

Largo(a)	145m
Ancho(b)	64m
Área del rectángulo(A)	9280 m ²

Fuente: Elaboración Propia

Realizado por: Maldonado, Andrés 2020

$$A = a * b$$

$$A = 145 * 64 = 9280 \text{ m}^2$$

4.3.1.5. Volumen de la celda

El volumen de la celda fue calculado en base a la topografía del terreno que cuenta con un área mayor de 14110m²(166m*85m), un área menor de 9280m²(64m*145m), considerando la profundidad de excavación de 8m, como se recomienda en la guía (SANDOVAL, 2008).

Tabla 12-4: Volumen de la celda

Tiempo de vida útil(<i>t</i>)	548 días
Cantidad de desechos sólidos recolectados (<i>DS_r</i>)	61,59705m ³ /días
Factor de material de cobertura (20-25%) (<i>mc</i>)	0.20
Densidad de los desechos sólidos compactados en el relleno sanitario (400-500kg/m ³) (<i>ρ_{rs}m</i>)	1100 kg/m ³
volumen de la zanja (<i>V_C</i>)	613730m ³

Fuente: Elaboración Propia

Realizado por: Maldonado, Andrés 2020

$$V_C = \frac{t * DS_r * mc}{\rho_{rs} m}$$

$$V_C = \frac{548 * 61597.05 * 0.20}{1100} = 613730m^3$$

4.3.2. Cálculo de la generación de Lixiviados o Percolado

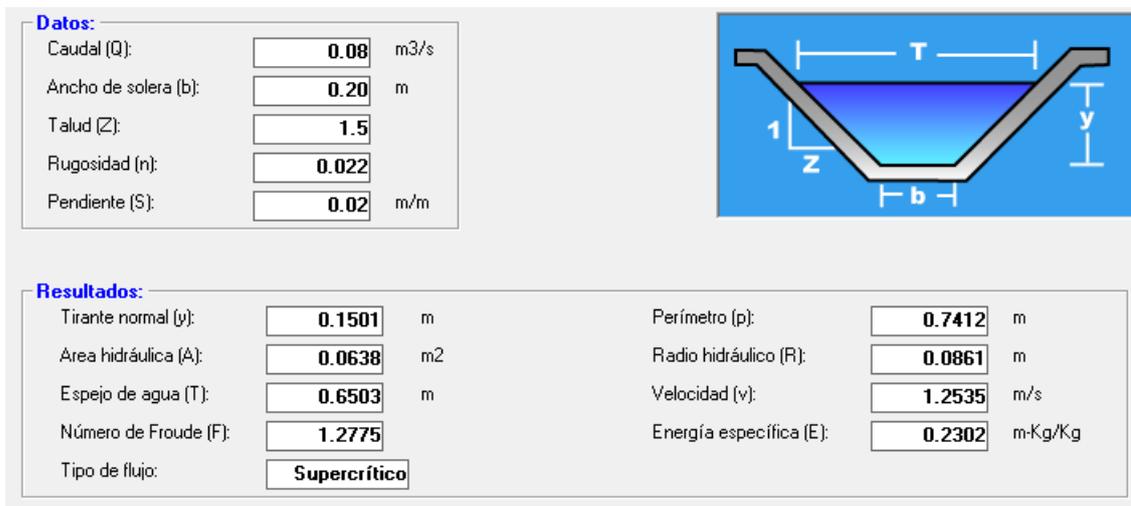


Figura 13-4. Lixiviados o percolado

Fuente: Elaboración Propia

Realizado por: Maldonado, Andrés 2020

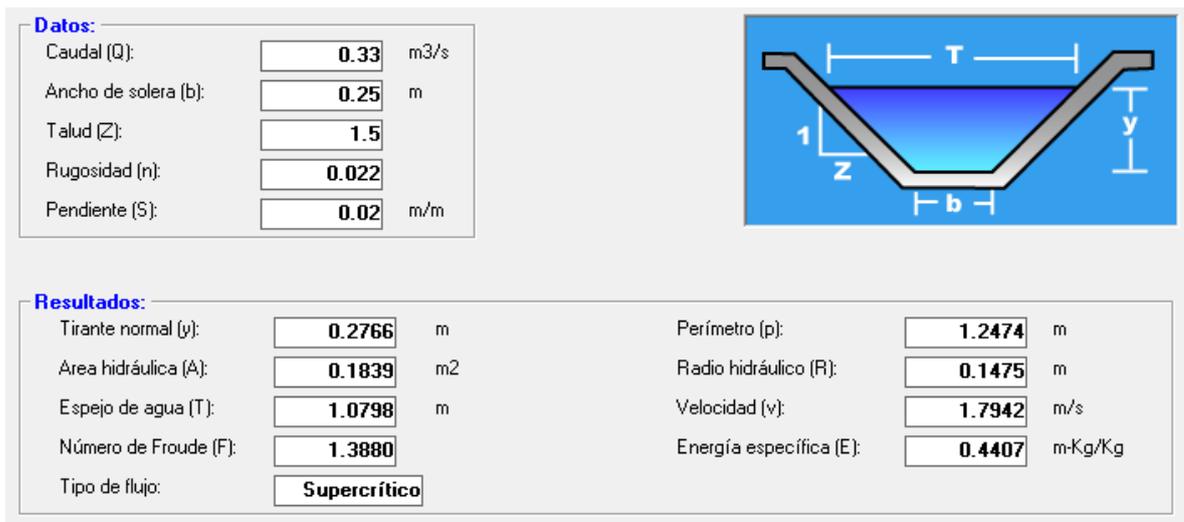


Figura 14-4. Lixiviados o percolado 2

Fuente: Elaboración Propia

Realizado por: Maldonado, Andrés 2020

Con la aplicación de las ecuaciones se obtuvo los datos expuestos, los mismos que son verificados mediante el programa de H-Canales y el programa de cálculo por la ecuación de Chezy-Manning, en donde se observó que en ambos el número de froude es de $F=0,50$ y varían solo en los decimales, al igual que el resto de los resultados, y se concluyó que el flujo es subcrítico, es decir que el agua en el canal irá aguas abajo ya que el número de froude es menor a 1

4.4. Materiales y cantidades para la construcción de la celda diseñada de los residuos sólidos del cantón Lago Agrio

4.4.1. Método para la elaboración de planos

Para la realización de planos se recurrió al programa de AutoCAD, la planimetría del diseño se realiza a una escala de 1:1000

La vista planta y cortes de cada unidad que compone la planta de tratamiento se traza a diferentes escalas.

4.4.2. Provisión e instalación de la geomembrana

Para establecer la cantidad de geomembrana para la celda y garantizar la estanquidad de la superficie evitando pérdidas de agua por infiltración hacia el suelo utilizamos la siguiente fórmula:

$$C_{geo} = AT + 10\% \text{ de pérdida}$$

$$C_{geo} = 14110 + 10\% \text{ de pérdida} = 15521\text{m}^2$$

4.4.3. Instalación de tuberías

La instalación de la tubería en la celda es para drenar los líquidos que se combinan con los gases generados por la basura hacia la celda de líquidos de lixiviados, se realizó el cálculo en base a la sumatoria de tubería la misma que fue dispuesta a una distancia de 20 metros con una pendiente de aproximadamente 1% hacia los puntos de captación al borde de la pendiente como se recomienda en la guía (SANDOVAL, 2008).

4.4.4. Instalación de chimeneas

La instalación de las chimeneas en la celda es con la finalidad de sacar a la superficie los gases producidos por la basura en descomposición.

Para el diseño de la chimenea se tomó en cuenta la guía DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y CIERRE DE RELLENO SANITARIO MECANIZADO Donde se recomienda que tenga un diámetro de 0.30 a 0.50m con un radio de influencia de aproximadamente 20 m, adicional la chimenea será construida a manera de ventilación con piedra, puntales, capas de tierra, capas basura, piedra bola y en su final con una malla metálica para garantizar la resistencia.

4.4.5. Operación de la construcción de la celda

Una de las operaciones más importantes que he considerado en la construcción de la celda es el tiempo de excavación y el movimiento de la tierra de la celda, la misma que depende del tipo de suelo y las características del equipo a utilizarse. Por lo tanto, para establecer los días o el tiempo de excavación se toma en consideración la siguiente ecuación:

$$t_{exc} = \frac{Vc}{R * J}$$
$$t_{exc} = \frac{38358.16}{R * 8}$$

Donde:

t_{exc} = Tiempo de excavación (días)

Vc = Volumen de la celda

R = Rendimiento de excavación del equipo pesado

J = Jornada de trabajo diaria (8 horas)

Tabla 13-4: Requerimientos para la construcción de la celda

<u>No.</u>	<u>Rubro / Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>
	VIA DE ACCESO		
1	Replanteo y nivelación con equipo topográfico	m2	1.100,00
2	Limpieza y desbroce	ha	1,00
3	Excavación y conformación de la sub-rasante	m3	20,00
4	Relleno comp. Mecan.(Mat. De excavación)	m3	13.000,00
5	Lastrado de vía de acceso	m3	1.000,00
6	Suministro e instalación de geotextil NT2000	m2	2.000,00
7	Suministro e instalación de geomalla biaxial BX-1100 o similar	m2	2.000,00
	Muros de ala e instalación de alcantarilla metálica		
8	Excavación de zanjas a máquina h=0.00-3.00 m material sin clasificar, Inc. NF.	m3	1.181,00
9	Relleno compactado con material de mejoramiento (en capas de 20 cm)	m3	80,00
10	Excavación en fango (a máquina)	m3	20,00
11	Relleno con Sub-base clase 3	m3	8,00
12	Instalación de alcantarillas metálicas	m	100,00
13	Lastre zarandeado para acostillado de tubería	m3	236,00
14	Arena de protección de tubería (Acostillada) e= 10 cm	m3	36,00
15	Muro de ala f'c=210kg/cm2, A=2.94-5.83m, H=2.25-0.80m, ver diseño	u	2,00
16	Replanteo de H. Simple	m3	1,00
	CELDA		
17	Limpieza y desbroce	ha	2,00
18	Replanteo y nivelación con equipo topográfico	m2	14.657,00
19	Excavación y conformación de la sub-rasante	m3	165.000,00
20	Transporte de material de excavación; L=1Km, (m3-km)	m3	210.000,00
21	Relleno comp. Mecan.(Mat. De excavación)	m3	9.700,00
	Movimiento de tierras		
22	Excavación de zanjas a máquina h=0.00-2.50 m material sin clasificar, Inc. NF.	m3	1.225,00
23	Relleno con piedra bola	m3	320,00
24	Rasanteo de zanja a mano	m2	950,00
25	Mejoramiento base de zanja e= 40 cm	m3	65,00
26	Arena de protección de tubería (Acostillada) e= 10 cm	m3	22,00
27	Lastre zarandeado para acostillado de tubería e= 35cm	m3	48,00
28	Relleno con Sub-base clase 3	m3	698,00
	Drenaje pluvial		
	Red colectora principal		
29	Suministro e instalación de tubería PVC pared estructurada de 160 mm	m	20,00
30	Suministro e instalación de tubería PVC pared estructurada de 250 mm	m	30,00

