

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Diseño de un relleno sanitario para la disposición final
de los residuos sólidos municipales en el distrito
de El Tambo - Huancayo 2021**

Julissa Alejandra Ricaldi Atahuaman
Milagros Soledad Huaman Asto
Nisha Giuliana Callupe Cordova

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Ambiental

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por regalarnos todos los días de existencia y dejarnos realizar este trabajo de investigación, por protegernos y brindarnos sabiduría para poder seguir con los objetivos y metas establecidas en nuestro día a día.

Así mismo, a todos nuestros maestros de la Universidad por habernos brindado conocimiento durante la formación académica en estos cinco años.

Gracias estimado asesor

DEDICATORIA

Éste trabajo se lo dedico en primer lugar a Dios, a mis maestros de la Universidad, de quienes aprendí tantas cosas, a mis amigos y compañeros con quienes compartimos cada experiencia durante la etapa universitaria. A mis padres por haberme formado como la persona que soy, con valores y coraje para cumplir mis metas. A cada persona que aportó a mi crecimiento personal y profesional.

Milagros Soledad Huamán Asto

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad, amor y alegría. A mi mamá Abigail y a mi hermano Kevin que están siempre a mi lado, que me enseñan a luchar siempre por lo que más anhelo y encaminarme siempre para lograr mis objetivos, así como también a todas las personas que estuvieron a mi lado para brindarme su ayuda.

Julissa Alejandra Ricaldi Atahuaman

Dedico esta tesis a mis padres, Herlinda y Santiago, y hermanos Jennifer y Narviz que están siempre apoyándome en todos mis proyectos con sus consejos y dándome ánimo para lograr mis objetivos y no darme por vencida. Gracias por tanta paciencia.

Nisha Giuliana Callupe Cordova

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIA	III
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	14
1.1. Planteamiento y formulación del problema	14
1.1.1. Planteamiento del problema	14
1.1.2. Formulación del problema	15
1.2. Objetivos	15
1.2.1. Objetivo general	15
1.2.2. Objetivos específicos	15
1.3. Justificación	16
1.3.1. Teórica	16
1.3.2. Ambiental	16
1.3.3. Social	16
1.3.4. Económica	17
1.4. Hipótesis y descripción de variables	17
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes del problema	18
4.1.1. Antecedentes internacionales	18

4.1.2.	Antecedentes nacionales	19
4.1.3.	Antecedentes locales	21
2.2.	Bases legales	25
4.1.4.	“Ley General del Ambiente, Ley n.° 2861”	25
4.1.5.	“Ley Orgánica de Municipalidades - Ley n.° 27972”	25
4.1.6.	“Decreto Legislativo n.° 1278 - Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos”	25
4.1.7.	Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado	25
2.3.	Bases Teóricas	26
4.1.8.	Definición de relleno sanitario	26
4.1.9.	Definición de residuo sólido	26
4.1.10.	Tipos de rellenos sanitarios	27
4.1.11.	Ventajas y desventajas de un relleno sanitario	28
4.1.12.	Diseño del relleno sanitario	29
4.1.13.	Operación, mantenimiento y cierre del relleno sanitario	37
2.4.	Definición de términos básicos	39
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA		41
3.1.	Método y alcance de investigación	41
3.1.1.	Método	41
3.1.2.	Tipo y Nivel	41
3.2.	Diseño de investigación	41
3.3.	Población y muestra	41
3.3.1.	Población	41
3.3.2.	Muestra	42
3.4.	Métodos de estudio	42
3.4.1.	Estudio referencial de selección del área	42
3.4.2.	Descripción general del proyecto	44
3.5.	Diseño del relleno sanitario	44
3.6.	Descripción geográfica y poblacional del distrito de El Tambo	44
3.6.1.	Ubicación geográfica	44
3.6.2.	Topografía	45

