



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Diseño preliminar de un relleno sanitario para la gestión de desechos sólidos del cantón Guano

Trabajo de titulación para optar al título de Ingeniero Ambiental

AUTORES

Cajamarca Quinllin, Juan Carlos

Velasco Tipan, Lesly Dayana

TUTOR

PhD. Iván Ríos García

Riobamba, Ecuador. 2024



Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO



UNACH-RGF-01-04-08.11
VERSIÓN 01: 06-09-2021

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Nosotros, **CAJAMARCA QUINLLIN JUAN CARLOS** con CC: **0605312073** y **Velasco Tipan Lesly Dayana**, con CC: **0606155703**, autores del trabajo de investigación titulado: **DISEÑO PRELIMINAR DE UN RELLENO SANITARIO PARA LA GESTIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL CANTÓN GUANO**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mi exclusiva responsabilidad. Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 18 de julio de 2024

Juan Carlos Cajamarca Quinllin
C.I: 0605312073

Lesly Dayana Velasco Tipan
C.I: 0606155703




Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO



UNACH-RGF-01-04-08.11
VERSIÓN 01: 06-09-2021

ACTA FAVORABLE - INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En la Ciudad de Riobamba, a los 18 días del mes de julio de 2024, luego de haber revisado el Informe Final del Trabajo de Investigación presentado por los estudiantes **CAJAMARCA QUINLLIN JUAN CARLOS** con CC: **0605312073** y **VELASCO TIPAN LESLY DAYANA** con CC: **0606155703**, de la carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL** y dando cumplimiento a los criterios metodológicos exigidos, se emite el **ACTA FAVORABLE DEL INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN** titulado "**DISEÑO PRELIMINAR DE UN RELLENO SANITARIO PARA LA GESTIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL CANTÓN GUANO**", por lo tanto se autoriza la presentación del mismo para los trámites pertinentes.



PhD. Iván Alfredo Ríos García
TUTOR(A)

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación: Diseño preliminar de un relleno sanitario para la gestión de los desechos sólidos del cantón Guano, presentado por Lesly Dayana Velasco Tipan y Juan Carlos Cajamarca Quinllin, con cédula de identidad número 0606155703 y 0605312073, bajo la tutoría del PhD. Iván Ríos García; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a los 26 días del mes de julio de 2024.

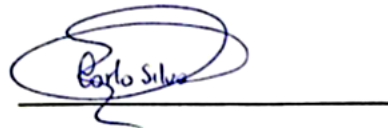
MgS. Marcel Parades Herrera
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



MgS. Patricio Santillán Lima
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



MgS. Carla Silva Padilla
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO

en movimiento



UNA-CH-RGF-01-04-08.17
VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **CAJAMARCA QUINLLIN JUAN CARLOS** con CC: **0605312073** y **VELASCO TIPAN LESLY DAYANA** con CC: **0606155703**, estudiantes de la Carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL**, Facultad de **INGENIERÍA**; han trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado " **DISEÑO PRELIMINAR DE UN RELLENO SANITARIO PARA LA GESTIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL CANTÓN GUANO**", cumple con el 9 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN** porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente, autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 18 de julio de 2024



PhD. Iván Alfredo Ríos García
TUTOR(A)

DEDICATORIA

A mi madre quien ha sido el soporte principal a lo largo de mi vida y que me ha enseñado con el ejemplo el valor del trabajo duro, la importancia de nunca rendirme, lo imprescindible de mantenerme centrado en una meta y no arrepentirme de mis decisiones no tengo nada más que decirle gracias por todo.

A mi padre y hermanos Jonás, Fabricio, Jorge y Víctor, que han sido quienes me han enseñado diversas lecciones de vida que me fueron de mucha utilidad para mantenerme firme en mis decisiones y aún más para poder avanzar durante esta etapa y no temer al relacionarme con personas externas, solo tengo para decirles gracias por todo.

A mi mejor amiga Johanna alias la rata quien es parte fundamental de mi vida, dándome ánimos, ideas y la libertad para apreciar las cosas grandes y pequeñas de la vida, ofreciéndome una confianza plena y un hombro en el cual apoyarme, finalmente agradecerle por el hecho de llegar a mi vida, para que veas we si se pudo.

A mi amiga Estefanía que me ayudo a entender varios puntos de vista en la vida y me brindo una bonita amistad además de un soporte emocional, a mis amigos Natasha, Evelin, Rashell, Jiménez, Nixon, Jazz, Jess, Yoyito, Axel, Cristian, Licha, Nanci, Luz, muchas gracias por hacer la de universidad una etapa con muy buenos recuerdos.

Juan Carlos Cajamarca Quinllin

DEDICATORIA

A mis padres, Bolívar Velasco Llamuca y Mónica Tipan Corro, quienes me han apoyado incondicionalmente a lo largo de mi trayectoria estudiantil y nunca han dudado en brindarme ánimos y fortaleza en cada paso que he dado. Su amor y apoyo desinteresado han sido el pilar fundamental sobre el cual he construido mi camino hacia el éxito académico y personal. Siempre estaré agradecida por su guía y dedicación inquebrantable.

A mi hijo Danilo Llamuca, mi fuente inagotable de amor y motivación. En los momentos más difíciles, su presencia ha sido un faro que me ha iluminado el camino y su amor absoluto ha sido mi mayor inspiración para seguir adelante con determinación y esperanza. Su sonrisa y su cariño son mi mayor recompensa en la vida.

A mis hermanos, Jhonattan y Nayeli, quienes han sido mucho más que simples hermanos. Han sido mis compañeros de juegos, confidentes y cómplices en todas las aventuras de la vida. Gracias por compartir conmigo risas, lágrimas y momentos inolvidables. Vuestra amistad verdadera y apoyo incondicional han enriquecido mi vida de formas que no puedo expresar con palabras.

A mis amigos Deysi y Jefferson, quien durante los últimos 8 años han estado a mi lado brindándome su apoyo y su amistad sincera. Su presencia ha sido un regalo invaluable en mi vida, llenando mis días de risas, complicidad y momentos memorables. Gracias por estar siempre ahí para mí, sin esperar nada a cambio, simplemente con el corazón abierto y la mano extendida.

Gracias también aquellas personas que estuvieron presentes en momentos decisivos, ofreciéndome su ayuda desinteresada, palabras de aliento y comprensión.

Lesly Dayana Velasco Tipan

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios, quien es la fuente de toda sabiduría y fortaleza. Gracias por haberme dado la oportunidad de culminar mis estudios y por ser mi apoyo inquebrantable en los momentos más difíciles. Tu presencia constante y tu guía han sido fundamentales en cada paso de este camino.

Agradezco enormemente a mi tutor de tesis PhD. Iván Ríos, cuya orientación experta, dedicación y apoyo fueron pilares indispensables desde el inicio hasta la culminación de este proyecto académico.

Además, extendiendo mi sincero agradecimiento al Municipio de Guano por su generosa colaboración al facilitarnos información crucial y brindarnos una guía detallada que ha enriquecido significativamente nuestra comprensión del tema.

No puedo dejar de mencionar mi profundo reconocimiento al Ing. Pablo Sánchez y a Nayla Sánchez por abrirnos las puertas de su empresa y compartir con nosotros sus conocimientos y recursos, contribuyendo de manera invaluable al desarrollo y éxito de nuestro trabajo.

Por último, pero igualmente significativo, quiero dedicar un especial agradecimiento a mi compañero Juan Cajamarca. Ha sido un apoyo constante y una fuente de ánimo, compartiendo su positividad y momentos de humor que han aligerado cada desafío que hemos enfrentado juntos.

Lesly Dayana Velasco Tipan

AGRADECIMIENTOS

Agradezco enormemente a nuestro tutor de tesis PhD. Iván Ríos quien nos ofreció siempre una guía clara durante el proceso de elaboración de tesis, la paciencia que nos tuvo y la dedicación que nos contagió a lo largo de este proceso y las etapas que fueron necesarias para el mismo, muchas gracias Ing.

De igual manera a los técnicos del departamento de ambiente del Municipio del Cantón Guano quienes nos recibieron y nos ofrecieron una guía y revisiones durante el proceso de elaboración, además de compartirnos información de suma importancia para la elaboración del proyecto y en casos especiales ayudarnos a conseguirla de otros departamentos.

De igual manera expresar mi más sincero agradecimiento al Ing. Pablo Sánchez y a Nayla Sánchez quienes aceptaron apoyarnos en etapas de nuestro proyecto que de otro modo hubiera sido casi imposible de cumplir.

Por último, agradecer a mi compañera de tesis Lesly Velasco quien me apoyo y comprendido en diversas etapas de este proyecto, compartió su conocimiento y me contagio su responsabilidad (a veces la gripe también), por lo que no tengo palabras suficientes para agradecer su esfuerzo en el proyecto, muchas gracias.

Juan Carlos Cajamarca Quinllin

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL
CERTIFICADO ANTIPLAGIO
DEDICATORIA
AGRADECIMIENTO
ÍNDICE GENERAL
ÍNDICE DE TABLAS
ÍNDICE DE FIGURAS
ÍNDICE DE ECUACIONES
RESUMEN
ABSTRACT

CAPÍTULO I.....	20
1.1 Introducción.....	20
1.2 Planteamiento del Problema.....	21
1.3 Objetivos	22
1.3.1 General.....	22
1.3.2 Específicos	22
CAPÍTULO II.....	23
2.1 Marco Referencial.....	23
2.2 Residuos sólidos	23
2.3 Clasificación de los residuos sólidos	23
2.4 Métodos de clasificación de los residuos sólidos	24
2.5 Gestión integral de residuos sólidos municipales.....	25
2.6 Relleno sanitario	25
2.7 Tipos de rellenos sanitario.....	26
2.8 Celda emergente.....	26
2.9 Botadero a cielo abierto.....	26
2.10 Métodos de construcción de un relleno sanitario	27

2.11 Chimenea.....	27
2.12 Escorrentía.....	28
2.13 Lixiviados.....	28
2.14 Disposición final.....	28
2.15 Marco Legal.....	28
CAPÍTULO III.....	30
3.1 Metodología.....	30
3.2 Área de estudio.....	30
3.2.1 Ubicación geográfica.....	30
3.3 Fase 1: Caracterización de la cantidad y el tipo de residuos sólidos generados en el Cantón Guano.....	30
3.3.1 Recolección de información.....	30
3.3.2 Proyección de población.....	31
3.3.3 Producción Per – Cápita.....	31
3.3.4 Codificación.....	31
3.3.5 Cantidad de residuos totales diarios.....	32
3.3.6 Tamaño de la muestra.....	33
3.3.7 Clasificación de los Residuos.....	33
3.3.8 Caracterización de los RSM.....	34
3.3.9 Peso volumétrico.....	36
3.4 Fase 2: Identificación y seleccionar el tipo de relleno sanitario funcional para la disposición final de residuos sólidos domiciliarios generados en el Cantón Guano.....	37
3.5 Tipo de relleno sanitario.....	38
3.6 Métodos de construcción para un relleno sanitario.....	38
3.7 Fase 3: Dimensionar las componentes necesarias para el diseño de un relleno sanitario....	41
3.7.1 Dimensiones de la trinchera.....	43

3.7.2	Cálculo de sistema de escurrimiento superficial.....	43
3.7.3	Cálculo de drenaje.....	43
3.7.4	Cálculo de celda diaria.....	44
3.7.5	Chimeneas.....	45
3.7.6	Base del relleno sanitario.....	46
CAPÍTULO IV.....		47
4.1	Resultados.....	47
4.1.1	Área de estudio.....	47
4.1.1.1	Ubicación geográfica.....	47
4.1.1.2	Ubicación de la celda emergente.....	47
4.1.1.3	Aspectos demográficos.....	48
4.1.1.4	Actividades Económicas.....	50
4.1.1.5	Distribución de las rutas de recolección.....	51
4.1.1.6	Clima.....	53
4.1.1.7	Producción Per – Cápita.....	53
4.1.2	Cantidad de residuos totales diarios.....	54
4.1.2.1	Tamaño de la muestra.....	55
4.1.2.2	Caracterización de residuos.....	56
4.1.2.3	Peso Volumétrico.....	59
4.1.2.4	Ubicación del nuevo relleno sanitario.....	60
4.1.2.5	Taxonomía del suelo.....	61
4.1.2.6	Textura del suelo.....	61
4.1.2.7	Hidrología.....	62
4.1.2.8	Estabilidad del suelo.....	62
4.1.2.9	Tipo de relleno sanitario.....	62

4.1.3	Método de construcción para un relleno sanitario	63
4.1.4	Drenaje.....	64
4.1.5	Precipitación.....	64
4.1.6	Dimensión de los componentes.....	64
4.1.7	Dimensiones de la trinchera.....	66
4.1.8	Cálculo de sistema de escurrimiento superficial.....	67
4.1.8.1	Cálculo de drenaje	67
4.1.8.2	Cálculo de celda diaria.....	69
4.1.8.3	Chimeneas	70
4.1.8.4	Base del relleno sanitario	71
CAPÍTULO V		72
5.1	Conclusiones.....	72
5.2	Recomendaciones	74
6	Bibliografía.....	75
7	Anexos.....	78

Índice de tablas

Tabla 1	34
Tabla 2	35
Tabla 3	38
Tabla 4	39
Tabla 5	39
Tabla 6	40
Tabla 7	41
Tabla 8	44
Tabla 9	45
Tabla 10	46
Tabla 11	48
Tabla 12	49
Tabla 13	50
Tabla 14	54
Tabla 15	55
Tabla 16	56
Tabla 17	56
Tabla 18	58
Tabla 19	59
Tabla 20	60
Tabla 21	62
Tabla 22	63
Tabla 23	67
Tabla 24	70

Índice de figuras

Figura 1	32
Figura 2:	36
Figura 3.	37
Figura 4	42
Figura 5	47
Figura 6	48
Figura 7	51
Figura 8.	52
Figura 9	53
Figura 10.	57
Figura 11	58
Figura 12.	60
Figura 13.	61
Figura 14.	64
Figura 15.	66
Figura 16.	68
Figura 17.	69
Figura 18.	71
Figura 19.	71

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1.....	31
Ecuación 2.....	31
Ecuación 3.....	32
Ecuación 4.....	33
Ecuación 5.....	34
Ecuación 6.....	36
Ecuación 7.....	37
Ecuación 8.....	41
Ecuación 9.....	41
Ecuación 10.....	41
Ecuación 11.....	41
Ecuación 12.....	42
Ecuación 13.....	42
Ecuación 14.....	42
Ecuación 15.....	42
Ecuación 16.....	43
Ecuación 17.....	43
Ecuación 18.....	44
Ecuación 19.....	44
Ecuación 20.....	44
Ecuación 21.....	45

RESUMEN

El presente proyecto denominado “DISEÑO PRELIMINAR DE UN RELLENO SANITARIO PARA LA GESTIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DEL CANTÓN GUANO” aplicado en el Cantón Guano parte con la etapa de recolección de información a través de metodologías ya establecidas e investigación bibliográfica, posteriormente se la uso de para el cálculo de los componentes y sus dimensiones.

Para comenzar, lo que respecta a la primera etapa se identificó la zona en la cual se plantea trabajar, después se determinó la cantidad de residuos que ingresan diariamente a la celda emergente a través de los vehículos de recolección, posteriormente se estableció el número de muestra y se la dividió en función de las rutas de recolección existentes, mismas que serán tomadas durante 45 días, para posteriormente ser caracterizadas a través del método de cuarteo establecido por la NORMA MEXICANA NMX-AA-015-1985.

En la segunda etapa para determinar el tipo de relleno sanitario adecuado para el Cantón Guano se considera las características dadas por Jaramillo 2002 y Ministerio del Perú 2017, las cuales se presentan y comparan con los datos obtenidos previamente, algo similar ocurre para la selección del método de construcción pues dentro del documento “*Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*” contempla que los factores más influyentes para la selección del método están ligados a las características físicas del terreno donde se efectúa la construcción.

Finalmente, para identificar y dimensionar los componentes necesarios para un prediseño de relleno sanitario, se toma principalmente el procedimiento establecido por Jaramillo 2002, a su vez algunos parámetros fueron preestablecidos por la Dirección de Ambiente y Riesgo del Cantón Guano, mientras que otros se tomaron directamente a partir de normativa, esto para evitar posibles contratiempos a futuro.



ABSTRACT

The main objective of the present research study called **“DISEÑO PRELIMINAR DE UN RELLENO SANITARIO PARA LA GESTIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DEL CANTÓN GUANO”** applied in the Guano County starts with the information gathering stage through already established methodologies and bibliographic research, then it was used to calculate the components and their dimensions. To begin with, regarding the first stage, the area in which we plan to work was identified, then the amount of waste that enters daily to the emerging cell through the collection vehicles was determined, then the number of sample was established and divided according to the existing collection routes, which will be taken during 45 days, to be subsequently characterized through the quarticulation method established by the MEXICAN STANDARD NMX-AA-015-1985. In the second stage to determine the type of landfill suitable for Cantón Guano, the characteristics given by Jaramillo 2002 and Ministry of Peru 2017 are considered, which are presented and compared with the data obtained previously, something similar occurs for the selection of the construction method since within the document **“Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales”** contemplates that the most influential factors for the selection of the method are linked to the physical characteristics of the land where the construction is carried out. Finally, in order to identify and dimension the necessary components for a pre-design of a sanitary landfill, the procedure established by Jaramillo 2002 was mainly used. In turn, some parameters were pre-established by the Environmental and Risk Management of the Guano Canton, while others were taken directly from regulations, in order to avoid possible future setbacks.

Keywords: construction, sanitary landfills, regulations, waste.



Firmado electrónicamente por:
MARCO ANTONIO
AQUINO ROJAS

Reviewed by:
Marco Antonio Aquino
ENGLISH PROFESSOR
C.C. 1753456134

Palabras claves

Relleno sanitario

Instalación controlada construida para la disposición final de los residuos sólidos, dichas instalaciones deben con diversos parámetros que aseguren minimizar la contaminación al entorno donde se ubican.

Celda emergente

Instalación provisional para el almacenamiento y disposición final de residuos sólidos no peligrosos.

Residuos sólidos

Son aquellos objetos que después de ser usados son desechados, pasando a ser considerados “Basura”, dentro de este grupo se encuentran papel, cartón, botellas plásticas, etc.