31	Suministro e instalación de tubería PVC pared estructurada de 300 mm	m	30,00
32	Suministro e instalación de tubería PVC pared estructurada de 350 mm	m	30,00
33	Suministro e instalación de tubería PVC pared estructurada de 400 mm	m	40,00
	Subdrenaje - control nivel freático		
34	Suministro e instalación de tubería perforada PVC drenaje, DIN=160 mm - (Inc. Geotextil no tejido NT2000)	m	906,00
	CISTERNA 50.00 m3 (5.00x3.00x3.30 m)		
	Preliminares		
35	Excavación a máquina CNF - Incl. Desalojo de agua	m3	82,00
	Movimientos de Tierra		
36	Desalojo de material	m3	82,00
37	Relleno con Sub-base clase 3	m3	13,00
	Estructura		
38	Replanteo de H. Simple	m3	3,00
39	Acero de refuerzo $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	Kg	2.623,00
40	H. Simple en Paredes $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$	m3	17,00
41	H. simple en losa inferior $F'c=240\text{kg/cm}^2$	m3	7,00
42	H. simple en losa superior $F'c=240\text{kg/cm}^2$	m3	4,00
43	Adquisición y Colocación de Cinta PVC impermeabilizante	m	57,00
44	Suministro e instalación de tubería PVC D=110 mm desagüe	m	4,00
45	Tapa de revisión en cisterna - (0.70x0.70x0.10 m) - $f'c=180 \text{ kg/cm}^2$	u	2,00
	Enlucidos		
46	Enlucido vertical (paleteado)mortero 1:3 + impermeabilizante	m2	61,00
47	Enlucido Horizontal (paleteado) + impermeabilizante	m2	32,00
	IMPERMEABILIZACIÓN DE SUBRASANTE		
48	Geomembrana HDPE tipo TeknoLiner 1500 para impermeabilización de celda	m2	17.240,00
49	Geotextil no tejido tipo F25G/ NT2000 para protección de geomembrana	m2	17.240,00
	DRENAJE SUPERFICIAL		
50	Cuneta de drenaje en corona de talud (ver diseño) - $f'c=180 \text{ kg/cm}^2$	m	540,00
51	Cuneta de drenaje en berma de talud (ver diseño) - $f'c=180 \text{ kg/cm}^2$	m	495,00
	CHIMENEAS - DRENAJE DE GASES		
52	Relleno con piedra bola	m3	37,00
53	Suministro e instalación de malla de acero R524 - Inc. Puntales para fijación	m2	250,00
54	Accesorios para instalación de la red de drenaje (GLOBAL)	u	1,00

Fuente: Elaboración Propia

Realizado por: Maldonado, Andrés 2020

CONCLUSIONES

Se estimó la producción per cápita (ppc) de residuos sólidos del Cantón Lago Agrio, donde tomando en cuenta su población (139576 hab.) y en base a los datos determinados de generación promedio mensual de residuos (1847.91 ton/mes) se determinó una producción per cápita de 0.63kg/hab.día.

Se calculó el volumen de residuos sólidos (196m³ /día) equivalente a 71537m³/año, considerando el material de cobertura diario y la estabilización de los residuos se estimó el volumen del relleno sanitario por año de 85843.89m³/año se procedió a la implantación, previo al levantamiento topográfico, dentro del relleno sanitario dimensionada con la vida útil de 1 año.

La celda diseñada en base a la topografía del terreno cuenta con un área mayor de 14110m²(166m*85m), un área menor de 9280m²(64m*145m), considerando la profundidad de excavación de 8m en base a los estudios de suelo obteniendo un volumen total de 94914.47m³ de capacidad para la disposición final de los desechos del cantón.

Se han establecido las cantidades de materiales necesarias para la construcción de la celda bajo un criterio técnico aceptado por el ministerio del ambiente, que consta con la aprobación de la licencia ambiental N° 474 del proyecto Relleno Sanitario del Cantón Lago Agrio, dentro de las cantidades de obra se puede describir rubros tales como:

Excavación = 92914.47m³

Provisión e instalación geo membrana = 15521m²

Provisión e instalación tubería = 862.4 m de tubería dándonos una cantidad de 143.7333 tubos de 6m, con 20 uniones de tubo colector con silla de derivación en ye de 160mmm

RECOMENDACIONES

Realizar capacitaciones y programas de reducción de los residuos sólidos desde la fuente y de reciclaje tanto domiciliarios como industriales, ya que esto permite mejorar el tratamiento de los desechos sólidos, además de reducir considerablemente la contaminación, con lo que se evita ensuciar principalmente las fuentes hídricas, tomando en consideración que el cantón Lago Agrio es altamente turístico.

Es recomendable realizar la cobertura de los residuos sólidos que ingresan al relleno sanitario, si no se hace el respectivo cubrimiento es posible que se propague una proliferación de moscos, insectos, roedores o incluso malos olores. De darse esta situación los principales afectados serán los moradores cercanos al sector en el que se ubican los rellenos sanitarios.

Se recomienda tanto a las autoridades competentes como a la ciudadanía del cantón Lago Agrio hacer uso de los contenedores de residuos, principalmente incentivando al reciclaje mediante la aplicación de colores y simbología en base a la normativa vigente con el fin de disminuir el nivel de contaminación y mejorar el ornato de la ciudad.

BIBLIOGRAFÍA

ADVANCED DISPOSAL. *Learn about landfills.* 2021.

BUENROSTRO, Otoniel; et al. *Classification of sources of municipal solid wastes in developing countries.* s.l. : Elsevier, 2000.

CÓNDOR, N. *Análisis del sistema de gestión integral de residuos sólidos urbanos, determinación de potenciales impactos ambientales y propuestas de mejora continua del manejo de los residuos sólidos no peligrosos en la zona urbana de la ciudad de Nueva Loja.* s.l. : Pontificia Universidad Católica del Ecuador, tesis de pregrado, 2019.

CONTRERAS, M. *Evaluación de experiencias locales urbanas desde el concepto de sostenibilidad del caso de los desechos sólidos del municipio de Los Patios (Norte de Santander, Colombia).* s.l. : Universidad Nacional de Colombia, 2008. 10.

CONTROLSANITARIO.GOB.EC. *Acuerdo Ministerial 323: Reglamento Gestión Desechos Generados en Establecimientos de Salud.* 2019.

DEWANG, YOGESH. *Concepts in Engineering Design.* 2017.

DONEVSKA, Katerina, et al. *Impact Assessment of the Solid Waste Landfill in the Municipality of Centar Zupa.* 2006.

ESPARZA INTRIAGO, Cristian Alexander. *Incidencia del confinamiento de los residuos orgánicos de la parroquia Santa Cecilia en la vida útil del relleno sanitario del cantón Lago Agrio.* s.l. : Universidad Nacional de Loja, tesis de pregrado, 2015.

GADMLA . *Ordenanza Sustitutiva que Regula la Gestión Integral de Residuos Sólidos, Limpieza y Aseo Público del Cantón Lago Agrio.* 2012.

GADMLA . *Art. 7 de la Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública-LOTAIP.* 2018. p. 4.

SANDOVAL, Leandro. 2008. *Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado.* Lima : s.n., 2008.

SANDOVAL, Leandro. *Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado.* Peru : s.n., 2008.

DIAZ BENAVIDES, Lizeth Yesenia; & VALLEJO VALLES, Andrea Carolina. *Propuesta para el diseño del nuevo relleno sanitario para el Municipio de Aguachica - Cesar.* Bogota : Universidad Católica De Colombia, 2017.

LUTOPSA S.A. *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2014-2019.* 2015.

MASTEN, Susan; & DAVIS, Mackenzie. *Principles of Environmental Engineering and Science.* s.l. : McGraw-Hill Education, 2020.

MENDOZA, LOURDES, VERSTRAETE, WILLY AND CARBALLA, MARTA. 2010. *Treatment of Sanitary Landfill Leachates in a Lab-Scale Gradual Concentric Chamber (GCC) Reactor.* s.l. : Humana Press, 2010. 160, pp. 1822–1832.

MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Resoluciones 474. Apruébase y ratifícase los estudios de impacto ambiental expost y planes de manejo ambiental del siguiente proyecto: 'Relleno Sanitario del Cantón Lago Agrio' ubicado en el cantón Lago Agrio, provincia de Sucumbíos .* 2012.

Acuerdo No. 061: *Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria.* 2015.

NSW ENVIRONMENT PROTECTION AUTHORITY. *Waste Classification Guidelines.* 2014.

PIRES, Ana, et al. *Sustainable Solid Waste Collection and Management.* s.l. : Springer International Publishing, 2019.

POZO, Hugo. Cootad. [Online] Octubre 19, 2010. <https://www.cpccs.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/cootad.pdf>.

SANDOVAL, Leandro. *Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado.* [Online] Noviembre 10, 2008. https://www.academia.edu/31807099/Gu%C3%ADa_de_dise%C3%B1o_construcci%C3%B3n_operaci%C3%B3n_mantenimiento_y_cierre_de_relleno_sanitario.

TOLU, HAMIT, İREN, EROL AND ALTINBA, MAHMUT. *Full Scale Sanitary Landfill Leachate Treatment by MBR: Flat Sheet vs. Hollow Fiber Membrane.* s.l. : Journal of Membrane Science & Research, 2021. 7, pp. 118-124.

TORRI, S. *¿Qué es un relleno sanitario?* s.l. : Universidad de Buenos Aires, 2017.

UN.ORG. *Waste Treatment and Disposal.* 2021.

UNITED NATIONS ESCAP . *Introduction Types of Wastes.* 2021.

US ARMY. *Sanitary Landfill.* s.l. : Headquarters, Department of the Army, 1994.

VÉLEZ, A. *Diseño de módulo flexible para actividades temporales en espacios.* 2018.

VERGARA, Sintana;& TCHOBANOGLOUS, George. *Municipal Solid Waste and the Environment: A Global Perspective.* 2012. Vol. 37, pp. 277-309.

WEST COAST DISTRICT MUNICIPALITY. *Environmental Management.* 2012.

ZHIGUI VARGAS, Carlos Wladimir. *diseño de un relleno sanitario del área urbana de la parroquia TARACOA, Provincia De Orellana.* Orellana : Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, 2016.

YOUSUF, Tariq; & RAHMAN, M. *Transforming an open dump into a sanitary landfill II: a development effort in waste management.* s.l. : Springer, 2009. 11, pp. 277–283.

ANEXOS

ANEXO A: TABLAS DE PESAJES DE DESECHOS COMUNES

PESAJE DESECHOS COMUNES MES FEBRERO 2019											
No. Rutas	Ruta1	Ruta2	Ruta3	Ruta4	Ruta5	Ruta8	Ruta9	Barrido mecánico	Barrido Manual	Kg Diarios de Residuos	Ton. Diarias de Residuos
Días											
1	13220	5100	16680	9730	9500	6510	4230	700	2152,02	67822,02	67,8
2	4710	16900	16840	8530	15860	0	0	0	1627,81	64467,81	64,5
3	12480	0	16740	5460	6000	0	0	0	1600,22	42280,22	42,3
4	10500	13500	17000	10040	8140	9580	4610	0	1958,89	75328,89	75,3
5	5480	7900	16800	11430	10320	4320	4480	700	2124,43	63554,43	63,6
6	14020	7010	16980	11770	8220	3510	1170	700	2400,33	65780,33	65,8
7	0	15790	15370	6440	6430	4940	3680	700	2593,46	55943,46	55,9
8	13380	4060	0	9300	8220	7270	4110	1750	2345,15	50435,15	50,4
9	3880	16620	16830	8870	11100	0	0	0	2152,02	59452,02	59,5
10	12770	3700	14580	5540	5950	0	0	0	2289,97	44829,97	44,8
11	12360	15280	19950	10070	11540	9810	4520	0	2124,43	85654,43	85,7
12	5680	9660	16750	10720	13350	2130	5120	0	3255,62	66665,62	66,7
13	16350	5670	16840	12320	12390	3220	2300	0	2703,82	71793,82	71,8
14	0	16850	15110	7420	7610	5640	4100	350	2786,59	59866,59	59,9
15	16770	5810	18470	11810	11650	7380	4280	0	2400,33	78570,33	78,6
16	5660	16050	16220	8630	12080	0	0	0	2069,25	60709,25	60,7
17	10360	6110	15420	5230	4380	0	0	0	2014,07	43514,07	43,5
18	10800	14580	17930	9180	7750	4670	4340	0	2289,97	71539,97	71,5
19	4650	12080	17820	12000	11550	2140	3010	0	2455,51	65705,51	65,7
20	15570	4730	16590	9970	8930	0	1910	0	2538,28	60238,28	60,2
21	0	15870	15180	6480	8440	4680	2920	0	2207,2	55777,2	55,8
22	13950	5740	16500	8780	10170	8700	3300	0	2345,15	69485,15	69,5
23	4340	13460	16180	7500	0	0	0	0	1793,35	43273,35	43,3
24	10940	3930	15140	3710	7270	0	0	0	0	40990	41,0
25	12070	10420	19400	9090	12900	9670	4480	0	2152,02	80182,02	80,2
26	4830	9250	18060	0	14080	2400	5590	0	2096,84	56306,84	56,3
27	14540	5300	18040	9620	5990	3450	2950	0	1547,04	61437,04	61,4
28	0	16170	15820	12870	15100	4720	4230	0	2041,66	70951,66	71,0
29	0										
30	0										
31	0										
Ton. Mensuales por ruta	249,3	277,5	453,2	242,5	264,9	104,7	75,3	4,9	60,1	1732555	1733

Fuente: Datos Dirección de Ambiente GAD Municipal Lago Agrio.