3.6.3.	Suelo	45
3.6.4.	Hidrología	46
3.6.5.	Meteorología y climatología	47
3.6.6.	Flora y fauna	51
3.6.7.	Aspectos demográficos	52
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		55
4.1.	Estudio de la caracterización	55
4.1.14.	Resultados generales de la caracterización	55
4.1.15.	Evaluación de la gestión de los residuos sólidos municipales	58
4.2.	Estudio del sitio apropiado para la ubicación de la infraestructura del relleno sanitario	58
4.2.1.	Descripción de las zonas preseleccionadas	59
4.2.2.	Resultados de la evaluación de las áreas propuestas	64
4.3.	Tipo de relleno sanitario	69
4.4.	Cálculo del diseño del relleno sanitario Semimecanizado	70
4.4.1.	Selección del método	70
4.4.2.	Aspectos demográficos	70
4.4.3.	Proyección de la población	70
4.4.4.	Proyección de la producción per cápita de los residuos sólidos	71
4.4.5.	Proyección de la producción total	72
4.4.6.	Cálculo del volumen necesario	74
4.4.7.	Volumen de los residuos sólidos	76
4.4.8.	Volumen del relleno sanitario	77
4.4.9.	Cálculos del área requerida	79
4.4.10.	Vida útil	81
4.4.12.	Cálculo del volumen de la celda diaria	83
4.4.13.	Cálculo de dimensiones de la celda diaria	84
4.4.14.	Proyección de la demanda del servicio de aprovechamiento de materia orgánica	85
4.4.15.	Cálculo del volumen de compostaje	87
4.4.16.	Cálculo de dimensiones de la planta de compostaje	87
4.4.16.1.	Cálculo del ancho total de rumas	87
4.4.16.2.	Cálculo de longitud de rumas	88
4.4.16.3.	Cálculo de longitud total	88
4.4.16.4.	Cálculo del área total de la planta de compostaje	89

4.4.17.	Proyección de la demanda del servicio de aprovechamiento de residuos sólidos reciclables	92
4.4.18.	Cálculo de dimensiones de la planta de reciclaje	93
4.4.19.	Cálculo de generación de lixiviados	95
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES		99
RECOMENDACIONES		100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		101
ANEXOS		105

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Ventajas y desventajas de un relleno sanitario</i>	28
<i>Tabla 2. Límites del distrito de El Tambo</i>	45
<i>Tabla 3. Flora en el distrito de El Tambo</i>	51
<i>Tabla 4. Fauna en el distrito El Tambo</i>	52
<i>Tabla 5. Población del distrito de El Tambo</i>	53
<i>Tabla 6. Población Censada afiliada a algún tipo de seguro de salud del distrito de El Tambo</i>	53
<i>Tabla 7. Generación total de residuos sólidos en el distrito de El Tambo - Huancayo</i>	55
<i>Tabla 8. Densidad de los residuos sólidos municipales</i>	56
<i>Tabla 9. Resultados del Parámetro de Humedad de residuos domiciliarios</i>	58
<i>Tabla 10: Resultados del Parámetro de Humedad de residuos no domiciliarios</i>	58
<i>Tabla 11. Descripción de coordenadas de la alternativa 1</i>	60
<i>Tabla 12. Descripción de coordenadas de la alternativa 2</i>	62
<i>Tabla 13. Descripción de coordenadas de la alternativa 3</i>	63
<i>Tabla 14. Criterios de evaluación de cada área</i>	64
<i>Tabla 15. Puntaje de calificación para la selección de áreas</i>	65
<i>Tabla 16. Calificación de alternativas</i>	66
<i>Tabla 17. Resultado obtenido</i>	67
<i>Tabla 18. Proyección de la población</i>	71
<i>Tabla 19: Proyección de la generación per cápita de los residuos sólidos</i>	72
<i>Tabla 20. Proyección de la producción diaria</i>	73
<i>Tabla 21: Proyección de la producción anual</i>	74
<i>Tabla 22. Generación de total de residuos municipales no aprovechables</i>	75
<i>Tabla 23. Volumen diario compactado</i>	76
<i>Tabla 24. Volumen anual compactado</i>	77
<i>Tabla 25. Volumen de material de cobertura</i>	78
<i>Tabla 26. Resultados del volumen del relleno sanitario acumulado</i>	79
<i>Tabla 27. Resultados del área total del relleno sanitario</i>	80
<i>Tabla 28. Resultados de área total requerida para el relleno sanitario</i>	81
<i>Tabla 29. Resultado de volumen diario de la celda diaria</i>	84
<i>Tabla 30. Resultados de dimensiones de la celda unitaria</i>	84
<i>Tabla 31. Proyección de materia orgánica</i>	85
<i>Tabla 32. Resultados de demanda de aprovechamiento de materia orgánica</i>	86
<i>Tabla 33. Volumen de compostaje</i>	87
<i>Tabla 34. Resultado de ancho total de rumas</i>	88
<i>Tabla 35. Resultados de longitud de ruma</i>	88
<i>Tabla 36. Resultados de la longitud total</i>	89

