

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Propuesta de un diseño de relleno sanitario para el
distrito de Sicaya - Huancayo - 2023**

Ricardo Jhordan Gomez Aguilar

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Steve Dann Camargo Hinostroza
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 14 de mayo de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

“PROPUESTA DE UN DISEÑO DE RELLENO SANITARIO PARA EL DISTRITO DE SICAYA, HUANCAYO – 2023”

Autores:

1. Ricardo Jhordan Gomez Aguilar – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma “Turnitin” y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 20 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas: 16 SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a mis padres que estuvieron desde el inicio de toda esta etapa universitaria desde que era un cachimbo, hasta el proceso de titulación y que seguirán estando posteriormente.

Agradezco profundamente a mi asesor por su guía y paciencia, sus palabras y correcciones precisas que me brindó durante toda la etapa de elaboración de tesis, gracias por su guía y todos sus consejos que desde que lo conocí en los primeros cursos con él llevo grabados hasta el momento y lo seguiré llevando en mi futuro profesional.

Finalmente, agradecer a las personas que estuvieron en diferentes momentos, abuelos, tíos, amigos, primos y demás personas que conocí en el transcurso que aportaron a mi desarrollo personal y profesional.

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico primeramente a mis padres, quienes me formaron todo el tiempo hasta llegar a la persona que soy, los valores que sembraron en mí y el coraje para alcanzar todas mis metas, docentes de la Universidad Continental, de los cuales aprendí diversos aspectos profesionales durante todo el transcurso de estos años, a mis amigos y compañeros que convivimos y compartimos momentos de enseñanzas.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	4
DEDICATORIA	5
RESUMEN.....	14
INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	18
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	18
1.1.1. Planteamiento del Problema.....	18
1.1.2. Problema General.....	20
1.1.3. Problemas Específicos.....	20
1.2. Objetivos	20
1.2.1. Objetivo general	20
1.2.2. Objetivos específicos.....	20
1.3. Justificación e importancia.....	20
1.3.1. Teórica.....	20
1.3.2. Ambiental	21
1.3.3. Social.....	21
1.3.4. Económica.....	21
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes de la investigación	22
2.1.1. Antecedentes Internacionales	22
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	26
2.1.3. Antecedentes Regionales y Locales	30
2.2. Bases teóricas	32
2.2.1. Relleno Sanitario	32
2.2.2. Definición de Residuos Sólidos	32
2.2.2.1. Propiedades de los Residuos Sólidos	32
2.2.2.1.1. Propiedades Físicas de los Residuos Sólidos	33
2.2.2.1.2. Propiedades Químicas de los Residuos Sólidos	34
2.2.2.1.3. Propiedades Biológicas de los Residuos Sólidos	34
2.2.3. Tipos de Relleno Sanitario	35
2.2.3.1. Relleno Sanitario Manual.....	35
2.2.3.2. Relleno Sanitario Semi-mecanizado	35
2.2.3.3. Relleno Sanitario Mecanizado.....	35
2.2.4. Ventajas y Desventajas de un Relleno Sanitario	35
2.2.5. Diseño de Infraestructura de Relleno Sanitario.....	36

2.2.5.1.	Residuos aceptables e inaceptables en un relleno sanitario.....	36
2.2.5.2.	Estudios Básicos.....	37
2.2.5.2.1.	Estudio Demográfico.....	37
2.2.5.2.2.	Estudio de Caracterización de residuos.....	38
2.2.5.2.3.	Estudio de suelo	41
2.2.5.3.	Diseño del Relleno Sanitario.....	41
2.2.5.3.1.	Selección del método	41
2.2.6.	Cálculos de capacidad volumétrica de las trincheras y plataformas	42
2.2.7.	Cálculo del volumen necesario para el relleno sanitario	43
2.2.8.	Volumen de Residuos Sólidos.....	43
2.2.9.	Volumen de Material de Cobertura	44
2.2.10.	Volumen del relleno sanitario	44
2.2.11.	Cálculo de área requerida.....	45
2.2.12.	Cálculo de vida útil del relleno.....	45
2.2.13.	Cálculo de la generación de lixiviados.....	46
2.2.14.	Distribución de la Infraestructura.....	46
2.2.15.	Construcción, operación y cierre del relleno sanitario	47
2.2.15.1.	Construcción.....	47
2.2.15.2.	Operación	47
2.2.15.3.	Cierre y post cierre	48
2.3.	Bases legales	49
2.3.1.	Ley General del Ambiente – Ley N° 28611.....	49
2.3.2.	Ley Orgánica de Municipalidades – Ley N° 27972.....	49
2.3.3.	Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos – Decreto Legislativo N° 1278....	50
2.3.4.	Decreto Legislativo N° 1501	50
2.3.5.	Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado.....	50
2.4.	Definición de términos básicos	51
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA		53
3.1.	Método y alcance de la investigación.....	53
3.1.1.	Método General.....	53
3.1.2.	Método Específico.....	53
3.1.3.	Tipo de investigación	53
3.1.4.	Nivel de investigación.....	54
3.2.	Diseño de la investigación.....	54
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN		55

4.1.1.	Ubicación General.....	55
4.2.	Análisis de la solución.....	55
4.2.1.	Parámetros de generación per cápita, densidad y composición de residuos sólidos.	55
4.2.2.	Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos	56
4.2.2.1.	Generación total de residuos y generación per cápita	56
4.2.2.2.	Densidad suelta de los residuos sólidos municipales	57
4.2.2.3.	Composición física de los residuos sólidos domiciliarios.....	57
4.2.2.4.	Composición física de los residuos sólidos no domiciliarios.....	58
4.2.2.5.	Composición física de los residuos sólidos no domiciliarios especiales.....	59
4.2.2.6.	Humedad de los residuos sólidos municipales	60
4.2.3.	Estudio de sitio apropiado para ubicación a nivel de estructura del relleno sanitario del Distrito de Sicaya.....	60
4.2.3.1.	Calles y Red Vial.....	60
4.2.3.2.	Hidrología.....	62
4.2.3.3.	Zona Urbana y Tipo de Suelo.....	63
4.2.3.4.	Capacidad de uso mayor de suelos.....	64
4.2.3.5.	Meteorología y Climatología.....	65
4.2.3.5.1.	Datos de Estación	65
4.2.3.5.2.	Meteorología	66
4.2.3.5.3.	Viento.....	68
4.2.3.5.4.	Nubes.....	70
4.2.3.6.	Flora y Fauna.....	71
4.2.3.7.	Zonificación Ecológica y Económica.....	72
4.2.3.8.	Curvas de Nivel y elevación.....	73
4.2.3.9.	Geología	74
4.2.3.10.	Pendientes.....	74
4.2.3.11.	Napa freática	75
4.2.3.12.	Zonificación Sísmica.....	75
4.2.4.	Delimitación de áreas de influencia	76
4.2.5.	Evaluación de parámetros	77
4.2.6.	Identificación de tipo de relleno sanitario	81
4.2.7.	Selección de método de relleno sanitario	82
4.3.	Diseño	83
4.3.1.	Tasa de Crecimiento Poblacional	83
4.3.2.	Fórmula de crecimiento poblacional	83

4.3.3.	Proyección poblacional	83
4.3.4.	Generación Per cápita.....	85
4.3.5.	Proyección de generación de residuos sólidos	85
4.3.6.	Proyección de producción anual.....	88
4.3.7.	Cálculo del volumen necesario.....	91
4.3.8.	Volumen de los residuos sólidos en el relleno sanitario.....	95
4.3.8.1.	Volumen diario estabilizado.....	95
4.3.8.2.	Volumen anual compactado	96
4.3.8.3.	Volumen de material de cobertura	97
4.3.8.4.	Volumen del relleno sanitario	98
4.3.9.	Cálculos de área requerida	99
4.3.9.1.	Área parcial	99
4.3.9.2.	Área total	100
4.3.10.	Vida útil.....	101
4.3.11.	Cálculos de zanja.....	101
4.3.11.1.	Volumen de zanja.....	101
4.3.11.2.	Dimensiones de la zanja.....	101
4.3.12.	Cálculos de celda diaria.....	102
4.3.12.1.	Cantidad de Residuos Sólidos Municipales que se dispondrá.....	103
4.3.12.2.	Volumen de la celda diaria.....	103
4.3.12.3.	Dimensiones de la celda diaria.....	104
4.3.13.	Proyección de la demanda del servicio de aprovechamiento de materia orgánica 105	
4.3.14.	Cálculo del volumen de compostaje.....	107
4.3.15.	Cálculo de dimensiones de la planta de compostaje	107
4.3.15.1.	Cálculo del ancho total de rumas	107
4.3.15.2.	Cálculo de la longitud de ruma.....	108
4.3.15.3.	Cálculo de longitud total	109
4.3.15.4.	Cálculo de área total de planta de compostaje.....	110
4.3.16.	Cálculo de generación de lixiviados.....	111
CONCLUSIONES		114
RECOMENDACIONES		115
TRABAJOS FUTUROS		116
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		117
ANEXOS.....		123

Índice de Tablas

Tabla 1: Ventajas y Desventajas de un Relleno Sanitario.	35
Tabla 2: Población del Distrito de Sicaya.	55
Tabla 3: Generación total de residuos sólidos en el distrito de Sicaya - Huancayo, 2023.	56
Tabla 4: Densidad total de los residuos sólidos del distrito de Sicaya, 2023.	57
Tabla 5: Humedad de residuos domiciliarios de Sicaya.	60
Tabla 6: Humedad de residuos no domiciliarios de Sicaya.	60
Tabla 7: Ríos presentes en el Distrito de Sicaya.	62
Tabla 8: Uso mayor de suelos.	64
Tabla 9: Datos de Estación Meteorológica.	65
Tabla 10: Datos meteorológicos.	66
Tabla 11: Área total de los sitios posibles para el relleno sanitario.	77
Tabla 12: Evaluación de parámetros.	77
Tabla 13: Identificación de tipo de relleno sanitario.	82
Tabla 14: Delimitación regional de población.	83
Tabla 15: Tasa de crecimiento de la población de Sicaya.	84
Tabla 16: Proyección de la población urbana de Sicaya.	84
Tabla 17: Datos de población y generación per cápita.	85
Tabla 18: Proyección de generación de residuos en Sicaya.	86
Tabla 19: Generación de residuos sólidos (Según sector)	87
Tabla 20: Composición de los residuos sólidos domiciliarios en Sicaya.	88
Tabla 21: Generación de residuos domiciliarios (No reaprovechables).	88
Tabla 22: Composición de los residuos sólidos no domiciliarios en Sicaya.	89
Tabla 23: Composición de los residuos sólidos no domiciliarios especiales en Sicaya.	89
Tabla 24: Generación de residuos no domiciliarios (No reaprovechables).	90
Tabla 25: Datos de demanda del servicio de aprovechamiento de residuos.	91
Tabla 26: Proyección de residuos sólidos reciclables.	91
Tabla 27: Proyección de residuos sólidos compostables.	92
Tabla 28: Generación municipal de residuos sólidos (Sicaya).	94
Tabla 29: Volumen diario de residuos sólidos.	96
Tabla 30: Volumen anual de residuos sólidos a disponer.	97
Tabla 31: Volumen de material de cobertura.	97

Tabla 32: Volumen del relleno sanitario acumulado.....	98
Tabla 33: Cálculo de área parcial del relleno sanitario.	99
Tabla 34: Cálculo de área total requerida para el diseño del relleno sanitario.....	100
Tabla 35: Proyección de materia orgánica.	105
Tabla 36: Demanda de aprovechamiento de materia orgánica.....	106
Tabla 37: Volumen de compostaje.	107
Tabla 38: Ancho de rumas.....	108
Tabla 39: Longitud de rumas.....	108
Tabla 40: Resultados de longitud total.	109
Tabla 41: Área total de planta de compostaje.....	110

Índice de Figuras

Figura 1: Ubicación del Distrito de Sicaya.....	55
Figura 2: Composición Física de residuos sólidos domiciliarios de Sicaya.....	55
Figura 3: Composición física de residuos no domiciliarios del distrito de Sicaya.....	58
Figura 4: Composición física de residuos no domiciliarios especiales del distrito de Sicaya.	59
Figura 5: Mapa de calles - Distrito de Sicaya.....	61
Figura 6: Red Vial - Distrito de Sicaya.	60
Figura 7: Mapa hidrológico - Distrito de Sicaya.	61
Figura 8: Mapa de Zona Urbana y Tipo de suelo - Distrito de Sicaya.....	62
Figura 9: Mapa de Uso mayor de suelos.	63
Figura 10: Temperatura anual año 2022.....	65
Figura 11: Humedad relativa año 2022.	65
Figura 12: Precipitación año 2022.....	66
Figura 13: Dirección del viento en Sicaya.....	67
Figura 14: Dirección del viento en Sicaya.....	68
Figura 15: Categorías de nubosidad en Sicaya.....	69
Figura 16: Mapa de ZEE de Sicaya.	70
Figura 17: Mapa de Curvas de nivel y Elevación.....	73
Figura 18: Geología del distrito de Sicaya.	72
Figura 19: Mapa de pendientes de Sicaya.	72
Figura 20: Calicata.	73
Figura 21: Zonificación sísmica de Sicaya.....	73
Figura 22: Delimitación de sitios.	74
Figura 23: Dimensionamiento de zanjas.	100
Figura 24: Diseño de la celda diaria.	103
Figura 25: Dimensiones de ruma.....	107
Figura 26: Esquema de planta de compostaje.	108
Figura 27: Diseño de planta de compostaje.....	109
Figura 28: Diagrama de flujo de proceso de disposición final y relleno sanitario.	111

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1: Tasa de crecimiento poblacional.	83
Ecuación 2: Fórmula de crecimiento poblacional.	83
Ecuación 3: Generación diaria de residuos sólidos domiciliarios.	85
Ecuación 4: Generación anual de residuos sólidos domiciliarios.	86
Ecuación 5: Volumen diario estabilizado.	96
Ecuación 6: Volumen de residuos anual compactado.	96
Ecuación 7: Volumen de material de cobertura.	97
Ecuación 8: Área parcial requerida.	99
Ecuación 9: Volumen de zanja.	101
Ecuación 10: Longitud de zanja.	102
Ecuación 11: Cantidad de residuos sólidos que se dispondrá.	103
Ecuación 12: Volumen de celda diaria.	103
Ecuación 13: Área de celda.	104
Ecuación 14: Largo o avance de celda.	104
Ecuación 15: Área de zona de compostaje.	106
Ecuación 16: Volumen de compostaje.	107
Ecuación 17: Dimensiones de planta de compostaje.	107
Ecuación 18: Cálculo de longitud de ruma.	108
Ecuación 19: Cálculo de longitud total.	109
Ecuación 20: Cálculo de área total de planta de compostaje.	110
Ecuación 21: Cálculo de generación de lixiviados.	111

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo proponer un diseño de relleno sanitario para el Distrito de Sicaya, provincia de Huancayo, departamento de Junín. Para ello, se realizaron estudios para la selección de área en donde se realizará la construcción a nivel de infraestructura. La metodología empleada fue ejecutada según la guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre del relleno sanitario manual. Según los resultados obtenidos de la evaluación con procesamiento de datos en ArcMap, se propone la Alternativa 01 (SICUNA), la cual cuenta con un área de 226 Ha. Además, el sitio seleccionado cumple con las características requeridas como son la distancia de las viviendas, distancia de cuerpos de agua siendo el principal el Río Mantaro con una distancia $> 1\text{Km}$. El diseño de infraestructura conlleva un área de 0.61 hectáreas que dentro de esta se realizará el relleno sanitario manual, la cual, a su vez, abarca diez zanjas en las que irán los residuos generados en los próximos 10 años que se proyectaron. Asimismo, cuenta con celdas diarias con medias de 6 metros de ancho, 4.1 metros de largo y 4 metros de profundidad, una planta de valorización para el compostaje, además de áreas administrativas como son la garita de seguridad, dormitorios para el turno nocturno, almacén, comedor, baños, áreas de pesaje, área de compostaje, área de segregación. El diseño como se menciona tiene una vida útil de 10 años desde el año 0 o año de inicio de operaciones del relleno sanitario.

Palabras claves: Relleno sanitario, residuos sólidos, residuos aprovechables, ArcGIS, residuos no aprovechables, zanjas, compostaje, celdas diarias, segregación en fuente.

ABSTRACT

The objective of this research is to propose a landfill design for the Sicaya District, province of Huancayo, department of Junín. For this, studies were carried out to select the area where the construction will be carried out at the infrastructure level. The methodology used was executed according to the design, construction, operation, maintenance and closure guide of the manual landfill. According to the results obtained from the evaluation with data processing in ArcMap, Alternative 01 (SICUNA) is proposed, which has an area of 226 Ha. In addition, the selected site meets the required characteristics such as distance from the homes, distance from bodies of water, the main one being the Mantaro River with a distance $> 1\text{Km}$. The infrastructure design entails an area of 0.61 hectares within which the manual sanitary landfill will be made, which in turn covers ten ditches in which the waste generated in the next 10 years will go. Likewise, it has daily cells with averages of six meters wide, 4.1 meters long and 4 meters deep, a recovery plant for composting, as well as administrative areas such as: the security checkpoint, bedrooms for the night shift, warehouse, dining room, bathrooms, weighing areas, composting area, segregation area. The design as mentioned has a useful life of 10 years from year 0 or the year the landfill begins operations.

Keywords: Sanitary landfill, solid waste, usable waste, ArcGIS, non-usable waste, ditches, composting, daily cells, source segregation.

INTRODUCCIÓN

Durante el transcurso de la historia, el ser humano ha empleado diferentes formas de lograr su supervivencia. Para ello, se valió de actividades antropogénicas que generan distintos tipos de residuos, que toma como principal fuente la materia prima como son la madera, metal, entre otros, los cuales, actualmente, generan un deterioro ambiental como forma de residuo sólido o comúnmente llamado basura (1). En el Perú, cuenta con 12 rellenos sanitarios para 1851 distritos de las cuales solo dos de ellos son considerados rellenos de seguridad. Por esta misma, razón se busca mecanismos nuevos para combatir el incremento de residuos los cuales tienen afectación a la salud y el ambiente, principalmente, que tiene en cuenta que se va reduciendo la calidad de vida, la salud visual y va en incremento la generación de vectores como son moscas y roedores que hurgan en los residuos que no son tratados adecuadamente. Para ello, se implementaron estrategias de manejo de residuos sólidos a través de infraestructuras para su manejo y, también, instrumentos ambientales para su regulación (2).

El valor agregado de la presente investigación se haya en emplear modelos espaciales GIS mediante la superposición de mapas y escenarios que se presentan en todo el distrito de Sicaya con el fin de determinar el sitio adecuado para la disposición final de residuos sólidos.

En la actualidad, el Distrito de Sicaya no cuenta con un relleno sanitario para el tratamiento y disposición de los residuos sólidos, por lo que se propone el proyecto actual con el objetivo de diseñar un relleno sanitario para el Distrito de Sicaya, Huancayo 2023. La investigación conlleva la siguiente estructura:

El capítulo I es conformado por las generalidades, el planteamiento y formulación del problema, el planteamiento de objetivos en base a la identificación del problema, la justificación e importancia de la investigación en los ámbitos ambiental, social y económica.

El capítulo II, donde se describe el marco teórico y antecedentes recolectados en relación con la investigación, toma en cuenta los niveles internacionales, nacionales y locales.

En el capítulo III, se detalla la metodología a emplearse para diseñar el relleno sanitario y las generalidades de la población del Distrito de Sicaya.

El capítulo IV, en el que se realiza el análisis y diseño de la propuesta para el diseño del relleno sanitario, se emplean datos y la selección de área para el nivel de infraestructura.

Finalmente, un capítulo en el que se mencionan las conclusiones de la investigación y diseño, además de posibles aplicaciones a trabajos futuros empleando como base la presente investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del Problema

El manejo de residuos sólidos es un problema a nivel global que afecta a toda persona sin discriminación, en el que tanto Gobierno como personas deciden como gestionar desde el punto de consumo hasta su disposición. Por ello, se toma en importancia la afectación a la salud, la eficiencia laboral y el estado de la limpieza en las poblaciones, puesto que estos residuos generan contaminación en cuerpos de agua, que generan estas obstrucciones en los alcantarillados, generación de vectores pudiendo estos últimos transmitir enfermedades diversas (1).

El problema con los residuos sólidos en el distrito de Sicaya inicia desde las comunidades y las familias que conforman estos grupos, en donde son estos últimos los principales generadores de residuos debido a las diversas actividades que se desarrollan en todo el poblado.

En diversos distritos del Perú, se presentan problemas referentes a la prestación de servicios por parte de los municipios, los cuales no poseen instrumentos ambientales actualizados como son los de caracterización de residuos sólidos, lo cual conlleva a un mal manejo de los residuos sólidos municipales. Estos tipos de instrumentos son los puntos de partida para la formulación de planes de manejo, estudios ambientales y proyectos de inversión pública por lo que es necesario que estos sean actualizados y hechos periódicamente (2).

El tratamiento de residuos sólidos corresponde a los gobiernos locales o municipales y estos son desarrollados con la implementación de herramientas para la eficiencia de las vista sanitaria y económica, estas herramientas necesitan tener un seguimiento y control que permitan la mejora continua y asegure su continuidad a través del tiempo (3).

Al ser una sociedad basada en el consumismo, las personas generan residuos propios de las actividades heterogéneas que estos desarrollan, por ende, es que se desarrollan proyectos e infraestructuras que puedan ayudar a controlar

cada aspecto que tiene la generación de residuos sólidos para poder controlarlos, manejarlos y puedan ser dispuestos de forma correcta en estructuras que sean rentables y tengan los lineamientos adecuados para su no afectación al medio ambiente (4).

Debido a la carencia de cultura ambiental por parte de la población de Sicaya, La principal reacción del mal manejo de residuos se presenta principalmente en la degradación ambiental siendo esta visualmente, lo cual lleva a una forma de vida no adecuada y poco salubre. En varias poblaciones, se tiene la intervención directa de personas que se acercan estos puntos de acopio de residuos, que son botaderos con el fin de sacar materia reaprovechables o comercializable lo cual genera mayor riesgo de contaminación y propagación de enfermedades (5).

En Sicaya, se desarrollan los programas para mejorar la cultura de segregación en la que diferentes viviendas se involucran en conjunto con las entidades pertinentes para lograr un objetivo en común y mejorar su propia calidad de vida, que tiene en cuenta la correcta separación de residuos orgánicos e inorgánicos principalmente (6).

En el distrito de Sicaya, actualmente, los residuos sólidos municipales son destinados al botadero “El Molino”, que, actualmente, está en recuperación y adapta material de cobertura lo cual no controla los diferentes problemas que genera el dejar a tajo abierto los residuos sólidos, por lo que el presente trabajo busca encontrar el sitio adecuado para la infraestructura de un relleno sanitario con el empleo de datos geoespaciales, estudio de suelos y requerimientos por la guía de diseño de rellenos sanitarios teniendo en cuenta el entorno de la población para la toma de datos (7).

1.1.2. Problema General

- ¿Cuáles son las características para la propuesta de relleno sanitario para el distrito de Sicaya, provincia de Huancayo, departamento de Junín – 2023?

1.1.3. Problemas Específicos

- ¿Cuáles son los parámetros para determinar la estructura y dimensiones del relleno sanitario en el distrito de Sicaya, Huancayo?
- ¿Cuál sería el sitio adecuado para la ubicación a nivel de infraestructura que cumpla con los requisitos técnicos y legales del relleno sanitario en el distrito de Sicaya, Huancayo?
- ¿Qué tipo de diseño de relleno sanitario es adecuado para el distrito de Sicaya, Huancayo?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Proponer un diseño de relleno sanitario para el distrito de Sicaya, Huancayo – 2023.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar parámetros (Generación per cápita, densidad y composición) realizando la interpretación del estudio de caracterización de residuos sólidos del distrito de Sicaya, Huancayo
- Identificar el sitio adecuado para la ubicación a nivel de infraestructura del relleno sanitario del distrito de Sicaya, Huancayo al año 2023
- Seleccionar el tipo de diseño de relleno sanitario adecuado para el distrito de Sicaya, Huancayo – 2023

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Teórica

A nivel teórico, se busca contribuir a través de métodos científicos y metodológicos con el diseño de la infraestructura para el manejo y disposición final de los residuos sólidos del distrito de Sicaya – Huancayo, para que, por consiguiente, los demás interesados tomen de ancla la presente investigación y pueda adaptarlo a su entorno con el fin de realizar un adecuado manejo de

residuos sólidos municipales de su localidad. El adecuado manejo de los residuos sólidos siempre será un desafío enfocando al ciudadano para la preservación del medio ambiente con el fin de reducir los niveles de contaminación y riesgos de enfermedades que estos producen actualmente (8).

1.3.2. Ambiental

A nivel ambiental, actualmente, el distrito de Sicaya no cuenta con un relleno sanitario propio, puesto que sus residuos son dispuestos en botaderos, con esto de base, es necesario un mejor manejo de los residuos sólidos municipales teniendo en cuenta todas las etapas desde la generación hasta su disposición final. Con el fin de cumplir con los indicadores de sustentabilidad, se desarrollará el proyecto que tuvo en cuenta todos los posibles escenarios de degradación ambiental para evitar cualquier tipo de inconveniente a nivel ambiental (9).

1.3.3. Social

A nivel social, un relleno sanitario que pueda abastecer al distrito de Sicaya con la adecuada disposición final hará que haya un trabajo en conjunto con la población propia del lugar, que hace posible reducir la contaminación que se presenta en su entorno y mejora la calidad de vida de cada poblador, además de evitar las enfermedades por vectores que se pueden formar (2).

1.3.4. Económica

En la parte económica, se basa en gran parte a la comercialización de residuos reaprovechables los cuales generan una cantidad considerable de ingresos, que brindan formas de empleabilidad a los pobladores en extrema pobreza y disminuyen el volumen de disposición final en el relleno sanitario, lo cual ayuda de diferentes formas a controlar los costos de adquisición del terreno, previene el degradado ambiental en los ecosistemas (10).

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Angie Ortega, Diego Marín y Nelly Castro, en su investigación *Problemas de la Generación, Disposición y Tratamiento de los Residuos Sólidos en el Municipio de Quibdó, Colombia*, determinan que “La gestión integral de los residuos sólidos constituye un desafío enfocado al cuidado y preservación del medio ambiente; teniendo en cuenta que la mayoría de la población no realiza una separación en la fuente de manera adecuada [...]. En este sentido, además de la falta de cultura ciudadana reflejada en una inadecuada separación en la fuente, se suma la deficiencia en materia de disposición final de residuos, llevada a cabo en el botadero a cielo abierto “Marmolejo”, que ocasiona importantes impactos negativos sobre el medio ambiente y la salud pública [...]” (8). Con esta investigación, se determina la similitud de casos que se presenta tanto a nivel nacional como internacional y su relación con la disposición de manejo de residuos que son por medio de botaderos.

Machorro Román, Areli; Rosano-Ortega, Genoveva; Tavera-Cortés, María Elena; Flores-Trujillo, Juan Gabriel; Maimones Celorio, María Rosa; Martínez Tavera, Estefanía; Martínez-Gallegos, Sonia; Rodríguez Espinosa y Pedro Francisco, en su investigación *Sustentabilidad y evaluación del impacto ocasionado por el relleno sanitario del municipio de Carmen en Campeche, México*, dan a conocer la forma de medir los impactos ambientales que se relacionan al desarrollo sustentable en la actividad de disposición final de residuos sólidos urbanos mediante un relleno sanitario, el cual fue designado en zona de manglares. Esta presenta una degradación al medio ambiente, lo que afecta negativamente al desarrollo sustentable, que obtiene, a través de muestras de suelos y agua, existen contaminantes en los cuerpos de agua circundantes al relleno sanitario generando un alto nivel de contaminación (9).

Yal Güzde y Akgün Haluk, en su investigación *Selección de relleno sanitario y diseño de revestimiento de vertedero para Ankara, Turquía*, toman en cuenta la tasa de crecimiento poblacional de Ankara para proponer proyectos para satisfacer necesidades futuras de la eliminación de residuo sanitarios de la

ciudad. Durante el estudio, se realizan estudios de multicriterio para la toma de decisiones con la aplicación de información geográfica para obtener las proximidades de material de contención del vertedero que será empleada para el revestimiento, medios de agricultura, erosión del suelo, cobertura vegetal y sistemas de lineamientos (11). Ellos son tomados para el actual diseño de relleno sanitario.