RSM

Residuos sólidos municipales

GADM

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal

CAPÍTULO I

1.1 Introducción

En el Ecuador según (INEC, 2022) los residuos generados a nivel nacional han ido incrementando con el pasar de los años, puesto que en el 2019 se recolectaban 12.671 toneladas al día; Por lo cual para el 2021 existió un incremento de recolección de 13.652,5 toneladas de residuos al día. Mientras que a nivel nacional solo el 51.6 % se deposita en rellenos sanitarios, el 29.9 % se envía a celdas emergentes y finalmente el 18.6 % se desecha en botaderos a cielo abierto.

En lo que respecta a la región Interandina o Sierra del Ecuador, el 61.3% de los municipios cuentan con rellenos sanitarios, el otro 33.3% de los mismos utilizan celdas emergentes y el restante 5.4% de estos envían los residuos a botaderos de cielo abierto (INEC, 2022).

Como se menciona en (GADM del Cantón Guano, 2015) nos indica que este pertenece a la provincia de Chimborazo, representando un 7% de la extensión total de la misma, lo cual equivale a 473 km² y a su vez es cercana geográficamente al Cantón Riobamba. En lo que respecta a los residuos dentro del Cantón (Mayorga, 2014) nos indica que para el año 2013 se generó 18.9 toneladas de residuos sólidos al día.

En consecuencia, se presenta para el 2014 el proyecto de construcción de la celda emergente la cual es utilizada hasta la actualidad y cuenta con una vida útil de 15 años, la misma que tuvo una mala proyección por la falta de información, de modo que la Municipalidad del Cantón Guano se ve en la obligación de mejorar la disposición final de los residuos sólidos cuya producción ha ido aumentando con el paso de los años (Mayorga, 2014).

Al conocer la problemática sobre la capacidad de almacenamiento de la celda emergente, surgió la necesidad de contribuir a la solución a través de un trabajo práctico para realizar un diseño preliminar de un relleno sanitario para el Cantón Guano provincia de Chimborazo, el cual sirva de instrumento para la comunidad y las autoridades encargadas esperando que lo utilicen como una alternativa para la disposición adecuada de los residuos.

1.2 Planteamiento del Problema

La parroquia rural Valparaíso perteneciente al Cantón Guano misma que cuenta con una población de 515 Hab y con una extensión de 21,5 km², es el sitio donde se halla ubicado la celda emergente a 6,3 km del centro de la cabecera cantonal en la avenida Guano – Valparaíso. Esto debido a que el área fue ideal principalmente por características como: una pendiente del 10%, suelos arenosos, un nivel freático que se encuentra a una gran profundidad, entre otros (Gobierno Parroquial de Valparaíso, 2010).

En los últimos años el incremento poblacional ha ocasionado un aumento en la producción de los residuos sólidos, causando que la información existente sea poco precisa sobre todo en aspectos como su composición y generación. De igual manera la celda emergente pese a estar activa ya no cumple con los requisitos que se requieren actualmente para el Cantón Guano provocando que funcione de manera inadecuada molestando a los moradores del sector (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guano, 2019).

La proyección de la vida útil de la celda emergente se ha visto reducida debido a que su capacidad de almacenamiento se encuentra cercana al límite, tomando en consideración que recibe un promedio de 21.79 ton/día de residuos sólidos en la actualidad, esto se evidencia con la apertura de la última celda permitida en el predio, puesto que es el máximo de construcción que se pueden realizar en función al espacio y las características de la construcción implementada en el mismo.

Por lo que los moradores del sector han sufrido afectaciones a la salud y su economía, dado que se dedican principalmente a actividades de ganadería y agricultura, puesto que al momento de realizar las mismas la presencia de residuos de diversos tipos se encuentra mezclada con el forraje que es de consumo animal generando así infecciones y enfermedades en los animales y en quienes los consumen. A su vez la presencia de plagas atraídas por los gases liberados por procesos de descomposición son evidentes, generando la propagación de enfermedades y ocasionando la degradación de la belleza paisajística del sector.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

- Realizar un diseño preliminar de un relleno sanitario para el Cantón Guano provincia de Chimborazo.

1.3.2 Específicos

- Caracterizar la cantidad y el tipo de residuos sólidos generados en el Cantón Guano.
- Identificar y seleccionar el tipo de relleno sanitario funcional para la disposición final de residuos sólidos domiciliarios generados en el Cantón Guano.
- Dimensionar las componentes necesarias para el diseño de un relleno sanitario.

CAPÍTULO II

2.1 Marco Referencial

Según (PNGIDS, 2019) en el año 2010 se crea el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos, el cual tiene la finalidad de ser una entidad de control y seguimiento para mejorar los procesos de la gestión de los residuos sólidos en los diversos municipios del país; enfocándose en el mejoramiento de la infraestructura ya existente y orientando para construcción de rellenos sanitarios controlados, los cuales puedan operar de manera correcta, pero, ¿Qué es necesario saber para poder considerar que un relleno sanitario funciona de manera adecuada?

2.2 Residuos sólidos

Es todo objeto, material o componente que se tiene como resultado después de haber terminado con su vida útil, en algunos casos se les somete a procesos de valorización hasta determinar que ha perdido su valor, así terminando ciclo de vida en instalaciones de disposición final (Galvis, 2016).

2.3 Clasificación de los residuos sólidos

Consideración a (Galvis, 2016) los residuos sólidos han sido clasificados de diversas maneras a través de los años, respetando en la medida de lo posible este hecho, se presenta una clasificación basada en estructura química, destino de disposición final y la procedencia de los mismo como se indica posteriormente:

- **Residuos sólidos orgánicos**

Son aquellos que previamente eran o formaban parte de un ser vivo, dependiendo de las características de estos pueden ser subclasificados como putrescibles los que no sufrieron una transformación compleja y mantienen su humedad siendo afectados por procesos biodegradabilidad. Por otro lado, están los no putrescibles que atravesaron una transformación compleja perdiendo parte de sus características limitando en gran medida su capacidad de biodegradabilidad siendo un caso los combustibles fósiles.

- **Residuos sólidos inertes**

Son residuos que no son combustibles y tampoco pueden ser biodegradados, por lo general se obtienen tras el procesamiento de recursos mineros o a través de la extracción de estos un ejemplo de estos son vidrios, metales, residuos de construcción, entre otros.

- **Residuos peligrosos**

Son aquellos que cuentan con una o varias de las siguientes características: corrosividad, explosividad, inflamabilidad, reactividad, toxicidad y biológico infeccioso. Dichas características pueden ser reducidas o eliminadas dependiendo el origen y las propiedades físicas, químicas y biológicas propias de cada residuo.

- **Residuos sólidos urbanos**

Son originados dentro las comunidades humanas y la cantidad en que estos sean desechados pueden representar un problema para la sociedad y el medio ambiente. Puesto que las áreas naturales y el espacio vital de la población se ven reducidos, en esta esta categoría se encierra a residuos provenientes de actividades domésticas, comerciales, industriales, entre otros.

- **Residuos agropecuarios**

Se denomina a aquellos que tienen un origen orgánico y son generados a partir del entorno natural, algunos ejemplos pueden ser residuos agrícolas, forestales, ganaderos e industria pecuaria.

2.4 Métodos de clasificación de los residuos sólidos

Es un sistema que nos permite lograr una organización y segmentación como, por ejemplo:

- **Método de cuarteo**

Es una técnica que consiste en colocar sobre un superficie plana, lisa y bajo techo los residuos sólidos recolectados de la muestra de una población, posteriormente los desechos se mezclan con la finalidad de homogeneizarlos, a continuación, la muestra se divide en cuatro partes iguales A, B, C y D para eliminar las partes opuestas A y D o B y C, repitiéndose el mismo procedimiento hasta obtener un mínimo de 50 kg de residuos con los se lleva a cabo la selección y cuantificación de subproductos (A. Montoya, 2012).

2.5 Gestión integral de residuos sólidos municipales

La definición dada para una GIRSM, indica que es aquel conjunto de actividades ejecutadas de manera estratégica, inicia desde la generación, almacenamiento, recolección, barrido, tratamiento, valorización y para finalizar con la disposición final de los residuos sólidos municipales, dichas actividades deben de estar sujetas a un desarrollo sostenible evitando problemas al medio ambiente y la comunidad (CARE Internacional-Avina, 2012).

Sin embargo, en lo que respecta al Cantón Guano, algunos aspectos de la GIRSM, son omitidos como es el caso del almacenamiento, tratamiento y la valorización, los cuales buscan reducir la cantidad de desechos que son enviados a la celda emergente, de igual modo puntos como la generación que se encarga de identificar la fuente de los residuos, recolección que permite depositar los mismos en la siguiente etapa y disposición final cuentan con poca atención y sin mejora.

- **Generación per-cápita**

Se describe como una cantidad promedio de los residuos sólidos que son generados por una determinada población en la duración de un día, expresado en la siguiente unidad de (kg/Hab*día) (INEC, 2014).

2.6 Relleno sanitario

Es una instalación segura y controlada destinada a la disposición final de residuos sólidos; el cual cuenta con una geomembrana para la impermeabilización del suelo con el fin de evitar la percolación de lixiviados. Además, cuenta con equipos e instalaciones para el control de emisiones gaseosas y líquidas, así como maquinaria pesada que permitan la compactación o reducción del volumen de los residuos dispuestos (Eguizábal, 2008).

Dentro del Ecuador uno de los ejemplos más notorios sería el que se da en Quito ya que siguiendo a (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2023) en este ingresa 2200 Ton de residuos diarios, y dicha ciudad cuenta con una población de 2.011 millones de habitantes esto a través de proyecciones para el año 2020.

2.7 Tipos de rellenos sanitario

Según (OPS/CEPIS, 2002) el tipo, la capacidad y los métodos que se aplicaran dentro de un relleno sanitario varían acorde a las condiciones en las que se puede presentar en el lugar de ubicación, su población y varias características más, clasificándose en:

- **Mecanizados**

Fue diseñado para grandes ciudades que abarquen una capacidad de producción de 40 o más toneladas de residuos sólidos al día, por lo cual debe utilizar maquinaria pesada que facilite los procesos mecánicos dentro del relleno sanitario.

- **Semi mecanizado**

Es generalmente utilizado en ciudades medianas en las que la producción de residuos sólidos se encuentra entre 16 – 40 toneladas al día, siendo usado por lo general maquinaria no especializada sino más bien adaptada para la situación.

- **Manual**

Se usa principalmente para poblaciones que generen hasta un máximo de 15 toneladas de residuos al día, la maquinaria por lo general está centrada en el proceso de recolección, por lo cual las actividades de compactación y cobertura de la capa de residuos se realiza de manera manual.

2.8 Celda emergente

Son celdas diseñadas para depositar temporalmente residuos sólidos no peligrosos, estos residuos son compactados y cubiertos diariamente con material adecuados. Además, la celda tiene un periodo de diseño de máximo dos años y representa la primera fase del relleno sanitario (Eguizábal, 2008).

A manera de ejemplo se tomar en consideración al Cantón Guano que según (Mayorga, 2014), se planifico la aplicación de una celda emergente en el mismo, la cual se mantiene activa hasta la fecha.

2.9 Botadero a cielo abierto

Es un espacio de terreno sobre el cual se disponen los residuos sanitarios sin tomar en cuenta ningún tipo de control o normativa, sirviendo como fuente de contaminación hacia el aire,

suelo y vertientes de agua, de igual manera facilita la propagación de enfermedades por la alta concentración de plagas (Caldera et al., 2015).

Como ejemplo se tiene el botadero de “La vía Langos” que era el método de disposición final usado en el Cantón Guano hasta el año 2014 y se aprobó su cierre técnico en el año 2015 (MAE-PNGIDS, 2016).

2.10 Métodos de construcción de un relleno sanitario

Tanto el método de construcción y operación del relleno sanitario serán dadas por las características que tenga el espacio donde se dispone la obra por nombras algunas se diría el tipo de suelo y la profundidad del nivel freático (Jaramillo, 2002).

- **Método de trinchera**

Utilizado en espacios que presente una superficie plana, nivel freático profundo y un tipo de suelo diferente al rocoso en el cual se cavan zanjas en las que se depositan los RSM y son cubiertos con tierra sobrante de la operación de excavación (Jaramillo, 2002).

- **Método de área**

Se emplea en áreas levemente inclinadas o planas de ser posible, evita la excavación de trincheras en las cuales se entierre los desechos, estos son colocados sobre sobre un suelo impermeabilizado previamente el cual se sobrepone en la base original evitando así la filtración de contaminantes (Jaramillo, 2002).

- **Método combinado**

Siguiendo a (Eguizábal, 2008) consiste en la combinación del método de trinchera y área, puesto que al tomar características de ambos se busca aprovechar en lo máximo posible el área de disposición final y reducir gastos de cobertura.

2.11 Chimenea

Son un componente esencial dentro de un relleno sanitario, de acuerdo con (Eguizábal, 2008) son estructura construidas con tubería circular recubierta de piedra y encerrada en malla de tipo gallinero que, tienen la finalidad de evacuar los gases generados por los procesos de descomposición que afectan a la materia orgánica en la parte interior del relleno sanitario, suelen

tener un diámetro que va de 0.3 a 0.5 m con un área de influencia entre los 20 a 25 metros sin embargo pueden variar dependiendo de los casos.

2.12 Escorrentía

En base a (Eguizábal, 2008) son aguas de lluvia que no tienen la capacidad de atravesar el suelo o lo hacen de manera lenta, generalmente ingresan al relleno sanitario y ayudan con la generación de lixiviados, por lo cual se los debe tomar en cuenta al momento de calcular el diámetro de tubería para lixiviados.

2.13 Lixiviados

El lixiviado es la mezcla de agua lluvia y los procesos de descomposición de los residuos sólidos en un relleno sanitario, estos pueden contaminar fuentes de aguas superficiales al infiltrarse en el suelo razón por la que son recolectados a través de tuberías que los transportan hacia el tratamiento determinado. (Eguizábal, 2008).

2.14 Disposición final

Considerando lo que nos dice (EP PETROECUADOR, 2022) consisten en el depósito de RSM en sitios específicos los cuales han sido adecuados a manera de evitar daños hacia la salud y el medio ambiente, cabe aclarar que a la etapa de disposición final llegan solo los RSM que no tienen la capacidad de ser reutilizados, tratados o valorizados.

2.15 Marco Legal

La Constitución de la República del Ecuador nos indica dentro del Art 14 que es un derecho de la ciudadanía vivir dentro de un ambiente sano y que este ecológicamente equilibrado, garantizando así el Sumak Kawsay, de igual manera dentro del Art 264 nos indica que es competencia de gobierno municipal la asequibilidad a servicios públicos de agua potable, alcantarillado, tratamiento de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental, y demás que establezca la ley. (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Dentro del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización también denominado COOTAD. En su artículo 55 reafirma que los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales abarcan dentro de sus competencias la prestación de servicios

públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y demás que disponga la ley.(COOTAD, 2019).

Por parte del Reglamento al Código Orgánico del Ambiente en el artículo 579 indica que; los encargados de prestar servicios de gestión integral de desechos y residuos sólidos no peligrosos son los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales y Metropolitanos en conformidad con la ley y la norma secundaria emitida por la autoridad ambiental Nacional.(Reglamento al Código Orgánico del Ambiente, 2019).

Considerando el Texto Unificado de Legislación Secundario del Medio Ambiente también conocido como “TULSMA” del decreto ejecutivo 3516 modificado por última vez el 23 de noviembre del 2018, indica dentro de su título VI con el nombre Gestión Integral de Residuos Sólidos no Peligrosos y/o Especiales, capítulo II, en su artículo 55 recalca la responsabilidad de gobiernos municipales respecto a controlar todas las etapas que abarcan el modelo de gestión de residuos, haciendo énfasis sobre como estos tienen la potestas de establecer normas que establezcan el correcto funcionamiento del modelo.(TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE, 2018.)

CAPÍTULO III

3.1 Metodología

El presente proyecto de investigación empleara diversa técnicas y métodos los cuales son:

- Método analítico: Son los datos que se obtienen a partir de muestras realizadas, al igual que los generados por las operaciones matemáticas ejecutadas.
- Método descriptivo: Permite el análisis de información que es apreciado al ejecutar trabajo en campo.
- Técnica de muestreo: Se realizará muestreo de los desechos generados que nos sirvan para estimar la cantidad y características de los residuos.

3.2 Área de estudio

3.2.1 Ubicación geográfica

Para determinar la ubicación geográfica del Cantón Guano se requerirá información a través de documentos físicos y virtuales del GAD Municipal, la cual será de utilidad para la elaboración de los mapas geográficos, haciendo uso de programas especializados.

3.3 Fase 1: Caracterización de la cantidad y el tipo de residuos sólidos generados en el Cantón Guano

3.3.1 Recolección de información

La etapa de recolección de información necesaria para dar inicio al proyecto de investigación se realizó mediante documentos obtenidos por parte de la Dirección de Gestión Ambiental y Riesgo del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guano, Instituto Nacional de estadísticas y Censos también conocido como INEN, Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Guano, artículos científicos relacionados, esto con la finalidad de obtener datos como:

- Aspectos demográficos.
- Actividades económicas.
- Distribución de rutas de recolección de residuos.
- Clima.

En caso de no existir información actualizada del aspecto que se requiere, se considera la aplicación de fórmulas ya establecidas.

3.3.2 Proyección de población

La proyección de una población se realiza para obtener un dato estimado sobre el número de habitantes en una zona determinada, en un momento futuro (OPS/CEPIS, 2002). Para este caso se plantea el uso de la (Ecuación 1.)

Ecuación 1

$$P_p = P * (1 + t)^n$$

Donde

P_p = Población proyectada

P = Población actual

t = Tasa de crecimiento poblacional (0,0128)

n = Intervalo anual

3.3.3 Producción Per – Cápita

El cálculo de la PPC de residuos sólidos se realiza mediante la aplicación de (Ecuación 2.) (Alfonso et al., 2009).