Realizado por: Maldonado, Andrés, 2020

PESAJE DESECHOS COMUNES MES MARZO 2019											
No. Rutas	Ruta1	Ruta2	Ruta3	Ruta4	Ruta5	Ruta8	Ruta9	Barrido mecánico	Barrido Manual	Kg Diarios de Residuos	Ton. Diarias de Residuos
Días											
1	0	13960	15410	6050	6540	4280	3960	0	2207,2	52407,2	52,4072
2	13660	1300	16210	10890	9760	7240	3840	0	2124,43	65024,43	65,02443
3	6880	10120	16000	8230	12360	0	0	0	1655,4	55245,4	55,2454
4	3590	8590	16920	7000	9160	0	0	0	1655,4	46915,4	46,9154
5	11650	13640	19570	9420	9440	9360	4530	0	2289,97	79899,97	79,89997
6	2990	6270	15750	14360	14840	1780	5490	0	2262,38	63742,38	63,74238
7	11900	0	15260	10070	13150	2870	1530	0	2234,79	57014,79	57,01479
8	2880	15180	16280	7240	9880	4700	2760	0	2427,92	61347,92	61,34792
9	14140	2140	16470	9590	9310	7120	3460	0	2317,56	64547,56	64,54756
10	5460	14610	9340	7570	10270	0	0	0	1489,86	48739,86	48,73986
11	9510	2720	15400	4170	9200	0	0	0	1462,27	42462,27	42,46227
12	9750	14250	19720	10180	11380	9250	4510	0	2345,15	81385,15	81,38515
13	0	8990	15820	10310	10600	3080	6120	0	2289,97	57209,97	57,20997
14	11340	2160	21160	10310	7970	3310	2360	0	2262,38	60872,38	60,87238
15	4960	11450	13970	6360	8920	4770	3620	0	2179,61	56229,61	56,22961
16	12040	1630	17940	9070	8220	6870	3860	0	2207,2	61837,2	61,8372
17	4210	14140	15980	8180	10320	0	0	0	1489,86	54319,86	54,31986
18	9550	2420	13940	4940	6350	0	0	0	1517,45	38717,45	38,71745
19	9700	12900	17330	9950	9650	9100	5200	0	1876,12	75706,12	75,70612
20	4270	7780	16470	11220	10740	2390	6350	0	2096,84	61316,84	61,31684
21	13030	5090	15260	9110	6530	3830	1630	0	2096,84	56576,84	56,57684
22	1590	13430	15670	5270	7060	5990	3580	0	2096,84	54686,84	54,68684
23	14410	1780	17210	10220	10076	6820	4220	0	2041,66	66777,66	66,77766
24	5270	12740	15960	8000	9780	0	0	0	1517,45	53267,45	53,26745
25	8650	0	15060	5190	6670	0	0	0	1434,68	37004,68	37,00468
26	8700	9920	18150	9740	9090	9620	4150	0	2179,61	71549,61	71,54961
27	4320	10730	16160	9720	10280	2030	4880	0	1986,48	60106,48	60,10648
28	13770	3870	16790	10700	8080	3650	2910	0	2096,84	61866,84	61,86684
29	1032	12440	17650	6616	6560	4650	4500	0	2096,84	55544,84	55,54484
30	10630	3220	14010	7430	8030	5070	3900	0	1517,45	53807,45	53,80745
31	4380	16010	17450	8940	10600	0	0	0	1958,89	59338,89	59,33889
Ton. Mensuales por ruta	234,3	253,5	504,3	266,0	290,8	117,8	87,4	0,0	61,4	1815469	1815

Fuente: Datos Dirección de Ambiente GAD Municipal Lago Agrio.

Realizado por: Maldonado, Andrés, 2020

PESAJE DESECHOS COMUNES MES ABRIL 2019											
No. Rutas	Ruta1	Ruta2	Ruta3	Ruta4	Ruta5	Ruta8	Ruta9	Barrido mecánico	Barrido Manual	Kg Diarios de Residuos	Ton. Diarias de Residuos
Días											
1	11420	1750	14750	5260	8100	0	0	0	1710,58	42990,58	43,0
2	8760	13700	17420	10530	8170	10460	5134	0	2289,97	76463,97	76,5
3	6480	9760	16430	12760	10670	2640	7350	0	2317,56	68407,56	68,4
4	14680	4920	16160	11690	8900	3640	1709	0	2234,79	63933,79	63,9
5	3780	15510	16210	6030	6540	4940	3830	0	2317,56	59157,56	59,2
6	12340	1980	14700	10690	9850	7850	4070	700	1931,3	64111,3	64,1
7	5890	15210	17300	9910	11130	0	0	0	1682,99	61122,99	61,1
8	7160	3950	15060	7180	9950	0	0	0	1682,99	44982,99	45,0
9	4310	11760	19241	12400	10190	10070	5790	700	2124,43	76585,43	76,6
10	4310	11580	15810	9600	9630	3700	6070	700	2207,2	63607,2	63,6
11	12190	3250	17000	9170	11100	3700	2710	700	1903,71	61723,71	61,7
12	5160	16770	19000	9520	9300	4950	4210	700	1958,89	71568,89	71,6
13	13530	2380	17820	9810	12150	6870	4760	700	1958,89	69978,89	70,0
14	4860	12950	15440	7340	9730	0	0	0	1462,27	51782,27	51,8
15	7720	4480	17180	4740	5740	0	0	0	1876,12	41736,12	41,7
16	10770	10880	17650	11070	9300	10400	4320	700	2593,46	77683,46	77,7
17	4970	11370	17140	9990	14010	3010	6330	700	2648,64	70168,64	70,2
18	15070	6290	15230	10630	10900	3890	2050	0	2703,82	66763,82	66,8
19	4070	14920	15270	6870	7950	4570	3610	0	2538,28	59798,28	59,8
20	12540	2140	17460	10420	9710	7450	4230	0	2317,56	66267,56	66,3
21	5430	14550	15770	8890	10810	0	0	0	1986,48	57436,48	57,4
22	9390	2350	15190	7100	5920	0	0	0	1655,4	41605,4	41,6
23	6520	14080	18710	10850	10690	0	6030	0	2593,46	69473,46	69,5
24	5040	9920	16370	12630	11240	0	7560	0	2483,1	65243,1	65,2
25	15180	8610	16010	10600	8220	0	0	0	2648,64	61268,64	61,3
26	0	14440	15270	7410	7560	5920	3710	0	2648,64	56958,64	57,0
27	12280	2870	17260	10730	9330	6690	3910	0	2565,87	65635,87	65,6
28	4900	13720	15700	8620	10320	0	0	0	2234,79	55494,79	55,5
29	8400	5570	14590	4430	4780	0	0	0	1903,71	39673,71	39,7
30	11570	14900	18790	9950	8570	8660	5650	0	1545,04	79635,04	79,6
31											
Ton. Mensuales por ruta	248,7	276,6	495,9	276,8	280,5	109,4	93,0	5,6	64,7	1731951	1732

Fuente: Datos Dirección de Ambiente GAD Municipal Lago Agrio.

Realizado por: Maldonado, Andrés, 2020

PESAJE DESECHOS COMUNES MES MAYO 2019											
No. Rutas	Ruta1	Ruta2	Ruta3	Ruta4	Ruta5	Ruta8	Ruta9	Barrido mecánico	Barrido Manual	Kg Diarios de Residuos	Ton. Diarias de Residuos
Días											
1	4540	7600	15210	9480	10830	2120	3020	0	1462,27	54262,27	54,26227
2	13340	4360	16720	10820	12955	4320	1630	0	1765,76	65910,76	65,91076
3	7180	16430	10480	7000	8970	5100	3980	0	1793,35	60933,35	60,93335
4	14910	8580	18340	10190	11680	7960	6520	700	1765,76	80645,76	80,64576
5	6400	13490	16600	9910	11250	0	0	0	1820,94	59470,94	59,47094
6	7050	2810	14560	6180	10340	0	0	0	1517,45	42457,45	42,45745
7	12340	13510	18430	10180	9350	10050	5060	700	1848,53	81468,53	81,46853
8	340	9900	17090	12410	12730	3750	6480	700	1876,12	65276,12	65,27612
9	12690	5380	16050	9730	11410	3860	4340	350	1765,76	65575,76	65,57576
10	0	15020	17620	7350	11510	5100	4070	700	1793,35	63163,35	63,16335
11	15420	2480	19610	11190	12420	10060	4510	350	1793,35	77833,35	77,83335
12	5770	14680	17970	9070	12200	0	0	0	1765,76	61455,76	61,45576
13	7590	1650	15330	6080	10870	0	0	0	1434,68	42954,68	42,95468
14	10340	15410	20680	11150	9570	0	4680	0	2069,25	73899,25	73,89925
15	5240	0	18880	11400	11660	11310	6150	0	1986,48	66626,48	66,62648
16	14590	11860	16880	10390	9280	0	2140	700	2262,38	68102,38	68,10238
17	0	15430	15850	7100	7530	6280	3650	700	2179,61	58719,61	58,71961
18	14440	2410	17410	10540	10770	8740	3940	700	1545,04	70495,04	70,49504
19	6360	14350	18560	8490	11150	0	0	0	1600,22	60510,22	60,51022
20	7210	5520	14050	3350	4060	0	0	0	1545,04	35735,04	35,73504
21	12820	15150	20310	12050	12250	10530	5900	700	2262,38	91972,38	91,97238
22	4290	9480	17220	11160	11900	3450	6090	0	2372,74	65962,74	65,96274
23	10910	4940	15010	9060	7050	3780	2750	0	2014,07	55514,07	55,51407
24	0	14060	17030	6240	9200	5060	4440	0	2317,56	58347,56	58,34756
25	11140	5300	17450	10020	8750	5550	3420	0	1627,81	63257,81	63,25781
26	8150	12360	16730	9690	11050	0	0	0	1655,4	59635,4	59,6354
27	8740	4110	8540	6480	7150	0	0	0	1296,73	36316,73	36,31673
28	12190	12960	17550	11510	10400	11940	5094	700	1876,12	84220,12	84,22012
29	4080	10050	18460	12920	11790	2670	7050	0	1876,12	68896,12	68,89612
30	14820	4550	16460	10420	10950	3560	2000	0	2455,51	65215,51	65,21551
31	8540	16500	9790	9660	6580	5480	3820	0	2400,33	62770,33	62,77033
Ton. Mensuales por ruta	261,4	290,3	510,9	291,2	317,6	130,7	100,7	7,0	57,7	1967605	1968

Fuente: Datos Dirección de Ambiente GAD Municipal Lago Agrio.