Shi-Jin Feng, Shao-Jie Wu y Qi-Teng Zheng, en su investigación *Método de diseño de un vertedero de residuos aerobios con capas modificadas divididas por material grueso*, se propone un concepto de vertedero aeróbico modificado con cubiertas intermedias de material grueso. Con la finalidad de tener un mejor manejo de parámetros, como aireación activa y aireación pasiva, mejora en un 5% más comparado a un relleno sanitario común, que indica una mejor circulación de los gases que se emiten en un relleno sanitario para mejorar los niveles de generación de lixiviados, disminuir la temperatura, acelerar la estabilización del relleno y mejoramiento de la generación de gases domésticos (12).

Eugeniusz Koda, Piotr Osinski, Anna Podlasek, Anna Markiewiez, Jan Winkler y Magdalena Daria, en su investigación *Aproximaciones geo ambientales en un proceso de recuperación de un antiguo vertedero municipal: Expectativas vs realidad*, durante la investigación, el grupo busca formas de solucionar algunas deficiencias de rellenos sanitarios municipales, que tienen en cuenta la forma del vertedero, la estabilidad de la pendiente y geotecnia. También, buscan formas de reducir la contaminación de estos. El estudio, además, mostró que tanto las barreras verticales como los sistemas de drenaje de lixiviados pueden mejorar la condición de las comunidades de plantas en los alrededores de los vertederos. En consecuencia, los trabajos de recuperación no cambian fundamentalmente la función de un vertedero, pero sí limitan sus impactos negativos en el medio ambiente, como reducir la propagación de contaminantes en el suelo y el agua, proteger las laderas de la erosión, reducir el polvo, permitir el establecimiento de nueva vegetación., cubierta, para mejora la calidad visual del paisaje. La investigación demostró que los resultados de recuperación esperados solo pueden alcanzarse si se

proporcionan enfoques complejos y un monitoreo constante al ejecutar los trabajos de recuperación (13).

Areli Machorro, Genoveva Rosario, María Tavera, Juan Flores, María Maimone, Estefanía Martínez, Sonia Martínez y Pedro Rodríguez, en su investigación *Sustentabilidad y evaluación del impacto ocasionado por el relleno sanitario del municipio de Carmen en Campeche, México*, el estudio realizado del relleno sanitario del municipio de la ciudad del Carmen, con indicadores ambientales, indican que el relleno sanitario ubicado en zona de manglares tiene un impacto negativo hacia el ambiente, lo cual indica una falta de presencia de desarrollo sostenible, que es el agua el mayor afectado con DBO y DQO a niveles elevados. Estos se verán según los criterios ambientales para la selección de sitio con el fin de evitar los impactos ambientales (14).

Hussein I. Abdel, Amr M. Ibrahim, Ahmed M. Al-Sulaiman y Raouf A. Okasha, en su investigación titulada *Lixiviados de vertederos: fuentes, naturaleza*, durante la fase metanogénica, se registró un lixiviado más estable, a concentraciones relativamente bajas, en la investigación se profundiza la generación de lixiviados en los rellenos sanitarios y su margen elevado de DQO Y DBO en los diferentes puntos ambientales que son para monitoreo como el agua, suelo y aire principalmente (15). Para ello, se tomará en cuenta las medidas afectadas para el diseño del cerco y accesos al relleno sanitario.

C. Scheutz, Z. Duan, J. Moller y P. Kjeldsen, en su investigación titulada *Evaluación ambiental de la mitigación de gases de vertederos utilizando biocobertura y recolección de gas con utilización de energía en rellenos sanitarios antiguos*, se llevó a cabo una evaluación ambiental basada en el ciclo de vida sobre la mitigación de las emisiones de gases de los rellenos sanitarios, mediante la implementación de la biocobertura y la recolección de gases, junto con la utilización de energía en los vertederos antiguos, a través del cual se evaluaron los impactos ambientales potenciales en la categoría “Cambio climático”, que fueron calculados. En todos los escenarios, los sistemas de recolección de biocobertura y gas con utilización de energía llevaron a mejoras ambientales significativas en comparación con el escenario de referencia sin acción de mitigación de emisiones. La combinación de la recolección de gas con la utilización de energía y la posterior instalación de

una biocubierta vio mejoras importantes en comparación con donde solo estaban en vigor la recolección de gas y la utilización de energía. Finalmente, se concluye que una biocobertura bajo los supuestos dados es ambientalmente más apropiada que la recolección y utilización de gas en vertederos antiguos, principalmente, debido a las emisiones de metano que se escapan a través de la cubierta del vertedero durante y después del período de recolección de gas, que desempeñan un rol crucial en esta última situación. Mantener una alta eficiencia de oxidación de metano para una biocubierta durante la vida útil de un vertedero es vital para reducir los impactos ambientales (16).

Cristian Hernández, en su investigación titulada (Beneficios económicos, sociales y ambientales en el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos), se presenta el reaprovechamiento de residuos sólidos urbanos que son la mayor generación en Caquetá, Colombia. Por ello, se detalla los planes que realizan los Gobiernos para poder un aprovechamiento de estos residuos para beneficio de algunas poblaciones en extrema pobreza, como son la generación de empleos, y minimizar el ingreso de residuos a los rellenos sanitarios, lo cual conlleva a una reducción del costo de terrenos, construcción y operación. Asimismo, disminuye el pasivo ambiental que se generaría al evitar la afectación al suelo, agua y aire principalmente (17). Ello será empleado para el manejo del relleno sanitario y el plan de manejo de residuos sólidos en la población de Sicaya.

Angie Ortega, Diego Marín y Nelly Elmira, en su investigación titulada *Problemas de la Generación, Disposición y Tratamiento de los Residuos Sólidos en el Municipio de Quibdó, Colombia*. Esta investigación toma como punto de partida la generación y segregación en fuente la cual al no ser realizada correctamente refleja una deficiencia previa a la disposición final de residuos. Este artículo principalmente da a conocer las formas en las que los municipios de la localidad de Quibdó manejan los residuos sólidos, por lo cual la investigación se enfoca en la problemática actual y los retos que tiene la municipalidad en materia de manejo de residuos sólidos, que implementan nuevas medidas para la segregación de residuos, nuevos planes de manejo ambiental a nivel local, entre otros, que se deben evaluar previamente para lograr una optimización adecuada de la calidad ambiental (18).

Jeong Sangjae, Park Jeryang, Min Kim Yeong, Ho Park Man y Young Kim Jae, en su investigación titulada *Innovación en el diseño de redes de cámaras de flujo para emisiones superficiales de metano de rellenos sanitarios utilizando modelos de interpolación espacial*, se realiza un estudio para calcular los puntos óptimos de muestreo de gases provenientes de la degradación de residuos sólidos que se generan en los rellenos sanitarios. Con esta investigación, se puede controlar con mayor eficiencia los gases, lixiviados y parámetros de afectación al ambiente que se puedan generar y, con ello, buscar formas nuevas de controlarlos. También, se puede apreciar el uso de la tecnología de interpolación espacial para aplicación de control e implementación de nuevos métodos (19).

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Gerardo Pereda y Aurea Vigo, en su investigación titulada *Diseño de relleno sanitario para el Distrito de Magdalena, Cajamarca – 2021*, tiene como meta el diseño de un relleno sanitario para el distrito de Magdalena que permita albergar 6 toneladas de residuos generados diariamente. En esta ocasión, se recurrió al método de trinchera o zanja según los estudios topográficos realizados (20).

Alberto Flores y Shelsen Cubas, en su investigación titulada *Diseño de un relleno sanitario manual en el distrito de Japelacio, San Martín*, durante esta investigación, se realizaron procesos secuenciales según actividades como son caracterización de residuos sólidos, cálculo del área y volumen del relleno, selección del sitio y cálculo del impacto ambiental que generará el relleno sanitario. “En la evaluación del impacto ambiental del relleno se observa impactos tanto positivos como negativos en las etapas de construcción operación y cierre. Se concluye que la propuesta de relleno sanitario manual servirá a los gestores municipales para tomar decisiones en cuanto a manejo adecuado de los residuos sólidos [...]” (21).

Yesenia Escobar, en su investigación titulada *Propuesta de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de un relleno sanitario manual en el distrito de Cusipata año 2016*, “[...] El Estudio se realizó en el Distrito de Cusipata, Provincia de Quispicanchis, departamento del Cusco.

Primero, se procedió a recopilar y analizar toda la información existente de la zona involucrada en el estudio, como topografía, datos estadísticos poblacionales y demográficos, estudios geológicos, biológicos, hidrológicos, a fin de disponer de un panorama total del ambiente donde se desarrollara las actividades del Relleno Sanitario, luego se evaluó las características físicas y biológicas de la zona de estudio (área de influencia), a fin de poder realizar el estudio referencial de Sitio para el Relleno Sanitario. Se realizó el estudio de Caracterización de Residuos Sólidos, así como también el Diagnóstico de Sistema de Gestión de Residuos Sólidos del distrito de Cusipata. Terminado los estudios anteriores, se procedió a diseñar el Relleno Sanitario y realizar la Evaluación e Impactos Ambientales del proyecto. El presente estudio es de mucha relevancia para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos y, sobre todo, para la calidad medioambiental de este Distrito de Cusipata. De los resultados obtenidos en los diversos estudios, se determinó una producción per cápita de residuos sólidos de 0.3 kg/día-hab., un área total para el Relleno Sanitario de 1 hectárea para una vida útil de 10 años [...]” (22).

Yesser Ichpas y Jomeld Sanchez, en su investigación titulada *Sitios óptimos para rellenos sanitarios mediante sistemas de información geográfica para la ciudad de Huancavelica*, se afirmó que “El trabajo de investigación se desarrolló con la finalidad de localizar sitios para rellenos sanitarios mediante sistemas de información geográfica (SIG) para la ciudad de Huancavelica, que se encuentra entre los distrito, provincia y departamento de Huancavelica. El área total de estudio está dada por el distrito de Huancavelica, que se encuentra entre los pisos altitudinales de 3500 a los 5087.5 m.s.n.m. con una extensión superficial total de 50803.54 ha, se planteó el objetivo: Localizar sitios óptimos para rellenos sanitarios mediante sistemas de información geográfica para la ciudad de Huancavelica. La investigación fue aplicada, de nivel descriptivo, de diseño no experimental, transeccional causal. Se empleó un instrumento de investigación (adaptado de la tabla de calificación propuesto por el Ministerio del Ambiente.) validado mediante el juicio de expertos para calificar sitios para rellenos sanitarios en malo, regular, bueno y muy bueno. Los cálculos que permitieron localizar los sitios para rellenos sanitarios se realizaron con la ayuda del Software Arc GIS 10.8. Esto permitió elaborar un modelo

cartográfico donde se simbolizaron los datos de entrada, procedimientos espaciales aplicados en el SIG, y los valores asignados a cada parámetro, que determinan así los sitios muy buenos para relleno sanitarios. Como resultado de esta investigación, se pudo localizar 7 sitios muy buenos que comprenden un área total 127.88 ha y representa el 0.25 % con respecto al área de estudio total. Asimismo, fue posible la elaboración de los mapas temáticos del área de estudio [...]” (4).

Walter Román, en su investigación titulada *Diseño de un Relleno Sanitario por el método combinado para la disposición final de los residuos sólidos, en el distrito de San José de Sisa, Provincia del Dorado y Región San Martín, 2018*, tuvo como principal alcance diseñar un relleno sanitario por el método combinado para la disposición final de residuos sólidos, que es , finalmente, de funcionamiento manual concorde a la envergadura de la generación de residuos que genera la localidad de San José de Sisa, que es 4.02 ha las destinadas para la construcción de la infraestructura (23).

Constante Cruz, en su investigación titulada *Modelamiento y Simulación de un Relleno Sanitario semi-mecanizado*, para lograr el objetivo de esta investigación se empleó el uso de la herramienta Matlab R2014a, con la que se adicionará los parámetros y variables pertinentes en las diferentes etapas de elaboración. Se tiene como resultado final el área requerida según los parámetros de residuos sólidos municipales, domiciliarios y factor de área (24).

Consuelo Chambergó, en su investigación titulada *Propuesta de un diseño de relleno sanitario manual para residuos municipales en el distrito de Zaña – provincia de Chiclayo, Lambayeque –Perú, 2019*, afirma que los objetivos fueron la caracterización de los residuos sólidos, valorización de los residuos sólidos y criterios para el diseño del relleno sanitario manual. Es una población de 9394 habitantes con una generación baja de residuos sólidos menor a 1 Kg/habitante/día. Se adoptó el método de zanja y el relleno sanitario manual por la misma cantidad de residuos generados por la población diariamente (25).

Yara Merino, en su investigación titulada *Diseño de un Relleno Sanitario Manual para Residuos Sólidos Generados en el Centro Poblado Morro Sama, Las Yaras -Tacna*, tuvo como objetivo diseñar un relleno sanitario manual, que

tomó como base la caracterización de los residuos sólidos para minimizar la contaminación generada por los residuos generados por la población de Morro Sama. “Los resultados logrados del estudio indican que la GPC en el Centro Poblado Morro Sama es de 0.393kg/persona/día, asimismo, la composición de residuos orgánicos domiciliarios es de 24 % mientras los residuos orgánicos no domiciliarios es de 20%. La composición per-cápita de los residuos domiciliarios es de 0.339 kg/persona/día mientras los residuos no domiciliarios son de 0.531kg / persona/ día. La densidad promedio es de 442.26 Kg / m³ y una humedad de 49.57 %. El diseño del relleno sanitario manual tiene un volumen de 1602 m³. La generación per cápita de residuos sólidos generados respecto a la media regional es de 0.58 kg/hab. mientras que la generación per cápita en el Centro Poblado Morro Sama es de 1.04 kg/hab. La generación per cápita de residuos sólidos domiciliaria en el morro sama es menor a la media regionales de 0.82kg/hab. mientras que la generación media que la generación per cápita en el Centro Poblado Morro Sama es de 0.98032 kg/ha, se diseñó el relleno sanitario manual con 3 zanjas de residuos sólidos con una proyección de 10 años [...]” (26).

Luis Sanchez y Augusto Pérez, en su investigación titulada *Propuesta de diseño de relleno sanitario para el distrito de Baños del Inca, Cajamarca 2021*, para el estudio del diseño, se realizó con una guía que el Ministerio del Ambiente maneja para abarcar los parámetros de diseño que comprende todos los procesos desde diseño hasta plan de abandono de un relleno sanitario. “[...] Los cálculos obtenidos fueron la proyección de crecimiento poblacional hasta el año 2031, que resultaron 53047 habitantes; el cálculo de la capacidad útil del relleno basado en el área mínima requerida más las áreas adicionales, y obtuvo así dos áreas 57191.85m² y 66723.83m²; cálculo de la vida útil (capacidad útil del diseño). Esta no es menor a 10 años bajo normas técnicas; y el cálculo de generación de lixiviados se basa en el porcentaje de la precipitación, que resultó ser 28.86m³/día. Asimismo, en función al factor de generación, se obtuvo 11661.49m³/año. Se concluyó así que la propuesta del relleno sanitario es viable para el distrito de Baños del Inca [...]” (27).

Bryan Sotomollo, en su investigación titulada *Diseño de un relleno sanitario mecanizado para el distrito San Jerónimo, provincia y región del Cusco*, se

propone un diseño que durará 15 años basándose en la generación de residuos generados por la población con una generación cercana a 2,000,000 m³ en los que se implementará un agregado para la minimización de lixiviados en las piscinas de almacenamiento siendo utilizado un sistema de intercambio de calor, el cual empleará el mismo biogás que generará el relleno sanitario. El objeto utilizado para realizar dicho proceso será un evaporador con una capacidad de 400 galones por hora, que es este proceso forzado, por lo que el costo de construcción del relleno sanitario ascenderá para la implementación de este nuevo proceso (28).

2.1.3. Antecedentes Regionales y Locales

Estefani Jiménez, en su investigación titulada *Modelamiento espacial de los parámetros de calidad de sitio para la disposición final de los residuos sólidos en el distrito de Chilca, provincia de Huancayo, departamento de Junín -2017*, el trabajo tuvo como objetivo determinar zonas adecuadas para disposición final de residuos sólidos tomando como base los lineamientos técnicos y legales que fueron llevados a GIS con el fin de determinar el lugar adecuado en el distrito de Chilca. “Los cálculos que permitieron localizar los sitios para rellenos sanitarios se realizaron con la ayuda del Software ArcGIS. 10.2.2 Esto permitió elaborar un modelo GIS utilizando la metodología de superposición de escenarios mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS), donde se expresan los datos de entrada, procedimientos espaciales aplicados en el GIS, y los valores asignados a cada parámetro, determinando así los sitios muy buenos para relleno sanitarios. Como resultado de esta investigación, se pudo localizar 6163 sitios muy buenos que cumplen con más de 14 parámetros propuestos, comprenden un área total de 707.637 Ha. y representa el 25.879% con respecto al área de estudio total, así mismo fue posible la elaboración de los mapas temáticos del área de estudio [...]” (29).

Julissa Ricaldi, Milagros Huamán y Nisha Callupe, en su investigación titulada *Diseño de un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos municipales en el distrito de El Tambo - Huancayo 2021*, afirma que “El presente proyecto tiene como finalidad proponer un diseño de relleno sanitario para el distrito de El Tambo mediante la valorización de los residuos

aprovechables, para ello, se realizaron estudios previos para la selección de área donde se construirá el relleno sanitario. La metodología empleada fue la guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado. Según los resultados de la evaluación, se propone la alternativa 01, que cuenta con un área de 6.51 hectáreas y un perímetro de 1084 metros. Además, el sitio elegido se encuentra a una distancia aproximada de 630 metros de las viviendas y la longitud que lo separa del río Shullcas (río más cercano) es de 2761 metros. El diseño de la infraestructura abarca un área de 6.51 hectáreas que contará con un relleno sanitario semi-mecanizado con diez zanjas cuyas medidas son de 121.18 metros de largo, 35 metros de ancho y una profundidad de 4 metros. Asimismo, contará con 365 celdas de 73 por 5 con cuyas dimensiones de 7 metros de largo y 1.66 metros de ancho, y una profundidad de 4 metros, dos plantas de valorización: una de reciclaje y una de compostaje, entre otras áreas complementarias como pesaje, servicios higiénicos, comedor y una vida útil de 10 años [...]” (30).

Kamily Lozano y Josue Asarpay, en su investigación titulada *Propuesta de un Relleno Sanitario para el adecuado manejo de residuos sólidos municipales en el distrito de Huáchac –Junín*, “Los botaderos son consecuencia de la inadecuada gestión de residuos sólidos, contaminan el medio ambiente, generando vectores, focos de infección, malos olores, gases y lixiviados, como es el caso del distrito de Huáchac. Ante esta problemática, la presente revisión tiene como objetivo mostrar el dimensionamiento, capacidad y vida útil de un relleno sanitario manual para el manejo de residuos sólidos. En la metodología, se determinó el número de muestras para la caracterización de residuos, obteniéndose 0.387 kg/Hab-día de GPC. Se propuso 10 años como tiempo de vida, proyección de residuos y proyección de población, con estos datos se calculó el volumen mínimo útil (VMU), que es de 9267.22 m³; esto se establece parámetros de diseño a fin de que la capacidad sea mayor al VMU, dando como resultado 9472 m³ de capacidad. Con los datos obtenidos, se determinó 10 años y 77 días el tiempo de vida útil. Se concluye que el relleno sanitario manual es un método factible en el distrito de Huáchac para mejorar la disposición de residuos sólidos, el diseño está relacionado con el tiempo de vida útil, necesitándose un terreno mínimo de 2816 m² [...]” (31).

Zally Moza y Gabriela Quispe, en su investigación titulada *Análisis de la relación entre la segregación en la fuente de generación y el valor económico de los residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Sicaya, Huancayo, 2021*, la investigación tuvo como objetivo obtener el valor económico de realizar la segregación de residuos sólidos en la fuente misma de generación para lo que se evaluó los tipos de residuos que podrían ser reaprovechables y, también, los que se podrían aprovechar para la realización de compostaje que será generado a partir de la materia orgánica que se pueda separar de la misma segregación en fuente. Estos insumos, finalmente, fueron valorizados en una ganancia de S/. 51.60 obtenidos de residuos reaprovechables y residuos para composta. (32)

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Relleno Sanitario

El relleno sanitario o vertedero es un área diseñada para la disposición final de residuos sólidos. Son instalaciones diseñadas para contener problemáticas que pueden causar riesgos para la salud o la seguridad pública, evita el afectamiento al medio ambiente durante y después de su operación e inclusive después de su clausura. También, es definida como una tecnología donde se destina la basura con un área lo mayor estrecha posible, siendo esta compactada lo mayor posible y protegida por una cubierta de suelo que se realiza diariamente. (33)

2.2.2. Definición de Residuos Sólidos

Se toman como residuos sólidos a todo material o sustancia que no tiene utilidad o un “valor directo de uso” para con los generadores y que estos a su vez tengan la necesidad de desecharlos. Son sustancias, productos o subproductos, de material sólido o semisólido, que al no ser dispuestos adecuadamente pueden generar riesgos para la salud y el ambiente. Los mencionados residuos son procedentes de la generación de bienes y servicios, pero, también, tienen su gran existencia de toda actividad de consumo (34).

2.2.2.1. Propiedades de los Residuos Sólidos

Las propiedades físicas, químicas y biológicas de los residuos sólidos y sus transformaciones pueden tener una afectación a su forma y composición de estos, por lo que se debe tener en consideración diseñar y desarrollar sistemas de gestión integrada de residuos sólidos, ya que estos deben constituir el punto de inicio para las propuestas de gestión (35).

2.2.2.1.1. Propiedades Físicas de los Residuos Sólidos

Las características más destacables de los Residuos Sólidos incluyen peso específico, tamaño de partícula y dimensión, contenido de humedad, capacidad de campo y porosidad de los residuos al ser compactados (35).

A. Peso Específico

El peso específico se define como el peso de un material por unidad de volumen (por ejemplo, kg/m³). Como el peso específico de los Residuos Sólidos frecuentemente, se refiere a residuos sueltos, encontrados en los contenedores, no compactados, compactados, etc., la base utilizada para los valores presentados debe ser citada siempre. Los datos sobre el peso específico a menudo son necesarios para valorar la masa y el volumen total de los residuos que tienen que ser gestionados (35).

B. Contenido de Humedad

El contenido de humedad de los residuos sólidos se puede expresar de dos formas. En el método de medición peso-húmedo, la humedad de una muestra se expresa como un porcentaje del peso del material húmedo; en el método peso-seco, se expresa como un porcentaje del peso seco del material (35).

C. Tamaño de partícula y dimensión

El tamaño y la distribución del tamaño de los componentes de los materiales en los residuos sólidos son una consideración importante dentro de la recuperación de materiales, especialmente, con medios mecánicos, como cribas, trómel y separadores magnéticos (35).

D. Capacidad de Campo

La capacidad de campo de los residuos sólidos es la cantidad total de humedad que puede ser retenida por una muestra de residuo sometida a la acción de la gravedad. La capacidad de campo de los residuos es de

una importancia crítica para determinar la formación de lixiviados en los vertederos. El exceso de agua sobre la capacidad de campo se emitirá en forma de lixiviado (35).

E. Permeabilidad de los Residuos Compactados

La conductividad hidrológica de los residuos compactados es una propiedad física importante que, en gran parte, gobierna el movimiento de líquidos y gases dentro de un vertedero (35).

2.2.2.1.2. Propiedades Químicas de los Residuos Sólidos

La información sobre la composición química de los componentes que conforman los Residuos Sólidos es importante para evaluar las opciones de procesamiento y recuperación. Por ejemplo, la viabilidad de la incineración depende de la composición química de los residuos sólidos. Normalmente, se puede pensar que los residuos son una combinación de materiales semihúmedos combustibles y no combustibles (35).

2.2.2.1.3. Propiedades Biológicas de los Residuos Sólidos

Excluyendo los materiales derivados de polímeros y plásticos, la fracción orgánica de Residuos Sólidos se pueden dividir en los siguientes:

- Materiales como azúcares, féculas, aminoácidos y varios ácidos orgánicos que son solubles en agua
- Hemicelulosa, un compuesto de azúcares condensados que tiene cinco y seis índices de carbonos
- Celulosa, un producto de la condensación de glucosa y seis carbonos
- Las ceras, los aceites y las grasas son ésteres de alcoholes y ácidos grasos de cadena larga
- Lignina, un polímero que contiene anillos aromáticos y grupos metoxilo (CH₃O), cuya fórmula exacta aún no se conoce. Se encuentran en productos de papel como periódicos y tablas de aglomerado
- Lignocelulosa, una mezcla de lignina y celulosa
- Cadenas de aminoácidos que componen las proteínas (35)

2.2.3. Tipos de Relleno Sanitario

2.2.3.1. Relleno Sanitario Manual

Para este tipo de relleno sanitario, las actividades de esparcimiento, compactación y cobertura de residuos se realizará mediante el uso de herramientas manuales o de diseño simple como son los rastrillos, pisones manuales, entre otras herramientas similares para la realización de las actividades. También, se considera una operación diaria que no exceda las 20tn de residuos. También, se tiene como condicionamiento no operar en horarios nocturnos. (36)

2.2.3.2. Relleno Sanitario Semi-mecanizado

En este tipo de relleno sanitario el estándar de operación se eleva a 50Tn de residuos diarios y las actividades de esparcimiento, compactación y cobertura de residuos se realizarán con apoyo de equipos mecánicos, también, que mantiene la posibilidad del uso de herramientas manuales para el almacenamiento de los residuos sólidos (36).

2.2.3.3. Relleno Sanitario Mecanizado

En este último tipo de relleno sanitario, las actividades en general se realizan con equipos mecánicos como vehículos para excavación como son el cargador frontal, tractor oruga, entre otros. La capacidad de operación en este tipo de relleno sanitario puede exceder las 50Tn diarias (36).

2.2.4. Ventajas y Desventajas de un Relleno Sanitario

Un relleno sanitario es una infraestructura como alternativa para el manejo de residuos sólidos, por lo que cuenta con pros y contras que deberán ser consideradas.

Tabla 1

Ventajas y Desventajas de un Relleno Sanitario

VENTAJAS	DESVENTAJAS
La inversión inicial del capital es relativamente baja.	El margen de natalidad e incremento de la urbanización limita y encarece el costo de terrenos que estén aptos para la

	construcción del relleno sanitario por lo que a veces es obligada a implementarse en lugares lejanos.
Se tienen costos menores de operación y mantenimiento comparada a otras tecnologías.	Adquirir el terreno puede ser complicada debido a la población.
Se puede comenzar el funcionamiento a corto plazo.	Los predios o terrenos alrededor del relleno sanitario se pueden devaluar.
La estructura debe estar en una ubicación en la que se reduzcan los costos de transporte y faciliten la supervisión por parte de la comunidad.	En rellenos sanitarios de gran capacidad se tienen que evaluar los efectos vehiculares y la contaminación por levantamiento de partículas y polvo debido al tránsito de los vehículos transportadores de residuos.
En los rellenos que tengan una operación mayor a 500Tn de residuos diarios se pueden aplicar tecnologías para recuperación de gas metano y emplearse como alternativa energética.	Pueden generar malos olores que pueden llegar a la población cercana.
Es adaptativo puesto que puede recibir mayores cantidades de residuos con poca contrata de mano de obra.	Peligro ambiental debido a los gases generados por la descomposición de los residuos sólidos.
Da oportunidad para empleo de mano de obra poco calificada.	Si no se controla adecuadamente los lixiviados generados pueden generar daño al medio ambiente de grado crítico.

Fuente. Tomada de Silvana Torri, 2017, p. 6 (33)

2.2.5. Diseño de Infraestructura de Relleno Sanitario

2.2.5.1. Residuos aceptables e inaceptables en un relleno sanitario

Los residuos generados por las diversas fuentes sean estas domiciliarias, comerciales, instituciones o agrícolas se podrán disponer en un relleno sanitario

en el cual correrán un riesgo menor de poner en peligro directo o indirecto a la salud humana y a la calidad del ambiente (37).

Dado que los residuos generados serán municipales, estos no comprenderán los residuos industriales los cuales deberán ser examinados meticulosamente para determinar si requerirán un manejo o métodos especiales para disponerlos en el suelo (37).

Los residuos peligrosos no podrán ser dispuestos en los rellenos que no estén diseñados para su procesamiento o aceptación (37).

Los residuos que serán aceptados deberán tener un riesgo mínimo frente al terreno donde serán dispuestos, toman en cuenta los riesgos frente a la hidrogeología del lugar, características fisicoquímicas que estos presenten, los métodos de disposición que deberán adaptarse, los riesgos a la salud y medio ambiente y siempre tener prioridad la seguridad del personal de operaciones (37).