Ecuación 2

$$PPC = \frac{kg*d}{h}$$

Donde

PPC = Producción per cápita

$Kg*d$ = residuos generados en 1 día

H = número de habitantes

3.3.4 Codificación

(Monge, 2015) Nos expresa que la codificación tiene como fundamento el uso de códigos que faciliten el análisis y clasificación que puedan ser obtenidos tanto por estudios cuantitativos

como cualitativos. En nuestro caso se considera la aplicación de etiquetas que faciliten el entendimiento de los datos como se muestra a continuación:

- Número de muestra.
- Ruta de origen.
- Fecha.
- Peso.

Figura 1.

Codificación para la recolección de muestras.

Ruta de procedencia	Domiciliaria		Fecha		
			Año	Mes	Día
	Comunidades				
			Peso		
	Tachos				

3.3.5 Cantidad de residuos totales diarios

Para obtener el peso neto de los residuos, según lo estipulado por (F. Montoya, 2012) indica que al contar con una báscula para vehículos dentro de un relleno sanitario se puede aplicar la (Ecuación 3.)

Ecuación 3

$$Pr = Pr_L - Pr_V$$

Donde

Pr = Peso de los residuos

Pr_L = Peso del recolector lleno

Pr_V = Peso del recolector vacío

3.3.6 Tamaño de la muestra.

Es de suma importancia determinar la cantidad correcta de elementos que debe contener nuestro subgrupo de la población, puesto que un número menor o mayor puede entregar datos irregulares, tomando en consideración la siguiente (Ecuación 4) (Cortes et al., 2014).

Ecuación 4

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N-1)E^2 + \sigma^2 Z^2}$$

Donde

n = Tamaño de la muestra

Z^2 = Nivel de confianza

N = Total de la población

σ^2 = Desviación estándar

E^2 = Error permisible

El error permisible (E) es un valor que se encuentra en el rango del 1 al 15 % del valor de la media poblacional, por lo general se toma en consideración el valor de 0.056. (Catanhede et al., 2005).

La desviación estándar se obtiene como resultado de la raíz cuadrada de la varianza de la población, cabe recalcar que si la desviación estándar es pequeña se puede considerar una población homogénea por ende una muestra pequeña, por el contrario, si esta resulta ser grande se considera una población heterogénea y la muestra será grande, para este caso se considera un valor de 0.28 kg/Hab/día.(Catanhede et al., 2005).

En base (Catanhede et al., 2005) el nivel de confianza puede variar entre 0.90, 0.95 y 0.99, se recomienda para uso general emplear una confianza de 0.95 que tiene el valor 1.96.

3.3.7 Clasificación de los Residuos

Para su clasificación se tomó como guía la base establecida por (Ministerio del Ambiente del Perú, 2015). En la cual identifica diversos grupos para los residuos sólidos municipales como se detalla en la (Tabla 1.)

Tabla 1.

Tipos de residuos sólidos.

Tipo de residuos	Detalles
Materia orgánica	Residuos de alimentos, cascaras de verduras, fruta, etc.
Papel/Cartón	Papel periódico, de impresora, cera, entre otros y cartón marrón, blanco, grueso, Tetrapak entre otros.
Vidrio	Vidrio blanco, marrón, verde y cualquier otro.
Metales	Latas de atún, gaseosa, leche, viruta metálica, etc.
Textiles	Ropas, partes de prendas de vestir y telas en general.
Plásticos	Recipientes, baldes, botellas de refresco, bebidas, etc.
Otros	Residuos de poca producción.

Nota. Fuente: (Ministerio del Ambiente del Perú, 2015)

Procedimiento

- Se clasificará y pesará los componentes en bolsas de plástico.
- Se calculará el porcentaje de cada componente a través de la (Ecuación 5.)

Ecuación 5

$$\text{Porcentaje (\%)} = \left(\frac{P_i}{W_t} \right) * 100$$

Donde

P_i = Peso del componente

W_t = Peso total de los residuos recolectados en un día

3.3.8 Caracterización de los RSM

Para el presente proyecto se considera seguir la metodología de (NMX-AA-015-198(NORMA MEXICANA NMX-AA-015-1985, 1985)5) denominada: Norma de muestreo – Método de Cuarteo, la cual nos indica los materiales necesarios para la actividad (Tabla 2) y el procedimiento a seguir.

Tabla 2.

Materiales necesarios para método de cuarteo.

Ítem	Descripción
1	Báscula de piso
2	Bolsas de polietileno de 1.10 m x 0.90 m
3	Guantes de carnaza
4	Escobas
5	Botas de hule
6	Cascos de seguridad
7	Mascarillas protectoras
8	Papelería y varios (cédula de informe de campo, marcadores, ligas, entre otros.)

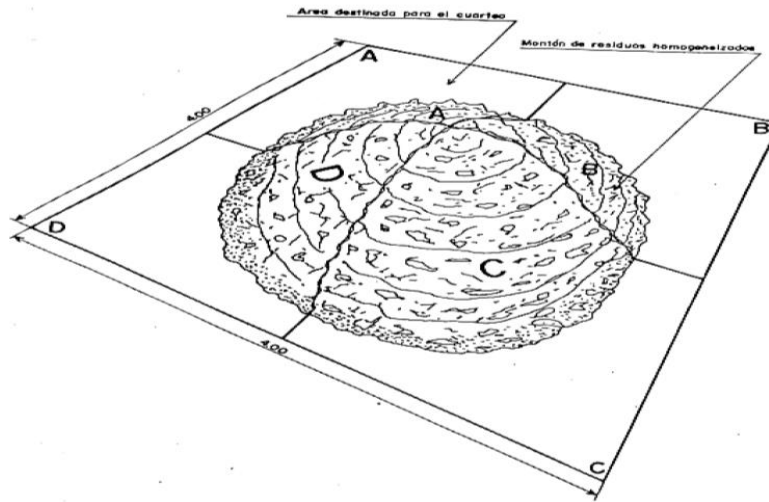
Nota. Fuente: (NORMA MEXICANA NMX-AA-015-1985, 1985).

Procedimiento

- Para realizar el cuarteo, se toman las bolsas de polietileno conteniendo los residuos sólidos.
- En ningún caso se toma más de 250 bolsas para efectuar el cuarteo.
- El contenido de dichas bolsas se vacía formando un montón sobre un área plana horizontal de 4 m x 4 m de cemento pulido o similar y bajo techo.
- El montón de residuos sólidos se traspalea con pala y/o biello, hasta homogeneizarlos, a continuación, se divide en cuatro partes aproximadamente iguales A B C y D, y se eliminan las partes opuestas A y C o B y D, repitiendo esta operación hasta dejar un mínimo de 50 kg de residuos sólidos (Figura 2.)

Figura 2.

Cuarteo de residuos sólidos.



Nota. Fuente: (NORMA MEXICANA NMX-AA-015-1985, 1985)

3.3.9 Peso volumétrico

En lo que respecta este procedimiento se toma en consideración la metodología explicada por (Catanhede et al., 2005) quien nos indica que se necesitara materiales como: Recipiente cilíndrico y Balanza.

Procedimiento

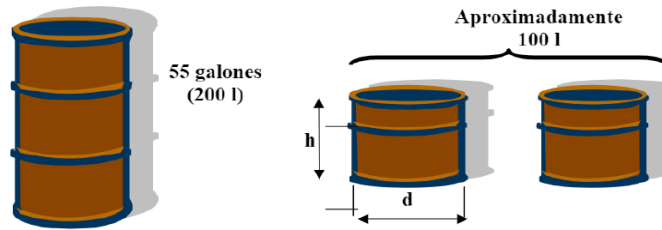
- Se identifica la tara del recipiente cilíndrico (w_1).
- Obtener el volumen del recipiente a través de la aplicación de la Ecuación 6 con las medidas de nuestro cilindro, un ejemplo claro es lo que se explica dentro de la (Figura 3), siendo esta la altura (h) y diámetro (d), posteriormente aplicamos:

Ecuación 6

$$Volumen (v) = 0.7854 * d^2 * h$$

Figura 3.

Modelos de recipiente para determinar el peso volumétrico



Nota. Fuente: (Catanhede et al., 2005)

- Se llena el recipiente hasta el tope con los residuos de los cuartiles desechados durante el proceso de caracterización, se considera conveniente agitar o mover el recipiente para que se elimine en lo máximo posible los espacios vacíos dentro del mismo, es importante recordar que no se debe aplastar o presionar los residuos.
- Pesado el recipiente lleno (w_2), la diferencia de pesos (w_1 y w_2), será el peso neto (w).
- Finalmente, para obtener la densidad de los residuos se aplicará la (Ecuación 7), que expresa: dividir el peso de los residuos (w) entre el volumen del recipiente (v).

Ecuación 7

$$\text{Peso volumétrico (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso del residuos (w)}}{\text{Volumen del recipiente (v)}}$$

3.4 Fase 2: Identificación y seleccionar el tipo de relleno sanitario funcional para la disposición final de residuos sólidos domiciliarios generados en el Cantón Guano.

Para seleccionar el método adecuado para el manejo de residuos sólidos, se utilizará información recabada del GADM de Guano, basada en estudios realizados. Estos estudios se centran en identificar criterios relacionados con el recurso suelo que son cruciales para la toma de decisiones. Estos criterios incluyen:

- Características del suelo.
- Profundidad de nivel freático.
- Estabilidad del suelo.

3.5 Tipo de relleno sanitario

Existen tres tipos de rellenos sanitarios, en donde para poder seleccionar el más adecuado, se debe tomar en cuenta diversos criterios como se muestran en la (Tabla 3.)

Tabla 2.

Clasificación del relleno sanitario en función al tipo de operación.

Criterios	Tipo de operación		
	Tipo		
	Manual	Semi-mecanizado	Mecanizado
Situación	Municipalidad pequeña	Municipalidad mediana	Municipalidad grande
Población	< a 30.000	> a 30.000 y < 80.000	> 80.000
Producción de residuos	< a 6 T/día	> a 6 hasta 50 T/día	> a 50 T/día
Cobertura diaria	De 0,10 a 0,20 m	De 0,10 a 0,30	De 0,10 a 0,30
Características de la operación	Las actividades son realizadas de forma manual y con empleo de herramientas manuales. Se utiliza la maquinaria solo para el corte y acopio de tierra	Se emplea el uso de equipo multifuncional, además para trabajos como acopio o traslado de tierra se requiere un cargador frontal y camión volqueta	Se utilizará maquinaria pesada, la cual debe ser exclusiva para el relleno sanitario.

Nota. Fuente: (Jaramillo, 2002); (Ministerio del Ambiente del Perú, 2017).

3.6 Métodos de construcción para un relleno sanitario

Para la identificación del método usado para el manejo de residuos en un relleno sanitario, se consideran las características obtenidas a partir de (Jaramillo, 2002). *Con el documento de “Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales.” como base principal.*

Además, se debe identificar las pendientes y tipos de relieves, por lo cual se considerará lo obtenido de (Corporación de Cuencas de Tolima, 2014), mostrada dentro de la (Tabla 4.)

Tabla 3.

Tipos de relieve en función a su grado de inclinación.

Grados de pendiente	Relieve
0 – 5	Plano, Plano cóncavo y ligeramente plano
5 – 15	Ondulado, inclinado
15 – 25	Fuertemente ondulado, fuertemente inclinado

Nota. Fuente: (Corporación de Cuencas de Tolima, 2014).

- ***Método de Trinchera o zanja***

Los residuos son colocados dentro de las trincheras, para ser compactados mediante maquinaria pesada, una vez llena se procede con el cierre de los mismo y se construye otra similar con un espacio de 2 a 3 metros entre cada una, los criterios para su seleccionar se presenta en la (Tabla 5.)

Tabla 4.

Criterios para aplicación del método de Trinchera o zanja.

Criterio	Razón
Suelos planos o ligeramente planos.	Limita la acumulación de aguas lluvia, facilita y economiza procesos de maquinaria previene riesgos de deslave.
Estabilidad del suelo.	El suelo debe tener la capacidad de mantener su estructura al exponerse a factores externos como altas cargas.
Profundidad de la capa freática.	La capa freática debe mantenerse a una profundidad de 5 metros de distancia de la base de trinchera.
Tipo de suelo	Se debe considerar un tipo de suelo similar a la arcilla arenosa, para facilitar los procesos de excavación, evitando áreas rocosas.
Permeabilidad baja	Previene la filtración lixiviados a la capa freática del suelo.
Disposición de espacio limitado	Se usa en casos donde la municipalidad no cuenta con una amplia disposición de espacio.

Nota. Fuente: (Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos de Bolivia, 2010), (Jaramillo, 2002).

- ***Método de Área***

Se aplica en espacios ya existentes a los cuales no se les ha destinado ningún tipo de ocupación, los criterios para su selección se muestran en la (Tabla 6.)

Tabla 5.

Criterios para aplicación del método de área.

Criterio	Razón
Depreciaciones naturales o artificiales.	Este método consiste en aprovechar espacios ya existentes por lo cual parte de los aspectos se adaptan a los que presenta el predio.
Estabilidad del suelo.	El suelo debe tener la capacidad de mantener su estructura al exponerse a factores externos como altas cargas.
Acceso a material de cobertura.	Disponibilidad de fuentes cercanas para no encarecer los procesos de operación.
Profundidad de la capa freática.	La capa freática debe mantenerse a una profundidad de 5 metros de distancia de la base de trinchera.
Permeabilidad alta	Reduce la acumulación de lixiviados, facilita el drenaje natural evitando saturación del dren de lixiviados.
Amplia disposición de espacios	El predio debe contar con una disposición considerable debido a espacio reducidos limitan la capacidad de construcción.

Nota. Fuente: (Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos de Bolivia, 2010), (Jaramillo, 2002).

- ***Método Combinado (Área / Trinchera)***

Se inicia como un proyecto de trinchera y finaliza como uno de área, esto cuando la disposición del terreno es limitada, para su selección se debe tomar en consideración que el predio debe contar con una combinación de los criterios previamente explicados como son:

- Suelos planos o ligeramente planos.
- Nivel freático a una profundidad de 5 m.

- Acceso a material de cobertura.
- Facilidad de procesos de excavación en suelos estables.

3.7 Fase 3: Dimensionar las componentes necesarias para el diseño de un relleno sanitario.

En función a lo expresado por (Jaramillo, 2002) factores ambientales como el clima y la precipitación influyen de manera directa sobre el diseño de componentes del relleno sanitario, de igual forma también expone el orden y cálculos necesarios a seguir para el mismo (Tabla 7).

Tabla 6.

Cálculo de volumen de residuos sólidos y áreas del relleno sanitario.

Volumen de los residuos sólidos y áreas del relleno sanitario		
Variable	Ecuación	Descripción
Producción diaria	<i>Ecuación 8</i> $DS_d = P_{ob} \times ppc$	DS _d = Cantidad de RSM diarios (kg/día) Pob = Población total (Hab) ppc = Producción per cápita (kg/Hab*día)
Volumen de residuos diarios	<i>Ecuación 9</i> $V_d = \frac{DCp}{Drsm}$ <i>Ecuación 10</i> $V_{anual compactado} = V_d \times 365$	V _d = Volumen de los residuos diarios V _{anual compactado} = Volumen de RSM en un año (m ³ /año) DCp = Cantidad de RSM producidos (kg/día) Drsm = Densidad de los RSM recién compactados (400-500 kg/m ³) y del relleno estabilizado (500-600 kg/m ³)
Volumen de material de cobertura	<i>Ecuación 11</i> $m.c = V_{anual compactado} \times (0,20 \text{ ó } 0,25)$	m.c = material de cobertura, puede tener de un valor de entre 20 – 25 % del volumen de los desechos compactados.

<i>Ecuación 12</i>		
Volumen anual estabilizado	$V_{anual} = \frac{DS_d * 365}{600 \frac{kg}{m^3}}$	V_{anual} = Volumen de residuos anuales
<i>Ecuación 13</i>		
Volumen del relleno sanitario	$V_{RS} = V_{anual compactado} + m.c$	V_{RS} = volumen de relleno sanitario (m ³ /año)
<i>Ecuación 14</i>		
Área requerida	$A_{RS} = \frac{V_{RS}}{h_{RS}}$	A_{RS} = área por rellenar sucesivamente (m ²) V_{RS} = volumen de relleno sanitario (m ³ /año) h_{RS} = altura o profundidad media del relleno sanitario (m)
<i>Ecuación 15</i>		
Área total requerida	$A_T = F \times A_{RS}$	A_T = Área total requerida (m ²) F = Factor para áreas adicionales de 1.2 a 1.4 (20-40%)

Nota. Fuente: (Jaramillo, 2002).

Para los cálculos presentados en la (Tabla 7) se aplica los criterios y consideraciones que se presentan en la (Figura 4.)

Figura 4.

Criterios para el cálculo del área requerida para un relleno sanitario.

ppc kg/hab/día	Densidad de compactación de los residuos kg/m ³	Material de cobertura m ³	Densidad del relleno estabilizado kg/m ³	Altura o profundidad del relleno sanitario m	Área adicional, infraestructura y amortiguamiento de impactos m ²
0,2 a 0,5	500	20% del volumen de RSM compactados	600	3 a 6	30% del area del relleno

Nota. Fuente: (Jaramillo, 2002).

3.7.1 Dimensiones de la trinchera

En lo que respecta a la dimensión de las trincheras se toma en consideración los requisitos planteados por parte de la Dirección de Gestión Ambiental y Riesgos del Cantón Guano, mismos que fueron expresados a través de su directora encargada, la cual proporciono asesoramiento e información.

3.7.2 Cálculo de sistema de escurrimiento superficial

Mediante el método suizo, nos permitirá estimar el caudal de lixiviados percolado a través de la (Ecuación 16.) (Eguizábal, 2008).

Ecuación 16

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

Donde

Q= 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

K = Coeficiente que depende del grado de compactación de la basura, cuyos valores recomendados son: entre 25 y 50% (k = 0,25 a 0,50).

3.7.3 Cálculo de drenaje

Para el cálculo de las dimensiones de los drenes se consideró la guía de (Mayorga, 2014) con las siguientes ecuaciones:

Ecuación 17

$$V = 52,45 \times P \times Rh^{0,5} \times J^{0,54}$$

Ecuación 18

$$Rh = \frac{P \times Ds}{6 * J^{1-p}}$$

Ecuación 19

$$S' = fx \left(\frac{Q}{V} \right)$$

Donde

Tabla 7.