Realizado por: Maldonado, Andrés, 2020

PESAJE DESECHOS COMUNES MES JUNIO 2019											
No. Rutas	Ruta1	Ruta2	Ruta3	Ruta4	Ruta5	Ruta8	Ruta9	Barrido mecánico	Barrido Manual	Kg Diarios de Residuos	Ton. Diarias de Residuos
Días											
1	13400	2740	18730	11030	10070	8600	4450	0	2179,61	71199,61	71,2
2	7330	22320	18040	9880	14220	0	0	0	1710,58	73500,58	73,5
3	8130	5440	16660	7680	9840	0	0	0	1489,86	49239,86	49,2
4	10530	14720	18520	12020	12700	10820	5410	0	2262,38	86982,38	87,0
5	6260	8580	16830	10440	11070	3470	7120	0	2041,66	65811,66	65,8
6	12750	5870	17010	9680	8340	3500	0	0	2124,43	59274,43	59,3
7	6060	13470	15980	4380	6430	4850	4330	0	2345,15	57845,15	57,8
8	15040	1580	14850	8670	10260	7050	4060	0	2124,43	63634,43	63,6
9	8040	13690	17770	8270	12000	0	0	0	1820,94	61590,94	61,6
10	7570	2560	15710	7870	7540	0	0	0	1627,81	42877,81	42,9
11	10970	15990	20680	11390	9811	10470	4990	0	2345,15	86646,15	86,6
12	6330	8870	18020	12990	11890	2750	6550	0	2400,33	69800,33	69,8
13	12660	7360	15020	9630	11650	3300	1860	0	2234,79	63714,79	63,7
14	3380	12570	16830	6710	7660	4800	3860	0	2538,28	58348,28	58,3
15	12720	5240	17210	9340	10340	7090	0	0	2565,87	64505,87	64,5
16	4780	12290	9760	7020	10630	0	0	0	1931,3	46411,3	46,4
17	7790	4450	14900	4320	4930	0	0	0	2069,25	38459,25	38,5
18	11930	14410	20450	10280	11530	10180	4170	0	2455,51	85405,51	85,4
19	4950	9290	18170	12300	12460	3590	8280	0	2621,05	71661,05	71,7
20	10130	10070	16850	10130	7740	2690	3170	0	2538,28	63318,28	63,3
21	3740	14380	17830	8300	7020	4820	3940	5250	2234,79	67514,79	67,5
22	15780	3450	17360	9890	10110	7040	3940	0	2096,84	69666,84	69,7
23	5670	14930	15330	11610	10500	0	0	0	2014,07	60054,07	60,1
24	9210	4110	14960	4990	5080	0	0	0	2262,38	40612,38	40,6
25	12690	13960	17590	11790	10290	7040	5440	0	1710,58	80510,58	80,5
26	3960	7340	17770	12830	11460	2810	4460	0	1986,48	62616,48	62,6
27	11050	4440	13890	9090	6890	3360	2330	700	1986,48	53736,48	53,7
28	0	12250	17310	5430	8220	4850	3810	700	2289,97	54859,97	54,9
29	15530	1650	16380	11330	10850	7820	4210	700	2096,84	70566,84	70,6
30	6290	15180	16160	8180	9030	0	0	0	1627,81	56467,81	56,5
31											
Ton. Mensuales por ruta	264,7	283,2	502,6	277,5	290,6	120,9	86,4	7,4	63,7	1769799	1770

Fuente: Datos Dirección de Ambiente GAD Municipal Lago Agrio.

Realizado por: Maldonado, Andrés, 2020

PESAJE DESECHOS COMUNES MES JULIO 2019											
No. Rutas	Ruta1	Ruta2	Ruta3	Ruta4	Ruta5	Ruta8	Ruta9	Barrido mecánico	Barrido Manual	Kg Diarios de Residuos	Ton. Diarias de Residuos
Días											
1	8900	1620	14510	6260	9690	0	0	0	1655,4	42635,4	42,6354
2	12270	13950	20140	9330	9710	8790	5080	700	2014,07	81984,07	81,98407
3	6780	9330	14610	10250	11200	2500	5450	700	2014,07	62834,07	62,83407
4	15570	4950	15800	9560	7530	4170	3100	0	2152,02	62832,02	62,83202
5	11800	7440	15870	5010	12770	4410	4560	0	2152,02	64012,02	64,01202
6	16810	1890	17790	9620	12060	6160	3410	0	2041,66	69781,66	69,78166
7	6010	13560	17650	6700	10910	0	0	0	1903,71	56733,71	56,73371
8	6740	3220	13740	6050	9380	0	0	0	1986,48	41116,48	41,11648
9	11780	10550	18790	8810	9170	9160	0	700	2152,02	71112,02	71,11202
10	6330	7390	16560	11380	12020	3250	0	700	2400,33	60030,33	60,03033
11	9900	4720	15630	7620	5860	2550	1760	700	2427,92	51167,92	51,16792
12	3600	12560	14690	5290	9930	4100	2430	700	2427,92	55727,92	55,72792
13	10660	1540	14300	8880	9610	6150	3230	700	2014,07	57084,07	57,08407
14	6770	14100	16450	7440	10190	0	0	0	2345,15	57295,15	57,29515
15	8470	2990	14550	4810	6420	0	0	0	1986,48	39226,48	39,22648
16	9620	13170	17410	9450	9670	9370	4790	700	2648,64	76828,64	76,82864
17	3980	9970	15790	9680	10430	1630	5560	700	2400,33	60140,33	60,14033
18	13370	4360	13830	9180	9890	3470	2200	700	2759	59759	59,759
19	1520	13200	15590	5230	6730	4180	4230	700	2621,05	54001,05	54,00105
20	11000	5260	14960	8040	8750	6480	3270	0	2731,41	60491,41	60,49141
21	4490	12660	15540	6120	9740	0	0	0	1931,3	50481,3	50,4813
22	7160	3630	14280	2820	3660	0	0	0	1682,99	33232,99	33,23299
23	11350	13830	18350	9750	10790	9060	4170	700	2427,92	80427,92	80,42792
24	4560	7230	15780	9930	9790	2890	4320	700	2455,51	57655,51	57,65551
25	0	0	15610	0	0	3190	1990	700	2400,33	23890,33	23,89033
26	2080	14850	14970	5930	6650	4400	2850	0	2510,69	54240,69	54,24069
27	10770	4330	15960	8260	8790	5150	0	0	2096,84	55356,84	55,35684
28	5290	12040	16880	7320	0	0	0	0	0	41530	41,53
29	6640	2980	14220	7030	5640	0	0	0	1682,99	38192,99	38,19299
30	11300	8430	20650	9510	11570	10140	3680	0	2096,84	77376,84	77,37684
31	4040	9380	14510	11440	11260	1920	6650	0	2152,02	61352,02	61,35202
Ton. Mensuales por ruta	249,6	245,1	495,4	236,7	269,8	113,1	72,7	9,8	66,3	1758531	1759

Fuente: Datos Dirección de Ambiente GAD Municipal Lago Agrio.

Realizado por: Maldonado, Andrés, 2020

PESAJE DESECHOS COMUNES MES AGOSTO 2019											
No. Rutas	Ruta1	Ruta2	Ruta3	Ruta4	Ruta5	Ruta8	Ruta9	Barrido mecánico	Barrido Manual	Kg Diarios de Residuos	Ton. Diarias de Residuos
Días											
1	13420	6090	15930	8900	10360	3320	5690	0	2289,97	65999,97	66,0
2	6690	13620	15980	9190	6690	4520	4150	0	2096,84	62936,84	62,9
3	11850	2015	16530	8620	9210	5980	3930	0	2152,02	60287,02	60,3
4	5560	12530	15800	8350	13160	0	0	0	1655,4	57055,4	57,1
5	5710	5820	14480	4290	8310	0	0	0	1517,45	40127,45	40,1
6	10930	11940	17990	8470	9010	9040	5380	0	1931,3	74691,3	74,7
7	3550	6070	15650	8800	10810	2560	5460	0	2152,02	55052,02	55,1
8	12000	3540	16320	8300	8690	30190	2650	0	2096,84	83786,84	83,8
9	5500	10280	15620	4830	10270	4060	3770	0	1572,63	55902,63	55,9
10	6140	6140	15980	8220	8600	5760	0	0	1324,32	52164,32	52,2
11	5320	11750	14930	5970	9520	0	0	0	1351,91	48841,91	48,8
12	7070	5030	12140	6030	8500	0	0	0	1600,22	40370,22	40,4
13	9640	12940	18010	9080	7870	10800	5400	0	2234,79	75974,79	76,0
14	6790	5700	15030	8950	9640	3250	4500	0	2096,84	55956,84	56,0
15	12590	6310	14340	8090	6350	4240	3060	0	2234,79	57214,79	57,2
16	1390	12640	14300	5090	7220	4490	3700	0	2096,84	50926,84	50,9
17	11850	1680	15890	8350	8770	11370	0	0	2124,43	60034,43	60,0
18	4260	12960	15700	6640	10170	0	0	0	1655,4	51385,4	51,4
19	8060	3020	13720	3630	4930	0	0	0	1655,4	35015,4	35,0
20	9820	13030	16440	8890	10500	9760	6540	0	2014,07	76994,07	77,0
21	3920	6920	14410	8770	10610	2330	6840	0	2096,84	55896,84	55,9
22	11150	4570	14480	8470	6450	3030	1230	0	2234,79	51614,79	51,6
23	0	13020	14700	5840	6200	3880	2880	0	2179,61	48699,61	48,7
24	14730	1920	16110	7810	8420	6180	3320	0	2179,61	60669,61	60,7
25	4490	11310	15100	5352	9280	0	0	0	1572,63	47104,63	47,1
26	7120	3280	16590	3740	4510	0	0	0	1572,63	36812,63	36,8
27	0	11420	17090	8440	8310	8290	4350	0	2014,07	59914,07	59,9
28	4110	8880	14070	9000	10120	1900	4910	0	2510,69	55500,69	55,5
29	12050	3970	15140	7890	10550	4330	2400	0	2289,97	58619,97	58,6
30	0	1360	14540	5590	11170	4270	3450	0	2400,33	42780,33	42,8
31	11540	1870	18400	8440	8480	4970	3520	0	2372,74	59592,74	59,6
Ton. Mensuales por ruta	227,3	231,6	481,4	228,0	272,7	148,5	87,1	0,0	61,3	1576931	1577

Fuente: Datos Dirección de Ambiente GAD Municipal Lago Agrio.