2.2.5.2. Estudios Básicos

Para el diseño de un relleno sanitario, se requiere información base, que toma en cuenta el área seleccionada, y considera a nivel de detalle en cuanto a aspectos tipológicos, cantidades y composición de los residuos que serán manejados, la información meteorológica in situ, como son las curvas de nivel del terreno, permeabilidad y tipo de suelo que predomina según las observaciones de campo (37).

2.2.5.2.1. Estudio Demográfico

Es el proceso por el cual se utiliza la información estadística de cada censo como referencia, con los que se determina la población actual, tasa de crecimiento y se podrá proyectar la población a futuro durante un periodo de tiempo no menor a cinco años que estén en el área de influencia del proyecto (38).

A. Población Actual

Es un parámetro primordial, el cual se basa en conocer la cantidad de habitantes para determinar la cantidad de residuos sólidos que genera la ciudad. Es esencial separar la población rural de la urbana, también, es de aclarar que un relleno sanitario convencional podrá atender la producción urbana debido a la cantidad de población, desarrollo de actividades, instituciones públicas, etc. (38).

B. Tasa de Crecimiento de la Población

El proyectar el número de habitantes en los próximos 10 años es una metodología más recomendable, que tiene en cuenta que el reglamento solo pide 5 años. Con esto en cuenta, se tomará esta proyección para calcular la cantidad de residuos que se abastecerá durante la vida útil del relleno.

Para determinar la proyección en cuanto a población, se utilizará la fórmula de crecimiento poblacional (Poblaciones en expansión) (38).

$$Pf = Po (1 + r)^n$$

Donde:

Pf: Población Inicial

Po: Población Actual

r: Tasa de crecimiento de la población

n: ($t_{final} - t_{inicial}$) intervalo en años

t: Variable tiempo (en años)

2.2.5.2.2. Estudio de Caracterización de residuos

En este estudio netamente de campo o muestreo estadístico, se permite determinar la generación per cápita de residuos de una población en estudio, su generación actual, la composición en porcentajes de cada residuo generado y la densidad de residuos recolectados (37).

A. Generación per cápita

Este expresa la cantidad (en peso) de residuos que genera una sola persona o individuo, que se expresa de la siguiente forma:

$$Gpc \text{ (Kg/hab/día)} = \frac{CRR \text{ (Kg)}}{Pob \text{ (hab)}}$$

Dónde:

Gpc: Generación per cápita (Kg/hab/día)

CRR: Cantidad de residuos recolectados (Kg)

Pob: Población (N° de habitantes)

Con esto, la cantidad diaria de generación de residuos sólidos se estimará multiplicando la generación per cápita por la cantidad de habitantes de la población. Con este dato, se proyectará los residuos a disponer en el relleno sanitario pudiendo ser diaria, mensual o anual durante el tiempo de vida útil del proyecto (37).

B. Generación total de residuos sólidos

Al conocer la cantidad de generación de residuos sólidos domésticos, se permitirá tomar decisiones como qué tipo de recolección es más adecuado, la cantidad de personal, rutas, frecuencia y recolección, necesidad de área para tratamiento y disposición final, costos y tarifa de limpieza pública (38). La producción de Residuos Sólidos Domiciliarios está dada por la relación:

$$Dsd = Pob * Gpc$$

Dónde:

Dsd: Cantidad de Residuos Sólidos Domiciliarios producidos x día (Kg/día)

Pob: Población Total (hab)

Gpc: Generación per cápita (Kg/hab/día)

C. Proyección de la producción total

Este se calcula tomando en cuenta la población proyectada en base a la tasa de crecimiento poblacional anual y el incremento anual de la generación per cápita. (38) Para ello, se determinará el crecimiento anual de generación per cápita mediante la siguiente fórmula:

$$Gpf = GPA (1 + r)^n$$

Donde:

Gpf = Generación per cápita futura (Kg/hab/día)

Gpa = Generación per cápita actual (Kg/hab/día)

r% = Tasa de incremento de generación en % (de 0.5 a 1%)

n = número de años

D. Clase o tipos de residuos sólidos a manejar

Según la D.L 1278 – Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, clasifican según su manejo:

1. Residuos peligrosos
2. Residuos no peligrosos

Los residuos peligrosos son aquellos que presentan una característica de peligrosidad o la forma de manejo a la que serán sometidos. Estos representan un riesgo considerable para la salud o el ambiente (44).

En estos residuos, se destacan los comerciales los cuales tienen un valor como son el papel, plásticos, chatarra, textiles, entre otros de aprovechamiento, los cuales son removidos por los recicladores y estos no llegan a disposición final (38).

E. Composición

Se debe tomar en cuenta las características de cada residuo que requiera disposición final, puesto que estos influyen en la densidad del sitio, número de vehículos ingresantes, superficie del terreno y la cantidad de cobertura a emplearse. Siempre se debe realizar un muestreo representativo (38).

F. Densidad

Este parámetro es importante para el diseño del relleno sanitario, tanto para cálculo de dimensiones de la celda diaria y el volumen del relleno; esta depende, únicamente, del equipo utilizado para la compactación (38).

2.2.5.2.3. Estudio de suelo

Para el muestreo de suelo, se requiere realizar un plan de muestreo previo en el que se tenga la información y programación, que tome en cuenta los objetivos del muestreo. Para ello, se necesitan requerimientos mínimos: el área de intervención para los muestreos, objetivos del muestreo, el tipo de muestreo que se empleará según los objetivos, determinación de la densidad y posición de puntos de muestreo, procedimientos de campo, método para la conservación de muestras, las necesidades analíticas a desarrollarse (39).

2.2.5.3. Diseño del Relleno Sanitario

2.2.5.3.1. Selección del método

A. Método de Celda, Trinchera o Zanja.

En esta forma de disposición que es más apropiada para regiones planas, donde se dispone de una profundidad adecuada y donde el nivel freático, se encuentra óptimamente profundo evitando la contaminación del acuífero (33).

Los residuos son dispuestos en celdas o zanjas (Trincheras), las cuales son previamente excavadas con un retroexcavadora o una tractor oruga. La profundidad de las celas se encuentra limitada por la permeabilidad del suelo, y puede llegar a 7m de profundidad. Dichas celdas se cubren previamente con membrana sintética o arcilla de baja permeabilidad, o una conglomeración de ambas, para retener la movilidad de los gases o lixiviados que se generarán al descomponerse los residuos sólidos o basura. Los residuos son ingresados y compactados. En este proceso, el suelo excavado es usado para la cubierta diaria y final (40).

Previo a su uso, las celdas deben ser habilitados con equipos que controlen y prevean la infiltración de lixiviados mediante la impermeabilización del terreno (41).

B. Método de área

Es una metodología aplicada a terrenos o áreas planas o semi planas, en los que sean factibles la excavación de zanjas o trincheras para disposición de residuos (41).

Las celdas son construidas con una pendiente ligera en el talud para evitar deslizamientos y lograr mejor estabilidad a medida que se vaya elevando el relleno. El material de cobertura se traslada desde los terrenos adyacentes al lugar. Existen diversos materiales de cobertura como el compost reducido, geomembranas, entre otras que deben ser colocadas sobre la celda completa antes de comenzar el siguiente nivel (33).

C. Combinación de métodos o mixto

Los métodos mixtos son considerados los más eficientes, puesto que permiten el ahorro en transporte de material de cubierta y el aumento de la vida útil del sitio (38).

- Emplea menor área para un mayor volumen que será útil para la disposición final.
- Aprovecha al máximo el material rescatado de la excavación el cual será empleado como material de cobertura.

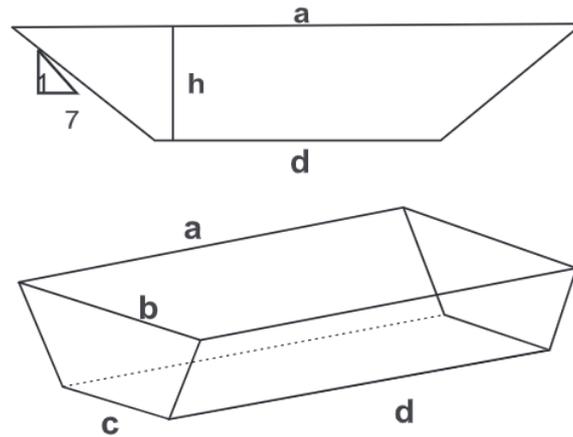
También, tiene sus contras puesto que sólo es posible aplicarlo en lugares donde se pueda excavar sin afectar al nivel freático y el suelo que cuente con características adecuadas para emplearse como material de cobertura (41).

D. Método vaguado o depresión

Esta metodología utiliza vaguadas, barrancos y fosas de rellenos suplementarios, canteras como zonas de vertidos. Los métodos para ingreso y compactación de residuos en este tipo de relleno varía según la geometría del lugar, el material de cobertura disponible, y otros aspectos morfológicos y de diseño del relleno.

2.2.6. Cálculos de capacidad volumétrica de las trincheras y plataformas

Para realizar estos cálculos de los volúmenes de almacenamiento y dimensionamiento, de las trincheras y plataformas a proyectarse para el relleno, se toma en cuenta el talud (38) y la siguiente fórmula:



$$V = \frac{1}{3} h(a \times b + c \times d + \sqrt{(a \times b) \times (c \times d)})$$

2.2.7. Cálculo del volumen necesario para el relleno sanitario

Se necesitan los siguientes requerimientos:

- Producción total de residuos sólidos
- La cobertura de recolección que debe abastecer al 100% de los residuos generados
- La densidad de los residuos sólidos estabilizados en el relleno sanitario
- La cantidad de material de cobertura a emplearse compactado que estará entre (20 a 25%) (41).

2.2.8. Volumen de Residuos Sólidos

Se calcula con los parámetros de volumen diario y anual de Residuos sólidos compactados y estabilizados (41).

$$V_{diario} = \frac{DSp}{D_{rsm}}$$

$$V_{anual compactado} = V_{diario} \times 365$$

Donde:

V_{diario} = Volumen de residuos por disponer en un día.

$V_{anual compactado}$ = Volumen de residuos sólidos en un año

DSp = Cantidad de residuos sólidos producidos diariamente

D_{rsm} = Densidad de los Residuos sólidos recién compactados (400 – 500 Kg/m³) y del relleno estabilizado (500 – 600 Kg/m³)

2.2.9. Volumen de Material de Cobertura

$$m. c. = V_{anual compactado} \times (0.20 \text{ ó } 0.25)$$

Dónde:

m. c. = material de cobertura equivale al 20 a 25% del volumen de los desechos recién compactados.

2.2.10. Volumen del relleno sanitario

Con los datos obtenidos de volumen de residuos y material de cobertura, se puede calcular el volumen del relleno sanitario para el primer año (41).

$$V_{RS} = V_{anual estabilizado} + m. c.$$

Donde:

V_{RS} = Volumen del relleno sanitario (m³/año)

m. c. = material de cobertura equivale al 20 a 25% del volumen de los desechos recién compactados.

En cuanto se determinan los datos, se hace la proyección para conocer el volumen que ocuparán los residuos durante la vida útil del relleno usando la siguiente ecuación:

$$V_{RSvu} = \sum_{i=1}^n V_{RS}$$

Donde:

V_{RSvu} = Volumen de relleno sanitario durante vida útil (m³)

$n = \text{Número de años}$

2.2.11. Cálculo de área requerida

Tomando como base el volumen de relleno sanitario, se puede estimar las necesidades de área. (41)

$$A_{RS} = \frac{V_{RS}}{h_{RS}}$$

Donde:

$V_{RS} = \text{Volumen de relleno sanitario (m}^3\text{/año)}$

$A_{RS} = \text{Área por rellenar sucesivamente (m}^2\text{)}$

$h_{RS} = \text{Altura o profundidad media del relleno sanitario}$

$$AT = F \times ARS$$

Donde:

$AT = \text{Área total requerida}$

$F = \text{Factor de aumento del área adicional (20 a 40\%)}$

$ARS = \text{Área a rellenar sucesivamente}$

2.2.12. Cálculo de vida útil del relleno

El sitio designado para el levantamiento de la infraestructura debe tener una capacidad de 5 años como mínimo, con la finalidad de que la gestión sea adecuada para la municipalidad, además de los costos de obras. Asimismo, depende si es conveniente realizarlo a beneficios de corto y mediano plazo. (41)

$$V_u = \frac{(TZ \times n)}{365}$$

Donde:

$V_u = \text{Vida útil del terreno (años)}$

$T_z = \text{tiempo de servicio de la zanja (días)}$

n = Número de zanjas

2.2.13. Cálculo de la generación de lixiviados

Para esta estimación de generación de lixiviados se emplea el Método Suizo.

(37)

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

Donde:

Q = Caudal medio de lixiviado (l/s)

P = Precipitación media anual (mm/año)

A = Área superficial del relleno (m²)

t = Número de segundos en un año (31536000 seg/año)

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

- Para rellenos debidamente compactados con peso específico de 0.4 a 0.7 ton/m³, se estima una producción de lixiviado entre 25 y 50% (K = 0.25 o 0.50) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno.
- Para rellenos fuertemente compactados con peso específico > 0.7 ton/m³, se estima una generación de lixiviado entre 15 y 25% (K = 0.15 a 0.25) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno. (37)

2.2.14. Distribución de la Infraestructura

La distribución general la define la ubicación y dimensiones de los componentes que conforman la infraestructura de disposición final de residuos sólidos (37).

- A. Área para administración y control de ingreso de residuos, que funcionará como un ambiente para almacén de herramientas, servicios higiénicos, como caseta o garita principal de control
- B. Vía de acceso interna, que tendrá como mínimo 3m de ancho suficiente para el tránsito pesado y cunetas laterales para zonas con condiciones de alta precipitación
- C. Sector de operación, que estará conformada por celdas de disposición final en cualquiera de sus métodos, drenes de recolección e instalación de almacenamiento de lixiviados
- D. Área para el abastecimiento y almacenamiento de material de cobertura, que está designada para el material de cobertura del relleno sanitario donde también estará el material que provenga de otras canteras
- E. Barrera Sanitaria, que es un perímetro en el que se implementarán barreras naturales o antropogénicas que tendrán el fin de reducir los impactos negativos y proteger a la población de posibles riesgos sanitarios y ambientales
- F. Zona de seguridad, que es un lugar interno del terreno que no estará dentro de la barrera sanitaria y ninguna otra instalación, en el que el personal podrá acudir en caso de emergencias (37).

2.2.15. Construcción, operación y cierre del relleno sanitario

2.2.15.1. Construcción

En cuanto a la construcción, se realizará según los lineamientos de la guía de construcción tomando en cuenta los datos obtenidos del diseño y los permisos necesarios para la realización de todas las actividades desde preparación de actividades, preparación del sitio de construcción y los métodos de construcción siguiendo cada proceso en forma estructural. Se debe tener en cuenta la correcta administración y supervisión de trabajos a realizarse durante todo el proceso de construcción.

2.2.15.2. Operación

A. Del Personal

El personal será requerido según las actividades que se realizarán y la cantidad de residuos que ingresarán al relleno sanitario.

El horario laboral es de 8 horas, de las que 6 horas serán netamente en operación del relleno sanitario.

Se tendrá personal con todos los EPP debidamente colocados, vacunas completas antes de las labores, beneficios y compromisos para con ellos según la ley de seguridad y salud en el trabajo.

B. Operación de disposición Final

El proceso iniciará con la recepción de residuos sólidos guiándolas a un área adecuada para que el vehículo transportador pueda maniobrar sin problemas, además de optimizar los trabajos de compactación y demás actividades.

La descarga se realizará en el frente de trabajo siguiendo la conformación de las celdas, para llevarlas de forma inmediata al confinamiento.

El esparcido y compactación se efectuará en capas de menos de 0.6m, incluida la cobertura. Para esta actividad, se emplearán equipos óptimos para la compactación.

La cobertura se realizará de forma diaria, con material que cumpla con los requerimientos para que no dejen escapar gases generados por el proceso anaerobio de descomposición, estas serán con capas no menores a 0.2m de grosor. El material de cobertura debe tener un acopio para 15 días de funcionamiento del relleno sanitario. En caso de faltar, será traído de lugares externos como canteras.

C. Operación de mantenimiento

Se controlará el arrastre de residuos livianos por medio del viento, como son los papeles, plásticos, para lo cual se contará con rejas o algunos sistemas para evitar el esparcimiento de estos residuos. Se mantendrá limpia el lugar de trabajo y los residuos cercanos a los vecinos, que serán recogidos permanentemente la fracción liviana que logre esparcirse. Asimismo, se deberá limpiar al menos 500m de vías de acceso con referencia al ingreso de la infraestructura.

2.2.15.3. Cierre y post cierre

Para esta última fase, se formaliza el hecho con un plan de cierre, la cual conlleva actividades destinadas a recuperación siendo estas formas de condicionar el terreno a como era antes del proyecto, lo cual debe incluir la conservación de la cobertura, los sistemas de gases y lixiviados.

Finalmente, una vez terminada la cobertura final, según los plazos establecidos, se iniciará con las obras para la rehabilitación del sitio siendo recomendable que se realice según concluya la operación de cada área de disposición, por lo que es la autoridad de salud la encargada de dar el visto bueno del proyecto para un uso futuro.

2.3. Bases legales

2.3.1. Ley General del Ambiente – Ley N° 28611

(...)

Artículo 1: toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes. Asimismo, debe asegurar particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país (42).

(...)

2.3.2. Ley Orgánica de Municipalidades – Ley N° 27972

(...)

La Ley N° 27972 tiene entre sus objetivos fijar normas sobre la autonomía, naturaleza, origen y otros de las municipalidades. En esta Ley, el artículo 80 hace mención acerca del Saneamiento, Salubridad y Salud establece que todas las municipalidades deben ordenar y realizar un seguimiento la disposición final de los residuos sólidos de su jurisdicción. Además, tienen como funciones específicas de regular y controlar los procesos de disposición final de residuos o materiales similares con el mismo destino (43).

(...)

2.3.3. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos – Decreto Legislativo N° 1278

(...)

En el artículo 2, finalidad de la gestión integral de los residuos sólidos, “La gestión integral de los residuos sólidos en el país tiene como primera finalidad la prevención o minimización de la generación de residuos sólidos en origen, frente a cualquier otra alternativa [...]” (44).

(...)

2.3.4. Decreto Legislativo N° 1501

(...)

En el artículo 65, se detalla las infraestructuras de residuos sólidos como son: Infraestructuras de valorización, plantas de transferencia, plantas de tratamiento, infraestructuras de disposición final. Pueden implementarse cualquier otra infraestructura para el manejo de residuos, siempre y cuando se demuestre la utilidad de esta en la gestión de residuos cumpliendo las condiciones de implementación y funcionamiento [...]” (45).

(...)

2.3.5. Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado

(...)

El Ministerio del Ambiente, en conjunto con profesionales especializados en el área, dan el alcance de una guía para diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de rellenos sanitarios ya sea mecánico o manual, el cual será empleado como base para el diseño de la infraestructura de manejo de residuos sólidos en el presente proyecto (46).

(...)

2.4. Definición de términos básicos

- a) ArcGIS: es un sistema de información geográfica (SIG) que consta de tres partes elementales, el software ArcGIS Desktop, que es un sistema integrado de aplicaciones SIG, el ArcSDE Getaway que es la administradora de geodatabase, finalmente el software ArcIMS orientado al internet para distribución de datos y servicios (47).
- b) ArcMAP: es una aplicación central de ArcGIS para las actividades de mapeo, cartografía, análisis de mapas y edición de estas mismas (47).
- c) Botadero: es un acopio no apropiado de residuos que se pueden presentarse en vías y espacios públicos, áreas urbanas, rurales y zonas baldías, que generan riesgos sanitarios y peligro ambiental. Estos existen fuera de la ley por lo que no cuentan con autorización para sus existencias (44).
- d) Celda: es una infraestructura localizada dentro de un relleno sanitario, en donde se hace el manejo de los residuos ingresados con actividades de esparcimiento y compactación (33).
- e) Ciclo de Vida: etapas sucesivas e interrelacionadas que van desde la adquisición o generación de materias primas pasando por procesos hasta su eliminación como materia de residuo sólido (48)
- f) Empresa Operadora de Residuos Sólidos (EO-RS): son personas jurídicas que se encargan de prestar servicios en materia de recolección y transporte de residuos sólidos. También tienen como parte de sus funciones la capacidad de comercializar y valorizar los residuos sólidos (44).
- g) Estándar de Calidad Ambiental (ECA): es una medida en la que se determina los niveles de concentración de los elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en medios naturales como el agua, suelo, aire (42).
- h) Generador: es la persona jurídica o natural que por la naturaleza de sus actividades ya sea fabricación, venta, importación, distribución o usuario directo genera residuos sólidos. Incluye la generación de materiales peligrosos (44).
- i) Generación Per Cápita: es la que muestra el consumo por una población por un periodo determinado generando las necesidades y patrones que se presentarán (44).
- j) Gestión Integral de Residuos: es el conjunto de actividades que tienen como objetivo el manejo apropiado de los residuos sólidos (44).

- k) Minimización: acción en la que se reduce en lo posible la generación de residuos sólidos con el empleo de metodologías y planes que se aplicarán en sus actividades que generen residuos sólidos (48).
- l) Residuos sólido no aprovechable: es toda materia o sustancia sólida o semisólida de origen orgánico o inorgánico no proveniente de actividades comunes de los cuales no se pueden aprovechar por lo que no tienen ningún valor comercial y en su mayoría requieren de un tratamiento especial antes de su disposición final lo que genera un costo agregado no beneficioso (44).
- m) Segregación: es un acto de acopiar determinados elementos en calidad de residuos sólidos para poder manejarlos de mejor forma (44).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Método General

El método científico es empleado para toda investigación tanto básica como aplicada, que es un procedimiento o instrumento de la ciencia, el cual está adaptado para expresión de las cosas, con ella es posible manejar, combinar y utilizar estas mismas cosas permitiéndonos comprobar una hipótesis de pensamientos siendo estas universales y necesarios (49). El presente trabajo tiene la misma esencia que es la evaluación de problemática para la implementación de una tecnología de gestión de residuos que cumpla con los requerimientos mínimos y adecuados para la población del Distrito de Sicaya, Provincia de Huancayo, Departamento de Junín en el año 2023.

3.1.2. Método Específico

Es el método empleado en la investigación es el descriptivo. En este se buscan determinar las propiedades, características, población, perfil personal, objetos o cualquier fenómeno que será sometido a análisis (50). En el presente trabajo, se analizará el estudio de caracterización, revisión de mapas y data poblacional; que son la base para realizar el diseño del relleno sanitario para tratar y disponer los residuos generados en el distrito de Sicaya.

3.1.3. Tipo de investigación

Desarrollo tecnológico, comprende el empleo de conocimientos obtenidos en investigaciones aplicadas para la realización de nuevos proyectos, como son producción de materiales, mecanismos, operaciones o servicios, que mejora sustancialmente a los ya existentes (51).

La presente investigación empleará datos de generación de residuos y población, además de datos geospaciales para desarrollar un diseño de relleno sanitario con el sitio óptimo y que cumpla con los requerimientos normados para solventar la problemática de disposición de residuos sólidos en el distrito de Sicaya.

3.1.4. Nivel de investigación

El nivel empleado, en la investigación, es la descriptiva propositiva en la cual el investigador describe fenómenos de cómo son y cómo serán para posteriormente realizar una propuesta buscando puntualizar las propiedades más destacables a medirse y evaluar aspectos, dimensiones y componentes de esta (50). En la investigación presente, se analizarán las diferentes características referentes a la población de Sicaya, además de vistas geoespaciales con el fin de obtener los datos para el diseño del relleno sanitario.

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de investigación empleado es el no experimental transeccional descriptivo, el cual tiene como objetivo indagar la recurrencia de las modalidades de una o más variables en una población. Es esta, se asigna variables a un grupo de personas, situaciones, objetos, fenómenos, entre otros, con el fin de proporcionar su descripción (50). Durante la investigación, se analizó la generación de residuos sólidos por parte de la población del Distrito de Sicaya, Provincia de Huancayo, Departamento de Junín. Con ello, se procedió a realizar el diseño de relleno sanitario como alternativa tecnológica para la problemática de generación de residuos sólidos.

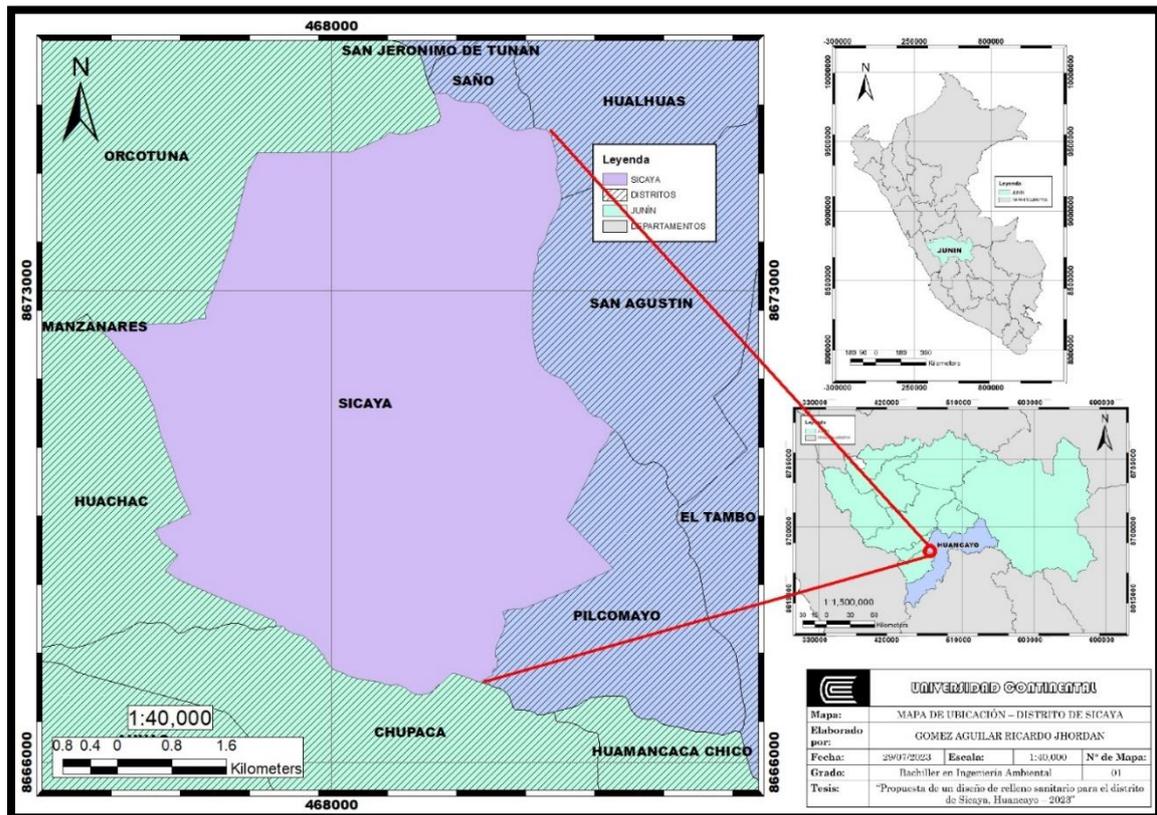
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

4.1.1. Ubicación General

El distrito de Sicaya está ubicado en la Provincia de Huancayo, perteneciente al departamento de Junín.

Figura 1

Ubicación del Distrito de Sicaya



4.2. Análisis de la solución

4.2.1. Parámetros de generación per cápita, densidad y composición de residuos sólidos.

1.1.1. Población del Distrito de Sicaya.

Tabla 2

Población del Distrito de Sicaya

DISTRITO	AÑO	POBLACIÓN	TASA DE CRECIMIENTO	POBLACIÓN PROYECTADA
SICAYA	2007	7,532	8%	38,063
	2017	16,932		

Fuente. Censo 2017 – INEI. (52)

4.2.2. Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

El informe de caracterización de residuos sólidos del Distrito de Sicaya fue realizado por la Municipalidad Distrital de Sicaya en el año 2023 con el cual se da a conocer la generación per cápita, densidad, composición de residuos y humedad de los residuos sólidos domiciliarios que serán el punto de partida para el diseño del relleno sanitario para este mismo.

4.2.2.1. Generación total de residuos y generación per cápita

Según el informe de caracterización de residuos sólidos de Sicaya en el año 2023, la generación total de residuos es: 2,472 Tn/año y la generación per cápita de 0.4 Kg/hab./día.