Simbología y valores estándar para cálculo de drenaje

Ítem	Simbología	Significado	Valores
1	V =	Velocidad media de percolación (cm/s)	
2	P =	Porosidad media angular (entre 0.4 – 0.5)	0.45
3	Rh =	Radio hidráulico del medio granular (cm)	
4	J =	Pendiente media del sistema de drenaje (1 a 3 %)	3 %
5	Ds =	Diámetro equivalente del medio granular (cm)	5.46
6	S'	Sección del dren (m ²)	
7	F =	Factor de seguridad de la sección del dren	2
8	Q =	Caudal del percolado m ³ /s	0.00003

Nota. Fuente: (Mayorga, 2014).

3.7.4 Cálculo de celda diaria

Para los cálculos a realizar en esta etapa los parámetros establecidos para altura de la celda (hc) van de 1 a 1.5 y ancho (a) son de 3 hasta 6 metros esto en base a (Jaramillo, 2002), como se muestra en las siguientes ecuaciones.

- **Área de celda**

Ecuación 20

$$Ac = \frac{Vc}{hc}$$

Donde

$A_c = \text{Área de celda (m}^2/\text{día)}$

$V_c = \text{Volumen de la celda}$

$h_c = \text{Altura de la celda (m), se recomienda alturas entre 1 – 1.5 metros.}$

- **Largo o avance de la celda**

Ecuación 21

$$L = \frac{A_c}{a}$$

Donde

$A_c = \text{Área de la celda}$

$a = \text{Ancho requerida para actividades de descarga de los vehículos recolectores, los valores recomendados varían entre 3 y 6 metros.}$

3.7.5 Chimeneas

Estructuras de suma importancia dentro del relleno sanitario que ayudan a la evacuación de gases, se colocan sobre los canales del sistema de drenaje de aguas lixiviadas, de esta manera las mismas ayudan a reducir la cantidad de gases que salen a través de las chimeneas al ser absorbidos por el líquido. (Municipalidad De Loja et al., 2002).

Tabla 8.

Parámetros técnicos para el diseño de chimeneas.

Parámetro	Descripción
Ancho de chimenea	0.6 – 1.2 m
Distancia entre las chimeneas	25 – 30 m en rellenos manuales que tienen celdas de 8 m
	20 – 25 m en rellenos compactados donde el cuerpo de basura tiene una altura < 15 m

	15 – 20 m en rellenos compactados donde el cuerpo de basura tiene altura > 15 m
Profundidad de chimenea	0.65 m

Nota. Fuente: (Municipalidad De Loja et al., 2002).

3.7.6 Base del relleno sanitario

Según (Municipalidad De Loja et al., 2002) sirve como barrera para evitar la contaminación del suelo y de cuerpos subterráneos de agua, esto a causa de la filtración de lixiviados, a causa de esto se consideran diversos parámetros que conforman esta capa aislante, mismo que se pueden observar en la (Tabla 10.)

Tabla 9.

Consideraciones de la composición de la base de un relleno sanitario.

Características	Espesor
Basura (colada, compactada y cuerpo)	En capas de 30 cm + 25 – 30 % de tierra.
Capa de protección (basura biológicamente degradada o compost)	Capa de basura degradada: > 2 m Capa de compost: > 0.5 m
Capa de drenaje (grava o piedra bola)	0.3 – 0.5 m
Capa de plástico (PEHD o equivalente)	> 2 mm
Capa de mineral (suelo arcilloso)	60 – 75 cm
Barrera geológica	> 3 m

Nota. Fuente: (Municipalidad De Loja et al., 2002).

CAPÍTULO IV

4.1 Resultados

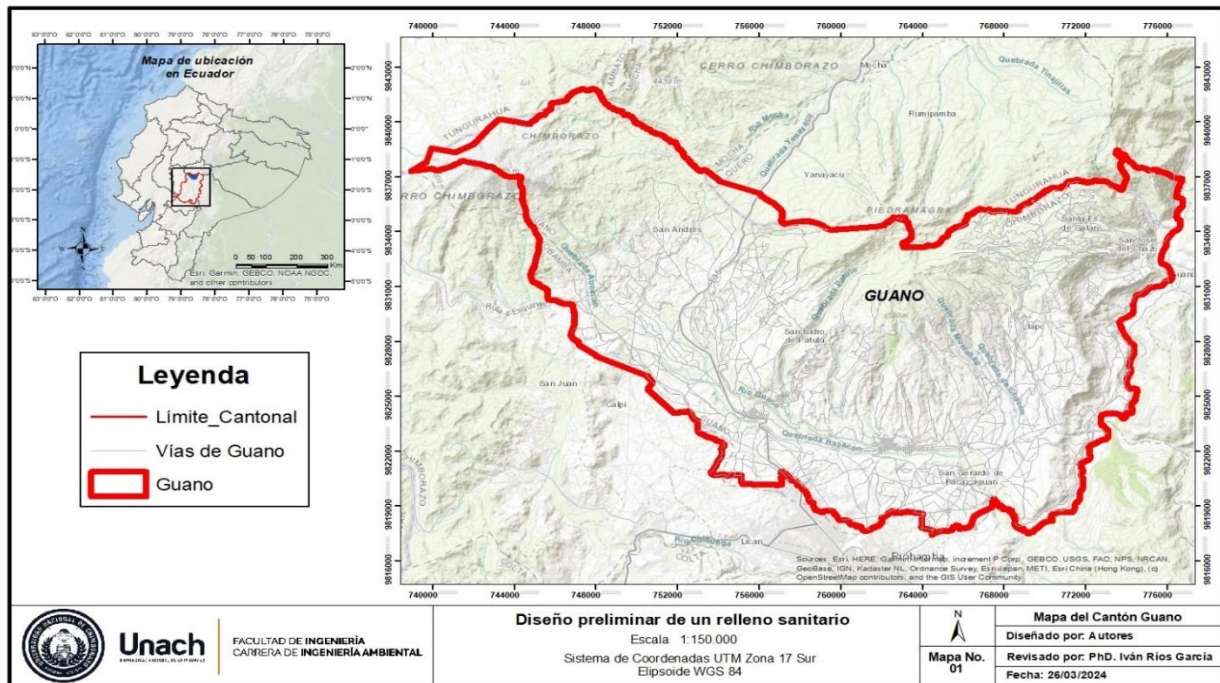
4.1.1 Área de estudio

4.1.1.1 Ubicación geográfica

El presente proyecto se realiza en la provincia del Chimborazo, en el Cantón Guano, el cual tienen una extensión de 459.72 km², su rango de temperatura varía entre los 16 a 18° C, poseyendo un rango altitudinal de 2280 m.s.n.m en su punto bajo hasta los 6310 m.s.n.m en lo más alto. (Figura 5).

Figura 5.

Mapa de ubicación del Cantón Guano.

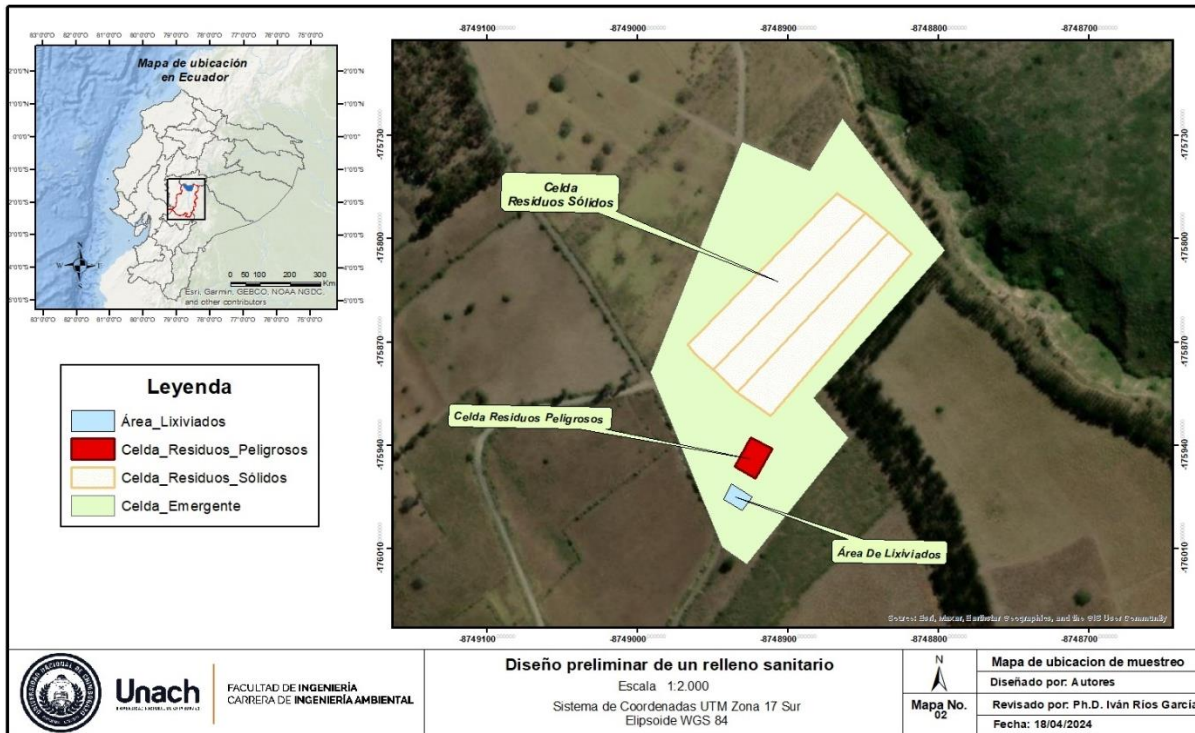


4.1.1.2 Ubicación de la celda emergente

Ubicada en la comunidad de Valparaíso la celda emergente abarca un área de 2,73 ha, la cual se encuentra limitando por la zona oriente con la quebrada seca de Chacón, al occidente con las quebradas Muelañag y Macaquí, su infraestructura consiste en: 4 celdas emergentes, piscina de lixiviados, celda especial para residuos peligrosos y puesto de almacenamiento para desechos reciclables.(Mayorga, 2014).

Figura 6.

Mapa de Ubicación de la celda Emergente Valparaíso.



Posteriormente se puede contemplar las siguientes coordenadas geográficas en la (Tabla 11.)

Tabla 10.

Coordenadas de ubicación celda emergente Valparaíso

X	Y
767876,56	9825406,91
767953,86	9825305,59
767805,69	9825106,24
767755,67	9825216,33

4.1.1.3 Aspectos demográficos

- Población**

En base al (INEC, 2010), la población del Cantón Guano fue de 42.851 habitantes durante el 2010, a su vez los grupos étnicos que lo conforman se divide en: un 84% de la población se

considera mestiza, el 13.2% indígena, 1.3% blanco, 0.7 afroecuatoriano, 0.3% montuvio y 0.1% pertenece a otro tipo de grupo no detallado, manejando una tasa de crecimiento del 0.0128% estimando que para el presente año 2024 la población alcanzo los 50.556 habitantes.

- **Proyección de la población**

A partir de los datos previos se estima la población del Cantón hasta el año 2038, esto considerando que el relleno sanitario requiere un tiempo de vida de al menos 15 años, dichos cálculos se realizaron a partir de la ecuación 1.

Ecuación 22

$$Pp = 7758 (1 + 0.0128)^1 = 7857$$

Los resultados alcanzados se muestran en la (Tabla 12)

Tabla 11.

Proyección de la población del Cantón Guano 2024 - 2038.

Tiempo	Año	Población Urbana (Hab)	Población Rural (Hab)	Población Proyectada (Hab)
14	2024	9153	41403	50556
15	2025	9270	41933	51203
16	2026	9389	42469	51858
17	2027	9509	43013	52522
18	2028	9631	43564	53194
19	2029	9754	44121	53875
20	2030	9879	44686	54565
21	2031	10005	45258	55263
22	2032	10133	45837	55970
23	2033	10263	46424	56687
24	2034	10394	47018	57412
25	2035	10527	47620	58147
26	2036	10662	48230	58892
27	2037	10799	48847	59645
28	2038	10937	49472	60409

Se inicia como base con la población del año 2010 siendo de 42.851 Hab, de los cuales 35.093 perteneces al área rural, mientras que 7.758 son del área urbana, esta diferencia se debe a que de las 11 parroquias que conforman al Cantón Guano solo dos están dentro de la zona urbana, llegando finalmente que para el 2038 alcanza los 60.409 Hab.

4.1.1.4 Actividades Económicas

Las actividades económicas realizadas en el Cantón se centran en los sectores primario, secundario y terciario, abarcando aproximadamente el 42% de la PEA, a manera de ejemplo, se puede evidenciar en la (Tabla 13) parte de los empleos seleccionados por los habitantes del Cantón Guano (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guano, 2019).

Tabla 12.

Actividades económicas del Cantón Guano

Actividad	Población	%
Agricultura, silvicultura, caza, pesca y ganadería	7.736	43.9
Comercio al por mayor y menor	1.678	9.5
Sector publico	1.150	6.5
Transporte y almacenamiento	695	3.9
Actividades de salud humana	153	0.9
Explotación de minas y canteras	19	0.1

Nota. Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guano, 2019).

De acuerdo con la información presentado se puede resaltar que la mayor parte de la población registrada realiza actividades de: agricultura, silvicultura, caza, pesca y ganadería, abarcando el 49 %, al mismo tiempo la menor cifra de empleos pertenece a la explotación de minas y canteras con un valor del 0,1 %. Lo cual puede atribuirse a la alta concentración de la población en la zona rural.

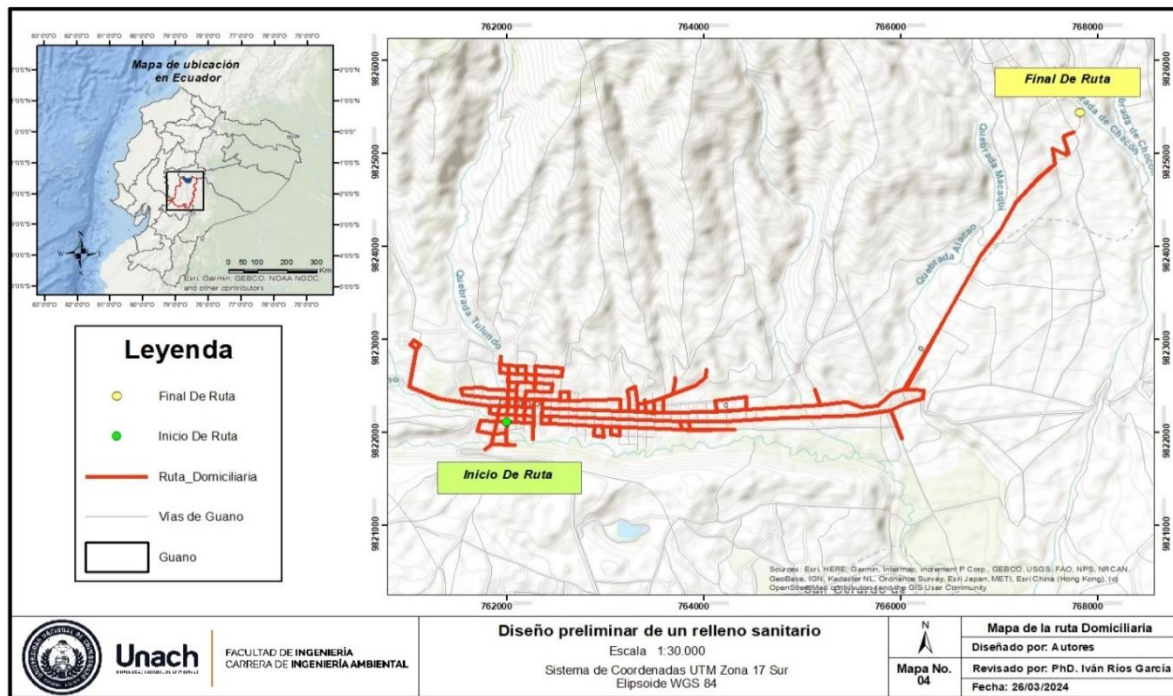
4.1.1.5 Distribución de las rutas de recolección

- **Rutas domiciliars**

La ruta domiciliaria está diseñada para que abarque la cabecera cantonal del Cantón Guano, al igual que la zona central de la parroquia de San Andrés como se observa en la Figura 4, este recorrido se realiza durante 6 días de la semana excepto el sábado, la actividad se cubre por un total de 3 trabajadores con un vehículo recolector denominado “Isuzu”.

Figura 7.

Ruta de recolección de residuos Domiciliarios de la cabecera cantonal de Guano.

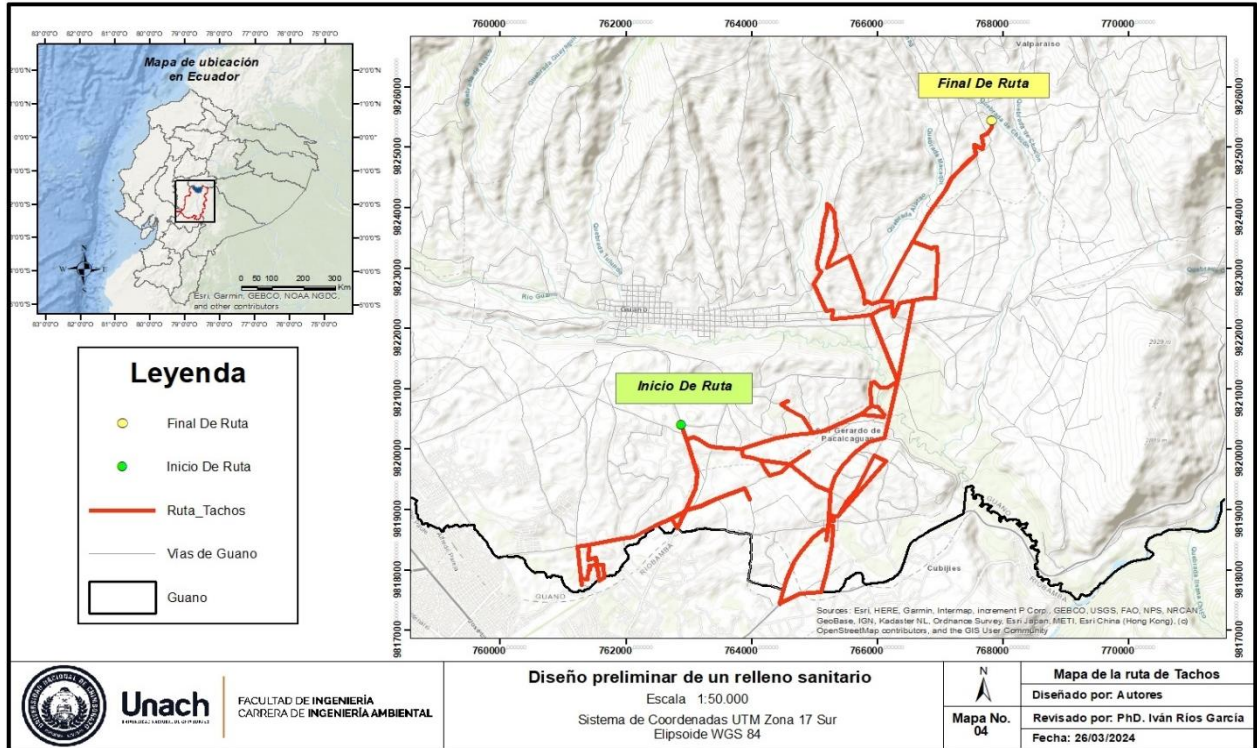


- **Ruta tachos**

Como se evidencia en la Figura 5 la ruta tachos se centra en lugares del Cantón donde el acceso a todas la viviendas se ve limitado debido a varios factores, por lo cual se optó por la instalación de unidades de almacenamiento temporal en puntos estratégicos facilitando la tarea de recolección, misma que es realizada por un vehículo de carga pesada no especializado etiquetado como “Volqueta #18 HMA 1069”, a su vez cuenta con 4 trabajadores que repiten esta actividad 6 días a la semana, salvo los domingo.