<i>Tabla 37. Resultados del área total de la planta de compostaje</i>	90
<i>Tabla 38. Proyección de residuos sólidos reciclables</i>	92
<i>Tabla 39. Cálculo de dimensiones</i>	93
<i>Tabla 40. Área total de planta de reciclaje</i>	93

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Porcentaje de cumplimiento de las EFA respecto al cumplimiento de la gestión de residuos sólidos a nivel nacional</i>	24
<i>Figura 2. Porcentaje de manejo de residuos sólidos</i>	24
<i>Figura 3. Método de trinchera o zanja</i>	31
<i>Figura 4. Método de área</i>	32
<i>Figura 5. Combinación de ambos métodos</i>	33
<i>Figura 6. Resumen del clima</i>	47
<i>Figura 7. Temperatura máxima y mínima promedio. Resumen del clima</i>	48
<i>Figura 8. Probabilidad diaria de precipitación</i>	49
<i>Figura 9. Niveles de comodidad de la humedad</i>	49
<i>Figura 10. Velocidad promedio del viento</i>	50
<i>Figura 11. Dirección del viento</i>	50
<i>Figura 12. Composición de residuos domiciliarios</i>	56
<i>Figura 13. Composición de residuos no domiciliarios</i>	57
<i>Figura 14. Ubicación de alternativas preseleccionadas</i>	59
<i>Figura 15: Ubicación de la alternativa 1</i>	60
<i>Figura 16. Ubicación de la alternativa 2</i>	61
<i>Figura 17: Ubicación de la alternativa 3</i>	63
<i>Figura 18. Diseño de las zanjas</i>	83
<i>Figura 19. Diseño de la celda</i>	85
<i>Figura 20: Esquema de planta de compostaje</i>	89
<i>Figura 21. Diseño de la planta de compostaje</i>	91
<i>Figura 22. Diseño de la planta de reciclaje</i>	94
<i>Figura 23. Diagrama de flujo del proceso de relleno sanitario</i>	96
<i>Figura 24. Diseño EN 3D de zanjas del relleno sanitario</i>	97
<i>Figura 25. Diseño EN 3D de zanjas de la planta de reciclaje</i>	97
<i>Figura 26. Diseño EN 3D de la planta de compostaje del relleno sanitario</i>	98

RESUMEN

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 semimecanizado 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.

PALABRAS CLAVE: Relleno sanitario, residuos sólidos, residuos aprovechables, residuos no aprovechables, zanjas, compostaje, reciclaje, celdas diarias

ABSTRACT

The purpose of this project is to propose a sanitary landfill design for the El Tambo district. On the other hand, the recovery of organic waste will lead to the generation of composting.

Area selection studies were carried out for the construction of the sanitary landfill, which the proposal will be alternative 1, which has an area of 6.51 hectares and a perimeter of 1084 meters. In addition, the chosen site is located at a distance of approximately 630 meters from houses and the length that separates it from the Shullcas River (closest river) is 2761 meters.

The infrastructure design includes an area of 6 hectares that will have a semi-mechanized sanitary landfill with 10 trenches whose measurements are: 121.18 meters long, 35 meters wide and 4 meters deep. Likewise, it will have 365 cells measuring 73 by 5 with dimensions of 7 meters long and 1.66 meters wide and 4 meters deep, with two recovery plants: one for recycling and one for composting, among other complementary areas such as: weighing , toilets, dining room. With a useful life of 10 years.

KEYWORDS: Landfill, solid waste, usable waste, unusable waste, ditches, composting, recycling, daily cells