Tabla 3

Generación total de residuos sólidos en el distrito de Sicaya - Huancayo, 2023

RESIDUOS DOMICILIARIOS		
Generación Per Cápita	Generación total Tn/día	Generación total Tn/año
0.4 Kg / habitante / día	6.7	2,472.1
RESIDUOS NO DOMICILIARIOS		
FUENTES DE GENERACIÓN	Generación total Tn/día	Generación total Tn/año
Establecimientos comerciales, restaurantes, hoteles, Instituciones públicas y privadas, Instituciones educativas, mercados, Barrido de calles.	0.906	330.9
RESIDUOS ESPECIALES		
FUENTES DE GENERACIÓN	Generación total Tn/día	Generación total Tn/año
Lubricentos,	0.134	48.8

**laboratorios de ensayo y
similares, centros
veterinarios, centros
comerciales, ferias.**

Nota. Tomada del <<Estudio de caracterización de los residuos municipales del distrito de Sicaya – Huancayo, 2023>> (53)

4.2.2.2. Densidad suelta de los residuos sólidos municipales

La densidad de residuos sólidos forma parte fundamental para el diseño del relleno sanitario puesto que con este dato se podrá evaluar cuánto volumen ocupará los residuos sólidos y con ello determinar las dimensiones del relleno sanitario. El informe de caracterización nos brinda los datos de densidad de los residuos domiciliarios, no municipales y especiales que pertenecen a la población de Sicaya siendo 148.82 Kg/m³.

Tabla 4

Densidad total de los residuos sólidos del distrito de Sicaya, 2023

DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS (Kg/m³)	
Domiciliarios	148.82
No Domiciliarios	270.56
No Domiciliarios especiales	304.46

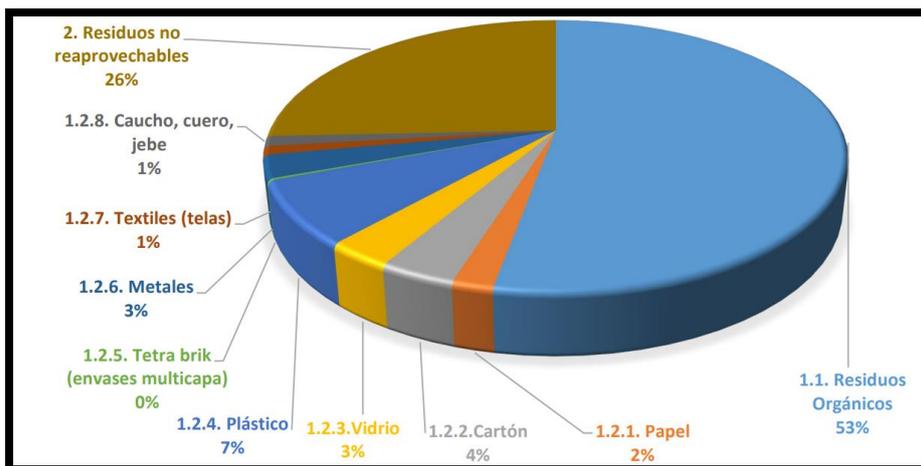
Nota. Tomada del <<Estudio de caracterización de los residuos municipales del distrito de Sicaya – Huancayo, 2023>> (53)

4.2.2.3. Composición física de los residuos sólidos domiciliarios.

En la siguiente figura, se presenta los resultados de composición de residuos sólidos domiciliarios del distrito de Sicaya, Huancayo.

Figura 2

Composición Física de residuos sólidos domiciliarios de Sicaya



Nota. Tomada del <<Estudio de caracterización de los residuos municipales del distrito de Sicaya – Huancayo, 2023>> (53)

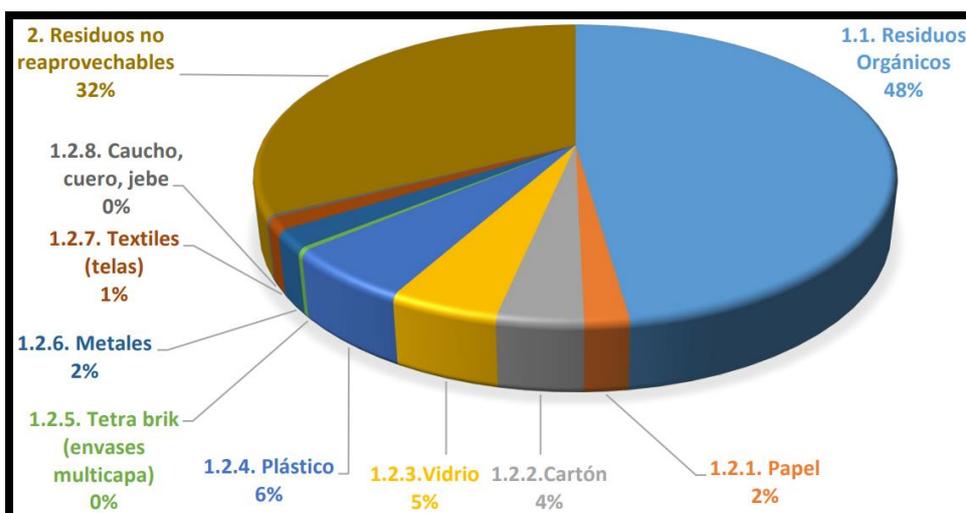
La composición física de los residuos sólidos domiciliarios presenta un parte de 53% de residuos orgánicos, el cual presenta una oportunidad para actividades de compostaje y aprovechamiento adecuado para otros fines. También, se presentan los residuos no reaprovechables con un 26%.

4.2.2.4. Composición física de los residuos sólidos no domiciliarios.

En la siguiente figura, se presenta los resultados de composición de residuos sólidos no domiciliarios del distrito de Sicaya, Huancayo.

Figura 3

Composición física de residuos no domiciliarios del distrito de Sicaya



Nota. Tomada del <<Estudio de caracterización de los residuos municipales del distrito de Sicaya – Huancayo, 2023>> (53)

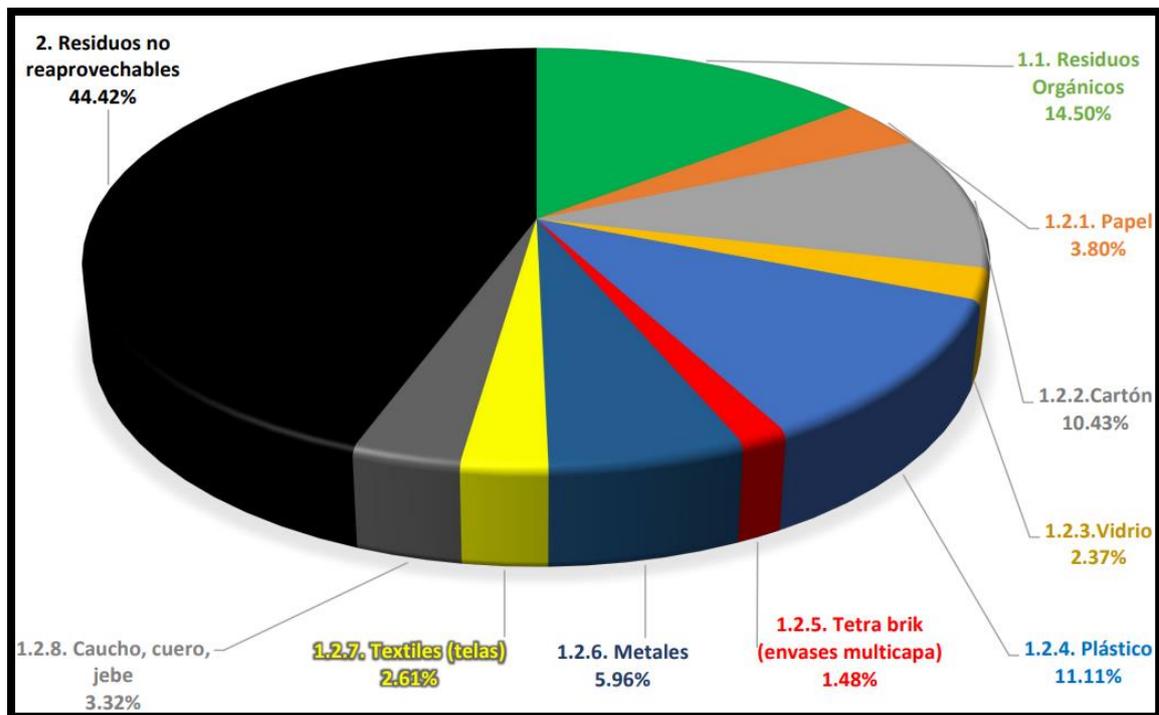
La composición física de los residuos sólidos no domiciliarios presenta un parte de 48% de residuos orgánicos, dadas en su mayoría por la presencia de restaurantes y lugares de generación de materia orgánica, el cual presenta una oportunidad para actividades de compostaje y aprovechamiento adecuado para otros fines. También, se presentan los residuos inorgánicos de 20% que pueden ser direccionados a una valorización y aprovechamiento que se puede trabajar con recicladores formales y otros similares.

4.2.2.5. Composición física de los residuos sólidos no domiciliarios especiales.

En la siguiente figura, se presenta los resultados de composición de residuos sólidos no domiciliarios especiales del distrito de Sicaya, Huancayo.

Figura 4

Composición física de residuos no domiciliarios especiales del distrito de Sicaya



Nota. Tomada del <<Estudio de caracterización de los residuos municipales del distrito de Sicaya – Huancayo, 2023>> (53)

La composición física de los residuos sólidos no domiciliarios presenta un parte de 14.5% de residuos orgánicos, dadas en su mayoría por la presencia de restaurantes y lugares de generación de materia orgánica, el cual presenta una oportunidad para actividades de compostaje y aprovechamiento adecuado para otros fines. También, se presentan los residuos inorgánicos de 41.08% que

pueden ser direccionados a una valorización y aprovechamiento que se puede trabajar con recicladores formales y otros similares.

4.2.2.6. Humedad de los residuos sólidos municipales

En las siguientes tablas se presentan los resultados de humedad de los residuos sólidos municipales los cuales fueron evaluados en el laboratorio de la Universidad Agraria la Molina (laboratorio de análisis de suelo, plantas, aguas y fertilizantes), de las cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 5

Humedad de residuos domiciliarios de Sicaya

RESULTADOS DE HUMEDAD	
Domiciliarios - Orgánica	69.85 %

Nota: Tomada del <<Estudio de caracterización de los residuos municipales del distrito de Sicaya – Huancayo, 2023>> (53)

Tabla 6

Humedad de residuos no domiciliarios de Sicaya

RESULTADOS DE HUMEDAD	
No Domiciliarios – Orgánica	52.06 %
No Domiciliarios especiales – Orgánica	48.22 %

Nota. Tomada del <<Estudio de caracterización de los residuos municipales del distrito de Sicaya – Huancayo, 2023>> (53)

4.2.3. Estudio de sitio apropiado para ubicación a nivel de estructura del relleno sanitario del Distrito de Sicaya

Según la guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario, el primer procedimiento previo es el estudio de selección de área, en este caso se detallará los aspectos generales y resaltantes para el diseño del relleno sanitario del distrito de Sicaya, Provincia de Huancayo, Departamento de Junín.

4.2.3.1. Calles y Red Vial

Las principales calles se encuentran en un área determinada que es la zona urbana de Sicaya, la cual cuenta con calles principales y jirones que intersecan

con estas con las cuales se determinó las rutas por las que se realizará el estudio de caracterización y las viviendas a participar.

Figura 5

Mapa de calles - Distrito de Sicaya

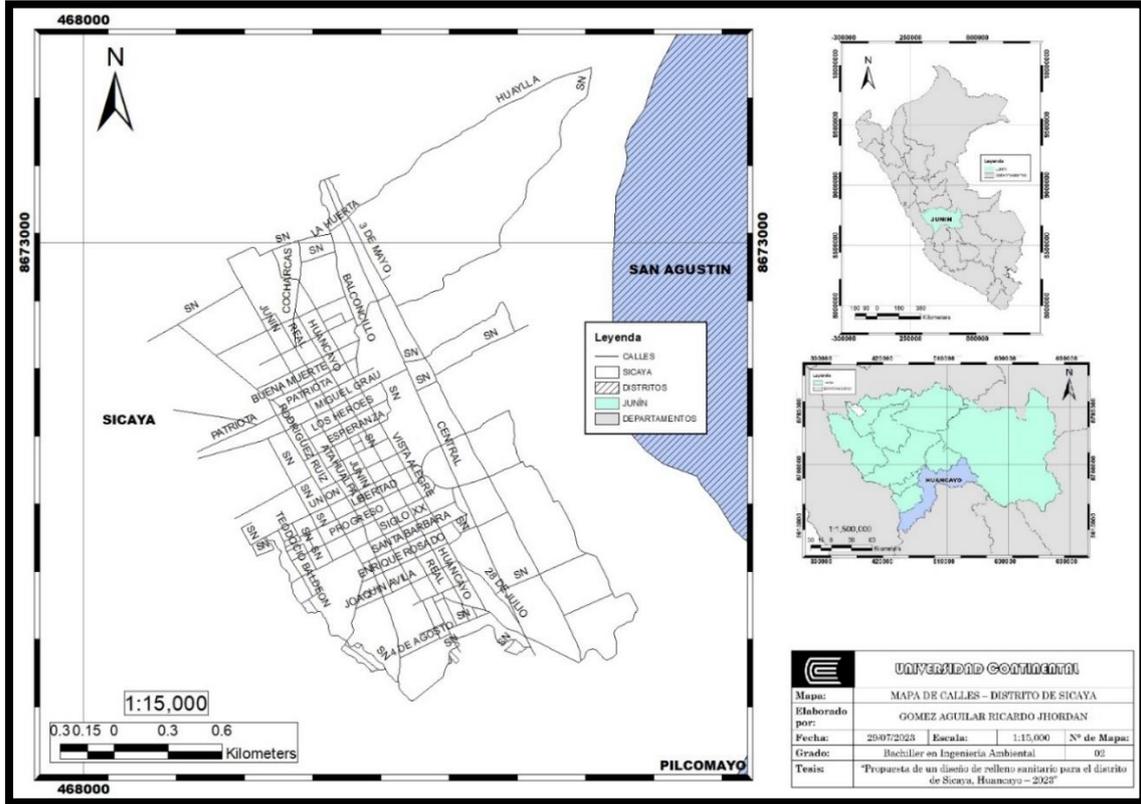
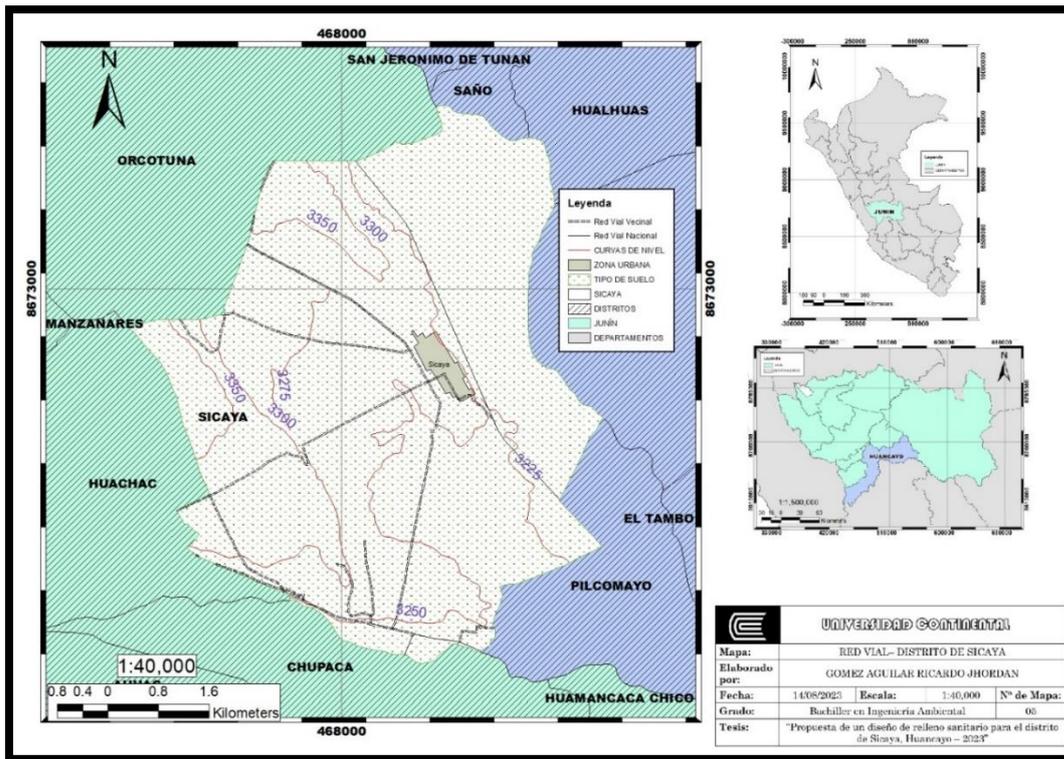


Figura 6

Red Vial - Distrito de Sicaya



4.2.3.2. Hidrología

El distrito de Sicaya tiene en su conformación hidrológica la presencia de ríos y quebradas que serán detallados en la siguiente tabla:

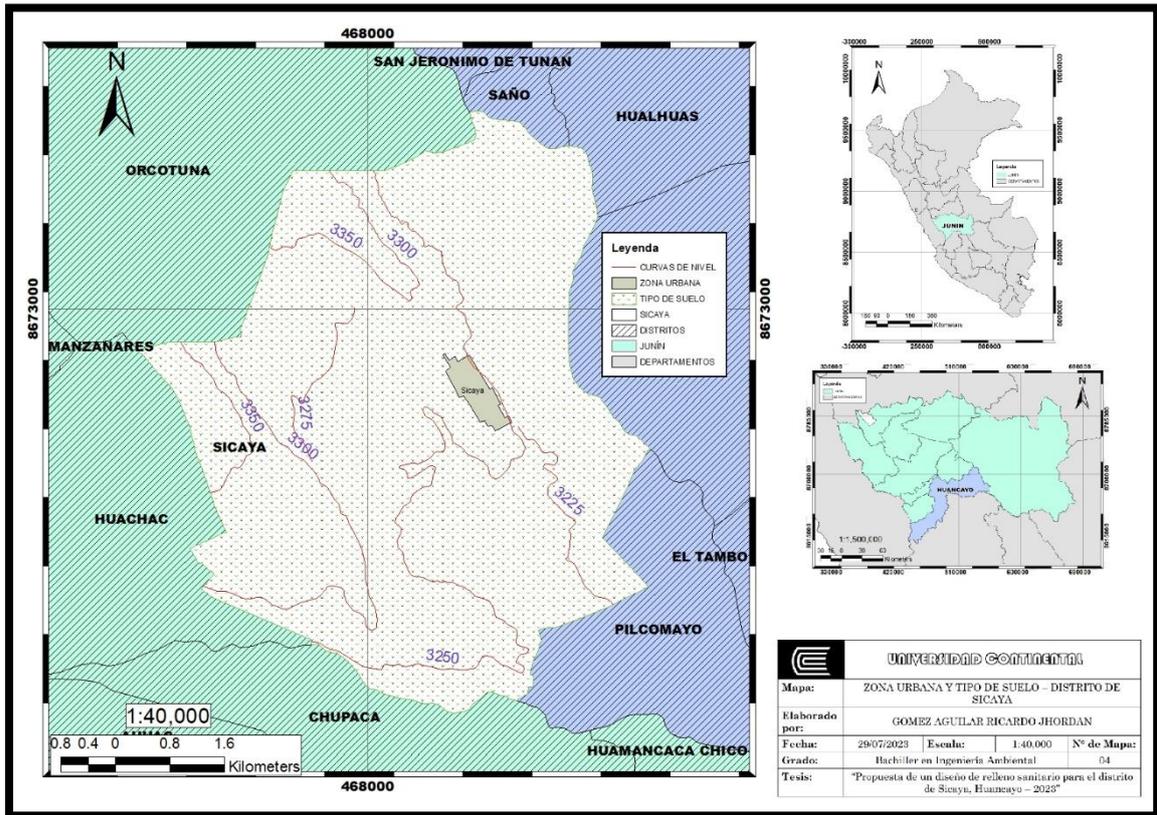
Tabla 7

Ríos presentes en el Distrito de Sicaya

TIPO	NOMBRE	LONGITUD PRESENTE EN EL DISTRITO
Río	Río Mantaro	626.5 Km
Río	Río Cunas	2.2 Km
Río	Río Vicso	7.6 Km
Quebrada	Quebrada Abrachica	4.5 Km

Figura 8

Mapa de Zona Urbana y Tipo de suelo - Distrito de Sicaya



4.2.3.4. Capacidad de uso mayor de suelos

El distrito de Sicaya, como se mencionó anteriormente es el de mayor extensión agrícola de Junín, el cual cuenta con una capacidad de uso mayor de suelos dividido en dos los cuales se detallan en la siguiente tabla:

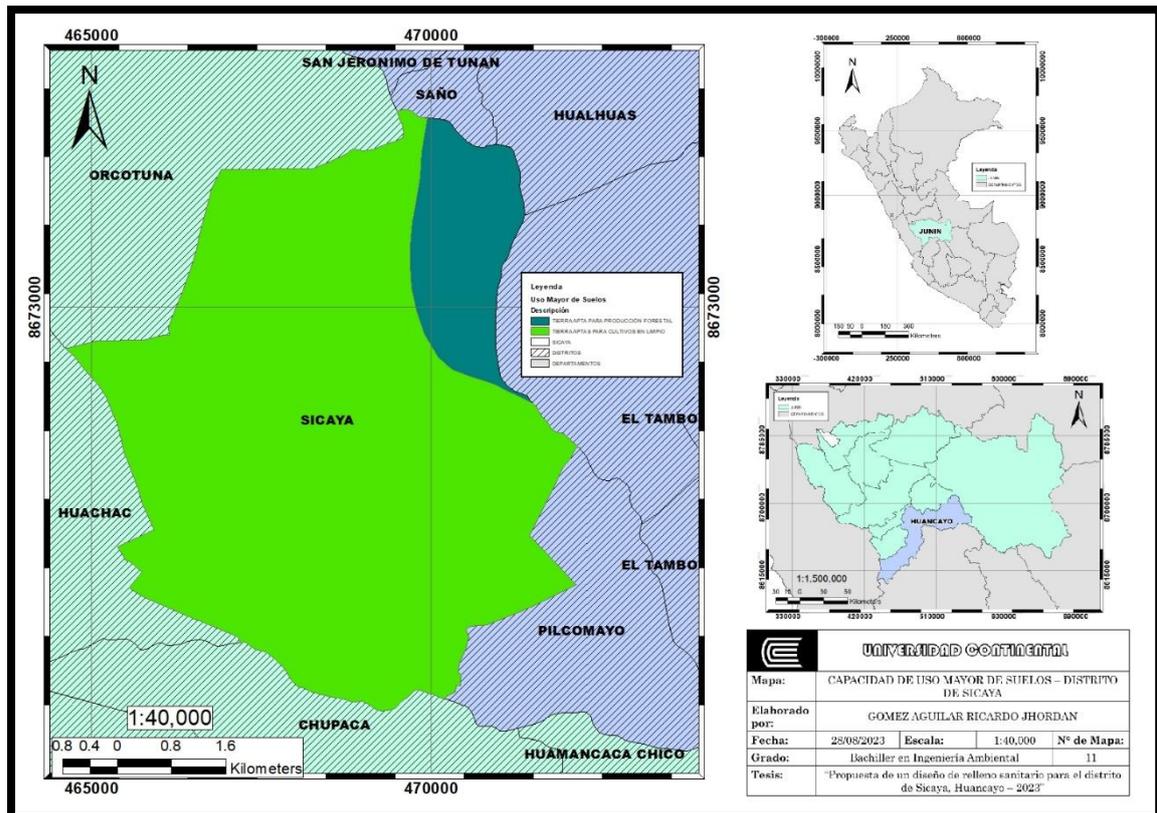
Tabla 8

Uso mayor de suelos

TIPO	ÁREA (ha)
Tierra apta para producción forestal, limitación clima. Calidad agrológica baja - Tierras de Protección	468.2

Figura 9

Mapa de Uso mayor de suelos



4.2.3.5. Meteorología y Climatología

Los datos meteorológicos son tomados por la estación meteorológica más cercana a la población de Sicaya, puesto que esta no cuenta con una propia. Para este caso se tomó los parámetros de la estación “HUAYAO” perteneciente al distrito de Huáchac, Provincia de Chupaca, Departamento de Junín; el cual es un distrito vecino a Sicaya.

4.2.3.5.1. Datos de Estación

Tabla 9

Datos de Estación Meteorológica

ESTACIÓN HUAYAO

DEPARTAMEN	JUNÍN	PROVINCI	CHUPAC	DISTRIT	HUACH
TO:		A:	A	O:	AC
LATITUD:	12° 2' 24.7"	LONGITU	75° 19'	ALTITU	3321
		D:	13.5"	D:	m.s.n.m.
TIPO:	CP - Meteorológi ca	CÓDIGO:	112056		

Nota. La estación tomada pertenece a Chupaca siendo la Estación Huayao la más cercana al distrito de Sicaya y también donde se registran datos meteorológicos por parte del Instituto Geofísico del Perú.

4.2.3.5.2. Meteorología

Las temperaturas tomadas para la presente tesis son del año 2022 tomando como referencia un año para el promedio general. Los datos serán promediados mensualmente en la siguiente tabla:

Tabla 10

Datos meteorológicos

AÑO 2022	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MIN	MAX		
ENERO	6.68	20.19	63.34	3.24
FEBRERO	8.29	18.88	70.06	4.40
MARZO	7.62	19.14	69.45	4.24
ABRIL	5.02	19.94	65.04	2.68
MAYO	3.65	20.52	58.68	0.36
JUNIO	0.45	19.57	74.60	0.00
JULIO	0.27	20.85	80.00	0.21
AGOSTO	2.10	21.04	80.00	0.20
SEPTIEMBRE	4.11	22.40	67.13	1.00
OCTUBRE	4.40	23.00	67.00	0.30
NOVIEMBRE	3.83	23.18	69.50	1.15
DICIEMBRE	5.35	20.17	77.16	4.70

PROMEDIO	4.31	20.74	70.16	1.87
ANUAL				

Fuente. SERVICIO Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

Datos/Datos Hidrometeorológicos. 2023 [17 de julio del 2023]. Disponible en:

<https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>.