Figura 8.

Ruta de recolección Tachos de la zona urbana del Cantón Guano.

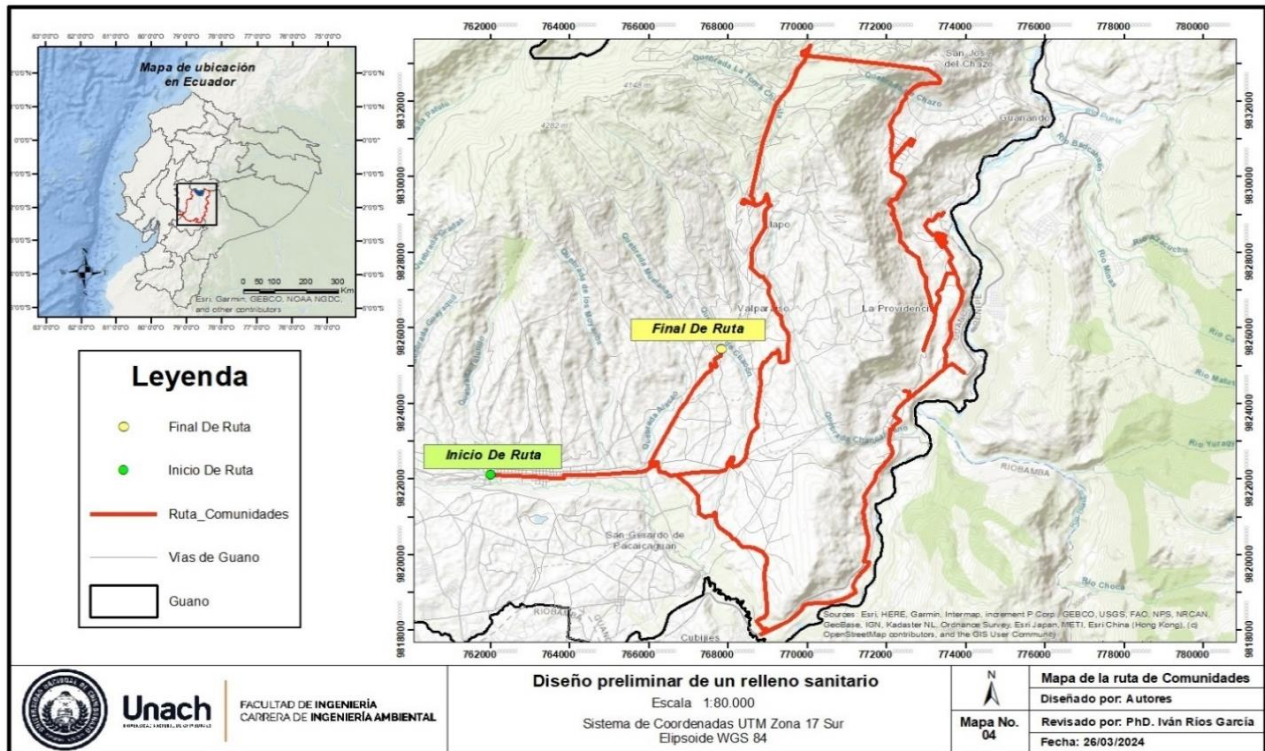


- **Ruta comunidades**

La ruta comunidades está diseñada para abarcar la población de la periferia del Cantón como se indica en la Figura 6, en este caso el acceso hasta las viviendas es complicado pero posible, para lo cual se usa un vehículo pesado no especializado para la recolección denominada “Volqueta #17 HMA 1069” la cual cuenta con 4 activos, dicha ruta está programada para 3 días.

Figura 9.

Ruta de recolección de Comunidades de la zona urbana del Cantón Guano.



4.1.1.6 Clima

Guano cuenta con un clima templado, al encontrarse ubicado entre las cordilleras del valle interandino y cercanía al Océano Pacífico, por lo cual determina una variedad de pisos climáticos. Durante todo el año 8.4 meses presenta vientos leves mismos que van desde el 16 de septiembre hasta el 30 de mayo, siendo noviembre el más representativo con una velocidad de 6.7 km/h (Weather Spark, 2024).

4.1.1.7 Producción Per – Cápita

Los resultados obtenidos tras la aplicación de la ecuación 2, se observan en la (Tabla 14.)

Tabla 13.*Producción per- cápita urbana y rural del Cantón Guano periodo 2024 – 2038.*

Producción per-cápita (kg/Hab*día)				
Ítem	Año	Urbana	Rural	Acumulado
1	2024	0.17	0,19	0.36
2	2025	0,18	0,19	0,37
3	2026	0,18	0,19	0,37
4	2027	0,18	0,20	0,38
5	2028	0,18	0,20	0,38
6	2029	0,18	0,20	0,39
7	2030	0,19	0,20	0,39
8	2031	0,19	0,21	0,40
9	2032	0,19	0,21	0,40
10	2033	0,19	0,21	0,41
11	2034	0,20	0,22	0,41
12	2035	0,20	0,22	0,42
13	2036	0,20	0,22	0,42
14	2037	0,20	0,22	0,43
15	2038	0,21	0,23	0,43

A partir de las cifras obtenidas, se establece que la producción per cápita en promedio es de 0,37 kg/Hab*día. Al determinar la PPC tanto para el área urbana y rural se observó un incremento a lo largo del tiempo, en el caso de la zona urbana cuenta con una cobertura del 77 % de los servicios de recolección y una menor población que produce una alta cantidad de residuos, a comparación de la zona rural que posee una cobertura del 33%, una mayor población y menor generación de residuos, esta disparidad puede ser ocasionada por las prácticas de reutilización que son asociadas a las actividades agrícolas y ganaderas mismas que predominan en estas zonas.

4.1.2 Cantidad de residuos totales diarios

Con la ayuda de el pesaje de los vehículos, se pudo determinar que un total de 22 305 kg/día de desechos ingresan a la celda emergente. Tomando en cuenta que estos datos que se

hallan en la (Tabla 15), fueron sacados de 3 semanas relacionados a las 3 rutas ya descritas previamente.

Tabla 14.

Cantidad de residuos sólidos no peligrosos generados en las rutas de recolección del Cantón Guano.

Residuos totales diarios para el Cantón Guano				
Ruta	Días operativos	Tipo de vehículo	Zona	Basura generada (kg/día)
Domiciliaria	6	Recolector IZUSU	Urbana	7128
Tachos	6	Volqueta #18 HMA 1069	Rural	15177
Comunidades	3	Volqueta #17 HMA 1069		
Total				22305

4.1.2.1 Tamaño de la muestra

Reemplazo de la ecuación 4 para la obtención del número de muestras a considerar para el estudio:

$$n = \frac{(1.96^2) * (17069) * (0.28^2)}{(17069 - 1) * (1.96^2) * (0.28^2)}$$

$$n = 95$$

Se fijó que el tamaño de la muestra es de 95 viviendas, pero cabe recalcar que la información obtenida durante la investigación recabada se logró determinar que no todas las viviendas envían la basura hacia el relleno sanitario, considerándose aumentar en un 20% el tamaño, por ello se trabajara con 114 viviendas para el estudio.

Con el fin de alcanzar un muestreo igualitario, es fundamental considerar una división para cada ruta, siendo la más representativa la ruta domiciliaria con 46 muestras ya que existen 6842 viviendas, en segundo lugar, se considera la zona de la ruta de tachos para la toma 41 muestras puesto que la zona cuenta con 6119 viviendas, por último, en la ruta comunidades se tomaron 27 muestras ya que su número de viviendas es de 4107.

Tabla 15.*Distribución de la muestra en función de las viviendas presentes en la zona*

Distribución de las muestras			
Rutas	Viviendas	%	Muestras
Rutas domiciliarias	6842	40.05	46
Rutas de comunidades	4107	24.05	27
Ruta de tachos	6119	35.90	41
Total	17069	100	114

4.1.2.2 Caracterización de residuos

- **Primer muestro - 90 kg**

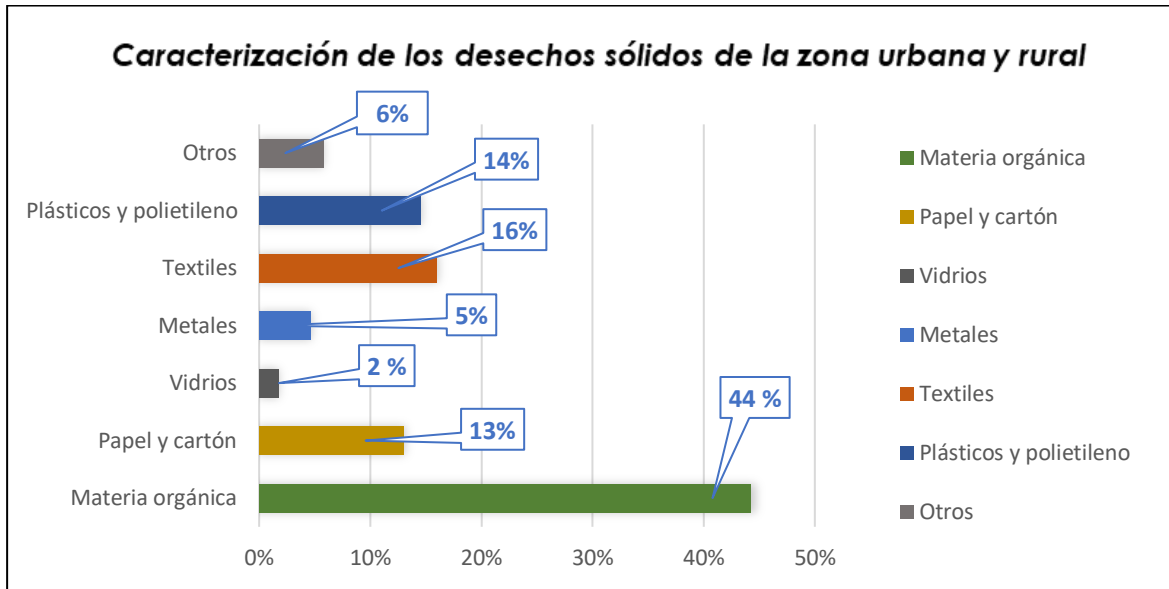
La recolección de las muestras se realizó durante 6 semanas, desde el día 13 de noviembre hasta el 24 de diciembre del año 2023, donde se distribuyó dos semanas para cada ruta logrando abarcar tanto la zona urbana como la rural. El peso inicial con el cual se trabajo es de 90 kg/día, para posteriormente aplicar el método del cuarteo, obteniendo los siguientes resultados que se muestran en la (Tabla 17).

Tabla 16.*Caracterización de los residuos de la zona urbana y rural de 90 kg*

Caracterización de los residuos sólidos de la zona urbana - rural								
Clasificación	Materia orgánica	Papel y cartón	Vidrios	Metales	Textiles	Plásticos y polietileno	Otros	Producción (kg/semana)
Lunes	21,0	4,6	0,8	2,0	6,4	6,7	2,2	43,7
Martes	19,5	4,8	0,7	2,2	6,7	6,6	2,0	42,5
Miércoles	16,9	7,1	0,9	2,4	7,9	5,9	2,3	43,3
Jueves	15,7	6,5	0,8	2,0	7,6	5,6	2,8	41,0
Viernes	16,4	6,7	0,8	1,8	7,4	6,1	2,7	42,0
Sábado	21,8	3,8	0,7	2,1	6,3	5,8	2,4	42,8
Domingo	21,4	5,5	0,7	1,5	5,7	6,7	3,0	44,5
Total	132,67	39,06	5,33	13,98	47,91	43,45	17,41	299,81
%	44%	13%	2%	5%	16%	14%	6%	100%

Figura 10.

Caracterización de los desechos sólidos para la zona urbana y rural de 90 kg.



Como se identifica en la (Figura 9) existe una alta producción de materia orgánica con un valor del 44 % que podría ser utilizada para procesos de compost, si estos no se hallaran mezclados con restos de tela, metales, vidrios y desechos especiales. También cabe recalcar que los grupos de papel y cartón con 13%, plásticos y polietileno con 14% y textiles con 16% tienen una amplia presencia dentro del muestro; se debe considerar que los resultados obtenidos pueden estar influenciados por la época del año, puesto que entre noviembre y diciembre se celebran diversas festividades, como son día de los difuntos y preparaciones para navidad. Por último, es importante informar que los procesos de reciclaje dentro de la celda emergente son realizados por personal no autorizado quienes se autodenominan “Recicladores” y se dedican a la recolección de materiales sin contar con las protecciones necesarias, con el objetivo de obtener un ingreso económico.

- **Segundo muestro - 50 kg**

Para comparar y verificar los resultados obtenidos durante la primera muestra, se decidió aplicar un segundo muestreo, pero en este caso se optó por un peso de 50 kg/día durante tres semanas entre los meses de febrero 19 hasta el 10 de marzo del 2024, alcanzando los posteriores resultados que se describen en la (Tabla 18).

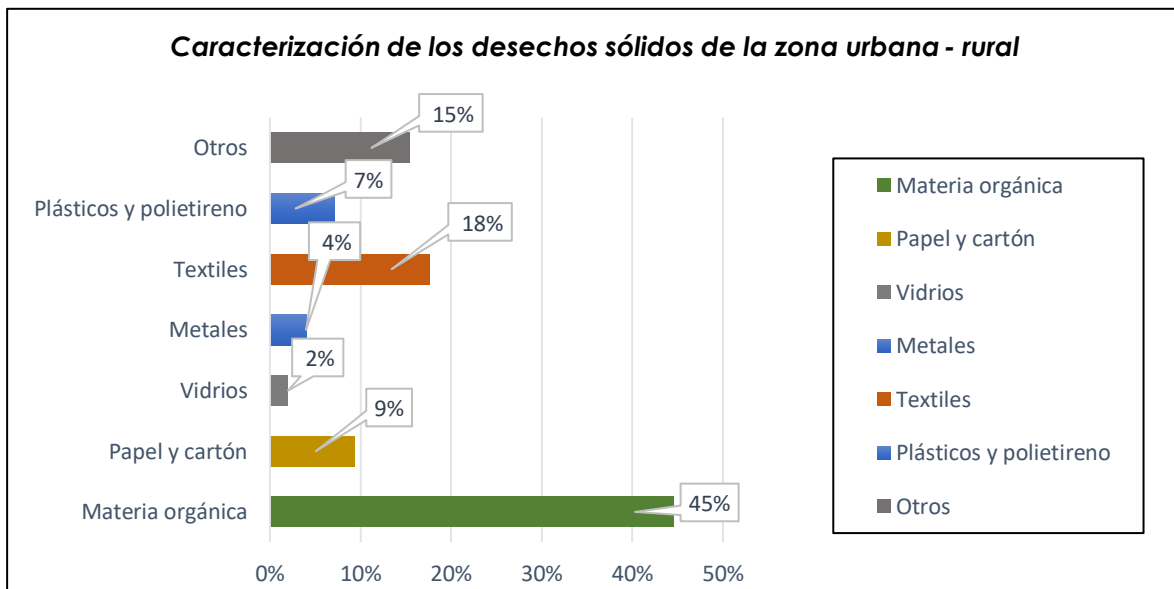
Tabla 17

Caracterización de los residuos de la zona urbana y rural de 50 kg

Caracterización de los residuos sólidos en la zona urbana – rural								
Clasificación	Materia orgánica	Papel y cartón	Vidrios	Metales	Textiles	Plásticos y polietileno	Otros	Producción (kg/semana)
Lunes	11,01	1,87	0,43	1,09	4,38	1,53	3,10	23,39
Martes	10,83	2,00	0,37	0,94	3,54	1,43	3,58	22,67
Miércoles	8,90	2,53	0,51	1,05	4,39	1,83	3,92	23,13
Jueves	8,74	2,62	0,58	0,97	3,90	2,03	3,94	22,77
Viernes	8,57	2,24	0,46	0,90	4,35	2,01	3,93	22,46
Sábado	12,04	2,09	0,63	0,88	3,68	0,9	3,37	23,59
Domingo	11,91	1,68	0,27	0,62	4,34	1,72	3,14	23,68
Total	71,99	15,03	3,24	6,45	28,57	11,44	24,97	161,69
%	45%	9%	2%	4%	18%	7%	15%	100%

Figura 11.

Caracterización de los desechos sólidos para la zona urbana y rural de 50 kg.