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, el ser humano ha empleado diferentes objetos que ayudaron a su supervivencia, de los cuales los primeros recursos que utilizaron fueron los recursos naturales como la madera, que no generaba ningún tipo de impacto en el medio ambiente; sino que, por el contrario, volvía al ecosistema (1). Sin embargo, con el paso del tiempo, los hombres desarrollaron diferentes tecnologías y objetos que prometían una mejor calidad de vida; lo cual sumado a que hasta ese entonces no se tenía una idea clara sobre el control y disposición de los residuos, ocasionó el incremento de la cantidad de restos como el plástico, envases de vidrio y cartón; produciendo así un descontrol, ya que todos los desechos, hasta hace unos pocos siglos se depositaban en las mismas ciudades y no tenían ningún tipo de tratamiento (1). Actualmente, la cantidad de residuos sólidos generados a nivel mundial se ha incrementado, puesto que, a nivel global, hasta el 2019 se generaba más de 210 millones de toneladas de residuos cada año, de los que solamente el 16 % se puede reciclar (2). Esa es la razón primordial por la que la disposición y manejo de los residuos toma importancia, principalmente porque en las últimas décadas el consumismo ha hecho que continúe en aumento el volumen los residuos y que su impacto recaiga negativamente en el entorno natural afectando el agua, suelo y aire. En la actualidad, el Distrito de El Tambo no cuenta con un relleno sanitario para el tratamiento y disposición final de sus residuos, por lo que el presente proyecto tiene como objetivo general diseñar un relleno sanitario para el distrito de El Tambo - Huancayo 2021. La investigación tiene la siguiente estructura:

El capítulo I, forma una referencia a las generalidades, el planteamiento y formulación del problema, los objetivos en base a la identificación del problema, y la justificación de la importancia del trabajo (ambiental, social y económica).

El capítulo II, describe el marco teórico y los antecedentes relacionados a los residuos sólidos, problema a nivel global, nacional y local.

El capítulo III, menciona la metodología utilizada para el diseño de relleno sanitario y la descripción geográfica y poblacional del distrito de El Tambo.

El capítulo IV, muestra los resultados de un adecuado diseño, propuesta del tipo de diseño óptimo de acuerdo con los datos analizados y el área identificada para la posible construcción. Y finalmente un capítulo de las conclusiones de la presente investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

Con el incremento acelerado de la población a nivel mundial, se ha generado que los residuos municipales aumenten, lo cual ha provocado que el manejo de los residuos sólidos se convierta en un problema. Según el documento “What a Waste 2.0: A Global Snapshot Of Solid Waste Management To 2050” del Banco Mundial (BM), hasta el 2016 se tenía registrado que a nivel mundial se generaba 2010 millones de toneladas y que éstas aumentarán a 3400 millones en los próximos 30 años (3).

De toda la población mundial, dos mil millones de habitantes no cuentan con el servicio de recolección de residuos y tres mil millones de habitantes no tienen acceso a una infraestructura para la disposición de sus residuos sólidos. Así mismo, la falta de un adecuado tratamiento y disposición de estos residuos provoca impactos locales (a la salud, medio ambiente y a la economía) e impactos globales (agotamiento de recursos, cambio climático y basura marina), y una de las causas principales es que la economía es lineal, es decir, extraen los recursos naturales, elaboran productos manufacturados y, finalmente, los desechan sin ningún manejo (4).

El consumo de productos procesados a nivel mundial, ha elevado la tasa de generación diaria de residuos sólidos por habitante. La organización panamericana de la salud, en el año 2005, informó que la tasa media per cápita de los residuos sólidos urbanos asciende a 0.91 kg/habitante-día para América Latina y el Caribe. La tasa de generación de residuos sólidos en algunas ciudades principales y municipios de Latinoamérica es mayor a 1 kg/habitante-día (5).

El 75 % de la población peruana vive en zonas urbanas, y esto significa una mayor producción de residuos sólidos; el 50 % de estos residuos no se dispone adecuadamente. Existen más de 1500 botaderos de residuos sólidos en el país, estos son focos infecciosos para la población y un peligro para los recicladores que tienen trabajos en estos entornos, para sacar algún tipo de valorización de los residuos sólidos. La contraloría ha notificado al Ministerio del Ambiente que la mayoría de las municipalidades viene dejando los residuos sólidos en lugares no autorizados, esto afecta a la salud de las personas y contamina al ambiente (6). La disposición

de los residuos sólidos en los botaderos se traduce en la creación de nuevos focos infecciosos que exponen la salud de las personas que viven alrededor, prolifera plagas y contamina el ambiente.

A nivel local, tras el cierre del botadero La Mejorada, la Municipalidad Distrital de El Tambo, provincia de Huancayo, habilitó un botadero provisional en el sector El Porvenir, generando un impacto ambiental negativo hacia la población (7). Asimismo, la DIRESA (Dirección Regional de Salud) menciona que a diario se realiza un confinamiento de 180 toneladas de residuos sólidos. Ante ello, hicieron una proyección de aproximadamente dos años de uso para el área como botadero (8).