Figura 10

Temperatura anual año 2022

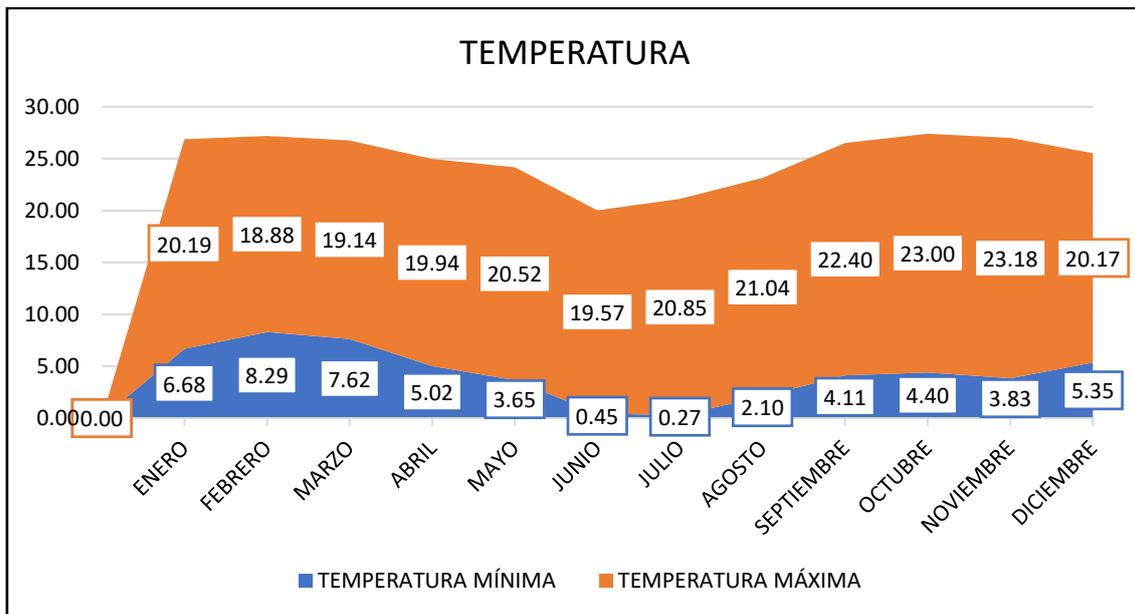


Figura 11

Humedad relativa año 2022

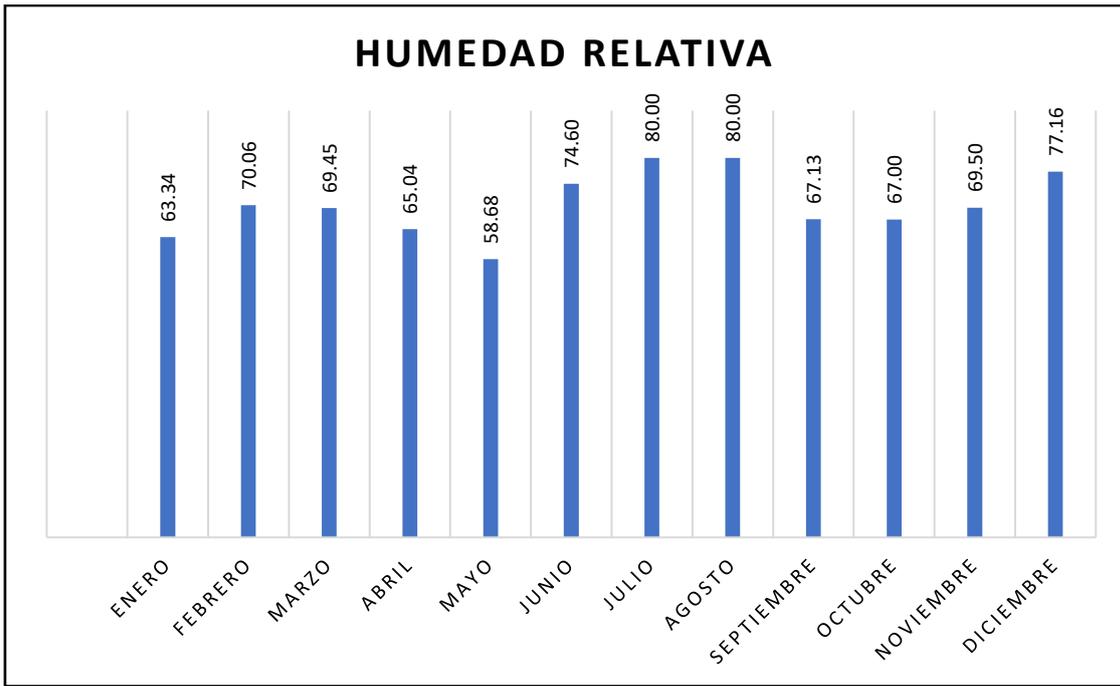
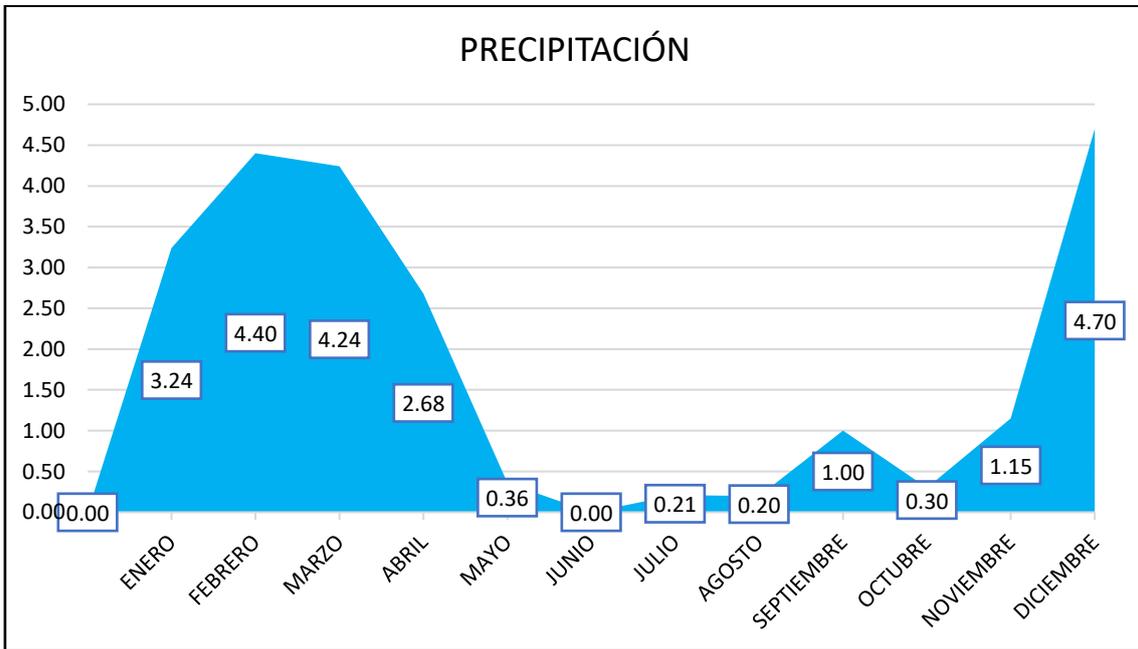


Figura 12

Precipitación año 2022



Los promedios de los datos meteorológicos son temperatura máxima (20.74 °C), temperatura mínima (4.31 °C), humedad relativa (70.16%) y precipitación (1.87 mm/año). Estos pertenecientes al año 2022.

4.2.3.5.3. Viento

a) Velocidad Promedio del viento en Sicaya

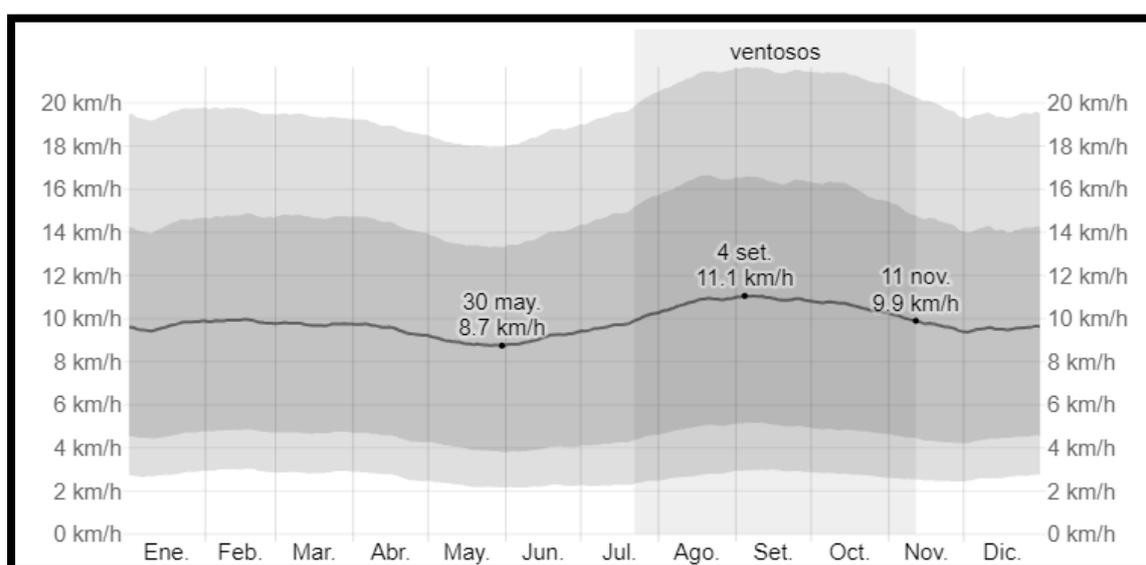
La velocidad promedio del viento por hora en Sicaya tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año.

La parte más ventosa del año dura 3.7 meses, del 22 de julio al 11 de noviembre, con velocidades promedio del viento de más de 9.9 kilómetros por hora. El mes más ventoso del año en Sicaya es setiembre, con vientos a una velocidad promedio de 10.9 kilómetros por hora.

El tiempo más calmado del año dura 8.3 meses, del 11 de noviembre al 22 de julio. El mes más calmado del año en Sicaya es mayo, con vientos a una velocidad promedio de 8.9 kilómetros por hora.

Figura 13

Dirección del viento en Sicaya



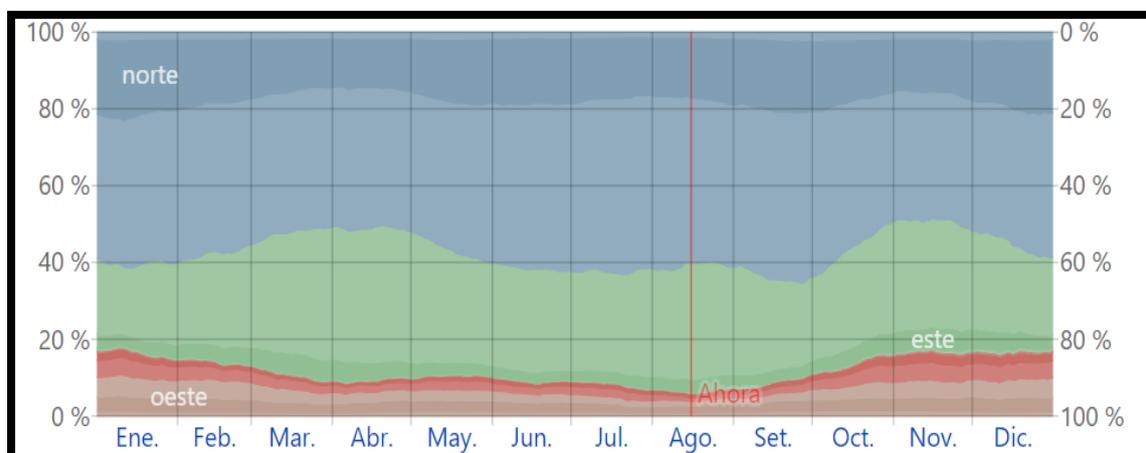
Fuente. Weather Spark. El Clima y el tiempo. 2023 [17 de agosto del 2023]. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/y/22243/Clima-promedio-en-Sicaya-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>.

b) Dirección del viento en Sicaya

La dirección del viento predominante por hora en Sicaya es del norte durante todo el año.

Figura 14

Dirección del viento en Sicaya



Fuente. Weather Spark. El Clima y el tiempo. 2023 [17 de agosto del 2023]. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/y/22243/Clima-promedio-en-Sicaya-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>.

4.2.3.5.4. Nubes

a) Categorías de nubosidad en Sicaya

En Sicaya, el promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía considerablemente en el transcurso del año.

La parte más despejada del año en Sicaya comienza aproximadamente el 30 de abril; dura 4.7 meses y se termina aproximadamente el 19 de setiembre.

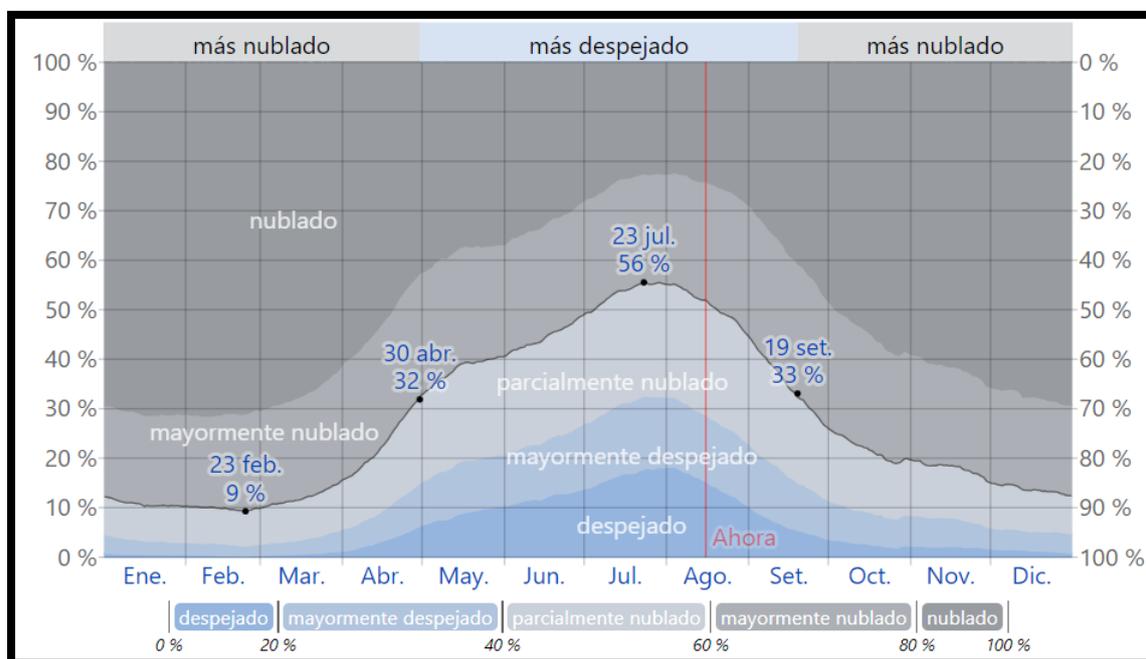
El mes más despejado del año en Sicaya es Julio, durante el cual en promedio el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 54 % del tiempo.

La parte más nublada del año comienza aproximadamente el 19 de setiembre; dura 7.3 meses y se termina aproximadamente el 30 de abril.

El mes más nublado del año en Sicaya es febrero, durante el cual en promedio el cielo está nublado o mayormente nublado el 90 % del tiempo.

Figura 15

Categorías de nubosidad en Sicaya



Fuente. Weather Spark. El Clima y el tiempo. 2023 [17 de agosto del 2023]. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/y/22243/Clima-promedio-en-Sicaya-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>.

4.2.3.6. Flora y Fauna

a. Flora

El distrito de Sicaya en gran cantidad de áreas destinadas a cultivo (5,260 hectáreas y 50 hectáreas que son destinadas para reforestación). Esta presenta mayor extensión de tierras agrícolas del Departamento de Junín. Entre las especies, destacan los bosques de aliso blanco y rojo, hierba santa, molle, pastos naturales, presencia de eucalipto por toda la extensión del territorio, cipreses, quinual, quishuar, aliso y sauco, junco, entre otras especies (54).

b. Fauna

En el Distrito de Sicaya, se da más la crianza de animales ganaderos como los cuyes, gallinas, vacas, carneros, entre otros. Sin embargo, cuentan con animales como la paloma, chihuaco,

cuervos, zorro, zorrillo, venado, alpaca, gavián, gaviotas, sapos, etc. (54). En los cultivos, se encuentra poca presencia de sapos y ranas que son usados para el control de plagas, pero van en decaimiento poblacional.

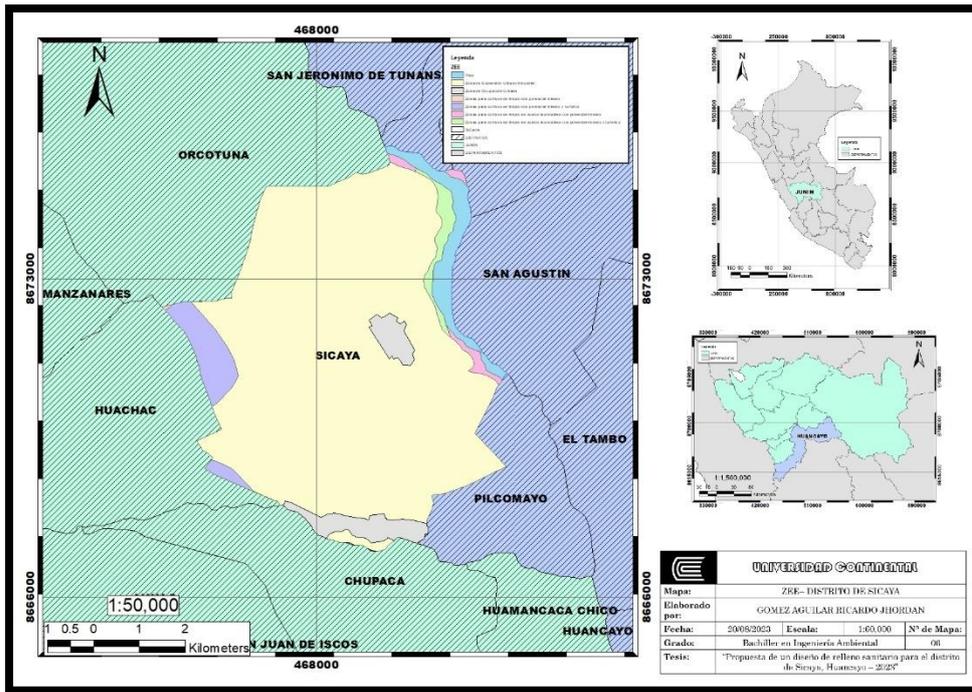
4.2.3.7. Zonificación Ecológica y Económica

La ZEE del distrito de Sicaya presenta las siguientes características:

ZEE	ZEE_GRANDE	AREA (ha)
	ZONAS DE APTITUD	
Zona de Expansión Urbano Industrial	URBANO INDUSTRIAL	3550.9
	ZONAS DE APTITUD	
Zona de Ocupación Urbana	URBANO INDUSTRIAL	189.4
Ríos	ZONAS PRODUCTIVAS	171.25
Zonas para cultivos en limpio con potencial minero	ZONAS PRODUCTIVAS	1.1
Zonas para cultivos en limpio con potencial minero y turístico	ZONAS PRODUCTIVAS	173.64
Zonas para cultivos en limpio en suelos inundables con potencial minero	ZONAS PRODUCTIVAS	40.25
Zonas para cultivos en limpio en suelos inundables con potencial minero y turístico	ZONAS PRODUCTIVAS	66.98

Figura 16

Mapa de ZEE de Sicaya

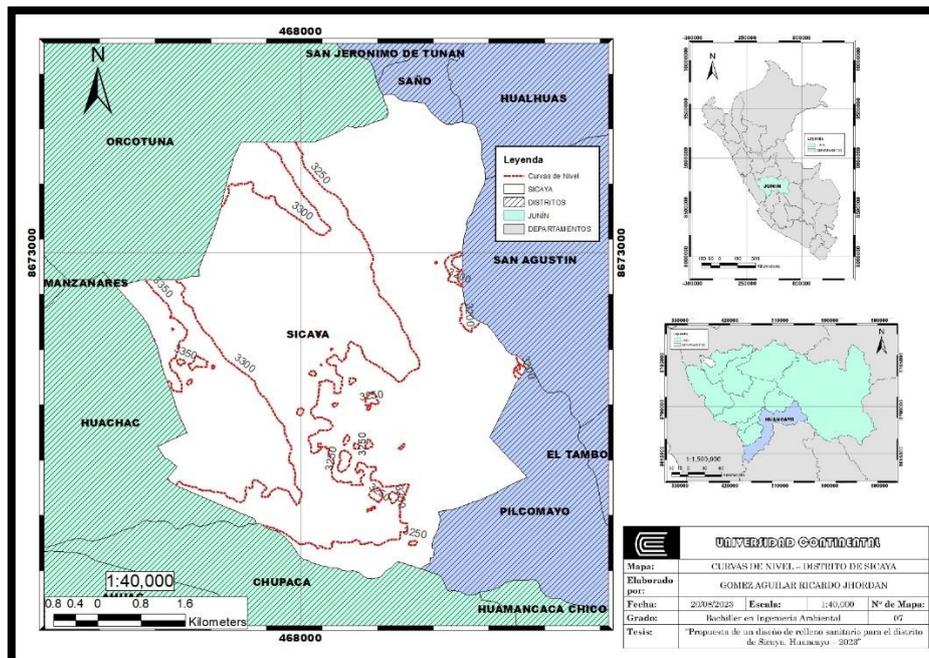


4.2.3.8. Curvas de Nivel y elevación.

El terreno del distrito de Sicaya es en su mayor parte del mismo nivel, con cerros alrededor de las cuales sus elevaciones varían de 3200 a 3350 m.s.n.m. como se muestra a continuación:

Figura 17

Mapa de Curvas de nivel y Elevación

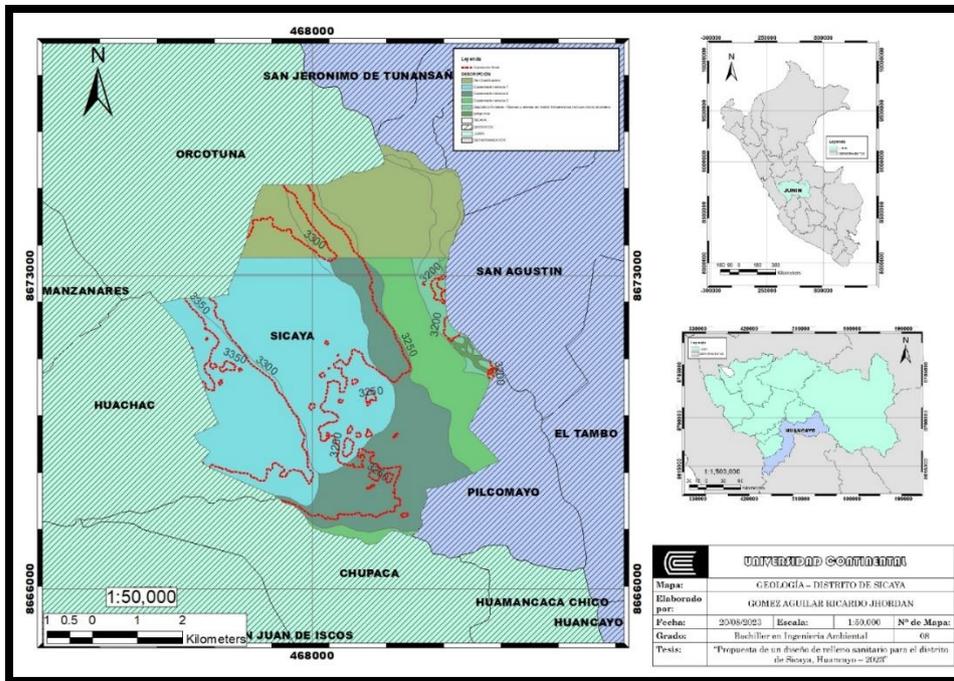


4.2.3.9. Geología

La distribución geológica se detalla en el siguiente mapa:

Figura 18

Geología del distrito de Sicaya

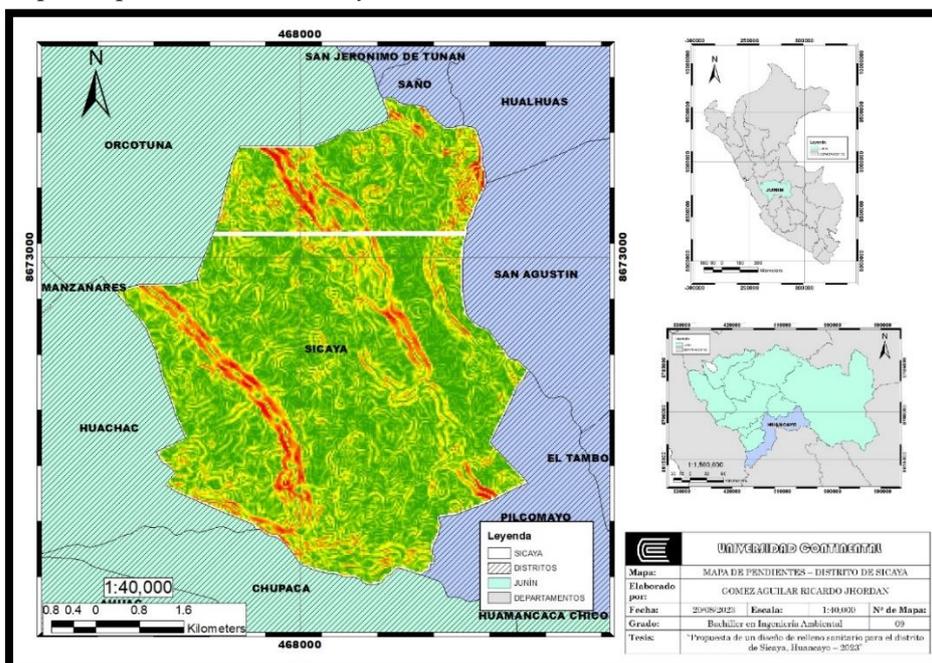


4.2.3.10. Pendientes

Las pendientes del distrito de Sicaya están distribuidas de la siguiente manera:

Figura 19

Mapa de pendientes de Sicaya



Las pendientes están dadas en escalas de 2, 4, 8, 10, 12, 15, 25, 35 yendo del color verde la de menos pendiente hacia rojo que son las de mayor pendiente.

4.2.3.11. Napa freática

Para la determinación de la napa freática, se realizó una excavación de calicata para dar con la napa freática de Sicaya. Para ello, se realizó la excavación en un terreno con una pendiente baja y a una distancia de 360m del río Mantaro.

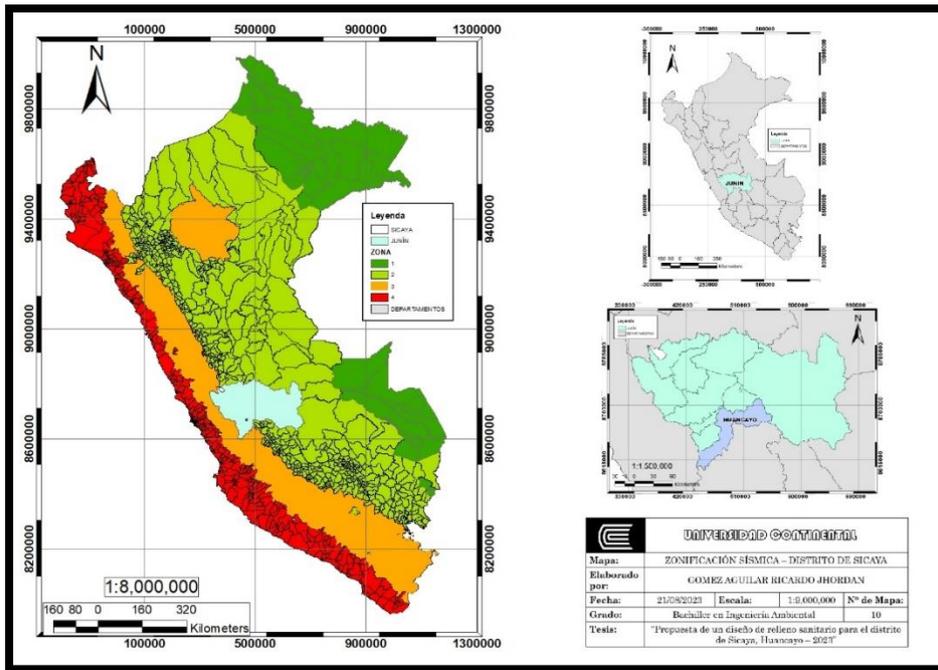
Figura 20
Calicata



4.2.3.12. Zonificación Sísmica

El distrito de Sicaya se encuentra en la zona 3 de riesgo sísmico lo que significa que existe una probabilidad alta de actividad sísmica.

Figura 21
Zonificación sísmica de Sicaya



4.2.4. Delimitación de áreas de influencia

Para la delimitación de las áreas posibles donde se podrá realizar la instalación de infraestructura del relleno sanitario, se realizará a través de un cuadro de ponderados y mapa de zonificación para la selección del sitio.

Figura 22

Delimitación de sitios

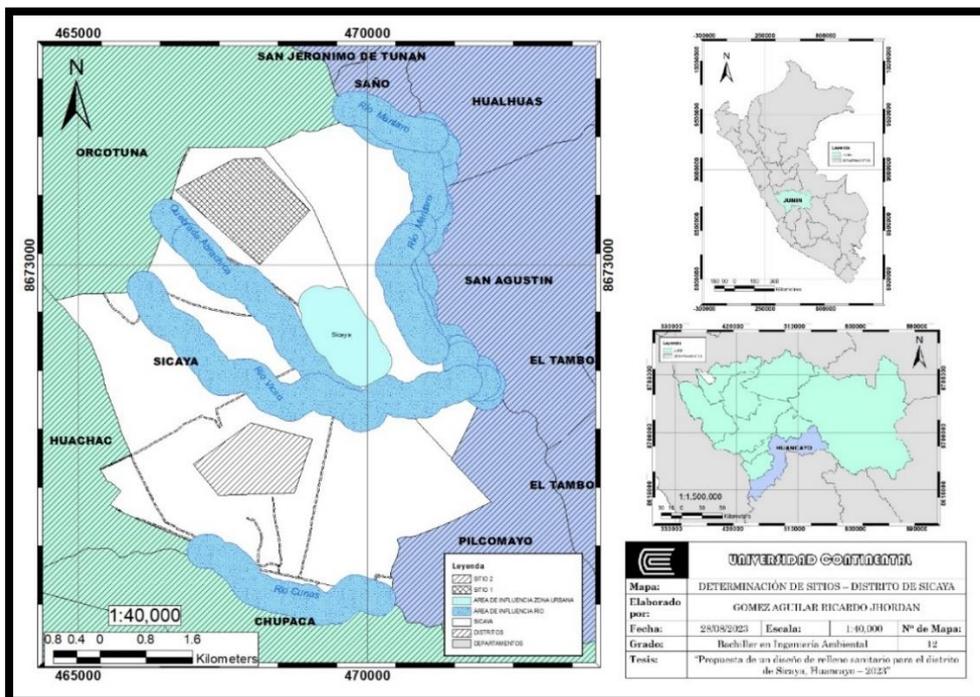


Tabla 11*Área total de los sitios posibles para el relleno sanitario*

ITEM	ÁREA (ha)
SITIO 1 (SICUNA)	226.9
SITIO 2 (SIPACA)	176.8

4.2.5. Evaluación de parámetros

Para la evaluación de parámetros, se tomaron en cuenta los valores de referencia generada por el Ministerio de Energías y Mina y/o el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMET.