A través de los resultados mostrados en la (Figura 10) pertenecientes a la segunda etapa de muestreo se puede concluir que el proceso de caracterización realizado con muestras de 90 kg fue

acertado, puesto que los valores obtenidos son casi similares en la mayoría de los grupos seleccionados, siendo las anomalías principales la categoría otro que paso del 6% al 15%, plásticos y polietileno que paso del 7% al 14% y papel cartón que bajo del 13% al 9%, por otro lado las categorías de textiles, vidrio, metales y materia orgánica tuvieron una variación entre el 1% y 2%. Se considera que la anomalía puede deberse a la fecha en la cual se realizó la segunda prueba de muestreo ya que son meses donde las actividades comerciales del cantón son poco fluidas.

4.1.2.3 Peso Volumétrico

Siguiendo la metodología explicada por (Catanhede et al., 2005), se obtuvo el promedio de los pesos volumétricos de los residuos generados diariamente por el Cantón Guano, como se indica en la ecuación 7 para lo cual se aplicaron los datos en la (Tabla 19).

Tabla 18.

Peso volumétrico promedio de los residuos producidos diariamente en el Cantón Guano.

Peso volumétrico de los residuos diarios							
Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Peso total (kg)	2,90	2,61	3,18	2,91	2,93	2,69	3,10
Peso recipiente (kg)	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Peso residuos (kg)	2,08	1,79	2,36	2,09	2,11	1,87	2,28
Capacidad del recipiente (m ³)	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
Peso volumétrico (kg/m ³)	94,55	81,36	107,22	94,94	95,68	85,00	103,41
Promedio (kg/m ³)	94,59						

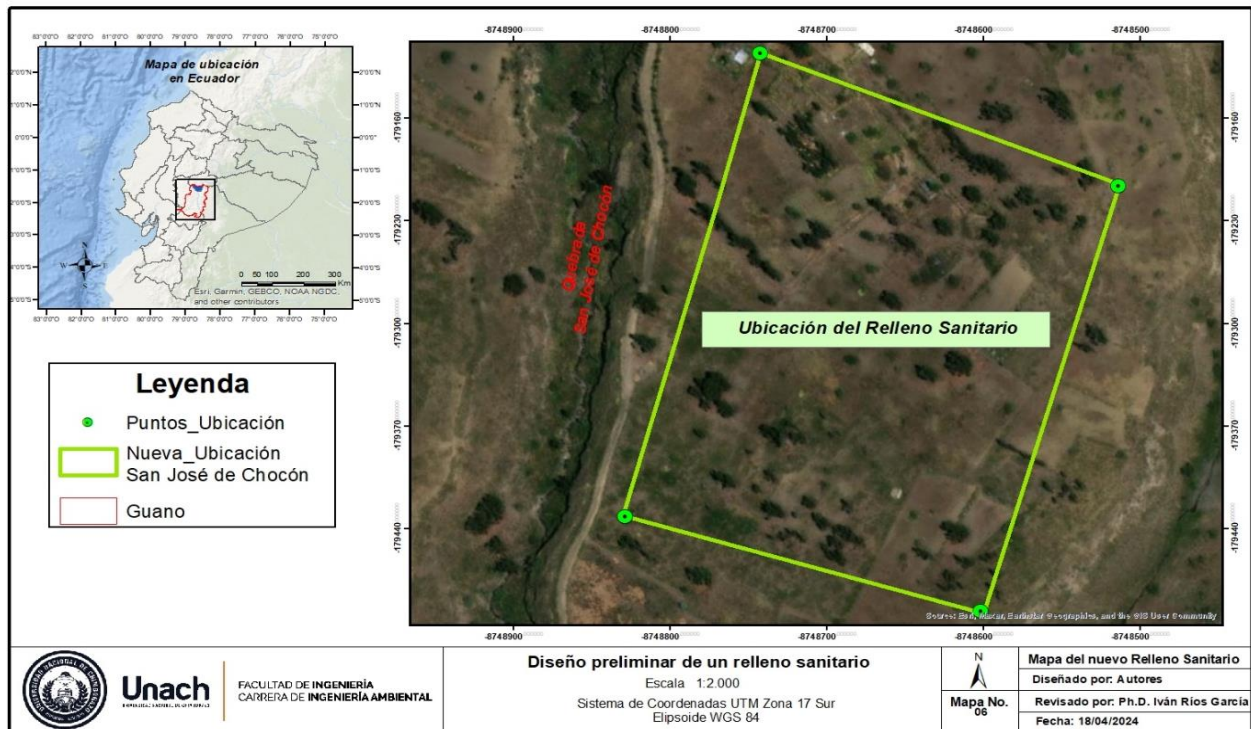
De los valores obtenidos se puede apreciar que los días que presentan una mayor cantidad de residuos por unidad de volumen son los miércoles y domingos, esto puede deberse a que los miércoles incrementa una tercera ruta de recolección mientras que en los domingos se recoge los residuos de domiciliarios acumulados por falta de servicio en los sábados. Por otro lado los lunes, jueves y viernes mantienen un peso volumétrico que va de los 94 a 96 kg/m³ siendo estos los valores que se obtienen cuando no se presenta ninguna anomalía que afecte directamente a la producción de residuos, finalmente los martes y sábados mantienen los valores más bajos de los

datos recolectados, en el caso de los martes sus rutas son complementarias abarcando solo una pequeña parte de sectores no visitados anteriormente; por otro lado los sábados solo se considera las recolecciones realizadas a través de la ruta tachos.

4.1.2.4 Ubicación del nuevo relleno sanitario

Figura 12.

Ubicación del nuevo relleno sanitario, en la parroquia San José de Chocón – Cantón Guano.



El relleno sanitario del Cantón Guano estará ubicado en la comunidad de San José de Chocón parroquia la Matriz, el mismo limitará con la quebrada seca “San José de Chocón” a más de 100 m de distancia en las coordenadas que se indican en la (Tabla 20).

Tabla 19.

Coordenadas de ubicación de San José de Chocón

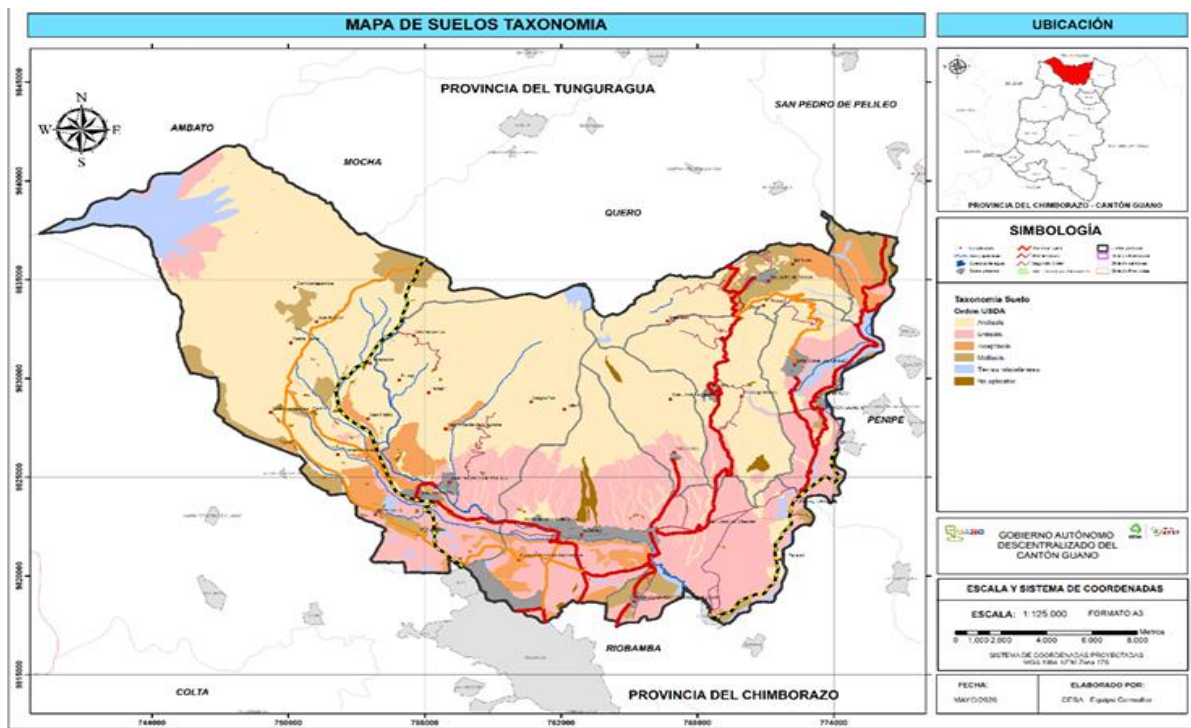
X	Y
768014,52	9822189,77
768267,69	9821936,74
768246,4	9821641,84
767922,79	9821727,28

4.1.2.5 Taxonomía del suelo

De acuerdo con (GADM del Cantón Guano, 2015) y su descripción sobre la taxonomía donde se identifica la composición y propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo para separarlo por grupos, se puede identificar que en la extensión cantonal existen 4 grupos, en el cual la parroquia San José de chocón está dentro de una taxonomía entisol que cubre el 56% del total de territorio cantonal resaltado de color rosa en la (Figura 13).

Figura 13.

Clasificación de la taxonomía de los suelos del Cantón Guano.



Nota. Fuente: (GADM del Cantón Guano, 2015).

4.1.2.6 Textura del suelo

La textura de la ubicación del relleno sanitario es de franco – arenoso, permitiendo que no existan problemas de permeabilidad y compacidad, incluso tienen una moderada plasticidad convirtiéndoles idóneo para un fácil laboreo (Gisbert et al., 2018).

4.1.2.7 Hidrología

Siguiendo a (Burbano et al., 2015), dentro del Cantón Guano se considera como un activo hidrológico de suma importancia al Río Guano. Lo mismo se afirma por parte de (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guano, 2019), que nos indica la pertenencia del cuerpo hídrico dentro de la subcuenca del Río Chambo y por ende de la demarcación hidrográfica del Pastaza, por el contrario, en la zona de San José de Chacón no cuenta con cuerpos de agua cercanos o bajo tierra que puedan ser explotados fácilmente.

4.1.2.8 Estabilidad del suelo

Al no existir estudios por parte del municipio del Cantón Guano, no se determina la estabilidad de este, pero se puede mencionar que al poseer un suelo franco arenoso contiene limo y arcilla que lo convierte adecuadamente en una zona estable.

4.1.2.9 Tipo de relleno sanitario

En función a la investigación realizada y los parámetros establecidos en la Tabla 3 se identifica el estado del Cantón para determinar el tipo de relleno sanitario apropiado para la disposición final de los residuos sólidos no peligrosos, obteniendo así la (Tabla 21) como se demuestras a continuación.

Tabla 20.

Criterios de selección para el tipo de relleno sanitario

Criterio	Cantón Guano en el 2024	Tipo de relleno sanitario		
		Manual	Semi mecanizado	Mecanizado
Tipo de municipalidad	Municipalidad mediana		X	
Población	50556 Hab		X	
Producción de residuos	22 ton/día aproximadamente		X	

Se descarta tanto la opción de un relleno sanitario manual y un mecanizado, puesto que en ambos casos los valores estándar no se acoplan a la realidad de la municipalidad, en el caso de un relleno sanitario manual el límite recomendado para la población y la producción de residuos es

mucho menor al obtenido, por otro lado los parámetros establecidos por uno de tipo mecanizado son superiores a los valores obtenidos, por ende se toma como opción un relleno sanitario semi mecanizado, debido a que sus características que se adaptan de la mejor manera posible a la situación referente a población y residuos generados en la extensión cantonal.

4.1.3 Método de construcción para un relleno sanitario

En lo que respecta al método de construcción, se considera que las características del predio serán las que determinen el método a utilizar, en base a los criterios presentados en la (Tabla 5) y (Tabla 6) se escoge la mejor opción en función de los requisitos cumplidos.

Tabla 21.

Método de construcción para un relleno sanitario.

Criterio	San José de Chocón	Método de construcción		
		Trinchera	Área	Combinado
Inclinación de los suelos	Suelo plano, poco inclinado			x
Profundidad de la capa freática	Según estudios de la prefectura de Chimborazo presenta la zona en general cuenta con una capa freática a una profundidad considerable			x
Tipo de suelo	Franco – arenoso	x		x
Permeabilidad del suelo	Moderada		x	x
Depresiones naturales	Inexistentes	x		x
Espacio del predio	Limitado	x		x

En base a los datos presentados en la (Tabla 22) se considera que el método de construcción para el relleno sanitario debe ser uno de tipo cambiando ya que cumple con varios de los parámetros mencionados, pues el área de construcción es limitada y tiene un grado de inclinación que va de 3 a 5 %, además en base a la información recaba se entiende que la presencia de la capa freática se encuentra a una profundidad considerable, de igual manera presenta un suelo Franco arenoso que facilita tareas de excavación por otro lado la permeabilidad del suelo debe ser controlada en la fase de contricción para reducir el riesgo de contaminación.

4.1.4 Drenaje

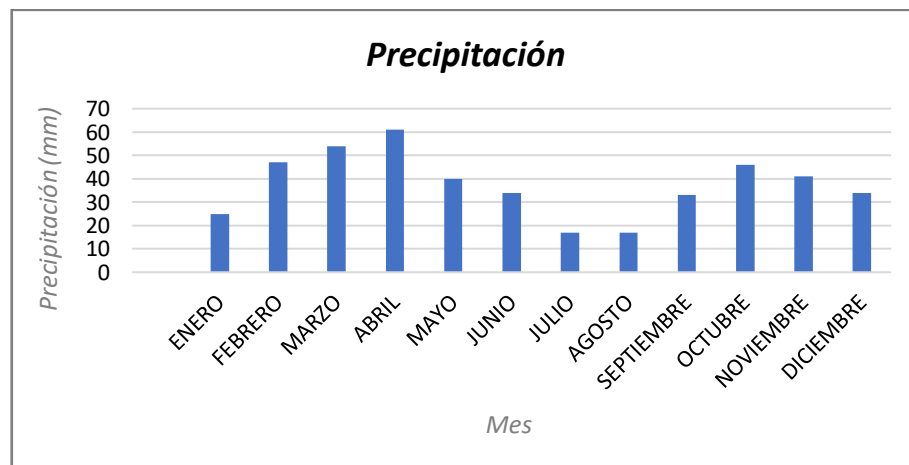
Existe una gran clasificación del tipo de drenaje dependiendo de la localización, de modo que en San José de Chocón cuenta con un drenaje bueno, es decir que dicha zona de construcción se contara con una moderada eliminación del agua, causando que el líquido no ingrese de manera inmediata a las aguas subterráneas, debido a que en algunos horizontes pueden permanecer saturados durante días.(Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guano, 2019).

4.1.5 Precipitación

En conformidad al anuario 2012 por el INAMHI se toma en cuenta los datos de la estación meteorológica de Riobamba (Aeropuerto), debido a que es la más cerca al área de estudio. En la figura 2 se puede observar que el mes de marzo a abril son los días que cuentan con una mayor precipitación, mientras que en julio a agosto existe una disminución, obteniendo un promedio de 37,42 mm al año.(INAMHI, 2012).

Figura 14.

Precipitaciones totales mensual (mm)



4.1.6 Dimensión de los componentes

Por medio de la resolución de los siguientes cálculos, se puede completar la tabla de los volúmenes y áreas del relleno sanitario presentada en (Anexos 1).

- Cálculos de la producción diaria

$$DS_d = 50555,56 \text{ hab} \times 0,36$$

$$DS_d = 18342,49 \text{ kg/día}$$

- Volumen de residuos diarios compactados

$$Vd = \frac{18342,49 \text{ kg/día}}{500 \text{ kg/m}^3}$$

$$Vd = 36,68 \text{ m}^3/\text{día}$$

- Volumen acumulado

$$V_{\text{anual compactado}} = 36,68 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 365 \text{ día}$$

$$V_{\text{anual compactado}} = 13390 \text{ m}^3/\text{año}$$

- Volumen de material de cobertura

$$m.c = 13390 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} \times 0,20$$

$$m.c = 27,78 \text{ m}^3/\text{año}$$

- Volumen anual estabilizado

$$V_{\text{anual}} = \frac{18342,49 \frac{\text{kg}}{\text{día}} * 365 \text{ días}}{600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V_{\text{anual}} = 10300,01 \text{ m}^3/\text{año}$$

- Volumen del relleno sanitario

$$V_{RS} = 13390 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} + 27,78 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

$$V_{RS} = 12978,02 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

- Área requerida

$$A_{RS} = \frac{12978,02 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}}{9,30 \text{ m}}$$

$$A_{RS} = 1107,53 \text{ m}^2$$

- Área total requerida

$$A_T = 1,2 \times 1107,53 \text{ m}^2$$

$$A_T = 1329,03 \text{ m}^2$$

Mediante las siguientes ecuaciones resueltas, se determina que el volumen del relleno sanitario es de $246670,96 \text{ m}^3/\text{año}$ en un área de 3 hectáreas, conociendo de tal manera la capacidad de almacenamiento que tendrá para su vida útil de 15 años y cuanto espacio se requiere durante el periodo de tiempo establecido por medio de cálculos.

4.1.7 Dimensiones de la trinchera

Con la ayuda de la directora encargada de la oficina de Gestión de Ambiente y Riesgo, se determinó que las medidas adecuadas para la trinchera serán de largo 122 m, ancho 20 m y una profundidad de 9,30 m como se ilustra en la (Figura 15). Estas medidas fueron tomadas en cuenta con la finalidad de que los vehículos que ingresen al relleno sanitario y pueden maniobrar de manera sencilla al colocar los desechos.

Figura 15.

Dimensiones de la trinchera del relleno sanitario



4.1.8 Cálculo de sistema de escurrimiento superficial

Luego de conocer los niveles de precipitación de la zona de estudio, se determina el caudal del escurrimiento superficial, mismo que se obtiene al aplicar la (Ecuación 8).

$$Q = 3,73972 \times 10^{-6} \times 25 \text{ mm} \times 25260,72 \text{ m}^2 \times 0,25$$

$$Q = 0,590 \text{ m}^3/\text{s}$$

Con la finalidad de conocer el promedio del caudal anual se presenta la (Tabla 23).

Tabla 22.