Realizado por: Maldonado, Andrés, 2020

PESAJE DESECHOS COMUNES MES SEPTIEMBRE 2019											
No. Rutas	Ruta1	Ruta2	Ruta3	Ruta4	Ruta5	Ruta8	Ruta9	Barrido mecánico	Barrido Manual	Kg Diarios de Residuos	Ton. Diarias de Residuos
Días											
1	6460	12810	16850	7550	13620	0	0	0	248,31	57538,31	57,53831
2	9160	5080	14890	5850	8000	0	0	0	248,31	43228,31	43,22831
3	10320	13520	20060	9030	9220	6270	4230	0	248,31	72898,31	72,89831
4	4280	6990	15130	8930	12830	5630	6250	0	2565,87	62605,87	62,60587
5	20470	0	19510	0	13200	0	2160	0	2593,46	57933,46	57,93346
6	0	14280	15400	6530	9960	4320	0	0	2372,74	52862,74	52,86274
7	0	1600	17730	20390	8910	6160	7000	0	2427,92	64217,92	64,21792
8	4540	12370	17110	7310	9120	0	0	0	1931,3	52381,3	52,3813
9	13870	1170	15840	0	11100	0	0	0	1876,12	43856,12	43,85612
10	9720	13240	18420	15130	8970	9430	4660	0	2565,87	82135,87	82,13587
11	3000	7910	16860	9540	11590	2860	5440	700	2593,46	60493,46	60,49346
12	14030	5340	16720	8840	7050	3210	2790	700	2731,41	61411,41	61,41141
13	0	10550	15640	7750	8330	3830	4260	700	2345,15	53405,15	53,40515
14	13270	2730	16350	10400	9850	5980	0	0	2648,64	61228,64	61,22864
15	4420	15340	17170	7260	13570	0	0	0	1820,94	59580,94	59,58094
16	9500	2108	14660	4990	5510	0	0	0	1903,71	38671,71	38,67171
17	11750	13400	19490	3550	9900	9680	0	0	2483,1	70253,1	70,2531
18	4490	8040	16080	9830	11320	2190	0	0	2510,69	54460,69	54,46069
19	9150	8330	15100	8020	6470	2930	0	0	2289,97	52289,97	52,28997
20	0	13000	15570	5410	8440	4480	0	0	2400,33	49300,33	49,30033
21	10630	9720	15520	4090	10220	6010	0	0	2317,56	58507,56	58,50756
22	5110	12860	15920	6500	9290	0	0	0	2124,43	51804,43	51,80443
23	8110	5700	15610	3950	4840	0	0	0	1765,76	39975,76	39,97576
24	11470	13230	18380	9470	9940	8540	4710	0	2455,51	78195,51	78,19551
25	4710	7080	15130	8400	11140	3050	4510	0	2234,79	56254,79	56,25479
26	10240	6220	15520	7510	7030	2970	0	700	1765,76	51955,76	51,95576
27	0	13640	15230	7600	0	4590	3530	700	2317,56	47607,56	47,60756
28	10350	5940	16860	8800	10400	5990	0	700	2207,2	61247,2	61,2472
29	6440	13720	15150	6210	9960	0	0	0	1876,12	53356,12	53,35612
30	10330	2310	15280	3570	6010	0	0	0	1848,53	39348,53	39,34853
31											
Ton. Mensuales por ruta	225,8	258,2	493,2	222,4	275,8	98,1	49,5	4,2	61,7	1689007	1689

Fuente: Datos Dirección de Ambiente GAD Municipal Lago Agrio.

Realizado por: Maldonado, Andrés, 2020

PESAJE DESECHOS COMUNES MES OCTUBRE 2019											
No. Rutas	Ruta1	Ruta2	Ruta3	Ruta4	Ruta5	Ruta8	Ruta9	Barrido mecánico	Barrido Manual	Kg Diarios de Residuos	Ton. Diarias de Residuos
Días											
1	6590	8450	16950	12450	15430	6780	5660	350	1986,48	74646,48	74,64648
2	14600	0	17740	10700	11510	3550	1900	0	2207,2	62207,2	62,2072
3	0	13099	13070	8830	4890	4040	4130	0	2069,25	50128,25	50,12825
4	12940	10390	11250	11550	10340	6000	0	0	2041,66	64511,66	64,51166
5	5510	12500	18610	7490	13650	0	0	0	1489,86	59249,86	59,24986
6	8440	3780	17270	4550	8700	0	0	0	1379,5	44119,5	44,1195
7	11260	12810	15290	12270	11800	1220	5100	0	2345,15	72095,15	72,09515
8	4350	7930	12880	9970	13330	3850	4030	0	2124,43	58464,43	58,4643
9	11760	2970	10400	9730	5660	800	0	0	2124,43	43444,43	43,44443
10	0	14410	13790	5690	10870	2120	2830	0	2262,38	51972,38	51,97238
11	14770	3070	12150	11940	8920	0	3800	0	1600,22	56250,22	56,25022
12	3700	13520	10960	7440	6930	0	0	0	1379,5	43929,5	43,9295
13	9300	1320	8640	5060	4900	0	0	0	1351,91	30571,91	30,57191
14	9000	11860	16690	10560	10240	4950	4200	0	2207,2	69707,2	69,7072
15	5110	7170	15680	10180	12900	12240	9190	0	2648,64	75118,64	75,11864
16	11560	4630	14250	9690	8485	3430	1340	0	2648,64	56033,64	56,03364
17	660	12890	14070	6630	5620	6850	3400	0	2703,82	52823,82	52,82382
18	14550	4010	16110	10320	10280	8360	3440	0	1434,68	68504,68	68,50468
19	5060	13060	14580	4360	9880	0	0	0	1627,81	48567,81	48,56781
20	7720	5500	13200	4680	4000	0	0	0	0	35100	35,1
21	9490	14160	18300	10030	11210	8160	4500	0	2538,28	78388,28	78,38828
22	4760	9970	15120	11320	12760	2950	6030	0	2483,1	65393,1	65,3931
23	13210	5490	15350	9650	6980	4070	4230	0	2400,33	61380,33	61,38033
24	0	11950	15260	5990	8560	4560	3280	0	2896,95	52496,95	52,49695
25	15490	4600	15560	10230	11220	6610	3000	0	2372,74	69082,74	69,08274
26	6120	13210	16000	7300	9820	0	0	0	1600,22	54050,22	54,05022
27	7640	5103	16510	5380	6660	0	0	0	2096,84	43389,84	43,38984
28	9150	16250	18280	10100	11620	10000	3990	0	2786,59	82176,59	82,17659
29	5460	6920	16710	11000	13200	2200	5410	0	2814,18	63714,18	63,71418
30	17400	4910	16260	9070	8110	3800	1060	0	2759	63369	63,369
31	0	14860	16640	8480	7860	4300	2070	0	2759	56969	56,969
Ton. Mensuales por ruta	245600	270792	463570	272640	296335	110840	82590	350	65139,99	1807856,99	1807,8569

Fuente: Datos Dirección de Ambiente GAD Municipal Lago Agrio.

Realizado por: Maldonado, Andrés, 2020

PESAJE DESECHOS COMUNES MES NOVIEMBRE 2019											
No. Rutas	Ruta1	Ruta2	Ruta3	Ruta4	Ruta5	Ruta8	Ruta9	Barrido mecánico	Barrido Manual	Kg Diarios de Residuos	Ton. Diarias de Residuos
Días											
1	12820	4100	17210	12760	13810	7620	3330	0	0	71650	71,65
2	5120	14970	16430	10410	12080	0	0	0	0	59010	59,01
3	14300	5530	13990	7860	9800	0	0	0	0	51480	51,48
4	10020	0	18100	11030	13420	9220	3410	0	0	65200	65,2
5	14190	9960	16640	0	13770	4050	6390	0	0	65000	65
6	14690	4680	16160	10370	10420	3620	2880	0	0	62820	62,82
7	0	0	15460	8410	10890	5200	3940	0	0	43900	43,9
8	13520	4310	16610	9290	9750	7370	3900	0	0	64750	64,75
9	3590	13250	15900	7170	10320	0	0	0	0	50230	50,23
10	7980	5240	14780	5090	5640	0	0	0	0	38730	38,73
11	0	11590	17960	10930	10660	6130	4090	0	275,9	61635,9	61,6359
12	4800	10970	15960	10910	12940	6190	4570	0	0	66340	66,34
13	14260	4000	17410	10730	8200	4170	1940	0	0	60710	60,71
14	0	7440	17580	7320	6940	4790	0	0	0	44070	44,07
15	13760	5850	17340	8850	12610	4403	4020	0	0	66833	66,833
16	4650	13960	16320	9640	7620	0	0	0	0	52190	52,19
17	8880	5540	16550	7120	5230	0	0	0	137,95	43457,95	43,45795
18	13300	15280	19950	12920	11230	11040	5030	0	0	88750	88,75
19	4720	9720	16150	12970	13970	5380	7530	0	0	70440	70,44
20	14290	5100	16030	12490	9580	4600	3650	0	0	65740	65,74
21	0	15790	16770	10780	9200	5530	5160	0	0	63230	63,23
22	13350	6990	16080	10980	10790	7900	4270	0	0	70360	70,36
23	4140	16310	18240	5860	12190	0	0	0	1296,73	58036,73	58,03673
24	9520	5460	17000	5800	9070	0	0	0	882,88	47732,88	47,73288
25	12280	18400	18910	12870	12420	10510	4300	0	938,06	90628,06	90,62806
26	5960	12120	19100	12670	12540	4320	5520	0	1517,4	73747,45	73,74745
27	15170	5850	17810	13030	9960	5890	2590	0	1076,01	71376,01	71,37601
28	0	14650	17130	10340	7330	6600	3730	0	1600,22	61380,22	61,38022
29	13570	7740	17210	11090	12940	7350	3410	0	1186,37	74496,37	74,49637
30	6440	16030	18170	6420	10860	0	0	0	882,88	58802,88	58,80288
31											
Ton. Mensuales por ruta	255320	270830	508950	286110	316180	131883	83660	0	9794,45	1862727,45	1862,7274

Fuente: Datos Dirección de Ambiente GAD Municipal Lago Agrio.

Realizado por: Maldonado, Andrés, 2020

PESAJE DESECHOS COMUNES MES DICEIMBRE 2019											
No. Rutas	Ruta1	Ruta2	Ruta3	Ruta4	Ruta5	Ruta8	Ruta9	Barrido mecánico	Barrido Manual	Kg Diarios de Residuos	Ton. Diarias de Residuos
Días											
1	12820	4100	17210	12760	13810	7620	3330	0	0	71650	71,65
2	5120	14970	16430	10410	12080	0	0	0	0	59010	59,01
3	14300	5530	13990	7860	9800	0	0	0	0	51480	51,48
4	10020	0	18100	11030	13420	9220	3410	0	0	65200	65,2
5	14190	9960	16640	0	13770	4050	6390	0	0	65000	65
6	14690	4680	16160	10370	10420	3620	2880	0	0	62820	62,82
7	0	0	15460	8410	10890	5200	3940	0	0	43900	43,9
8	13520	4310	16610	9290	9750	7370	3900	0	0	64750	64,75
9	3590	13250	15900	7170	10320	0	0	0	0	50230	50,23
10	7980	5240	14780	5090	5640	0	0	0	0	38730	38,73
11	0	11590	17960	10930	10660	6130	4090	0	275,9	61635,9	61,6359
12	4800	10970	15960	10910	12940	6190	4570	0	0	66340	66,34
13	14260	4000	17410	10730	8200	4170	1940	0	0	60710	60,71
14	0	7440	17580	7320	6940	4790	0	0	0	44070	44,07
15	13760	5850	17340	8850	12610	4403	4020	0	0	66833	66,833
16	4650	13960	16320	9640	7620	0	0	0	0	52190	52,19
17	8880	5540	16550	7120	5230	0	0	0	137,95	43457,95	43,45795
18	13300	15280	19950	12920	11230	11040	5030	0	0	88750	88,75
19	4720	9720	16150	12970	13970	5380	7530	0	0	70440	70,44
20	14290	5100	16030	12490	9580	4600	3650	0	0	65740	65,74
21	0	15790	16770	10780	9200	5530	5160	0	0	63230	63,23
22	13350	6990	16080	10980	10790	7900	4270	0	0	70360	70,36
23	4140	16310	18240	5860	12190	0	0	0	1296,73	58036,73	58,03673
24	9520	5460	17000	5800	9070	0	0	0	882,88	47732,88	47,73288
25	12280	18400	18910	12870	12420	10510	4300	0	938,06	90628,06	90,62806
26	5960	12120	19100	12670	12540	4320	5520	0	1517,45	73747,45	73,74745
27	15170	5850	17810	13030	9960	5890	2590	0	1076,01	71376,01	71,37601
28	0	14650	17130	10340	7330	6600	3730	0	1600,22	61380,22	61,38022
29	13570	7740	17210	11090	12940	7350	3410	0	1186,37	74496,37	74,49637
30	6440	16030	18170	6420	10860	0	0	0	882,88	58802,88	58,80288
31											
Ton. Mensuales por ruta	255320	270830	508950	286110	316180	131883	83660	0	9794,45	1862727,45	1862,7274

Fuente: Datos Dirección de Ambiente GAD Municipal Lago Agrio.