Tabla 12*Evaluación de parámetros*

Ítem	Parámetro	Valores de referencia	SICUNA		SIPACA		
			Valores				
			Si cumpl e	No cumpl e	Si cumpl e	No cumpl e	
1.0	Distancia a la población más cercana (m)	> 1000 (m) de la población	X		X		La única población cercana es la de Sicaya
1.1	Distancia a granjas de crianza de animales (m)	> 1000 (m)	X		X		Solo existen crianza en casas propias del pueblo de Sicaya
1.2	Distancia a aeropuertos o pistas de aterrizaje (m)	>3 (m)	X		X		No existen aeropuertos o pistas de aterrizaje

1.3	Distancia a fuentes de aguas superficiales (m)	>300 (m)	X	X	En el mapa se detalla el límite con los cuerpos de agua.
1.4	Distancia con respecto al pueblo de Sicaya	>16 (Km)	X	X	Ambos sitios se encuentran a más de 16 Km del pueblo de Sicaya.
1.5	Accesibilidad al área (Distancia a vía de acceso principal) (Km)	Acceso en buen estado	X	X	Presencia de carretera asfaltada en menor tramo. La carretera trocha está en buen estado.
1.6	Uso actual del suelo y del área de influencia	Cultivo limpio	X	X	Ver mapa de uso mayor de suelos
1.7	Compatibilidad con la capacidad de uso mayor del suelo y planes de desarrollo urbano	Uso compatible	X	X	La expansión urbana está contemplada en el mapa con respecto a la población

					principal.
1.8	Propiedad del terreno	Saneado	X	X	Los únicos terrenos saneados son los de la población.
1.9	Vida útil del proyecto en función al área del terreno	>5 años	X	X	Se cuenta con terreno disponible para una vida útil mayor a 5 años
1.10	Topografía pendiente promedio del terreno (%)	Plano a ligeramente inclinado	X	X	Ver mapa de pendientes
1.11	Cuenta con barrera sanitaria natural	Presenta barrera sanitaria natural	X	X	Solo la primera opción cuenta con barrera sanitaria natural los cuales son árboles en todo el

					terreno.
1.12	Posibilidad del material de cobertura	Material de cobertura adecuado para operación total del proyecto	X	X	Con la tierra de la propia excavación.
1.13	Profundidad de la napa freática (m)	>10 (m)	X	X	Ambas opciones se encuentran en una pendiente alta, la napa freática no se encuentra a más de 6 metros de profundidad. (Ver anexo 01)
1.14	Permeabilidad de suelo	Impermeabilidad es < a 1×10^{-6} (arcilla)	X	X	La capa de arcilla en el suelo se encuentra después de los 30 cm de excavación.
1.15	Dirección predominante del viento	Contrario a la población más cercana.	X	X	El viento predominante es al norte de la población.

1.16	Pasivos Ambientales	No existe pasivo ambiental	X	X	No hay existencias de pasivos ambientales.	
1.17	Áreas naturales protegidas por el estado	Fuera de área natural	X	X	No existen áreas naturales protegidas.	
1.18	Áreas con restos arqueológicos	Inexistencia de restos	X	X	No existen zonas arqueológicas.	
1.19	Vulnerabilidad por peligro geológico	Baja vulnerabilidad	X	X	Vulnerabilidad baja a media de sismos.	
Puntaje Final			19	1	18	2
Alternativa seleccionada			El sitio con mayor adaptación a los parámetros es la alternativa 1 (SICUNA)			

Nota. El modelo de tabla fue tomado de: “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual” (36).

La opción con mayor puntaje es la primera siendo esta la que cumple con la mayoría de los requisitos para la selección del sitio para nivel de infraestructura de relleno sanitario; no obstante, la segunda opción tomando en cuenta el porcentaje de cumplimiento de requisitos también es una opción viable para la construcción de un relleno sanitario.

4.2.6. Identificación de tipo de relleno sanitario

Para definir el tipo de relleno sanitario se emplean los conceptos de la guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual tomando como punto principal la generación diaria de residuos sólidos siendo estos 6.7 Tn de residuos domiciliarios, 0.9 Tn de residuos no domiciliarios y 0.1 Tn de residuos especiales. La determinación del tipo de relleno sanitario se da a continuación:

Tabla 13*Identificación de tipo de relleno sanitario*

IDENTIFICACIÓN DE TIPO DE RELLENO SANITARIO			
Tipos de relleno sanitario	Manual	Semi-mecanizado	Mecanizado
Generación de residuos (al día)	20 Tn/día	50 Tn/día	>50 Tn/día
Generación total diaria en Sicaya	7.7 Tn/día		
Selección de relleno sanitario	El tipo de relleno sanitario apto a desarrollarse en el Manual		

Nota. El tipo de relleno se da según la cantidad de residuos que se generan diariamente siendo esta 7.7 Tn/día por lo que se encuentra dentro del relleno sanitario manual siendo esta la opción que se desarrollará para el distrito de Sicaya.

4.2.7. Selección de método de relleno sanitario

En el distrito de Sicaya, las pendientes son mayormente menores (Ver figura 19), lo cual indica terrenos planos y suelo no rocosos, además de que el nivel de napa freática se encuentra a una profundidad considerable por lo que se optó por el método de zanja o trincheras.

4.3. Diseño

4.3.1. Tasa de Crecimiento Poblacional

Ecuación 1: Tasa de crecimiento poblacional.

$$r = \sqrt[n]{\frac{P_{ultimocenso}}{P_{pultinmocenso}}} - 1$$

$$r = \sqrt[10]{\frac{16,932}{7,532}} - 1$$

$$r = 0.0844$$

4.3.2. Fórmula de crecimiento poblacional

Ecuación 2: Fórmula de crecimiento poblacional.

$$Pf = Po (1 + r)^n$$

$$Pf = 27,529 (1 + 0.0844)^{10}$$

$$Pf = 61,885 \text{ habitantes}$$

4.3.3. Proyección poblacional

Para la proyección poblacional, se tomará en cuenta un diseño de vida útil de 10 años desde el año presente.

Tabla 14

Delimitación regional de población

DEPARTAMENTO	JUNÍN
PROVINCIA	HUANCAYO
DISTRITO INVOLUCRADOS	SICAYA

Nota: Se presenta la delimitación del área de estudio siendo la siguiente: Distrito de Sicaya, Provincia de Huancayo, Departamento de Junín, Perú.

Tabla 15*Tasa de crecimiento de la población de Sicaya*

TASA DE CRECIMIENTO (MÉTODO GEOMÉTRICO)	
AÑO	POBLACIÓN URBANA DEL DISTRITO DE SICAYA
2007	7,532
2017	16,932
TASAS DE CRECIMIENTO ANUAL	8.44%

Nota: Para la tasa de crecimiento anual del distrito de Sicaya se emplea los Censos del año 2007 y 2017 respectivamente siendo esta última la más reciente que se tiene actualmente, se emplea la fórmula de crecimiento poblacional se obtiene una tasa de 8.44% de población urbana en el distrito de Sicaya.

Tabla 16*Proyección de la población urbana de Sicaya*

PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN URBANA DE LAS CIUDADES INVOLUCRADAS	
AÑO	POBLACIÓN URBANA DEL DISTRITO DE SICAYA
2023	27,529
2024	29,852
2025	32,370
2026	35,102
2027	38,063
2028	41,275
2029	44,757
2030	48,534
2031	52,629
2032	57,070
2033	61,885

Nota: Para calcular las dimensiones del relleno sanitario tener la proyección de población es importante para determinar la cantidad de residuos que debe albergar dicho relleno, para ello se aplica la población del 2017 y se aplica la tasa de crecimiento tomando en cuenta desde el año 2023 al año 2033 que será la vigencia de 10 años que tendrá el relleno sanitario. Para el 2033 se proyecta una población de 61,885 habitantes.

4.3.4. Generación Per cápita

La generación per cápita se determinó por el estudio de caracterización por lo que el valor es de 0.4 Kg/habitante/día.

Tabla 17

Datos de población y generación per cápita

DATOS BASE		
DESCRIPCIÓN	SICAYA	UNIDADES
POBLACIÓN AL AÑO 2023	27,529	Hab
GENERACIÓN PER CÁPITA AL 2023	0.400	kg/Hab/día

Nota: Para la proyección de residuos sólidos se emplea los datos de población inicial del año 2023 y la generación per cápita siendo esta última la generación promedio de residuos por persona.

4.3.5. Proyección de generación de residuos sólidos

La proyección se realizó tomando como datos base la población y generación per cápita (Ver tabla 17) siendo estos reemplazados en las siguientes ecuaciones:

A. Generación diaria de residuos sólidos domiciliarios

Ecuación 3: Generación diaria de residuos sólidos domiciliarios.

$$Dsd = Pob * Gpc$$

$$Dsd = 27,529 * 0.4/1000$$

$$Dsd = 11.01 Tn/día$$

B. Generación anual de residuos sólidos domiciliario

También se tomará en cuenta la generación de residuos no domiciliarios y especiales sumados para la generación anual de residuos sólidos.

Ecuación 4: Generación anual de residuos sólidos domiciliarios.

$$GA = (Dsd + Rsd) * 365 \text{ Días}$$

$$GA = (11.01 + 1.04) * 365 \text{ Días}$$

$$GA = 4,398.96 \text{ Tn/año}$$

Tabla 18

Proyección de generación de residuos en Sicaya

SICAYA						
AÑO	POBLACIÓN	GPC (kg/día)	GENERACIÓN DOMICILIARIA (t/día)	GENERACIÓN NO DOMICILIARIA (t/día)	GENERACIÓN RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (t/día)	GENERACIÓN RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (t/año)
2023	27,529	0.40	11.01	1.04	12.05	4,398.96
2024	29,852	0.40	12.06	1.05	13.11	4,785.46
2025	32,370	0.41	13.21	1.06	14.27	5,208.44
2026	35,102	0.41	14.47	1.07	15.54	5,671.38
2027	38,063	0.42	15.84	1.08	16.93	6,178.06
2028	41,275	0.42	17.35	1.09	18.45	6,732.65
2029	44,757	0.42	19.00	1.10	20.11	7,339.72
2030	48,534	0.43	20.81	1.12	21.93	8,004.25
203	52,629	0.43	22.80	1.13	23.92	8,731.71

1						
203	57,070	0.44	24.97	1.14	26.10	9,528.10
2						
203	61,885	0.44	27.34	1.15	28.49	10,399.97
3						

Nota. En la generación de residuos que será la base del diseño de celdas que serán los depósitos de residuos sólidos del distrito de Sicaya

Tabla 19

Generación de residuos sólidos (Según sector)

GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN SICAYA		
(2023)		
GENERACIÓN / SECTOR	SICAYA	UNIDADES
GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS	11.01	t/día
GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES NO DOMICILIARIOS	1.04	t/día
GENERACIÓN DE COMERCIO	0.54	t/día
GENERACIÓN DE RESTAURANTES	0.06	t/día
GENERACIÓN DE HOTELES	0.03	t/día
GENERACIÓN DE MERCADOS	0.04	t/día
GENERACIÓN DE INSTITUCIONES	0.20	t/día
GENERACIÓN DE BARRIDO ESPECIALES	0.04	t/día
GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES	7.81	t / día

Nota. La generación de residuos se tomó según método de estratos tomando en cuenta los negocios que se tiene por cada “cuartel” por los que está dividida la población del Distrito de Sicaya.

4.3.6. Proyección de producción anual

Para la proyección anual se tomará en cuenta solo los residuos que irán a disposición final en el relleno sanitario. Teniendo en cuenta ellos se separa los residuos orgánicos y reciclables.

Tabla 20

Composición de los residuos sólidos domiciliarios en Sicaya

COMPOSICIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS		ÍNDICE
DESCRIPCIÓN		
ORGÁNICOS		52.88%
RECICLABLES		21.44%
NO APROVECHABLES		25.68%
PELIGROSOS		0.00%
TOTAL		100.0%

Nota. La principal generación de la población en residuos domiciliarios son los desechos orgánicos con un 52.88% del total de residuos generados. Una de las principales razones por la que no se presencia residuos peligrosos es por el mismo hecho de que la población se dedica netamente a la agricultura y ganadería, además de que no existe una concientización respecto a los residuos peligrosos, por lo que se maneja en forma de residuos plásticos.

Tabla 21

Generación de residuos domiciliarios (No reaprovechables)

RESIDUOS DOMICILIARIOS					
AÑO	POBLACIÓN	GPC (kg/día)	GENERACIÓN DOMICILIARIA (t/día)	PORCENTAJE DE NO APROVECHABLE	GENERACIÓN DOMICILIARIA FINAL (t/día)
2023	27,529	0.40	11.01	0.26	2.83
2024	29,852	0.40	12.06	0.26	3.13
2025	32,370	0.41	13.21	0.26	3.46

2026	35,102	0.41	14.47	0.26	3.83
2027	38,063	0.42	15.84	0.27	4.23
2028	41,275	0.42	17.35	0.27	4.68
2029	44,757	0.42	19.00	0.27	5.18
2030	48,534	0.43	20.81	0.28	5.73
2031	52,629	0.43	22.80	0.28	6.34
2032	57,070	0.44	24.97	0.28	7.01
2033	61,885	0.44	27.34	0.28	7.76

Nota. En el apartado, se calculan solo los datos de residuos domiciliarios, por lo que se toma los 10 años de tiempo de vida útil del relleno sanitario, que es tomada desde la realización de la presente investigación, por lo que se toma desde el 2023 hasta el año 2033 siendo estos datos aproximados, y puede tomar datos mayores o menores para la generación final en los diferentes años.

Tabla 22

Composición de los residuos sólidos no domiciliarios en Sicaya

COMPOSICIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS NO DOMICILIARIOS	ÍNDICE
DESCRIPCIÓN	
ORGÁNICOS	52.88%
RECICLABLES	21.44%
NO APROVECHABLES	25.68%
PELIGROSOS	0.00%
TOTAL	100.0%

Nota. Para este apartado, se toma la segunda parte de los residuos siendo estos los no domiciliarios pertenecientes a su mayoría a instituciones o negocios netamente. Entre ellos, también, abundan los residuos orgánicos siendo estos representados por el 52.88%.

Tabla 23

Composición de los residuos sólidos no domiciliarios especiales en Sicaya

COMPOSICIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS NO	ÍNDICE
--	---------------

DOMICILIARIOS ESPECIALES

DESCRIPCIÓN	
ORGÁNICOS	14.50%
RECICLABLES	41.08%
NO APROVECHABLES	44.42%
PELIGROSOS	0.00%
TOTAL	100.0%

Nota. Para los residuos especiales, se tienen residuos no pertenecientes a la categoría de reutilizables u orgánicos, por lo que los residuos comunes tienen un mayor índice de existencias siendo esta de 44.42%.

Tabla 24

Generación de residuos no domiciliarios (No reaprovechables)

RESIDUOS NO DOMICILIARIOS			
AÑO	GENERACIÓN NO DOMICILIARIA (t/día)	PORCENTAJE DE NO APROVECHABLE	GENERACIÓN NO DOMICILIARIA FINAL (t/día)
2023	1.04	0.38	0.40
2024	1.05	0.39	0.41
2025	1.06	0.39	0.42
2026	1.07	0.40	0.42
2027	1.08	0.40	0.43
2028	1.09	0.40	0.44
2029	1.10	0.41	0.45
2030	1.12	0.41	0.46
2031	1.13	0.42	0.47
2032	1.14	0.42	0.48
2033	1.15	0.42	0.49

Nota. Para la generación de residuos no domiciliarios se tiene un menor índice de generación que se acumula anualmente debido a que se cuenta con una población no tan

denso por lo que los negocios no son tan grandes y la generación de residuos son menores.

4.3.7. Cálculo del volumen necesario

En la producción diaria de residuos sólidos municipales, se recolecta 12.05 Tn/día, de la cual se separa los residuos clasificados como materia orgánica para posteriormente tratarlas como compostaje, asimismo los residuos reciclables para una gestión de valorización.

Se toma en cuenta la densidad de los residuos sólidos que es: 732.94 Kg/m³.

Tabla 25

Datos de demanda del servicio de aprovechamiento de residuos

Datos básicos para la proyección de la demanda del servicio de aprovechamiento		
PARÁMETROS	VALOR	UNIDADES
GENERACIÓN PER CAPITA	0.400	Kg/hab./día
PORCENTAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABLES	27.99%	Porcentaje
PORCENTAJE DE MATERIA ORGÁNICA COMPOSTIFICABLE	40.10%	Porcentaje
Nº. DÍAS (1 AÑO)	365	Días

Nota. Los datos de la presente tabla son base para los cálculos posteriores siendo estos los que determinan la cantidad de residuos que serán netamente llevados al relleno sanitario, mientras, que, por el contrario, también, da paso a nuevas metodologías para el aprovechamiento de los residuos reutilizables y orgánicos.

Tabla 26

Proyección de residuos sólidos reciclables

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DEL SERVICIO DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABLES						
Nº.	GENERACIÓN DE RESIDUOS	GENERACIÓN ANUAL DE RESIDUOS RECICLABLES	RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABLES	APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS	DEMANDA EFECTIVA DE APROVECHAMIENTO	DEMANDA EFECTIVA DE APROVECHAMIENTO

	SÓLIDOS MUNICIPALES (t/día)	RESIDUOS SÓLIDOS (t/año)	REAPROVECHABLES (t/año)	RECICLABILES (%)	DE RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABILES (t/año)	DE RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABILES (t/día)
	(A)	(B) = (A) x 365	(C) = (B) x 27.99 %	(D)	(E) = (C) x (D)	(F) = (E)/365
0	12.05	4,398.96	1,231.27	60%	738.76	2.02
1	13.11	4,785.46	1,339.45	60%	803.67	2.20
2	14.27	5,208.44	1,457.84	60%	874.71	2.40
3	15.54	5,671.38	1,587.42	60%	952.45	2.61
4	16.93	6,178.06	1,729.24	60%	1,037.54	2.84
5	18.45	6,732.65	1,884.47	60%	1,130.68	3.10
6	20.11	7,339.72	2,054.39	60%	1,232.63	3.38
7	21.93	8,004.25	2,240.39	60%	1,344.23	3.68
8	23.92	8,731.71	2,444.01	60%	1,466.40	4.02
9	26.10	9,528.10	2,666.92	60%	1,600.15	4.38
10	28.49	10,399.97	2,910.95	60%	1,746.57	4.79

Nota. La tabla actual es para determinar los residuos sólidos reaprovechables los cuales serán destinados a otros propósitos y son descartados del relleno sanitario, con ello da paso a la realización de un nuevo plan de manejo de residuos sólidos que puede ser aplicado al distrito de Sicaya.

Tabla 27

Proyección de residuos sólidos compostables

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DEL SERVICIO DE APROVECHAMIENTO DE MATERIA ORGÁNICA						
N.º DE RESIDUOS	GENERACIÓN DE RESIDUOS	GENERACIÓN DE RESIDUOS	MATERIA ORGÁNICA	APROVECHAMIENTO PROGRESIVO DE	DEMANDA DE APROVECHAMIENTO	DEMANDA DE APROVECHAMIENTO

	OS SÓLIDO S MUNICI PALES (t/día)	OS SÓLIDO S MUNICI PALES (t/año)	(t/año)	COMPOST (%)	DE MATERIA ORGÁNICA (t/año)	DE MATERIA ORGÁNICA (t/día)
	(A)	(B) = (A) x 365	(C) = (B) x 40.1 %	(D)	(E) = (C) x (D)	(E) = (C) x (D)
0	12.05	4,398.96	1,763.9 8	3.00%	52.92	0.14
1	13.11	4,785.46	1,918.9 7	6.70%	128.57	0.35
2	14.27	5,208.44	2,088.5 9	10.40%	217.21	0.60
3	15.54	5,671.38	2,274.2 2	14.10%	320.67	0.88
4	16.93	6,178.06	2,477.4 0	17.80%	440.98	1.21
5	18.45	6,732.65	2,699.7 9	21.50%	580.46	1.59
6	20.11	7,339.72	2,943.2 3	25.20%	741.69	2.03
7	21.93	8,004.25	3,209.7 0	28.90%	927.60	2.54
8	23.92	8,731.71	3,501.4 2	32.60%	1,141.46	3.13
9	26.10	9,528.10	3,820.7 7	36.30%	1,386.94	3.80
10	28.49	10,399.97	4,170.3 9	40.00%	1,668.15	4.57

Nota. El presente cuadro detalla la generación total de residuos orgánicos generados en la población de Sicaya, siendo esta una fuente energética o aprovechable según el tipo de tratamiento que se le dé.

Tabla 28

Generación municipal de residuos sólidos (Sicaya)

A Ñ O	POBL ACIÓ N (HABI TANT ES)	GPC (kg/H ab/dí a)	DOMI CILIA RIA (t/día)	NO DOMI CILIA RIA (t/día)	TO TA L (t/d ía)	RESIDUO S SÓLIDOS COMPOS TIFICAB LES (t/día)	RESID UOS SÓLID OS RECIC LABL ES (t/día)	RESI DUO S SÓL IDO S PAR A DISP ONE R (t/día)	TO TA L, AN UA L (t/a ño)
20 23	27,529	0.400	11.01	1.04	12. 05	0.14	2.02	9.88	3,6 07. 28
20 24	29,852	0.404	12.06	1.05	13. 11	0.35	2.20	10.56	3,8 53. 22
20 25	32,370	0.408	13.21	1.06	14. 27	0.60	2.40	11.28	4,1 16. 52

20					15.				4,3
26	35,102	0.412	14.47	1.07	54	0.88	2.61	12.05	98.
									26
20					16.				4,6
27	38,063	0.416	15.84	1.08	93	1.21	2.84	12.88	99.
									54
20					18.				5,0
28	41,275	0.420	17.35	1.09	45	1.59	3.10	13.76	21.
									52
20					20.				5,3
29	44,757	0.425	19.00	1.10	11	2.03	3.38	14.70	65.
									39
20					21.				5,7
30	48,534	0.429	20.81	1.12	93	2.54	3.68	15.71	32.
									41
20					23.				6,1
31	52,629	0.433	22.80	1.13	92	3.13	4.02	16.78	23.
									85
20					26.				6,5
32	57,070	0.437	24.97	1.14	10	3.80	4.38	17.92	41.
									01
20					28.				6,9
33	61,885	0.442	27.34	1.15	49	4.57	4.79	19.14	85.
									24

Nota: La presente tabla es la base para los cálculos del relleno sanitario siendo esta la acumulación de residuos que se generará en los próximos 10 años de la población de Sicaya sin tomar en cuenta los residuos reaprovechables y los residuos Compostables.

4.3.8. Volumen de los residuos sólidos en el relleno sanitario

El cálculo del volumen diario y anual se halla considerando la producción diaria y la densidad de los residuos sólidos estabilizados.

4.3.8.1. Volumen diario estabilizado

La fórmula empleada es la siguiente:

Ecuación 5: Volumen diario estabilizado.

$$V_{\text{diario}} = \frac{9.88}{0.72384}$$

$$V_{\text{diario}} = 13.65 \text{ m}^3/\text{día}$$

Tabla 29

Volumen diario de residuos sólidos

RESIDUOS SÓLIDOS NO APROVECHABLES (Tn/día)	VOLUMEN DE RESIDUOS SÓLIDOS A DISPONER (m³/día)
9.88	13.65
10.56	14.58
11.28	15.58
12.05	16.65
12.88	17.79
13.76	19.01
14.70	20.31
15.71	21.70
16.78	23.18
17.92	24.76
19.14	26.44

4.3.8.2. Volumen anual compactado

Para el volumen anual de residuos sólidos a disponer, se realiza el cálculo tomando en cuenta la densidad de los residuos sólidos cuyo valor es el siguiente:

$$\text{Densidad} = 723.84 \text{ Kg/m}^3$$

Ecuación 6: Volumen de residuos anual compactado.

$$V_a = \frac{\text{Total de residuos anual } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{año}}\right)}{723.84 \frac{\text{Kg}}{\text{M}^3}}$$

$$V_a = 3,607.28 * \frac{1000}{723.84}$$

$$Va = 4,983.53$$

Tabla 30

Volumen anual de residuos sólidos a disponer

RESIDUOS SÓLIDOS POR DISPONER (t/día)	TOTAL, ANUAL (t/año)	VOLUMEN DE RESIDUOS SÓLIDOS A DISPONER
(H)	(I) = (H) x 365	(m3/año)
9.88	3,607.28	4,983.53
10.56	3,853.22	5,323.30
11.28	4,116.52	5,687.06
12.05	4,398.26	6,076.29
12.88	4,699.54	6,492.51
13.76	5,021.52	6,937.33
14.70	5,365.39	7,412.40
15.71	5,732.41	7,919.45
16.78	6,123.85	8,460.22
17.92	6,541.01	9,036.54
19.14	6,985.24	9,650.26

El promedio de residuos anual a ser dispuestos es de 7,088.99 m³/año.

4.3.8.3. Volumen de material de cobertura

Para el volumen de relleno sanitario se inicia con el cálculo del volumen de material de cobertura, tomando los datos de volumen de residuos a disponer, multiplicado por el factor de cobertura que es del 20%.

Ecuación 7: Volumen de material de cobertura.

$$Vmc = 4,983.53 * 20\%$$

$$Vmc = 996.71 \frac{m^3}{año}$$

Tabla 31

Volumen de material de cobertura

VOLUMEN DE RESIDUOS SÓLIDOS A	VOLUMEN DE MATERIAL DE
--------------------------------------	-------------------------------

DISPONER (m3/año)	COBERTURA (m3/año)
4,983.53	996.71
5,323.30	1,064.66
5,687.06	1,137.41
6,076.29	1,215.26
6,492.51	1,298.50
6,937.33	1,387.47
7,412.40	1,482.48
7,919.45	1,583.89
8,460.22	1,692.04
9,036.54	1,807.31
9,650.26	1,930.05

4.3.8.4. Volumen del relleno sanitario

Después de determinar el valor del volumen del material de cobertura se procede a sumar los volúmenes de residuos a disponer y material de cobertura para hallar el acumulado de volumen que irá al relleno sanitario.

Tabla 32

Volumen del relleno sanitario acumulado

VOLUMEN DE RESIDUOS DISPUESTOS EN EL RELLENO (m3/año)	VOLUMEN DE MATERIAL DE COBERTURA ACUMULADO (m3/año)	VOLUMEN DEL RELLENO SANITARIO ACUMULADO (m3/año)
4,983.53	996.71	5,980.23
10,306.83	2,061.37	12,368.19
15,993.89	3,198.78	19,192.67
22,070.18	4,414.04	26,484.21
28,562.69	5,712.54	34,275.22
35,500.01	7,100.00	42,600.02
42,912.42	8,582.48	51,494.90

50,831.86	10,166.37	60,998.24
59,292.09	11,858.42	71,150.51
68,328.63	13,665.73	81,994.36
77,978.89	15,595.78	93,574.67

El resultado acumulado de volumen de residuos sólidos es de 93,574 m³ para el final del 10mo año de funcionamiento del relleno sanitario.