Determinación del caudal del relleno sanitario – Cantón Guano

Mes	Precipitación (mm)	Día al mes	Área (m ²)	K	1/t	Q (m ³ /seg)
ENERO	25	31	25260,72	0,25	3,73972E-06	0,590
FEBRERO	47	28	25260,72	0,25	4,1336E-07	0,123
MARZO	54	31	25260,72	0,25	3,73972E-06	1,275
ABRIL	61	30	25260,72	0,25	3,85802E-07	0,149
MAYO	40	31	25260,72	0,25	3,73972E-06	0,945
JUNIO	34	30	25260,72	0,25	3,85802E-07	0,083
JULIO	17	31	25260,72	0,25	3,73972E-06	0,401
AGOSTO	17	31	25260,72	0,25	3,73972E-06	0,401
SEPTIEMBRE	33	30	25260,72	0,25	3,85802E-07	0,080
OCTUBRE	46	31	25260,72	0,25	3,73972E-06	1,086
NOVIEMBRE	41	30	25260,72	0,25	3,85802E-07	0,100
DICIEMBRE	34	31	25260,72	0,25	3,73972E-06	0,803
Promedio	37,42					0,503

A través de la tabla presentada se establece que el mayor caudal de escurrimiento se encuentra entre el mes de marzo con 1,28 m³/seg y octubre con 1,09 m³/seg, por consiguiente, se puede concluir que la generación de lixiviados son valores poco significativos puesto que el promedio mensual es 0,503 m³/seg.

4.1.8.1 Cálculo de drenaje

Aplicando las ecuaciones a la ubicación del relleno se cuenta con:

- Radio hidráulico del medio granular

$$Rh = \frac{0,45 \times 5,45}{6 * 0,02^{1-0,45}}$$

$$Rh = 2,81 \text{ cm}$$

- Velocidad media de percolación

$$V = 52,45 \times 0,45 \times 2,81^{0,5} \times 0,02^{0,54}$$

$$V = 4,78 \text{ cm/seg}$$

- Sección del drenaje

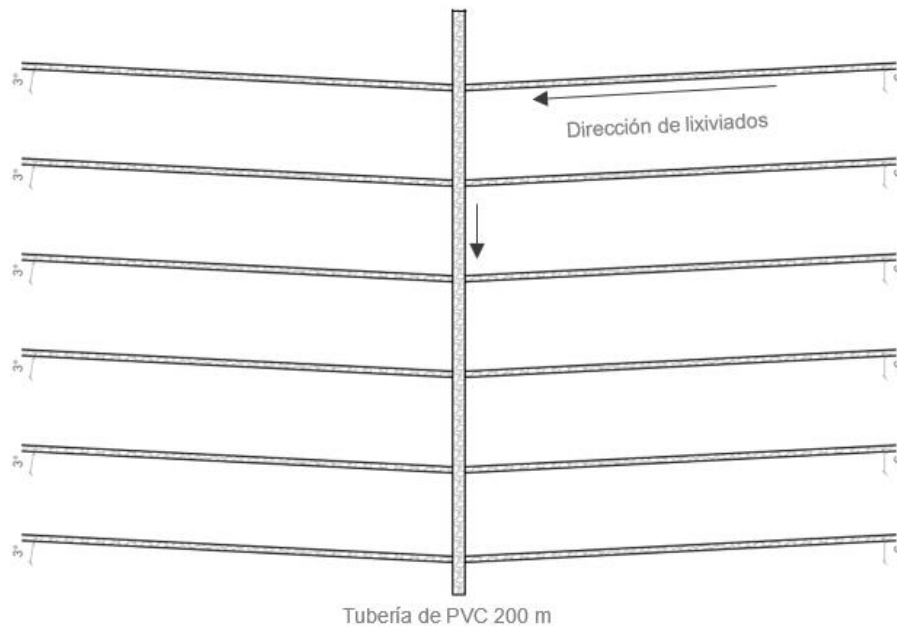
$$S' = 2 \times \left(\frac{0,0003}{4,78} \right)$$

$$S' = 0,00013 \text{ m}^2$$

Posterior a la aplicación de las ecuaciones mostradas anteriormente se obtuvo que el diámetro de las tuberías para los drenes de percolado es de 112,48 mm. Pero se tomó en cuenta la revisión bibliográfica sobre el diámetro de la tubería comercial ya que varía entre 100 a 250 mm, por lo cual se considerará un valor de 200 mm para una mejor evacuación de los lixiviados, de igual forma se considera aplicar una la tubería en forma de espina de pescado para una mejor recolección de los mismo, su representación se encuentra en la (Figura 16).

Figura 16.

Dimensiones de la tubería del drenaje en forma de pescado.

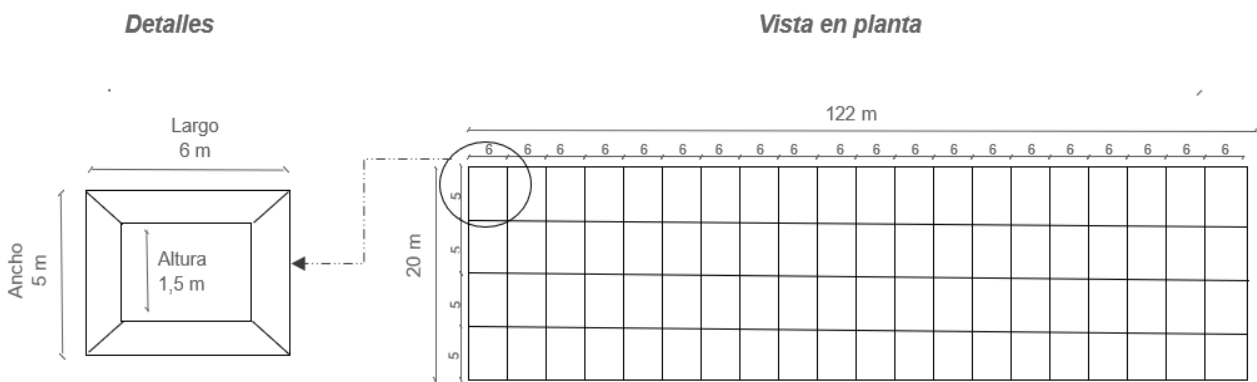


4.1.8.2 Cálculo de celda diaria

Considerando las medidas presentadas para el diseño de la trinchera, se establece un valor de 5 m de ancho para las celdas diarias con una altura de 1,5 m, según lo establecido para un mejor detalle se presentará la (Figura 17).

Figura 17.

Dimensiones de las celdas diarias.



- Área de celda

$$Ac = \frac{44,83}{1,5}$$

$$Ac = 29,89 \text{ m}^2$$

- Largo o avance de la celda

$$L = \frac{29,89}{5}$$

$$L = 5,98 \text{ m}$$

Por medio de las ecuaciones previas, se obtiene el área y el largo de la celda diaria que varía acorde al año, presentada en la (Tabla 24).

Tabla 23.*Dimensiones de la celda*

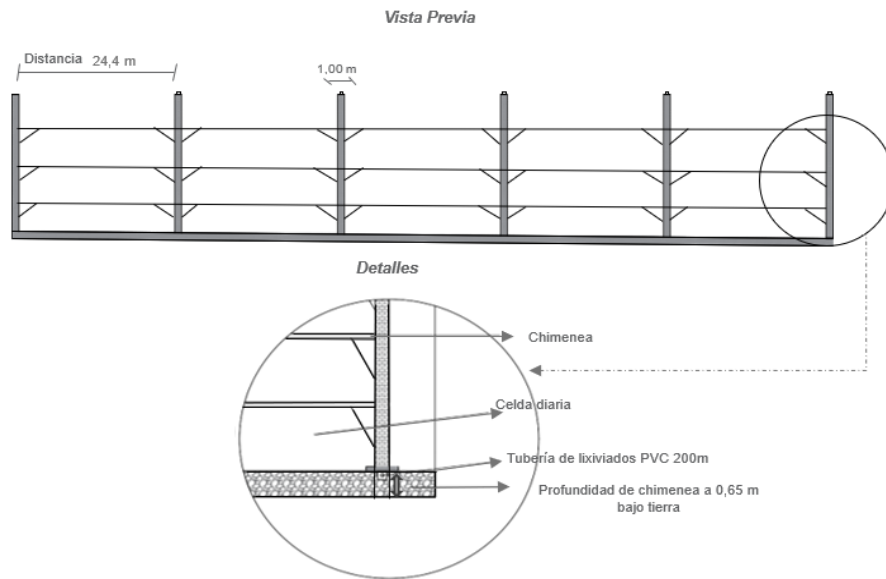
Año	V. Diario (m³/día)	Ancho (m)	Altura (m)	Área (m²)	Largo (m)
2024	44,83	5	1,5	29,89	5,98
2025	45,06	5	1,5	30,04	6,01
2026	45,28	5	1,5	30,19	6,04
2027	45,51	5	1,5	30,34	6,07
2028	45,74	5	1,5	30,49	6,10
2029	45,97	5	1,5	30,64	6,13
2030	46,19	5	1,5	30,80	6,16
2031	46,43	5	1,5	30,95	6,19
2032	46,66	5	1,5	31,11	6,22
2033	46,89	5	1,5	31,26	6,25
2034	47,13	5	1,5	31,42	6,28
2035	47,36	5	1,5	31,57	6,31
2036	47,60	5	1,5	31,73	6,35
2037	47,84	5	1,5	31,89	6,38
2038	48,08	5	1,5	32,05	6,41

4.1.8.3 Chimeneas

La medida tomada en cuenta para la distancia de las chimeneas es de 24,4 m por cada una debido a que la altura de los desechos compactos es menor a 15 m, a su vez al considerar los parámetros establecidos el ancho de las chimeneas será de 1 m a una profundidad de 0,65 m, observándose en la (Figura 18).

Figura 18.

Dimensiones de la distancia y profundidad de la chimenea.



4.1.8.4 Base del relleno sanitario

Se adoptaron los criterios específicos descritos en la tabla 10 para el diseño de la base, los cuales se reflejan en la (Figura 19). Esta elección se fundamenta en la necesidad de minimizar el riesgo de contaminación tanto de las aguas subterráneas como del suelo, asegurando así una infraestructura ambientalmente segura y eficaz para el relleno sanitario.

Figura 19.

Dimensiones de la base del relleno sanitario



CAPÍTULO V

5.1 Conclusiones

- De los datos obtenidos durante la etapa de caracterización se identificó que, el Cantón Guano actualmente tiene un PPC de 0.36 kg/Hab/día con una población de 50556 habitantes y se espera que al año 2038 estos valores asciendan a 0.43 kg/Hab/día y 60409 habitantes. Es importante señalar que al comparar la zona urbana y la zona rural se logró identificar que en la parte rural del Cantón se tiene una producción per cápita de 0.19 kg/Hab/día además de concentrar la mayor parte de la población con 41403 habitantes, mientras que en la zona urbana la producción per cápita disminuye a 0.17 kg/Hab/día y su población se reduce a 9153 habitantes.
- Respecto a la composición de los residuos sólidos se identificó que el grupo de mayor presencia son los de origen orgánico con un 45% del total, compuesto principalmente por restos de comidas y cascaras de frutas, cabe recalcar que no se los consideran aptos para procesos de compost debido a que estos están en contacto prolongado con residuos especiales, en lo que respecta a categorías donde los procesos de reciclaje y reutilización pueden ser aplicados sobre plásticos, papel y cartón, metales y vidrios que cuentan con valores del 14, 13, 5 y 2% respectivamente.
- Se decide la aplican un relleno sanitario semi – mecanizado debido a que las medidas se encuentran dentro de sus parámetros establecidos, en el caso de la población se supera el mínimo de 30 000 habitantes, en lo que concierne a la producción de residuos diarios se cuenta con 18.34 ton/día, valor que está dentro de su capacidad, pues se requiere un mínimo de 6 ton/día hasta un máximo de 50 ton/día.
- Considerando la información obtenida de estudios previos realizados por parte de la municipalidad sobre las características del suelo en la comunidad de San José de Chocón en la cual se plantea la construcción del relleno sanitario, se encontró que estos tiene una inclinación que va del 3 al 5% siendo clasificados como poco inclinado, respecto a las capas freáticas se indica que estas no se encuentran en riesgo, finalmente tiene un tipo de suelo franco – arenoso que facilita los procesos de excavación, a su vez cuenta con una permeabilidad moderada lo cual permite optar por un método de construcción combinado.
- A partir de las operaciones ejecutadas para el diseño de un relleno sanitario con una vida útil de 15 años, se determina que el promedio de residuos que ingresarán al mismo será de

21.79 ton/día lo que anualmente es 8171 toneladas, por lo que, el volumen total de los residuos para el tiempo de vida planificado será de 246670,96 m³ para lo que se considera necesario un área de aproximadamente 3 hectáreas.

- En lo referente a las trincheras, serán de 122 m de largo, 20 m de ancho y 9.3 m de profundidad, para el tiempo de vida útil de 3 años. Las celdas diarias fueron diseñadas con extensiones de 5 m de ancho, una altura de 1.5 m y una longitud de 6 a 7 m que varían en función del tiempo y ocupación de la celda diaria.
- Se obtuvo un caudal promedio de lixiviados de 0.503 m³/s, en función de los criterios descritos para el sistema de drenaje se implementará una tubería de 200 mm y una construcción del sistema en forma de espina de pescado garantizando su funcionamiento ante cualquier sobrecarga de caudal.
- Las chimeneas se ubicarán cada 24 m, a una profundidad de 0.65 m, además se colocarán sobre el sistema de drenaje facilitando la extracción de los gases acumulados y evitando su taponamiento.

5.2 Recomendaciones

- Para la construcción de un relleno sanitario, es crucial contratar un equipo multidisciplinario, ya que es necesario abordar de manera integral los aspectos técnicos, ambientales, sociales y económicos involucrados en la implementación de un proyecto de esta magnitud.
- En lo referente a la gestión de residuos, se recomienda especial atención en aspectos como la clasificación en la fuente y en el área de disposición final. Según la información obtenida, aproximadamente 1.5 toneladas de residuos al mes son recuperadas por recicladores informales que operan en condiciones deficientes y los venden a plantas de reciclaje, sin formar parte de las entidades municipales.
- Finalmente, se recomienda la adquisición de vehículos especializados para los procesos de recolección de residuos y el mantenimiento del relleno sanitario. Estos vehículos podrían ser maquinaria pesada para la compactación y cobertura diaria de los residuos.

6 Bibliografía

- Alfonso, C., & Mejía, Z. (2009). Metodología de diseño para la recogida de residuos sólidos urbanos mediante factores punta de generación: sistemas de caja fija (SCF) A methodology for designing urban solid waste collection by means of extreme generation factors: fixed box systems (FBS). *AGOSTO DE*, 29(2), 119–126.
<http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v29n2/v29n2a19.pdf>
- Burbano, N., Becerra, S., & Pasquel, É. (2015). *INTRODUCCIÓN A LA HIDROGEOLOGÍA DEL ECUADOR*. www.inamhi.gob.ec
- Caldera, Y., Sulbarán, D., Márquez, Y., Mendoza, I., & Fuentes, L. (2015). Situación ambiental generada por el vertedero a cielo abierto “Pedregalito” en el municipio Cabimas de Venezuela. In *Depósito legal ppi* (Vol. 10).
- Catanhede, A., Monge, G., Sandoval, L., & Chumpitaz, C. (2005). *Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos*.
- Constitución de la Republica del Ecuador. (2008). CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. In *Registro Oficial* (Vol. 449, Issue 20). www.lexis.com.ec
- COOTAD. (2019). *CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACION TERRITORIAL, COOTAD*. www.lexis.com.ec
- Corporación de Cuencas de Tolima. (2014). *Formulación POMCA Río Luisa y otros directos al Magdalena, Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica*.
- Cortes, J., Antonio González, J., Rufino, H., Riba, L., & Cobo, E. (2014). *Tamaño muestral*. http://www.ub.edu/ceea/sites/all/themes/ub/documents/Tamano_muestral.pdf
- Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos de Bolivia. (2010). *Guía para la Implementación, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios*.
- Eguizábal, R. (2008). *Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual*.
- EP PETROECUADOR. (2022). *Manejo de residuos peligrosos y no peligrosos 2022*.
- GADM del Cantón Guano. (2015). *PDOT Guano 2018*.
- Galvis, J. (2016). *Residuos sólidos: problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución*.
- Gisbert, B., Manuel, J., & Ramón, M. (2018). *LA TEXTURA DE UN SUELO*.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guano. (2019). *Actualización del Plan de Ordenamiento Territorial y Desarrollo del Cantón Guano 2019 - 2024*.

- Gobierno Parroquial de Valparaíso. (2010). *PARROQUIA-VALPARAISO (1)*.
- INAMHI. (2012). *INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA ANUARIO METEOROLÓGICO*.
- INEC. (2010). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos 2010*.
- INEC. (2014). *Disposición Final Adecuada Para los residuos Sólidos*.
- INEC. (2022). *Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales 2021*. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2021/Residuo_solidos_2021/Presentaci%C3%B3n%20residuos%202021%20v07JA_CGTP%20\(R%20Rev%20CGTPE\)%20\(R%20Dicos\).pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2021/Residuo_solidos_2021/Presentaci%C3%B3n%20residuos%202021%20v07JA_CGTP%20(R%20Rev%20CGTPE)%20(R%20Dicos).pdf)
- Jaramillo, J. (2002). *GUÍA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS MANUALES*. <http://www.cepis.ops-oms.org>
- MAE-PNGIDS. (2016). *Ficha Informativa de Proyecto 2016 MAE-Ministerio del Ambiente Subsecretaría de Calidad Ambiental Dirección Nacional de Control Ambiental PROYECTO: K009 MAE-Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (MAE-PNGIDS)*.
- Mayorga, J. (2014). *Servicios de consultoría para los estudios y diseños definitivos para la gestión integral de los desechos sólidos para los GAD'S: Pucara, Guano, Sigchos y San Lorenzo, paquete #6 de GADS del convenio MAE - AME*.
- Ministerio del Ambiente del Perú. (2015). *Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de Caracterización para Residuos Sólidos Municipales*.
- Ministerio del Ambiente del Perú. (2017). *Guía para el Diseño y Construcción de Infraestructuras de Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales*.
- Monge, A. (2015). *La Codificación En El Método De Investigación De La Grounde-5248462*.
- Montoya, A. (2012). *Caracterización de Residuos Sólidos (Issue 4)*.
- Montoya, F. (2012). *Caracterización de Residuos Sólidos (Issue 4)*.
- Municipalidad De Loja, I., Röben, E., & Entwicklungsdienst, D.-D. (2002). *DED-Deutscher Entwicklungsdienst Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales*. www.ded.org.ecwww.municipioloja.comwww.ded.org.ecwww.municipioloja.com
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2023). *PROYECTO DE RESOLUCIÓN PARA DISPONER EL USO DE MADERA PLÁSTICA ELABORADA A PARTIR DEL RECICLADO DE RESIDUOS POST CONSUMO Y POST INDUSTRIAL*.