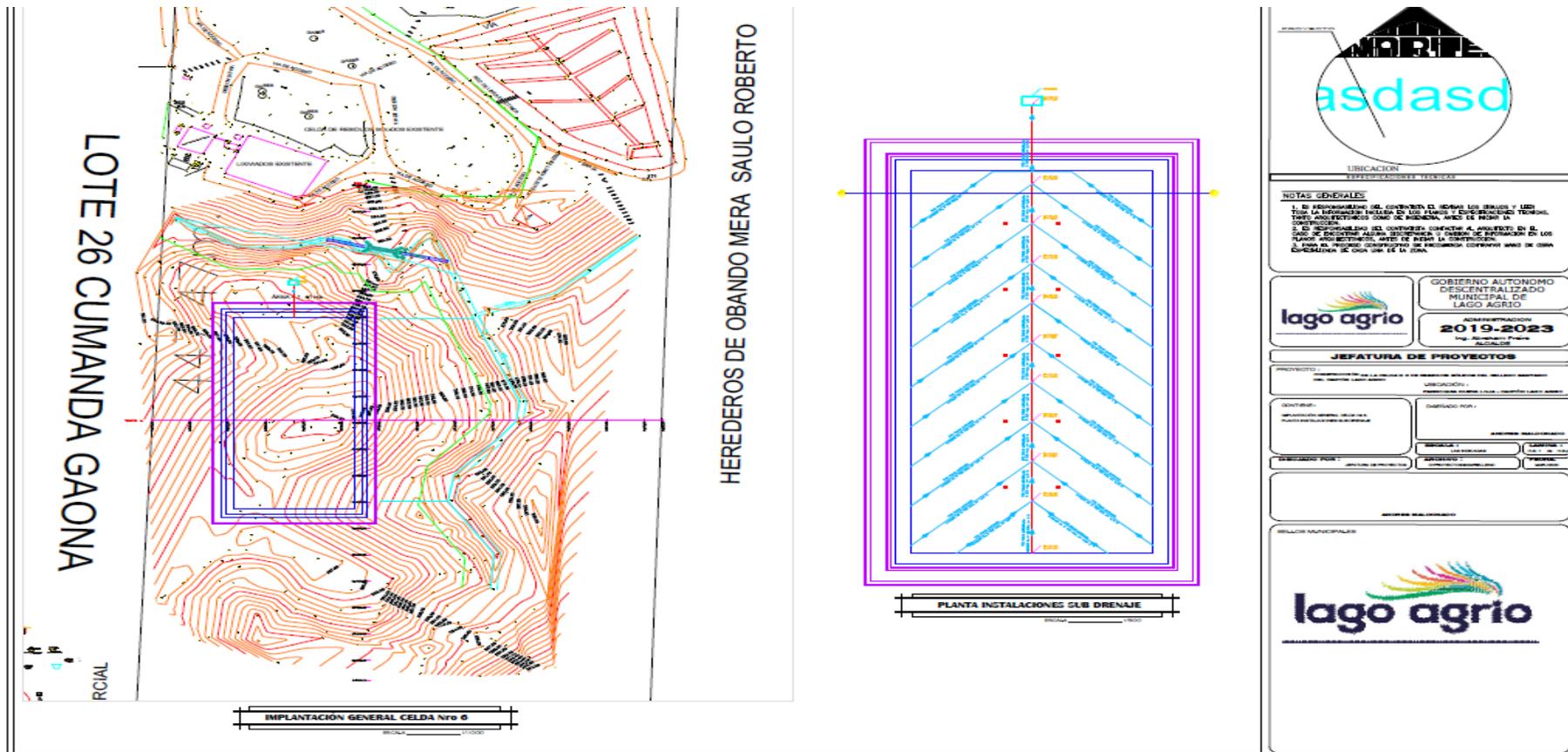
Realizado por: Maldonado, Andrés, 2020

CALCULO DEL PPC DEL AÑO 2019													
RUTA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROMEDIO
RUTA1	262740	249310	275566	279560	273439	264440	285790	227110	270440	245600	255320	254170	261957,1
RUTA2	325174	277540	304040	313450	297503	304144	285528	270322	288671	270792	270830	294043	291836,4
RUTA3	503220	453240	484760	514340	531690	515610	520370	498064	506150	463570	508950	505280	500437,0
RUTA4	259950	242510	271360	289030	257530	267373	265920	251980	283658	272640	286110	258690	267229,3
RUTA5	281480	264920	310620	332290	260420	321598	337980	302625	295130	296335	316180	320180	303313,2
RUTA8	116160	104740	112530	141900	137390	82270	132150	119710	121190	110840	131883	133883	120387,2
RUTA9	78790	75330	85020	68150	94619	85970	99090	74280	71910	82590	83660	85060	82039,1
BARRIDO MECÁNICO	8200	4900	0	5540,72	0	6650	8050	0	6650	245600	0		25962,8
BARRIDO MANUAL	67650,68	60065,43	45523,5	61111,85	51372,58	63981,21	56366,37	62132,68	46490,65	245600	9794,45		70008,1
RESIDUOS SÓLIDOS DISPOSICIÓN FINAL	1903364,7	1732555,4	1889419,5	2005372,6	1903963,6	1912036,2	1991244,4	1806223,7	1890289,7	2233567,0	1862727,5	1851306,0	
PROMEDIO DE RESIDUOS SOLIDOS													1923,17

Fuente: Datos Dirección de Ambiente GAD Municipal Lago Agrio.

Realizado por: Maldonado, Andrés, 2020

ANEXO A: PLANO DE IMPLANTACIÓN DE CELDA Y SUBDRENAJE



UBICACIÓN
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

NOTAS GENERALES:

1. El responsable del contrato o quien lo suscriba es responsable de la información contenida en este documento y de su cumplimiento.
2. El responsable del contrato o quien lo suscriba es responsable de la información contenida en este documento y de su cumplimiento.
3. El responsable del contrato o quien lo suscriba es responsable de la información contenida en este documento y de su cumplimiento.
4. El responsable del contrato o quien lo suscriba es responsable de la información contenida en este documento y de su cumplimiento.
5. El responsable del contrato o quien lo suscriba es responsable de la información contenida en este documento y de su cumplimiento.
6. El responsable del contrato o quien lo suscriba es responsable de la información contenida en este documento y de su cumplimiento.
7. El responsable del contrato o quien lo suscriba es responsable de la información contenida en este documento y de su cumplimiento.
8. El responsable del contrato o quien lo suscriba es responsable de la información contenida en este documento y de su cumplimiento.
9. El responsable del contrato o quien lo suscriba es responsable de la información contenida en este documento y de su cumplimiento.
10. El responsable del contrato o quien lo suscriba es responsable de la información contenida en este documento y de su cumplimiento.

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE LAGO AGRIO

ADMINISTRACIÓN 2019-2023

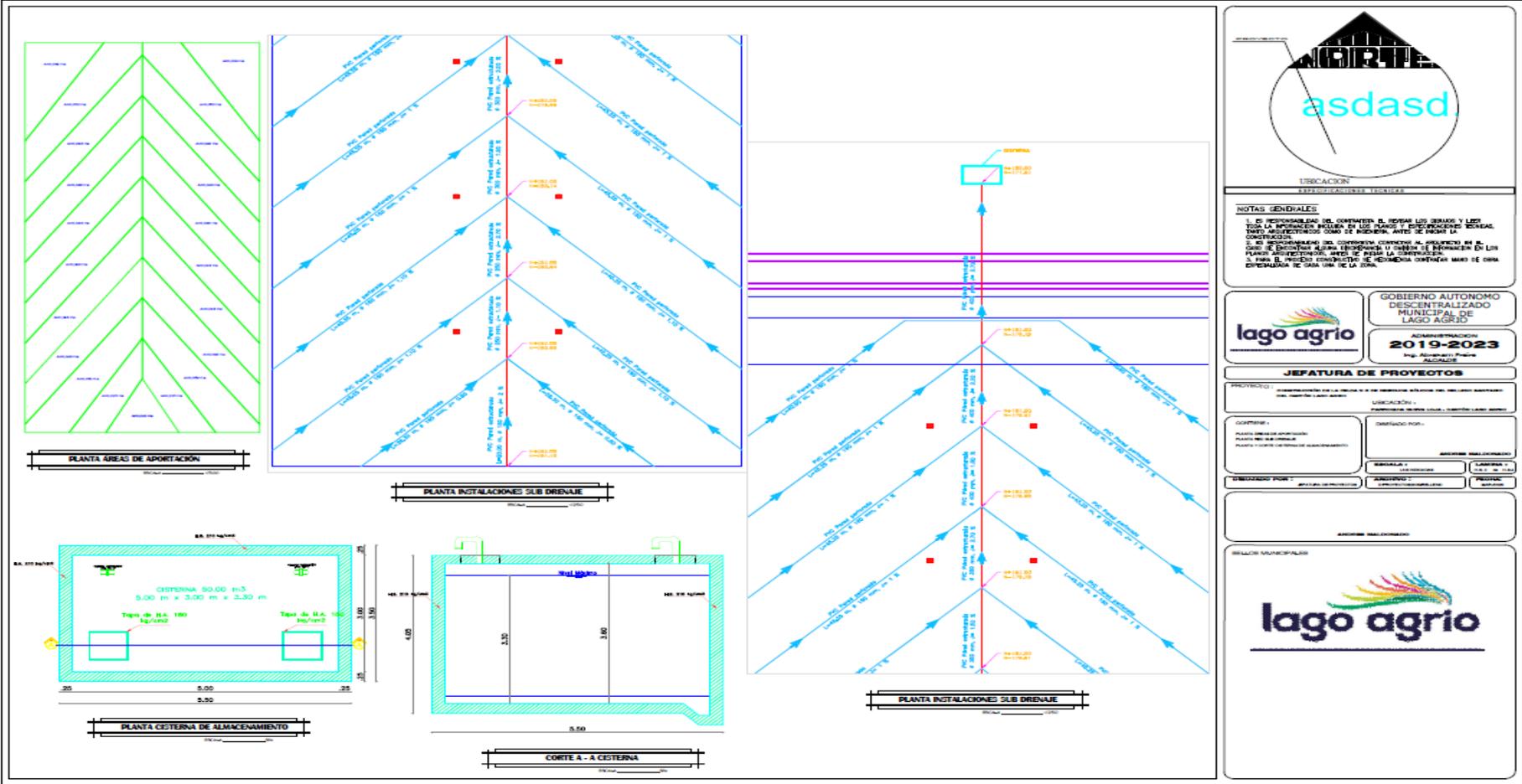
JEFATURA DE PROYECTOS

lago agrio

Fuente: Datos Dirección de Ambiente GAD Municipal Lago Agrio.