4.3.9. Cálculos de área requerida

4.3.9.1. Área parcial

Se emplea la siguiente ecuación:

Ecuación 8: Área parcial requerida.

$$Ap = \frac{VRS}{HRS * 10,000}$$

$$Ap = \frac{5,980.23}{20 * 10,000}$$

$$Ap = 0.03 \text{ ha}$$

HRS = Altura o profundidad del relleno sanitario = 20 m

Tabla 33

Cálculo de área parcial del relleno sanitario

VOLUMEN DEL RELLENO SANITARIO ACUMULADO (m3/año)	AREA (Ha)
5,980.23	0.03
12,368.19	0.06
19,192.67	0.10
26,484.21	0.13
34,275.22	0.17
42,600.02	0.21
51,494.90	0.26

60,998.24	0.30
71,150.51	0.36
81,994.36	0.41
93,574.67	0.47

4.3.9.2. Área total

Para el área total se calcula mediante un factor de incremento como área agregada las cuales contemplan vías de acceso, área de asentamiento, garita o portería, instalaciones sanitarias, entre otros. Este se considera entre 20% y 40% del área del relleno sanitario. Teniendo en cuenta que el área máxima inicial es de 0.47 hectáreas, se tendrá en cuenta un 30% adicional para las áreas administrativas. A continuación, se detalla los resultados teniendo en cuenta estos requerimientos.

Tabla 34

Cálculo de área total requerida para el diseño del relleno sanitario

ÁREA (Ha)	ÁREA TOTAL MÁS INFRAESTRUCTURA
0.03	0.04
0.06	0.08
0.10	0.12
0.13	0.17
0.17	0.22
0.21	0.28
0.26	0.33
0.30	0.40
0.36	0.46
0.41	0.53
0.47	0.61

4.3.10. Vida útil

La vida útil a nivel de infraestructura se determina por los años que el sitio seleccionado podrá ejercerse como lugar para disposición final de los residuos de la población de Sicaya. El tiempo (años) de duración depende, principalmente, del método para la operación, el volumen disponible que tenga el sitio y la cantidad de residuos que podrá abarcar. Según la guía de diseño y las normas legales vigentes, que consideran los criterios de esta, el tiempo de vida útil que tiene el actual diseño es de 10 años. Esto se debe a que se cuenta con terreno mayor a 10 hectáreas, las zanjas, área de compost y las administrativas ocuparán el área total del diseño.

4.3.11. Cálculos de zanja

4.3.11.1. Volumen de zanja

A partir de la vida útil de la zanja, se calcula el volumen a excavar y el tiempo que será requerida la maquinaria.

Ecuación 9: Volumen de zanja.

$$V_z = \frac{t \times DSr \times m.c.}{Drsm}$$

Donde:

V_z = Volumen de zanja (m^3)

t = Tiempo de vida útil (días)

DSr = Cantidad de residuos recolectados (Kg/día)

$m.c.$ = Material de cobertura

$Drsm$ = Densidad de los Residuos en el relleno (Kg/m^3)

$$V_z = \frac{365 \times 11011.5 \times 1.2}{723.84}$$

$$V_z = 6,663.13 \text{ m}^3$$

4.3.11.2. Dimensiones de la zanja

Para términos de operación manual, las dimensiones de la zanja están delimitadas por ciertos criterios:

- Profundidad de la zanja, la cual, debe estar comprendido entre 2 a 4 metros de acuerdo con el nivel freático, tipo de suelo, equipo y costo de excavación.
- El ancho de la zanja está determinado entre 3 y 6 metros el cual es el ancho del equipo.
- El largo está condicionado al tiempo de duración o vida útil de la zanja.

Entonces:

Ecuación 10: Longitud de zanja.

$$l = \frac{V_z}{a \times h_z}$$

Donde:

l = Largo o longitud de la zanja (m)

V_z = Volumen de la zanja

a = Ancho (m)

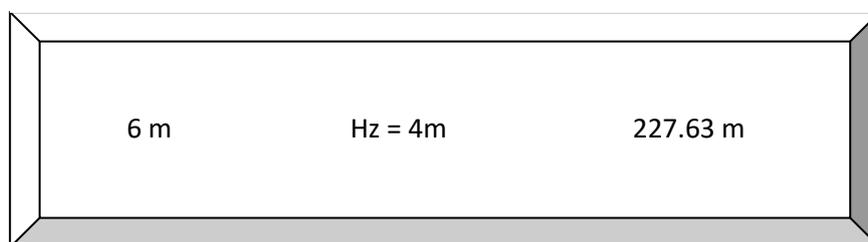
h_z = Profundidad (m)

$$l = \frac{6,663.13}{6 \times 4}$$

$$l = 227.63$$

Figura 23

Dimensiones de zanja



4.3.12. Cálculos de celda diaria

La celda diaria está dada, básicamente, por los residuos sólidos municipales y el material de cobertura la cual es dimensionada con el fin de economizar la tierra,

sin perjuicio del recubrimiento y con el fin que proporcione un adecuado trabajo de descarga y maniobra de los vehículos recolectores.

Las dimensiones y volumen de la celda diaria dependen de los siguientes factores:

- La generación diaria de RSM que se va a disponer.
- Grado de compactación.
- Altura de la celda más cómoda para el trabajo manual.
- El frente de trabajo necesario que permita la descarga adecuada de los vehículos de recolección de residuos sólidos.

4.3.12.1. Cantidad de Residuos Sólidos Municipales que se dispondrá

La cantidad de basura para el diseño de la celda diaria se obtiene con la siguiente ecuación:

Ecuación 11: Cantidad de residuos sólidos que se dispondrá.

$$DSrs = DSp \times \left(\frac{7}{dhab} \right)$$

Donde:

DSrs = Cantidad diaria de RSM en el relleno sanitario (kg/día)

DSp = Cantidad de RSM producidos por día (Kg/día)

dhab = Días hábiles o laborales en una semana.

$$DSrs = 18,078.74 \times \left(\frac{7}{5} \right)$$

$$DSrs = 25,310.24 \text{ Kg/día}$$

4.3.12.2. Volumen de la celda diaria

Ecuación 12: Volumen de celda diaria.

$$Vc = \frac{DSrs}{Drsm} \times m. c.$$

Donde:

Vc = Volumen de celda diaria (m³)

Drsm = Densidad de los RSM recién compactados en el relleno sanitario. (kg/m³)

m.c. = Material de cobertura (20%)

$$V_c = \frac{25,310.24}{723.84} \times 1.2$$

$$V_c = 41.25 \text{ m}^3$$

4.3.12.3. Dimensiones de la celda diaria

- Área de la celda

Ecuación 13: Área de celda.

$$A_c = \frac{V_c}{h_c}$$

Donde:

A_c = Área de la celda (m²/día)

h_c = Altura de la celda (m) – Para rellenos sanitarios de operación manual límite de 1.5 – 2.0m.

$$A_c = \frac{42.25 \text{ m}^3}{1.75 \text{ m}}$$

$$A_c = 24.14 \text{ m}^2/\text{día}$$

- Largo o avance de la celda

Ecuación 14: Largo o avance de celda.

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

Donde:

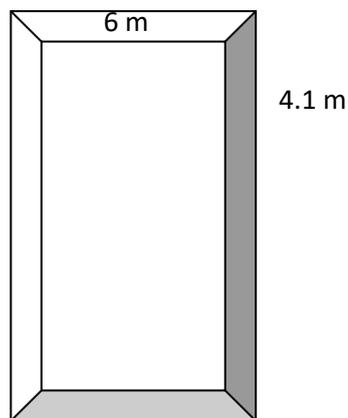
a = Ancho de celda de valores 3 – 6 m (Según movilización de equipos)

$$l = \frac{24.14}{6}$$

$$l = 4.1m$$

Figura 24

Diseño de la celda diaria



4.3.13. Proyección de la demanda del servicio de aprovechamiento de materia orgánica

El porcentaje de composición orgánica es de 40.1% en promedio según el último estudio de caracterización de residuos sólidos del distrito de Sicaya.

Tabla 35

Proyección de materia orgánica

N.º	GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (t/día)	GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (t/año)	MATERIA ORGÁNICA (t/año)
	(A)	(B) = (A) x 365	(C) = (B) x 40.1 %
0	12.05	4,398.96	1,763.98
1	13.11	4,785.46	1,918.97
2	14.27	5,208.44	2,088.59
3	15.54	5,671.38	2,274.22

4	16.93	6,178.06	2,477.40
5	18.45	6,732.65	2,699.79
6	20.11	7,339.72	2,943.23
7	21.93	8,004.25	3,209.70
8	23.92	8,731.71	3,501.42
9	26.10	9,528.10	3,820.77
10	28.49	10,399.97	4,170.39

Para realizar el aprovechamiento progresivo del compost, se calculó mediante un incremento de 3.7%. Para ello, se calculó la demanda de aprovechamiento de materia orgánica con la siguiente ecuación:

Ecuación 15: Área de zona de compostaje.

$$A_{compos} = A_p \times MO$$

Donde:

A_{compost} = Aprovechamiento de compost

A_p = Aprovechamiento progresivo

MO = Materia orgánica generada (Tn/año)

Tabla 36

Demanda de aprovechamiento de materia orgánica

APROVECHAMIENTO PROGRESIVO DE COMPOST (%)	DEMANDA DE APROVECHAMIENTO DE MATERIA ORGÁNICA (t/año)	DEMANDA DE APROVECHAMIENTO DE MATERIA ORGÁNICA (t/día)
3.00%	52.92	0.14
6.70%	128.57	0.35
10.40%	217.21	0.60
14.10%	320.67	0.88
17.80%	440.98	1.21

21.50%	580.46	1.59
25.20%	741.69	2.03
28.90%	927.60	2.54
32.60%	1,141.46	3.13
36.30%	1,386.94	3.80
40.00%	1,668.15	4.57

4.3.14. Cálculo del volumen de compostaje

Se calcula con la siguiente ecuación:

Ecuación 16: Volumen de compostaje.

$$V_c = \frac{\text{Cantidad de residuos para la planta de compostaje}}{\text{densidad}}$$

Donde:

$$\text{Densidad} = 0.7 \text{ Tn/m}^3$$

Tabla 37

Volumen de compostaje

<i>Año</i>	<i>Cantidad de Residuos Reciclables para la Planta de Compostaje (Ton/día)</i>	<i>Volumen (m3)</i>
2023	4.57	6.31

4.3.15. Cálculo de dimensiones de la planta de compostaje

4.3.15.1. Cálculo del ancho total de rumas

Se calculó con la siguiente ecuación:

Ecuación 17: Dimensiones de planta de compostaje.

$$(\text{Ancho} * 7) + (\text{distancia mayor} * 4) + (\text{distancia menor} * 3)$$

Tabla 38*Ancho de rumas*

<i>Ancho de la Ruma (m)</i>	<i>Altura de la Ruma (m)</i>	<i>Distancia Mayor Entre Rumas (m)</i>	<i>Distancia Menor Entre Rumas (m)</i>	<i>Ancho Total (m)</i>
4.00	2.00	5.00	1.00	51.00

4.3.15.2. Cálculo de la longitud de ruma

Tomando en cuenta la longitud de la ruma de la celda 1 que es 2, para las posteriores celdas, se calcula con la siguiente ecuación:

Ecuación 18: Cálculo de longitud de ruma.

Longitud de ruma anterior + porcentaje de reducción

Donde:

Porcentaje de reducción es del 40%

Tabla 39*Longitud de rumas*

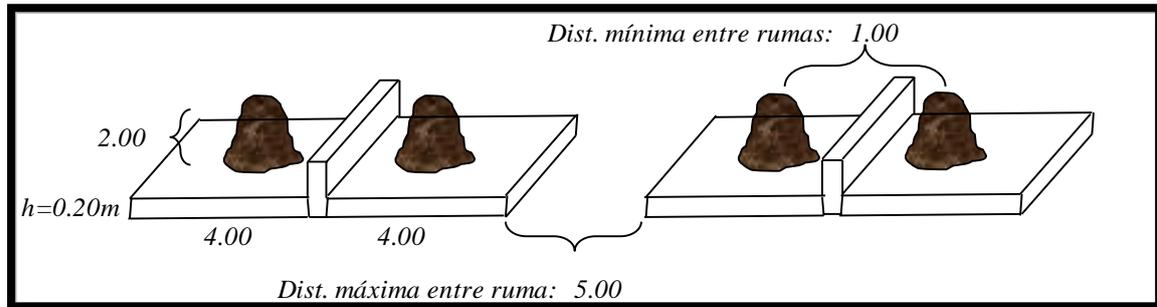
<i>Longitud de la Ruma de la 1ª Celda "A" (m)</i>	<i>Longitud de la Ruma de la 2ª Celda "B" (m)</i>	<i>Longitud de la Ruma de la 3ª Celda "C" (m)</i>	<i>Longitud de la Ruma de la 4ª Celda "D" (m)</i>
2.00	0.90	0.40	0.20

El proceso por el que los RRSS serán llevados a las rumas es iniciando por la segregación, luego puestos en rumas para que realicen su descomposición, para lo cual los residuos pasarán por un decrecimiento del 20% durante los 28 días que durará el proceso.

El material de las hileras será llevado a una plataforma de curado en una altura de 1m durante 15 días más para la eliminación de la humedad restante.

Figura 25

Dimensiones de ruma



4.3.15.3. Cálculo de longitud total

Se calculó con la siguiente ecuación:

Ecuación 19: Cálculo de longitud total.

$$\begin{aligned}
 & \text{Sumatoria de longitudes de ruma} + \text{ancho de curado} \\
 & + \text{longitud de almacenamiento} \\
 & + (\text{distancia entre ruma y pared} * 2) \\
 & + (\text{distancia entre rumas} * 3)
 \end{aligned}$$

Tabla 40

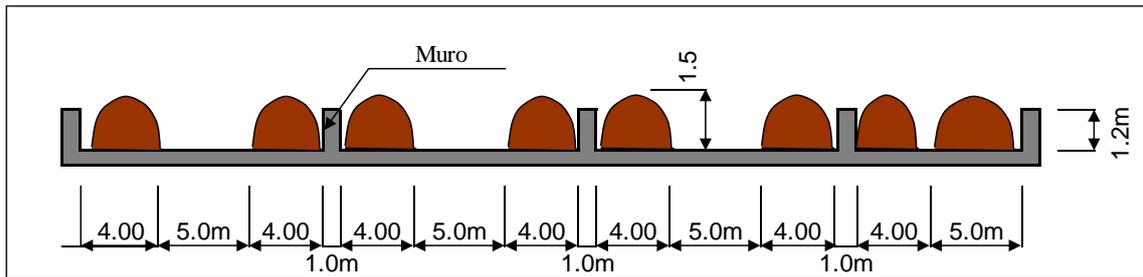
Resultados de longitud total

<i>Tiempo de Curado (días)</i>	<i>Altura del Área del Curado (m)</i>	<i>Ancho del Área del Curado "E" (m)</i>	<i>Longitud del Área de Almacenamiento (m)</i>	<i>Distancia entre Rumas y Pared (m)</i>	<i>Distancia entre Rumas (m)</i>	<i>Longitud Total (m)</i>
15.00	1.00	0.50	5.00	5.00	2.00	25.00

Las distancias calculadas se expresan gráficamente en la siguiente figura:

Figura 26

Esquema de planta de compostaje



4.3.15.4. Cálculo de área total de planta de compostaje

Para el cálculo del área total se empleó la siguiente ecuación:

Ecuación 20: Cálculo de área total de planta de compostaje.

$$\text{Ancho total} \times \text{longitud total}$$

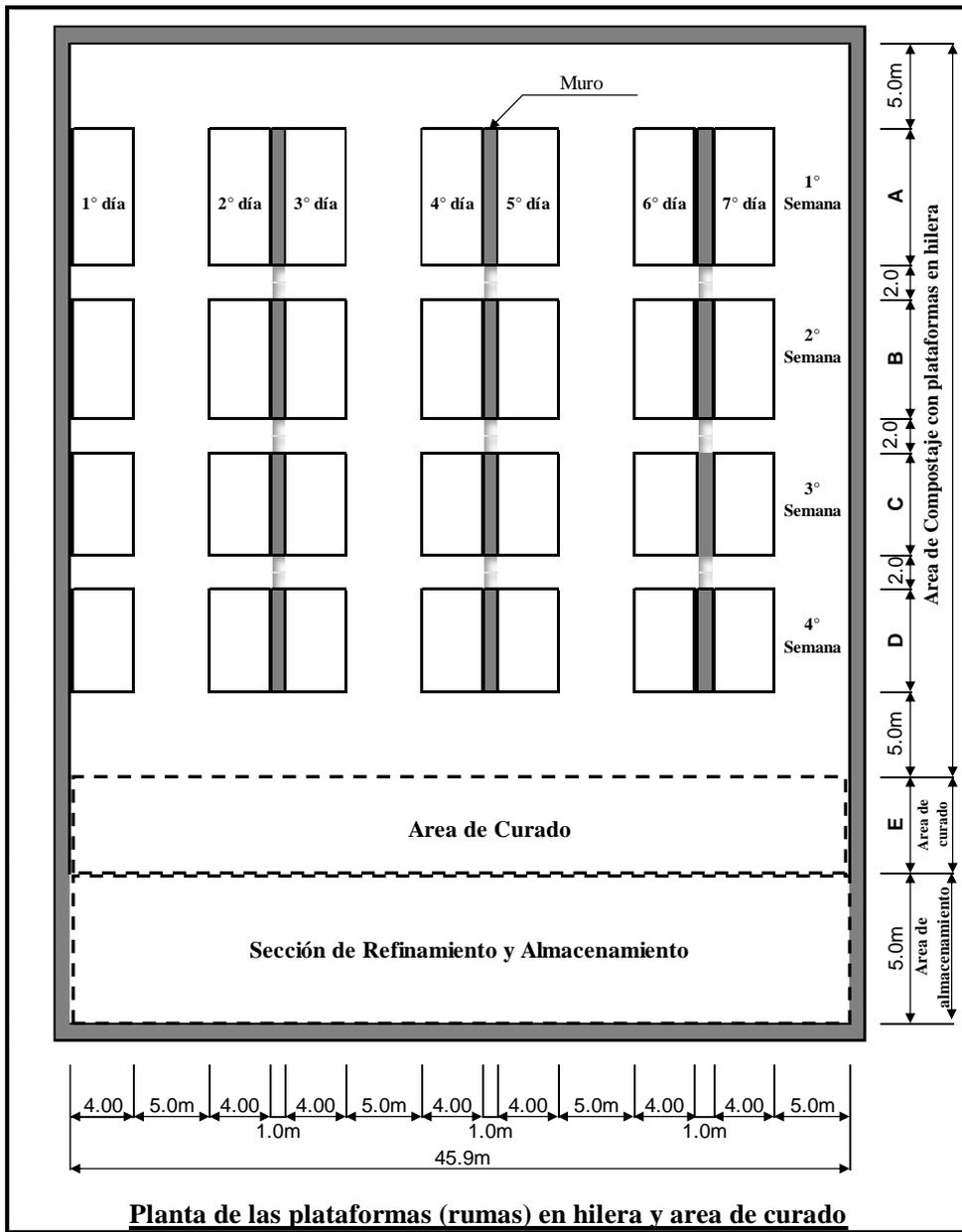
Tabla 41

Área total de planta de compostaje

<i>Ancho Total (m)</i>	<i>Longitud Total (m)</i>	<i>Área Total (m²)</i>
51.00	25.00	1,275.00

Figura 27

Diseño de planta de compostaje



4.3.16. Cálculo de generación de lixiviados

Para el cálculo de generación de lixiviados, se empleó la siguiente fórmula:

Ecuación 21: Cálculo de generación de lixiviados.

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

Donde:

Q = Caudal medio de lixiviados (L/seg)

P = Precipitación media anual (mm/año)

A = Área superficial del relleno (m²)

t = número de segundos en un año (31,536,000)

K = Coeficiente que depende del grado de compactación de la basura.

Los valores se determinan según la siguiente recomendación:

- Para rellenos debidamente compactados de peso específico de 0.4 a 0.7 t/m³, se estima una generación de lixiviados entre 25 y 50% (k = 0.25 a 0.5).
- Para rellenos fuertemente compactados con peso específico > 0.7 t/m³, se estima una generación de lixiviados entre 15 y 25% (k = 0.15 a 0.25).

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

$$Q = \frac{1.87 * 6,100 * 0.25}{31536000}$$

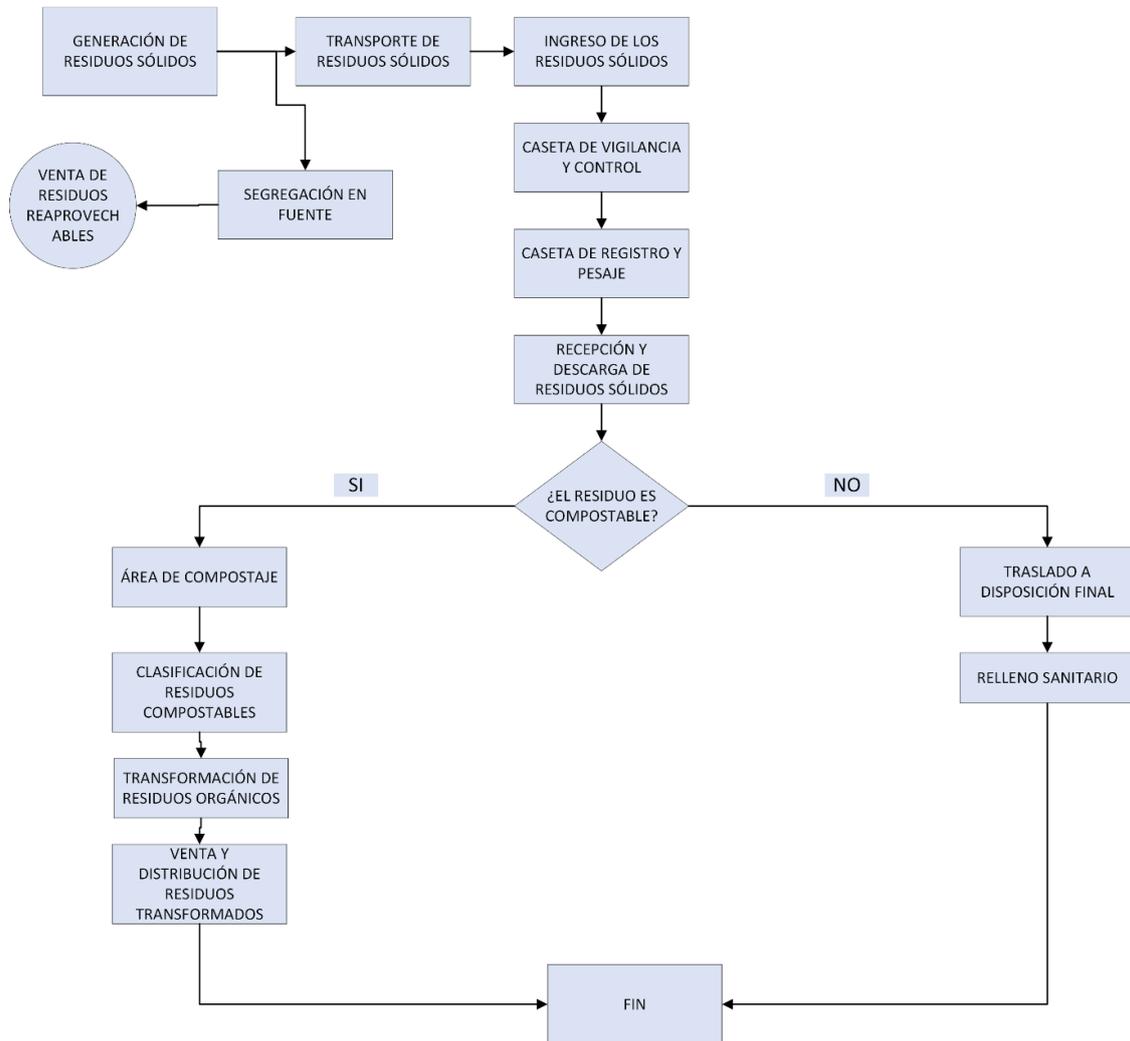
$$Q = 0.00009 \frac{l}{s}$$

$$Q = 0.007776 \frac{m^3}{día}$$

$$Q = 2.84 \frac{m^3}{año}$$

Figura 28

Diagrama de flujo de proceso de disposición final y relleno sanitario



CONCLUSIONES

- El diseño del relleno sanitario tiene la capacidad de almacenar un volumen acumulado de 93,574.57 m³, que consideran los cálculos realizados, con un área de 0.61 Ha, dentro de su distribución se tiene zanjas de longitud de 228.25m, de la cual se divide en 5 zanjas de las siguientes dimensiones (45.53 de largo, 6 de ancho y 4m de profundidad), la cual tiene la capacidad de abastecer los residuos generados en 1 año. Asimismo, contará con celdas diarias de las siguientes dimensiones (6m de largo, 4.1m de largo y 4m de profundidad). Todo el diseño realizado es para un tiempo de vida útil de 10 años para el relleno sanitario.
- Del estudio de caracterización, se obtuvo la generación per cápita para el año 2023 de la población del Distrito de Sicaya siendo esta de 0.4 Kg/hab/día y con una proyección al año 2033, que según la tendencia será de 0.442 Kg/hab/día. También, se obtuvo de este estudio la composición física de los residuos sólidos municipales del Distrito de Sicaya, y su distribución: residuos orgánicos – 52.88%, residuos sólidos inorgánicos aprovechables – 21.44% y residuos sólidos no aprovechables – 25.68% del total generado.
- Se establecieron dos alternativas para el diseño a nivel de infraestructura del relleno sanitario. Son estas SICUNA (primera alternativa) y SIPACA (segunda alternativa). Si bien ambas cumplen con más del 90% de los criterios para la selección de sitio, la alternativa seleccionada al final fue SICUNA la cual es la primera alternativa que destaca por la presencia de árboles a sus alrededores las cuales serán la barrera natural para la captación de olores del diseño de relleno sanitario. Esto no descarta a SIPACA como alternativa viable para un posible relleno sanitario futuro.
- En la selección del tipo de relleno sanitario que se propone, según la evaluación realizada, es de tipo manual, la cual fue seleccionada por cumplir con los criterios de generación de residuos sólidos, que es esta 7.7 Tn/día, la cual está dentro del rango para ser un relleno sanitario manual.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda fortalecer las metodologías en las que se dan las campañas de sensibilización a la población por parte de la municipalidad, para, con ello, lograr generar una adecuada segregación en fuente y poder valorizar los residuos aprovechables de cada familia y su adecuada disposición final.
- Para mejorar el flujo de investigaciones, se recomienda realizar los estudios ambientales y sociales anualmente abarcando estudios de suelo, hidrología y condiciones climáticas. Estas principalmente se producen debido a los cambios que presentan en el transcurso de cada año, además de ello se tendrá información pertinente para realizar cualquier tipo de investigación e incentivará a que más profesionales realicen estudios en poblaciones alejadas.
- Referente al relleno sanitario el sitio propuesto para el Distrito de Sicaya de la presente investigación se recomienda tener en cuenta los criterios de construcción de la Guía de rellenos sanitarios, además de las normas de construcción propias para la edificación y trabajos en campo con el fin de tener una buena operación, que evita impactos negativos hacia el medio ambiente, las pérdidas humanas y materiales.

TRABAJOS FUTUROS

- La presente investigación contiene procedimientos que pueden ser recreados en cualquier parte del mundo, ya sea con el uso de aplicaciones de geolocalización o con trabajos en campo para cerciorar que se cumplen con los parámetros para la selección de sitio.
- Se detallan los procedimientos de diseño en forma secuencial para tomar paso a paso la realización de diseños propios en diferentes lugares en los que sean necesarias su aplicación.
- La novedad de la presente investigación es la aplicación de Sistemas Integrados de Geolocalización y Geoprocesamiento (SIGG) de datos espaciales que cada país maneja bajo sus diferentes entidades, la cual con un poco de investigación y curiosidad se pueden manejar y aplicar a diferentes investigaciones y diseños.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. KAZA SILPA, YAO LISA, BHADA-TATA PERINAZ and VAN WOERDEN FRANK. *What a Waste 2.0*. 2018.
2. HUAMANI VICTOR. Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales en el Cercado de Lima. . 2019.
3. ORIHUELA JOSÉ. Un análisis de la eficiencia de la gestión municipal de residuos sólidos en el Perú y sus determinantes. .
4. ICHPAS YESSER and SANCHEZ JOMELD. *Sitios óptimos para rellenos sanitarios mediante sistemas de información geográfica para la ciudad de Huancavelica*. 2021.
5. MERINO YARA. *UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL TESIS*. 2020.
6. ZALLY, Tesis, MOZA, Alondra, GABRIELA, Mendoza and CERRÓN, Sharon Quispe. *Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental*. 2021.
7. MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUANCAYO. Resolución de Gerencia de Servicios Públicos N° 404-2021-MPH/GSP. .
8. ORTEGA RAMÍREZ, Angie Tatiana, MARÍN MALDONADO, Diego Fernando and CASTRO, Nelly Elmira. *Problems of Generation, Disposal, and Treatment of Solid Waste in the Municipality of Quibdó, Colombia*. 2021.
9. MACHORRO-ROMÁN, Areli, ROSANO-ORTEGA, Genoveva, TAVERA-CORTÉS, María Elena, FLORES-TRUJILLO, Juan Gabriel, MAIMONE-CELORIO, María Rosa, MARTÍNEZ-TAVERA, Estefanía, MARTÍNEZ-GALLEGOS, Sonia and RODRÍGUEZ-ESPINOSA, Pedro Francisco. Sustainability and evaluation of the impact caused by the landfill of the municipality of Carmen, Campeche, MÉXICO. *Granja*. 1 September 2020. Vol. 32, no. 2, p. 71–90. DOI 10.17163/lgr.n32.2020.06.
10. FERNANDO HERNÁNDEZ NÚÑEZ, Cristian. *BENEFICIOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y AMBIENTALES EN EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS*

SÓLIDOS URBANOS. Benefits economic, social and environmental in the recovery of Municipal Solid Waste. 2018.