NORMA MEXICANA NMX-AA-015-1985. (1985). *SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL NORMA MEXICANA NMX-AA-015-1985 PROTECCION AL AMBIENTE-CONTAMINACION DEL SUELO-RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES-MUESTREO-METODO DE CUARTEO.*

OPS/CEPIS. (2002). *GUÍA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS MANUALES.* <http://www.cepis.ops-oms.org>

PNGIDS. (2019). *Proyecto: Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS).* <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/5.PROYECTO-PNGIDS.pdf>

Reglamento al Código Orgánico del Ambiente. (2019). *REGLAMENTO AL CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE.* www.lexis.com.ec

TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE. (n.d.). www.lexis.com.ec

Weather Spark. (2024). *Datos meteorológicos de Guano (Ecuador).* <https://es.weatherspark.com/download/20025/Descargar-datos-meteorol%C3%B3gicos-de-Guano-Ecuador>

7 Anexos

Anexo 1.

Tabla de los volúmenes y áreas del nuevo relleno sanitario

Año	Población (hab)	GPC	Cantidad de desechos sólidos			Volumen de desechos sólidos			Estabilizado anual (m3/año)	Relleno Sanitario		Area Relleno Estabilizado	Area Total (m2)
			Diarios (kg/día)	Anual (ton/año)	Acumulad o (ton/año)	Diario compacta do (m3/día)	Anual (m3/año)	Material cobertura m3/año		VRS	Acumulad o (m3)		
2023	49916,63	0,36	17881,79	6526,85	6526,85	35,76	13053,7	2610,74	10041,31	12652,05	12652,05	1079,71	1295,65
2024	50555,56	0,36	18342,49	6695,01	13221,86	36,68	13390,0	2678,00	10300,01	12978,02	25630,07	1107,53	1329,03
2025	51202,68	0,37	18815,06	6867,50	20089,36	37,63	13735,0	2747,00	10565,38	13312,38	38942,45	1136,06	1363,28
2026	51858,07	0,37	19299,81	7044,43	27133,79	38,60	14088,9	2817,77	10837,59	13655,36	52597,81	1165,33	1398,40
2027	52521,85	0,38	19797,05	7225,92	34359,71	39,59	14451,8	2890,37	11116,80	14007,17	66604,98	1195,36	1434,43
2028	53194,13	0,38	20307,10	7412,09	41771,80	40,61	14824,2	2964,84	11403,22	14368,05	80973,03	1226,15	1471,38
2029	53875,02	0,39	20830,29	7603,05	49374,86	41,66	15206,1	3041,22	11697,01	14738,23	95711,26	1257,74	1509,29
2030	54564,62	0,39	21366,95	7798,94	57173,80	42,73	15597,9	3119,58	11998,37	15117,94	110829,20	1290,15	1548,18
2031	55263,05	0,40	21917,45	7999,87	65173,66	43,83	15999,7	3199,95	12307,49	15507,44	126336,64	1323,39	1588,06
2032	55970,41	0,40	22482,13	8205,98	73379,64	44,96	16412,0	3282,39	12624,58	15906,97	142243,61	1357,48	1628,98
2033	56686,83	0,41	23061,35	8417,39	81797,03	46,12	16834,8	3366,96	12949,84	16316,79	158560,40	1392,46	1670,95
2034	57412,43	0,41	23655,50	8634,26	90431,29	47,31	17268,5	3453,70	13283,47	16737,18	175297,58	1428,33	1714,00
2035	58147,30	0,42	24264,96	8856,71	99288,00	48,53	17713,4	3542,68	13625,71	17168,39	192465,97	1465,13	1758,16
2036	58891,59	0,42	24890,12	9084,89	108372,89	49,78	18169,8	3633,96	13976,76	17610,71	210076,68	1502,88	1803,45
2037	59645,40	0,43	25531,38	9318,95	117691,85	51,06	18637,9	3727,58	14336,85	18064,43	228141,12	1541,60	1849,92
2038	60408,86	0,43	26189,17	9559,05	127250,89	52,38	19118,1	3823,62	14706,22	18529,84	246670,96	1581,31	1897,58
Pomedio			21790						Σ=	246670,96		Area (m2)	25260,72
			21.79 ton/día							15416,94		Area (ha)	3

Anexo 2.

Medición del peso del vehículo vacío en la báscula



Anexo 3.

Medición del peso del vehículo lleno en la báscula



Anexo 4.

Recolección de información, a través de las personas que se hallan dentro de la celda emergente
– comunidad Valparaíso



Anexo 5.

Selección de muestras dentro de la celda emergente



Anexo 6.

Separación de las muestras en 4 secciones diferentes aplicando el método de cuarteo



Anexo 7.

Aplicación del método del cuarteo para su respectiva clasificación



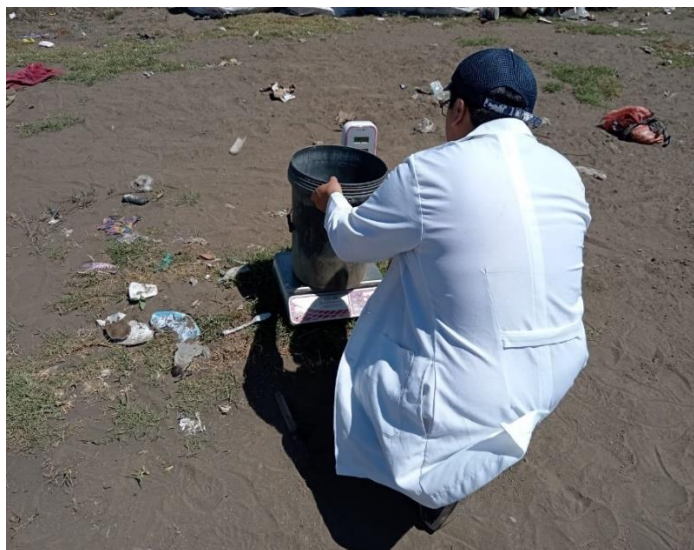
Anexo 8.

Medición de las muestras clasificadas en la balanza



Anexo 9.

Medición del peso del balde vacío, para la obtención de los datos del peso volumétrico de los residuos.



Anexo 10.

Medición del peso del balde lleno, para la obtención de los datos del peso volumétrico de los residuos.



Anexo 11.

Revisión de información en el GAD municipal de Guamo junto a la Ingeniera María Yáñez



Anexo 12.

Caracterización de los residuos sólidos de la ruta domiciliaria del Cantón Guano – Primer muestreo S1

<i>Semana 1</i>								
	Materia orgánica	Papel y cartón	Vidrios	Metales	Textiles	Plásticos y polietileno	Otros	Producción (kg/semana)
Lunes	19,67	6,85	0,93	1,15	5,94	7,36	1,51	43,41
Martes	18,27	5,64	0,73	1,29	6,97	6,91	1,97	41,78
Miércoles	22,91	6,73	0,69	0,95	6,72	6,27	0,59	44,86
Jueves	18,94	6,09	1,07	1,02	6,31	6,73	1,23	41,39
Viernes	20,49	6,27	0,3	1,37	7,24	7,41	1,7	44,78
Domingo	21,97	5,09	0,5	1,7	5,09	7,09	3,12	44,56
Total	122,25	36,67	4,22	7,48	38,27	41,77	10,12	260,78
%	47%	14%	2%	3%	15%	16%	4%	100%

Anexo 13.

Caracterización de los residuos sólidos de la ruta domiciliaria del Cantón Guano – Primer muestreo S2

<i>Semana 2</i>								
	Materia orgánica	Papel y cartón	Vidrios	Metales	Textiles	Plásticos y polietileno	Otros	Producción (kg/semana)
Lunes	22,84	5,16	0,73	1,46	6,19	6,64	1,67	44,69
Martes	19,73	6,27	0,5	1,97	6,51	7,31	1,31	43,6
Miércoles	22,47	5,91	0,73	1,29	7,09	6,02	1,01	44,52
Jueves	19,26	6,09	0,54	0,67	6,97	7,03	0,94	41,5
Viernes	20,97	5,73	1,06	1,43	6,35	6,52	0,56	42,62
Domingo	20,73	5,98	0,97	1,39	6,22	6,29	2,9	44,48
Total	126	35,14	4,53	8,21	39,33	39,81	8,39	261,41
%	48%	13%	2%	3%	15%	15%	3%	100%

Anexo 14.

Caracterización de los residuos sólidos de la ruta de tachos del Cantón Guano – Primer muestreo S1

<i>Semana 1</i>								
	Materia orgánica	Papel y cartón	Vidrios	Metales	Textiles	Plásticos y polietileno	Otros	Producción (kg/semana)
Lunes	21,36	1,24	0,67	2,57	7,16	8,31	2,13	43,44
Martes	19,49	0,67	0,97	3,21	7,03	7,23	1,67	40,27
Miércoles	20,58	2,67	1,03	2,37	6,15	6,79	1,34	40,93
Jueves	20,67	1,98	0,98	2,67	6,46	6,47	1,63	40,86
Viernes	21,83	2,3	1,036	1,59	6,27	8,46	2,19	43,676
Sábado	21,97	1,46	0,51	2,19	6,19	7,26	1,84	41,42
Total	125,9	10,32	5,196	14,6	39,26	44,52	10,8	250,596
%	50%	4%	2%	6%	16%	18%	4%	100%

Anexo 15.

Caracterización de los residuos sólidos de la ruta de tachos del Cantón Guano – Primer muestreo S2

<i>Semana 2</i>								
	Materia orgánica	Papel y cartón	Vidrios	Metales	Textiles	Plásticos y polietileno	Otros	Producción (kg/semana)
Lunes	20,17	5,19	0,73	2,69	6,43	4,64	3,57	43,42
Martes	20,62	6,51	0,5	2,46	6,13	5,01	3,11	44,34
Miércoles	19,37	5,09	0,93	3,73	6,76	4,92	2,53	43,33
Jueves	20,04	5,97	0,54	2,91	6,94	5,03	2,98	44,41
Viernes	19,79	6,35	1,06	2,16	5,97	4,52	3,33	43,18
Sábado	21,62	6,13	0,85	1,97	6,38	4,28	2,97	44,2
Total	121,61	35,24	4,61	15,92	38,61	28,4	18,49	262,88
%	46%	13%	2%	6%	15%	11%	7%	100%

Anexo 16.

Caracterización de los residuos sólidos de la ruta de comunidades del Cantón Guano – Primer muestreo S1

<i>Semana 1</i>								
	Materia orgánica	Papel y cartón	Vidrios	Metales	Textiles	Plásticos y polietileno	Otros	Producción (kg/semana)
Miércoles	7,87	12,89	0,92	2,98	8,99	5,65	4,37	43,67
Jueves	8,7	10,26	0,76	2,46	8,48	3,62	5,25	39,53
Viernes	7,99	11,06	0,79	1,96	7,79	4,88	4,71	39,18
Total	24,56	34,21	2,47	7,4	25,26	14,15	14,33	122,38
%	20%	28%	2%	6%	21%	12%	12%	100%

Anexo 17.

Caracterización de los residuos sólidos de la ruta de comunidades del Cantón Guano – Primer muestreo S2

<i>Semana 2</i>								
	Materia orgánica	Papel y cartón	Vidrios	Metales	Textiles	Plásticos y polietileno	Otros	Producción (kg/semana)
Miércoles	7,92	9,39	0,84	2,98	11,69	5,86	3,91	42,59
Jueves	6,69	8,73	0,78	2,05	10,56	4,72	4,56	38,09
Viernes	7,42	8,58	0,81	2,32	10,54	4,94	3,74	38,35
Total	22,03	26,7	2,43	7,35	32,79	15,52	12,21	119,03
%	19%	22%	2%	6%	28%	13%	10%	100%

Anexo 18.

Caracterización de los residuos sólidos de la ruta domiciliaria del Cantón Guano – Segundo muestreo S1

<i>Semana 1- Domiciliario</i>								
	Materia orgánica	Papel y cartón	Vidrios	Metales	Textiles	Plásticos y polietileno	Otros	Producción (kg/semana)
Lunes	11,45	2,28	0,39	0,86	4,43	1,94	3,09	24,44
Martes	10,82	1,97	0,37	0,95	3,61	1,87	3,82	23,41
Miércoles	10,87	2,29	0,46	0,61	3,55	2,03	4,08	23,89
Jueves	11,06	2,33	0,64	0,74	3,25	2,53	3,98	24,53
Viernes	10,66	2,45	0,52	0,88	4,09	2,16	4,01	24,77
Domingo	11,91	1,68	0,27	0,62	4,34	1,72	3,14	23,68
Total	66,77	13	2,65	4,66	23,27	12,25	22,12	144,72
%	46%	9%	2%	3%	16%	8%	15%	100%

Anexo 19.

Caracterización de los residuos sólidos de la ruta de tachos del Cantón Guano – Segundo muestreo S2

<i>Semana 2 – Tachos</i>								
	Materia orgánica	Papel y cartón	Vidrios	Metales	Textiles	Plásticos y polietileno	Otros	Producción (kg/semana)
Lunes	10,56	1,45	0,46	1,32	4,32	1,11	3,11	22,33
Martes	10,83	2,03	0,36	0,93	3,46	0,99	3,33	21,93
Miércoles	11,33	1,84	0,72	1,21	3,55	1,02	2,84	22,51
Jueves	10,78	1,92	0,67	0,98	4,16	0,82	2,82	22,15
Viernes	11,06	1,32	0,39	0,84	3,73	1,01	2,96	21,31
Sábado	12,04	2,09	0,63	0,88	3,68	0,9	3,37	23,59
Total	66,6	10,65	3,23	6,16	22,9	5,85	18,43	133,82
%	27%	4%	1%	2%	9%	2%	7%	100%

Anexo 20.

Caracterización de los residuos sólidos de la ruta de comunidades del Cantón Guano – Segundo muestreo S3

<i>Semana 3 – Comunidades</i>								
	Materia orgánica	Papel y cartón	Vidrios	Metales	Textiles	Plásticos y polietileno	Otros	Producción (kg/semana)
Miércoles	4,5	3,46	0,34	1,33	6,07	2,44	4,84	22,98
Jueves	4,39	3,61	0,42	1,19	4,29	2,73	5,01	21,64
Viernes	3,99	2,96	0,48	0,98	5,22	2,85	4,82	21,3
Total	12,88	10,03	1,24	3,5	15,58	8,02	14,67	65,92
%	20%	15%	2%	5%	24%	12%	22%	100%

Anexo 21.

Peso de los vehículos para la ruta domiciliaria

<i>Peso de vehículo para la ruta domiciliaria</i>				
Día	Tipo de vehículo	Vehículo cargado (Kg)	Vehículo vacío (Kg)	Basura generada (Kg)
Lunes	Recolector IZUSU	16110	11280	8980
	Recolector IZUSU	15430		
Martes	Recolector IZUSU	17740	11280	6460
	Recolector IZUSU	15890		
Miércoles	Recolector IZUSU	14880	11280	8210
	Recolector IZUSU	16530		
Jueves	Recolector IZUSU	16560	11280	5250
Viernes	Recolector IZUSU	15480	11280	5280
	Recolector IZUSU	15670		
Domingo	Recolector IZUSU			
Total	7128			

Anexo 22.

Peso de los vehículos para la ruta de comunidades

<i>Peso de vehículo para la ruta de comunidades</i>				
Día	Tipo de vehículo	Vehículo cargado (Kg)	Vehículo vacío (Kg)	Basura generada (Kg)
Miércoles	Volqueta #17 HMA 1069	11850	7840	4010
Jueves	Volqueta #17 HMA 1069	10650	7840	4940
	Volqueta #17 HMA 1069	9970		
Viernes	Volqueta #17 HMA 1069	9870	7840	2030
Total	3660			

Anexo 23.

Peso de los vehículos para la ruta de tachos

<i>Peso de vehículo para ruta tachos</i>				
Día	Tipo de vehículo	Vehículo cargado (Kg)	Vehículo vacío (Kg)	Basura generada (Kg)
Lunes	Volqueta #18 HMA 1069	10960 9570	7840	4850
Martes	Volqueta #18 HMA 1069	10560	7840	2720
Miércoles	Volqueta #18 HMA 1069	10030 10110	7840	4460
Jueves	Volqueta #18 HMA 1069	10720	7840	2880
Viernes	Volqueta #18 HMA 1069	11140	7840	6210
	Volqueta #18 HMA 1069	10750		
Sábado	Volqueta #18 HMA 1069	10290	7840	2450
Total	3928			

Anexo 24.

Oficio al GAD Municipal de Guano para la obtención de diversos documentos

Guano, 03 de mayo de 2023

Arq.

Byron Montero Calderón

DIRECTOR DE GESTIÓN DE PLANIFICACIÓN DEL GADM-CG

Presente. –

De mi consideración:

Yo, Verónica Escudero, **DIRECTORA DE GESTIÓN DE RIESGOS Y MEDIO AMBIENTE DEL GADM-CG**, muy respetuosamente me dirijo a Ud., para expresarle el más cordial y atento saludo.

Por medio del presente quiero darle a conocer que la Srta. **LESLY DAYANA VELASCO TIPAN**, portadora de la C.C. **0606155703**, alumna de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Chimborazo, se encuentra realizando un “Diseño de un Relleno Sanitario para la disposición final de los Desechos Sólidos para el cantón Guano”, tema que es de titulación para presentación de su Tesis, en tal virtud la señorita ha solicitado ayuda por lo cual pido a Ud., como Director de Gestión de Planificación, le ayude proporcionándole los mapas digitales del cantón Guano, fundamentales para la realización de su trabajo final.

Por la favorable atención que dé a la presente, anticipo mis más sinceros agradecimientos.

Atentamente



**DIRECTORA DE GESTIÓN DE RIESGOS
Y MEDIO AMBIENTE DEL GADM-CG**