Realizado por: Maldonado, Andrés, 2020

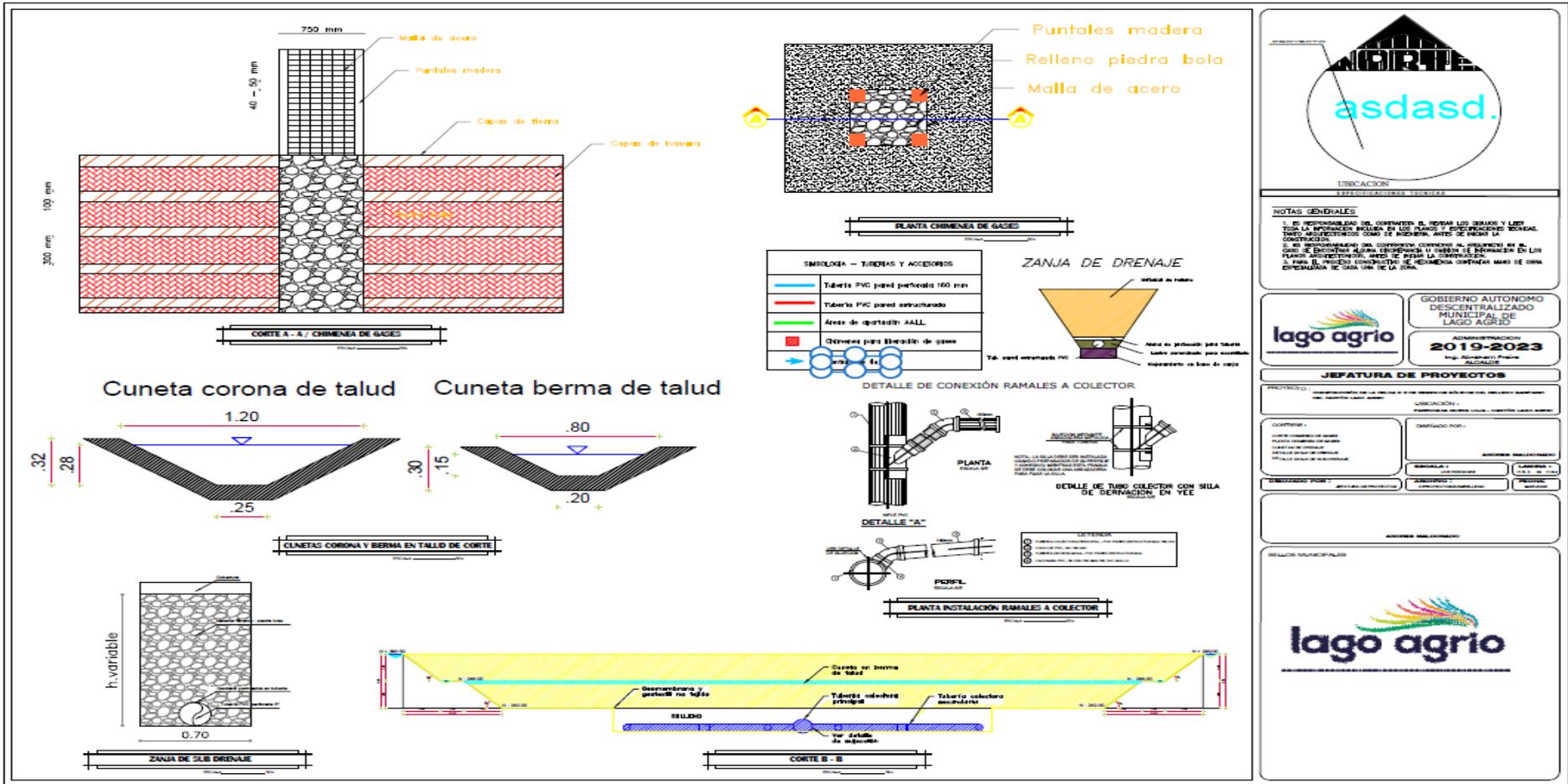
ANEXO B: PLANTA DE INSTALACIONES DE SUBDRENAJE



Fuente: Datos Dirección de Ambiente GAD Municipal Lago Agrio.

Realizado por: Maldonado, Andrés, 2020

ANEXO C: PLANO ARQUITECTÓNICO DE CISTERNAS PROPUESTAS PARA EL RELLENO SANITARIO



Fuente: Datos Dirección de Ambiente GAD Municipal Lago Agrio.

Realizado por: Maldonado, Andrés, 2020

asdasd.

UBICACION: [Mapa]

UBICACION: [Mapa]

GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE LAGO AGRIO

ADMINISTRACION 2019-2023

Ing. Alexander Paludo ALVAREZ

JEFATURA DE PROYECTOS

PROYECTO: []

UBICACION: []

CONTENIDO: []

DEFINIDO POR: []

ELABORADO POR: []

REVISADO POR: []

APROBADO POR: []

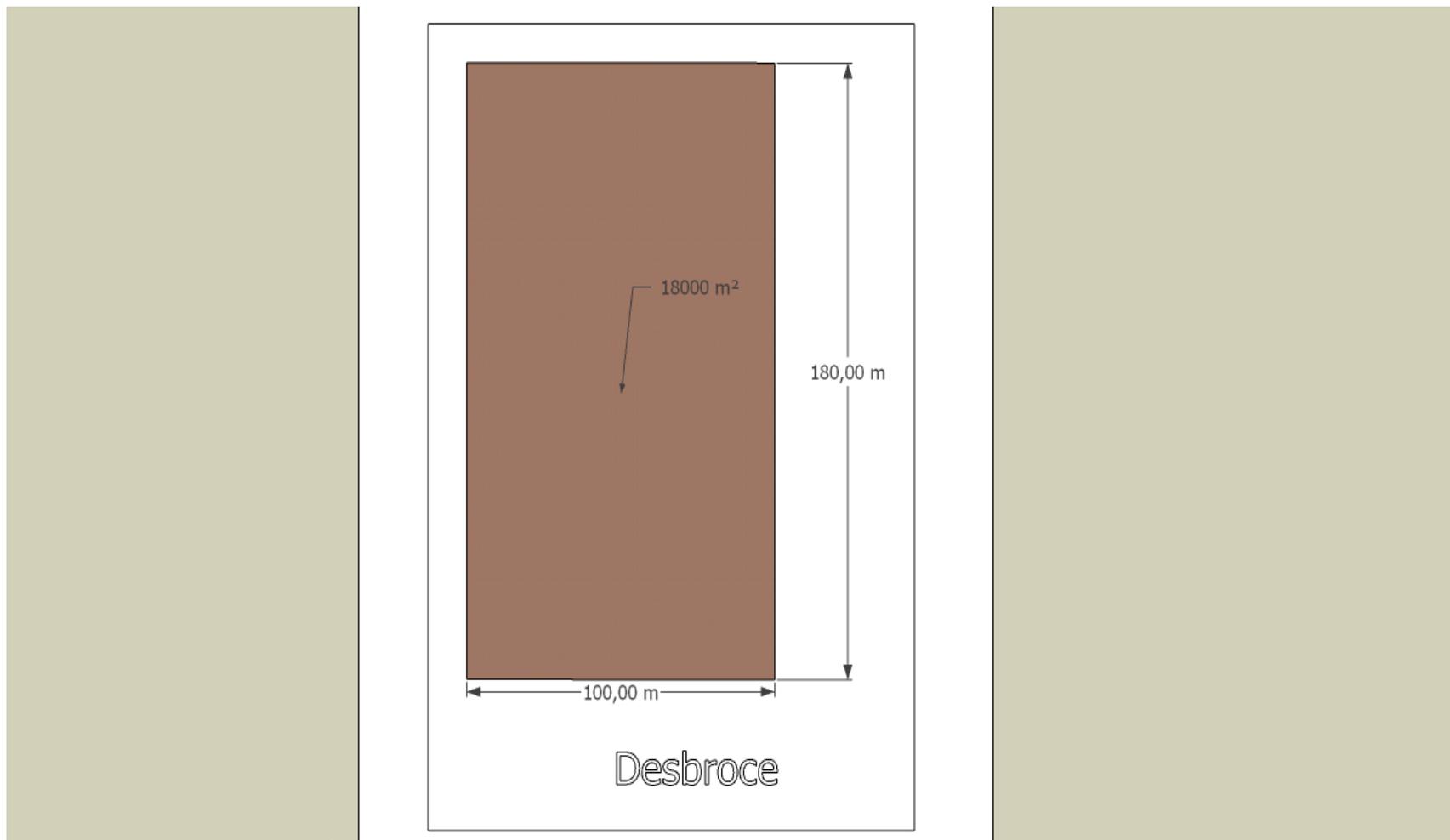
REVISOR: []

APROBADO: []

SECTOR MUNICIPAL

lago agrio

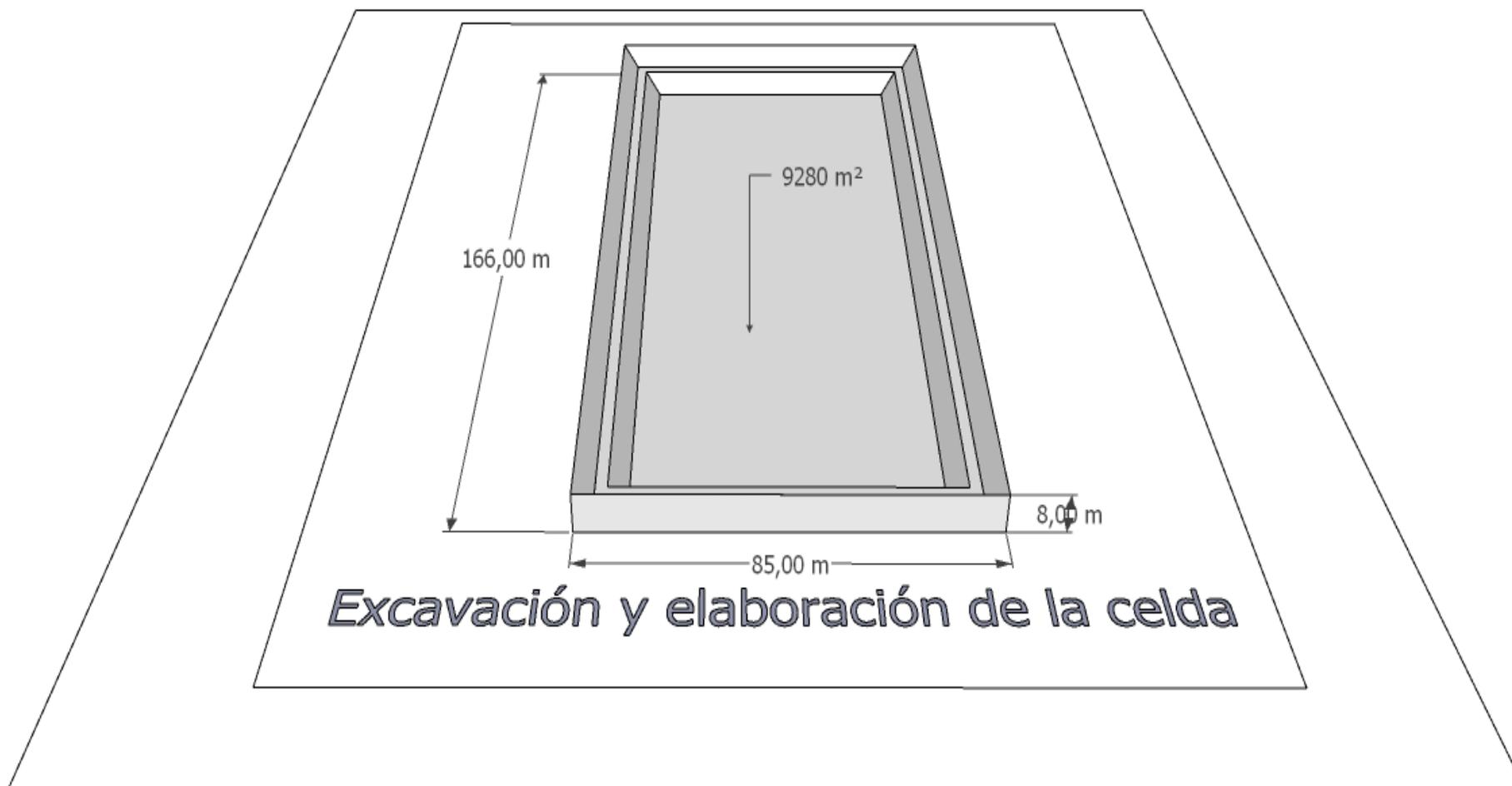
ANEXO E: VISTA EN CORTE DE LAS CELDAS PARA EL RELLENO SANITARIO



Fuente: Datos Dirección de Ambiente GAD Municipal Lago Agrio.