11. YAL, Gözde Pinar and AKGÜN, Haluk. Landfill site selection and landfill liner design for Ankara, Turkey. *Environmental Earth Sciences*. November 2013. Vol. 70, no. 6, p. 2729–2752. DOI 10.1007/s12665-013-2334-y.

12. FENG, Shi-Jin, WU, Shao-Jie and ZHENG, Qi-Teng. Design method of a modified layered aerobic waste landfill divided by coarse material. Online. DOI 10.1007/s11356-020-10417-8/Published.

13. KODA, Eugeniusz, OSIŃSKI, Piotr, PODLASEK, Anna, MARKIEWICZ, Anna, WINKLER, Jan and VAVERKOVÁ, Magdalena Daria. Geoenvironmental approaches in an old municipal waste landfill reclamation process: Expectations vs reality. *Soils and Foundations*. 1 February 2023. Vol. 63, no. 1. DOI 10.1016/j.sandf.2023.101273.

14. MACHORRO-ROMÁN, Areli, ROSANO-ORTEGA, Genoveva, TAVERA-CORTÉS, María Elena, FLORES-TRUJILLO, Juan Gabriel, MAIMONE-CELORIO, María Rosa, MARTÍNEZ-TAVERA, Estefanía, MARTÍNEZ-GALLEGOS, Sonia and RODRÍGUEZ-ESPINOSA, Pedro Francisco. Sustainability and evaluation of the impact caused by the landfill of the municipality of Carmen, Campeche, MÉXICO. *Granja*. 1 September 2020. Vol. 32, no. 2, p. 71–90. DOI 10.17163/lgr.n32.2020.06.

15. ABDEL-SHAFY, Hussein I., IBRAHIM, Amr M., AL-SULAIMAN, Ahmed M. and OKASHA, Raouf A. *Landfill leachate: Sources, nature, organic composition, and treatment: An environmental overview.* 2023.

16. SCHEUTZ, C., DUAN, Z., MØLLER, J. and KJELDSEN, P. Environmental assessment of landfill gas mitigation using biocover and gas collection with energy utilisation at aging landfills. *Waste Management*. 15 June 2023. Vol. 165, p. 40–50. DOI 10.1016/j.wasman.2023.04.014.

17. FERNANDO HERNÁNDEZ NÚÑEZ, Cristian. *Beneficios económicos, sociales y ambientales en el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos. Benefits economic, social and environmental in the recovery of Municipal Solid Waste.* 2018.

18. ORTEGA RAMÍREZ, Angie Tatiana, MARÍN MALDONADO, Diego Fernando and CASTRO, Nelly Elmira. *Problems of Generation, Disposal, and Treatment of Solid Waste in the Municipality of Quibdó, Colombia*. 2021.
19. JEONG, Sangjae, PARK, Jeryang, KIM, Yeong Min, PARK, Man Ho and KIM, Jae Young. Innovation of flux chamber network design for surface methane emission from landfills using spatial interpolation models. *Science of the Total Environment*. 20 October 2019. Vol. 688, p. 18–25. DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.06.142.
20. PEREDA GERARDO and VIGO AUREA. *Diseño de relleno sanitario para el distrito de Magdalena, Cajamarca, 2021*. [no date].
21. FLORES ALBERTO and CUBAS SHELSEN. *Diseño de un relleno sanitario manual en el distrito de Jepelacio, San Martín*. [no date].
22. ESCOBAR YESENIA. *Propuesta de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de un relleno sanitario manual en el Distrito de Cusipata año 2016*. 2017.
23. ROMAN WALTER. *Diseño de un relleno sanitario por el método combinado para la disposición final de los residuos sólidos, en el distrito de San José de Sisa, Provincia del Dorado y Región San Martín, 2018*. [no date].
24. MORENO WALTER. *Modelamiento y Simulación del Diseño de un Relleno Sanitario Semi-mecanizado*. [no date].
25. CHAMBERGO CONSUELO. *PROPUESTA DE UN DISEÑO DE RELLENO SANITARIO MANUAL PARA RESIDUOS MUNICIPALES EN EL DISTRITO DE ZAÑA –PROVINCIA DE CHICLAYO, LAMBAYEQUE –PERÚ, 2019*. [no date].
26. MERINO YARA. *Diseño de un relleno sanitario manual para residuos sólidos generados en el centro poblado Morro Sama, Las Yaras - Tacna*. [no date].
27. SANCHEZ LUIS and PEREZ AUGUSTO. *PROPUESTA DE DISEÑO DE RELLENO SANITARIO PARA EL DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2021*. .
28. SOTOMOLLO BRYAN. *“DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO MECANIZADO PARA EL DISTRITO SAN JERONIMO, PROVINCIA Y REGIÓN DEL CUSCO”*. [no date].

29. JIMENEZ OTIVO, Estefani. *Modelamiento espacial de los parámetros de calidad de sitio para la disposición final de los residuos sólidos en el distrito de Chilca, provincia de Huancayo, departamento de Junín - 2017*. [no date].
30. RICALDI JULISSA, HUAMAN MILAGROS and CALLUPE NISHA. *Diseño de un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos municipales en el distrito de El Tambo - Huancayo 2021*. 2021.
31. LOZANO KAMILY and ASARPAY JOSUE. *Propuesta de un Relleno Sanitario para el adecuado manejo de residuos sólidos municipales en el distrito de Huáchac - Junín*. [no date].
32. MOZA ZALLY and QUISPE GABRIELA. *Análisis de la relación entre la segregación en la fuente de generación y el valor económico de los residuos sólidos domiciliarios en el Distrito de Sicaya, Huancayo - 2021*. 2021.
33. TORRI, Silvana Irene. *¿Qué es un relleno sanitario?* Online. [no date]. Available from: <http://cedepp.org.ar/?p=381>.
34. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA. *Acceso a Servicios Básicos del Perú Cap. 05 - Residuos Sólidos*. 2018.
35. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ECOTEC. *Propiedades físicas, químicas y biológicas de los Residuos Sólidos Urbanos*. [no date].
36. MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM) and EGUIZABAL ROSALÍA. *Guía de Diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual*. .
37. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual*. .
38. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *“GUIA DE DISEÑO, CONSTRUCCION, OPERACION, MANTENIMIENTO Y CIERRE DE RELLENO SANITARIO MECANIZADO”* Online. [no date]. Available from: <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/residuos>
39. MINISTERIO, ©, AMBIENTE, Del, PRADO, Av Javier, PULGAR-VIDAL, Manuel, MINISTRO, Otálora, CASTRO SÁNCHEZ-MORENO, Mariano, NARCISO CHÁVEZ, Juan, MORALES QUILLAMA, Vilma, CALAGUA CHÉVEZ, Daniel,

FERNÁNDEZ, Franco, MARÍA, Santa, LUQUE, Jennifer, ESPECIALISTA, Luque and QUÍMICAS, Sustancias. *Guía para el Muestreo de Suelos*. 2014.

40. TORRI, Silvana Irene. *¿Qué es un relleno sanitario?* Online. 2017. Available from: <http://cedepp.org.ar/?p=381>.

41. JARAMILLO, Jorge. *GUÍA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS MANUALES Una solución para la disposición final de residuos sólidos municipales en pequeñas poblaciones* Online. [no date]. Available from: <http://www.cepis.ops-oms.org>

42. CONGRESO DE LA REPÚBLICA DEL PERÚ. Ley N° 28611 - LEY GENERAL DEL AMBIENTE. .

43. CONGRESO DE LA REPÚBLICA DEL PERÚ. LEY N° 27972 - LEY ORGÁNICA DE MUNICIPALIDADES. .

44. PABLO KUCZYNSKI GODARD, Pedro and PRESIDENTE LA, El DE. *DECRETO LEGISLATIVO N° 1278 - GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS*. [no date]. Viernes 23 de diciembre de 2016 / El Peruano 13.

45. CONGRESO DEL PERÚ. *DECRETO LEGISLATIVO N° 1501*. 2020.

46. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de Caracterización para Residuos Sólidos Municipales*. [no date].

47. ESRI. What is ArcGIS? . 2002.

48. REYNALDO, María Onelia Urbina, ZÚÑIGA IGARZA, Libys Martha and FERNÁNDEZ, Isabel Valdivia. Gestión ambiental urbana del ciclo de vida de los residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Holguín, Cuba. *Cuaderno Urbano*. 12 July 2019. Vol. 26, no. 26, p. 7. DOI 10.30972/crn.26263788.

49. RUIZ RAMÓN. *El Método Científico y sus Etapas*. 2007.

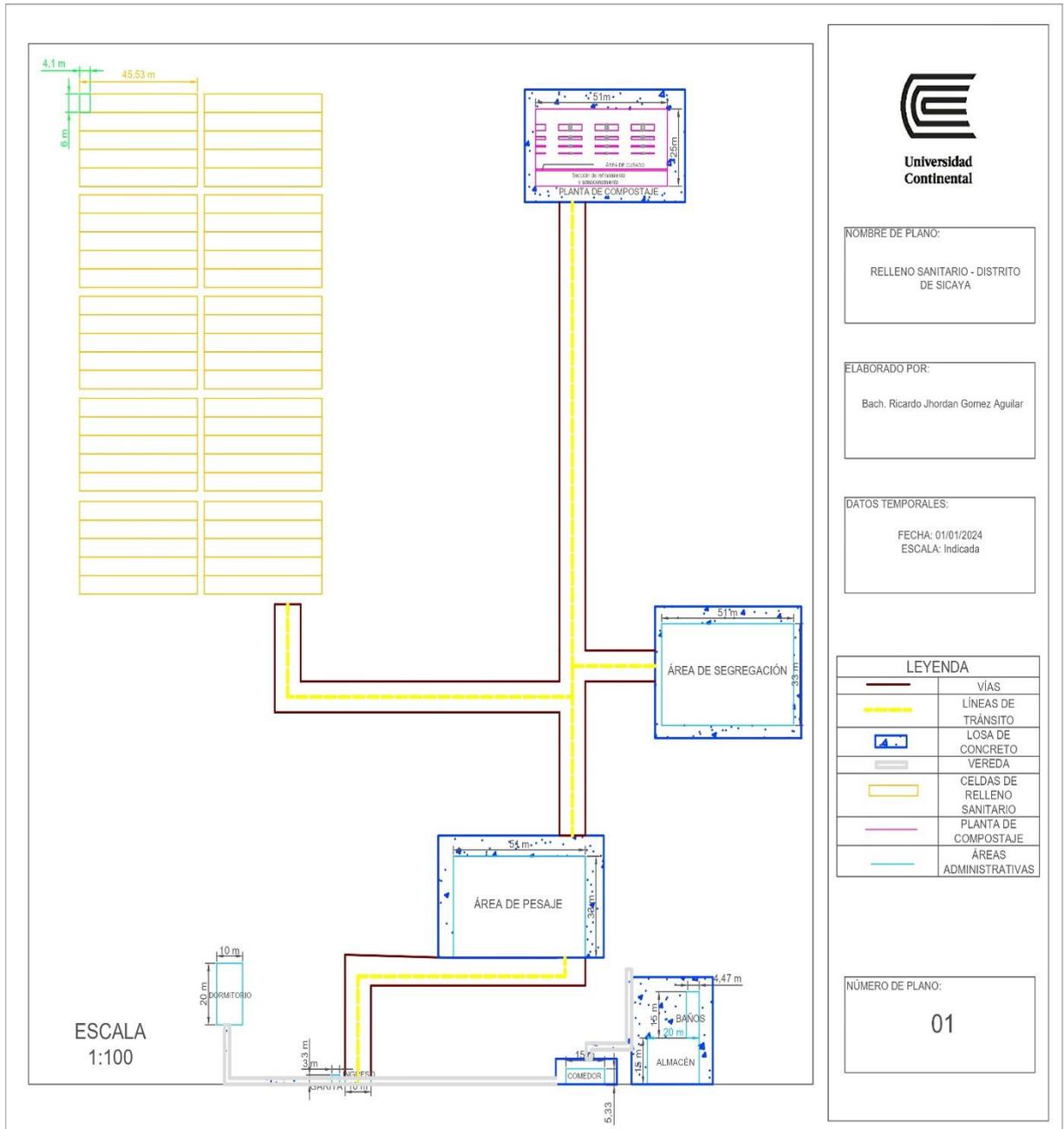
50. HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto. Metodología de la Investigación 6th Edición. .

51. MÁRQUEZ DELGADO, Daniela and SOLARTE MORA, Leidy. *INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO RESEARCH AND DEVELOPMENT*. [no date].

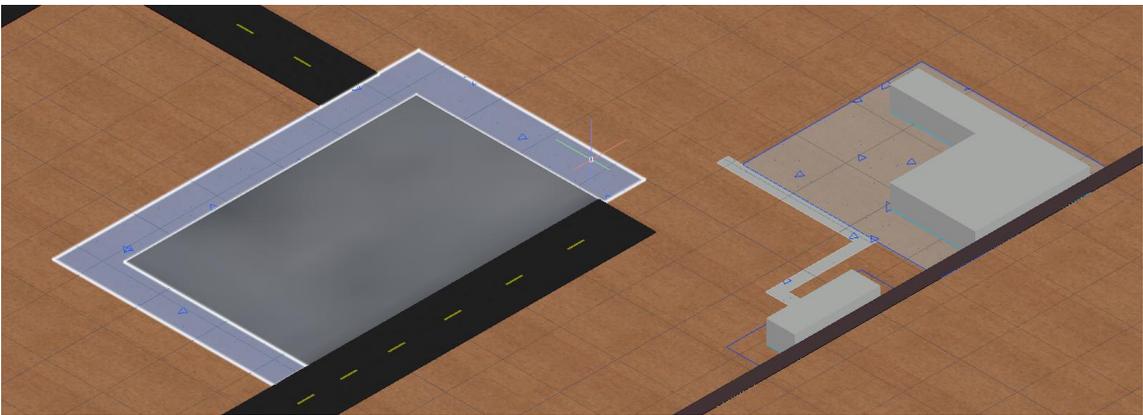
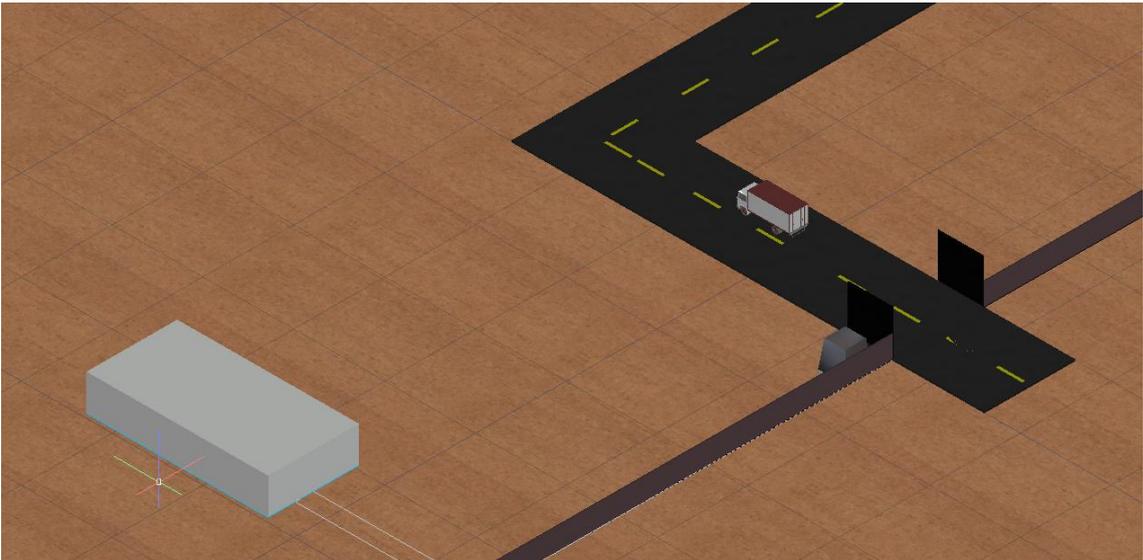
52. INEI. *INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA PERÚ RESULTADOS DEFINITIVOS TOMO I*. 2018.
53. MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SICAYA. ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE SICAYA. . 2023. P. 0–98.
54. FACULTAD DE SOCIOLOGÍA. *PLAN DE DESARROLLO CONCERTADO DEL DISTRITO DE SICAYA 2012 -2021*. 2012.

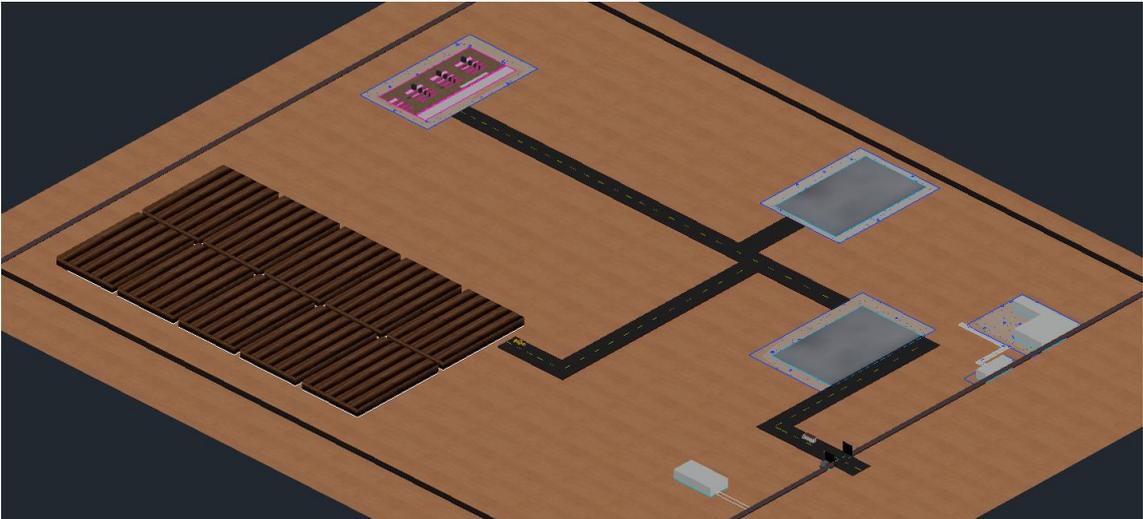
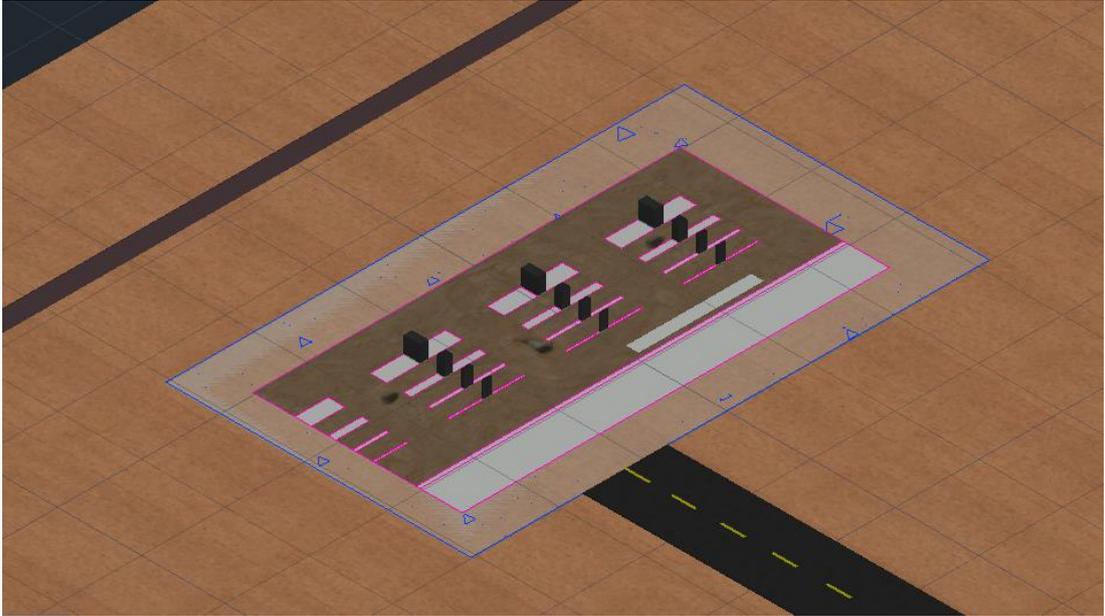
ANEXOS

ANEXO 01: Planos de relleno sanitario



VISTA DE PLANTA DE RELLENO SANITARIO





VISTA DE INFRAESTRUCTURA EN
3D

ANEXO 02: Solicitud de estudio de caracterización del Distrito de Sicaya



Exp. 2196
Hora 14:24
Folio 01F
Firma [Signature]

SOLICITO: Informe de estudio de caracterización de residuos sólidos vigente.

SEÑOR ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SICAYA S.A.

Yo, Ricardo Jhordan Gomez Aguilar, identificado con DNI: 73628741, domiciliado en Jr. Junín 706 – Sicaya – Huancayo – Junín, con celular: 955120996 y correo: Ricardo.jhordan.ga@gmail.com. Ante usted con el debido respeto me presento y expongo:

Que solicito el **estudio de caracterización de residuos sólidos vigente**, por la ley de derecho de acceso a la información, que la Sub-Gerencia de Gestión Ambiental nos brinda dicha información.

Por lo tal motivo, solicito el estudio de caracterización de residuos sólidos vigente para la elaboración de mi tesis de investigación de una propuesta de diseño de un relleno sanitario para el distrito de Sicaya – Huancayo – 2023.

Por lo expuesto:

Ruego a usted acceder a lo solicitado por ser de justicia.

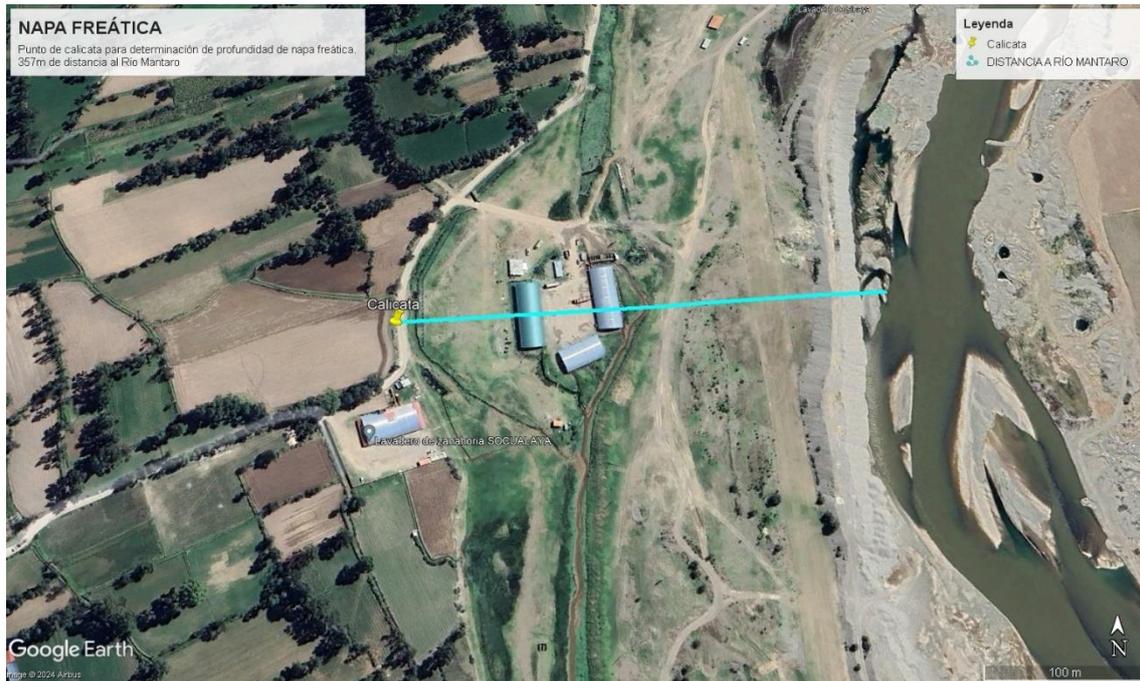
Sicaya, 29 de mayo del 2023

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Ricardo Jhordan Gomez Aguilar".

Ricardo Jhordan Gomez Aguilar

DNI: 73628741

ANEXO 03: Punto de excavación para indicador de napa freática.



Municipalidad Distrital de
SICAYA

Sub Gerencia de Servicios Municipales

Alcalde:
OLIVER CHANCA PAUCAR



**ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN
DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
MUNICIPALES – ECRSM**
DISTRITO DE SICAYA, PROV. HYO, REG. JUNÍN



2023



Enlace de acceso a vista:

[https://drive.google.com/drive/folders/1_PBDJHshMbpU7QkVz88V1dnBgNdK8B8V?
usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1_PBDJHshMbpU7QkVz88V1dnBgNdK8B8V?usp=sharing)

ANEXO 05: Plan de Reutilización de Residuos Sólidos Aprovechables – Distrito de Sicaya

RESIDUOS REAPROVECHABLES:

TIPO DE CONTENEDOR	COLOR DE CONTENEDOR	CANTIDAD (Kg)	APROVECHABLE	NO APROVECHABLE
Cartón o papel		22.43	<input checked="" type="checkbox"/>	
Vidrio		9.12	<input checked="" type="checkbox"/>	
Plástico		21.69	<input checked="" type="checkbox"/>	
No aprovechable / Generales		91.12		<input checked="" type="checkbox"/>
Orgánico		102.9	<input checked="" type="checkbox"/>	
Metales		9.42	<input checked="" type="checkbox"/>	
Peligroso		0		<input checked="" type="checkbox"/>

Nota: Para los datos se empleó el estudio de caracterización de residuos sólidos del Distrito de Sicaya. Los residuos más abundantes son los orgánicos los cuales se generan en mayor cantidad dado que en la mayoría de las casas se encuentran familias múltiples viviendo en ella y, también, debido a que es un sector agrícola y ganadero por lo que se generan residuos por la propia crianza de animales.

Ruta de segregación para cada residuo:

Para todo residuo no aprovechable: Tiene como disposición final el relleno sanitario dado que por sus características propias no tienen ningún otro uso o forma de reutilizarlo.

Residuos Orgánicos: Para este tipo de residuos se tienen dos rutas:

- La primera es sensibilizar y capacitar a la población para la realización de compost en sus propias casas.
- La segunda opción se da en la presente actividad en la cual se tiene una zona de compost como componente del relleno sanitario por lo que es un lugar idóneo para realización de compost y beneficio de toda la comunidad de Sicaya.

Residuos Valorizables: Entre estos residuos se encuentran los papeles, cartones, metales, vidrios y plásticos; estos presentan características de reutilización para diferentes industrias por lo que tienen un valor para su procesamiento y vuelta a la venta en el mercado. Para ello se puede tomar el siguiente manejo:

- a) Principalmente se debe sensibilizar respecto a la adecuada segregación de este tipo de residuos, puesto que cada uno de ellos se venden de forma separada y correctamente segregado, por lo que tener todo separado adecuadamente ayudará para que sea más accesible su comercialización.
- b) Mantener un registro (pesaje) de todo residuo entrante para su almacenaje adecuado, en un lugar habilitado y que cuente con características adecuadas para el almacenamiento de todos los tipos de residuos aprovechables.
- c) Todo tipo de residuo debe considerar la coloración correspondiente a la tabla presente del plan de reutilización de residuos aprovechables del Distrito de Sicaya. Esto con el fin de mantener un orden de los residuos que serán enviados a venta para ingresos a la población en general.
- d) Incentivar a realización de trabajos con residuos reaprovechables como son el plástico y metal en sus diferentes tipos.