Realizado por: Maldonado, Andrés, 202

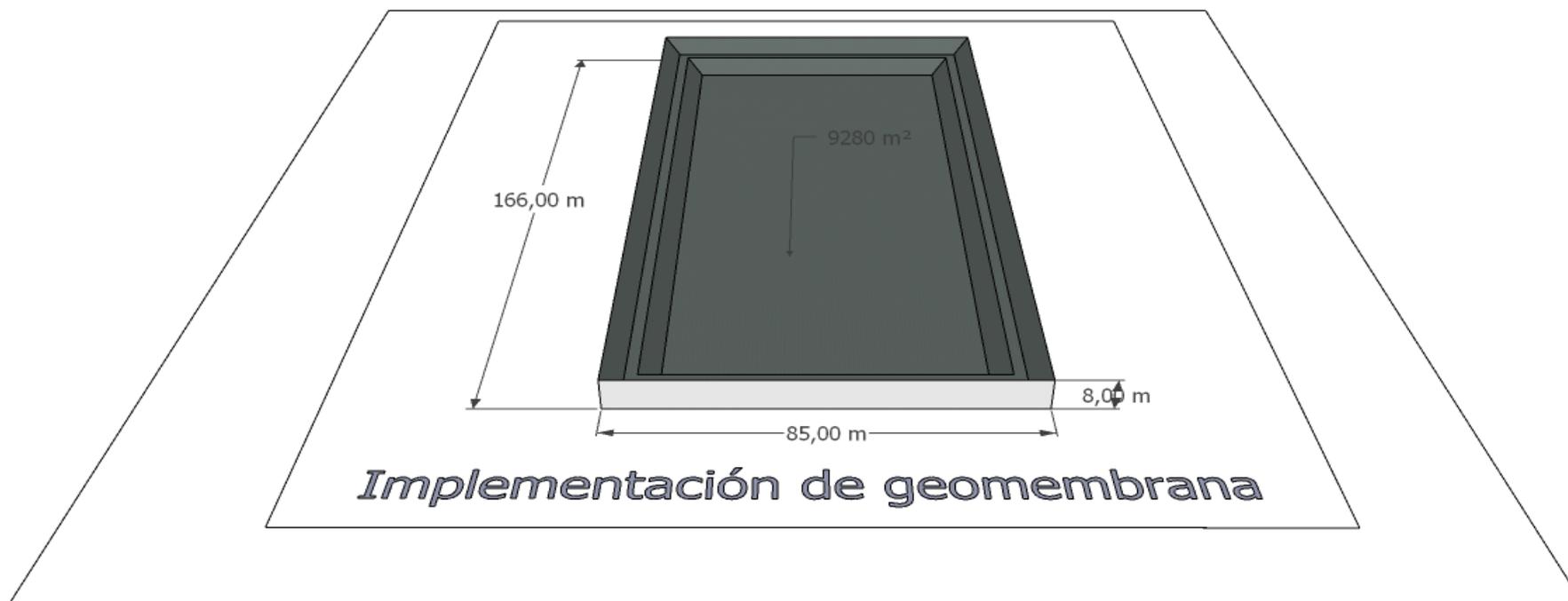
ANEXO F: VISTA EN CORTE DE LA ELABORACIÓN DE LA CELDA



Fuente: Datos Dirección de Ambiente GAD Municipal Lago Agrio.

Realizado por: Maldonado, Andrés, 2020

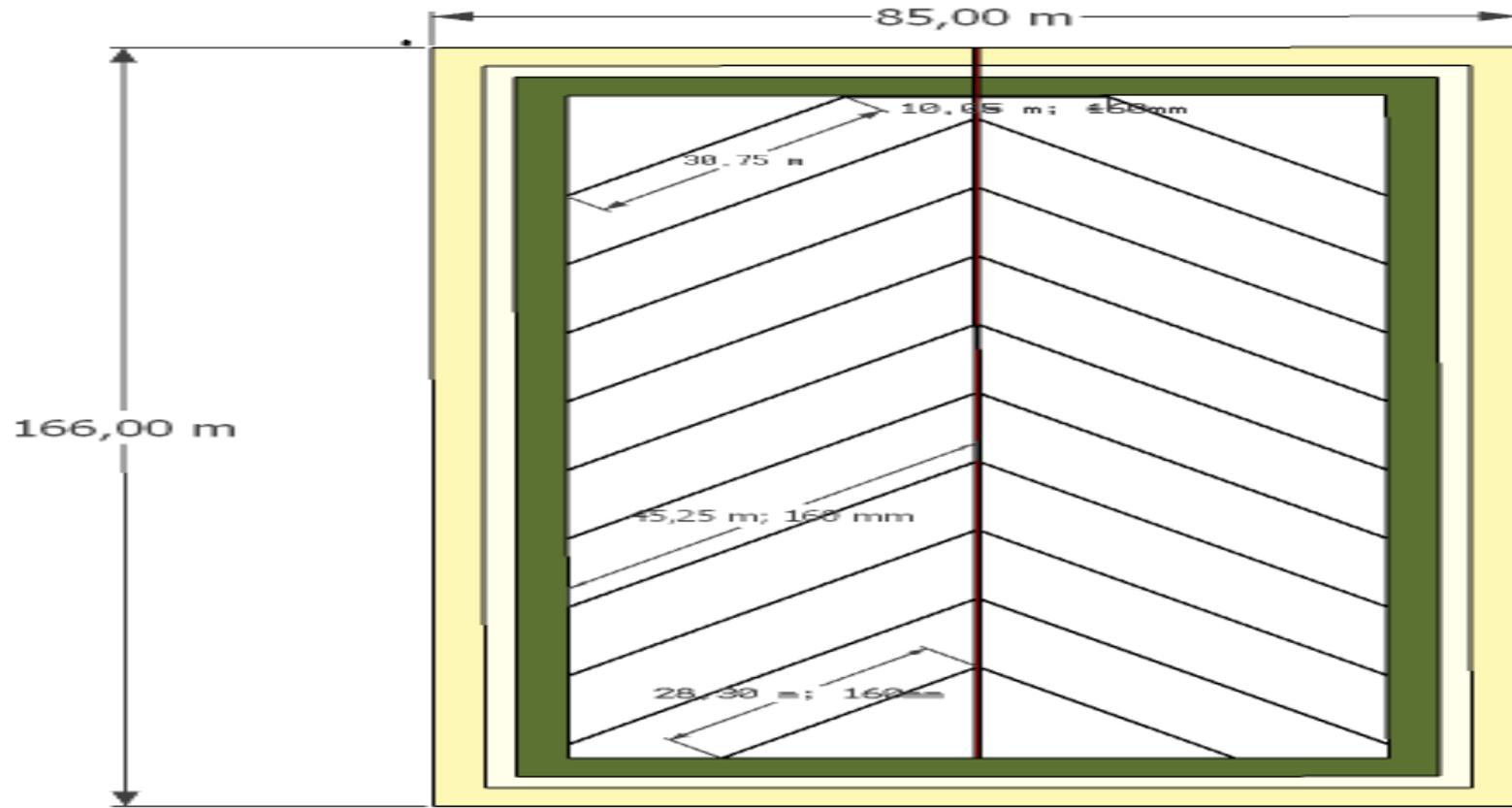
ANEXO G: VISTA EN CORTE DE LA ELABORACIÓN DE LA CELDA



Fuente: Datos Dirección de Ambiente GAD Municipal Lago Agrio.

Realizado por: Maldonado, Andrés, 2020

ANEXO H: DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERÍAS DE LAS CELDAS PARA EL RELLENO SANITARIO

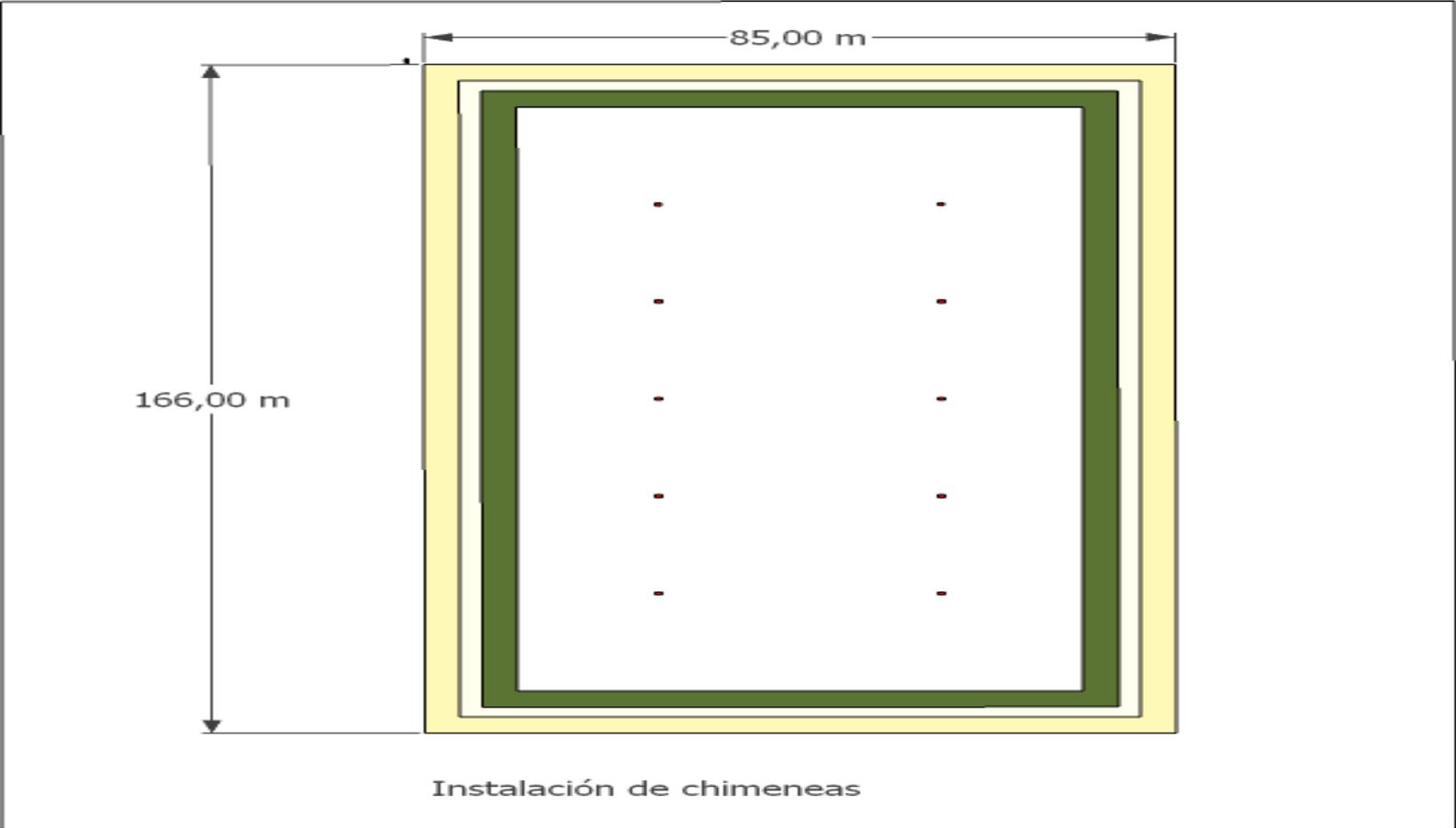


Instalación de tuberías

Fuente: Datos Dirección de Ambiente GAD Municipal Lago Agrio.

Realizado por: Maldonado, Andrés, 2020

ANEXO I: DIMENSIONAMIENTO DE LAS CHIMENEAS PROPUESTAS PARA EL RELLENO SANITARIO



Fuente: Datos Dirección de Ambiente GAD Municipal Lago Agrio.

Realizado por: Maldonado, Andrés, 202