El distrito de El Tambo, actualmente, cuenta con una gestión integral de residuos sólidos deficiente, debido a la falta de compromiso por parte de las autoridades, como también la falta de educación por parte de la población, además de una cultura medio ambiental. Por otro lado, no cuenta con una infraestructura de disposición final para los residuos sólidos generados por parte de la población urbana (9).

1.1.2. Formulación del problema

4.4.10.1. Problema general

- ¿Cuál es la propuesta de Diseño de relleno sanitario para el distrito de El Tambo - Huancayo 2021?

4.4.10.2. Problema específico

- ¿Cuál es el último estudio de caracterización de residuos sólidos del distrito de El Tambo - Huancayo?
- ¿Dónde debería ser el sitio apropiado para la ubicación de la infraestructura de relleno sanitario del distrito de El Tambo - Huancayo 2021?
- ¿Qué tipo de diseño de relleno sanitario es el adecuado para el distrito de El Tambo - Huancayo 2021?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Diseñar un relleno sanitario para el distrito de El Tambo - Huancayo 2021.

1.2.2. Objetivos específicos

- Interpretar el último estudio de caracterización de residuos sólidos del distrito de El Tambo - Huancayo.
- Identificar el sitio apropiado para la ubicación de la infraestructura de relleno sanitario del distrito de El Tambo - Huancayo 2021.
- Establecer el tipo de diseño adecuado de relleno sanitario del distrito de El Tambo - Huancayo 2021.

1.3. Justificación

1.3.1. Teórica

A nivel teórico, se pretende contribuir con conocimientos científicos y metodológicos para diseños de infraestructuras de manejo y disposición final de residuos en el Distrito de El Tambo con el fin de servir como base para futuras investigaciones sobre la optimización del proceso de tratamiento de los residuos sólidos municipales del distrito. El manejo de residuos sólidos debe ser ambientalmente más seguro con énfasis en el impacto ambiental negativo ocasionados al entorno y la salud conforme a normativas nacionales (10).

1.3.2. Ambiental

La justificación ambiental del presente estudio, se apoya en la falta de un buen manejo, tratamiento y disposición de residuos sólidos municipales en el distrito de El Tambo, el cual provoca efectos negativos al ambiente dado que en el botadero se desecha 180 toneladas diarias de residuos sólidos del distrito, y que las proyecciones afirman que las áreas de este botadero pueden ser usadas solo por dos años aproximadamente (8). Por lo que es importante diseñar y posteriormente construir una infraestructura para tratar y disponer los residuos del distrito ya mencionado, con lo cual mejorará la calidad de aire, agua y suelo. Asimismo, la caracterización de los residuos municipales ayudará en la elaboración del diseño de la infraestructura, planes y programas para el manejo eficiente de los residuos sólidos generados (11).

1.3.3. Social

Un relleno sanitario dentro del distrito de El Tambo asegura que todos los residuos municipales tengan un sitio específico para su tratamiento y disposición, permitiendo que, de esta manera, la salud y el entorno de la población aledaña se encuentre en condiciones adecuadas para la vida. Además, la Constitución Política del Perú hace

mención de que cualquier persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y que se ha de fijar normas para hacer valer el derecho. Asimismo, establece que es el Estado quien determina las políticas nacionales de salud y ambiente (12).

1.3.4. Económica

La implementación de un relleno sanitario en el distrito de El Tambo beneficiaría mucho a la población, ya que generará ingresos económicos a través de la planta de valorización de residuos sólidos mediante la aplicación de la economía circular. Es decir, implementar las 5R: Reciclar, reducir, reutilizar, recuperar y reparar los residuos sólidos, de esta manera se extiende el ciclo de vida útil de los mismos. El diseño para infraestructuras de disposición de residuos como los rellenos sanitarios, son opciones viables en aspectos económicos, ambientales y sociales en el tiempo por los tantos beneficios, a diferencia de otros métodos de manejo, ya que nuestra propuesta de relleno sanitario será sostenible (13).

Evitará gastos en las personas afectadas por enfermedades generadas por una inadecuada disposición final de residuos sólidos en el botadero, además reducirá considerablemente la contaminación del ambiente.

1.4. Hipótesis y descripción de variables

Las hipótesis son una guía para el desarrollo de las investigaciones en la mayoría de los casos; es decir, que de acuerdo con las preguntas que se formulen en la investigación se plantean posibles respuestas (14).

Las investigaciones que plantean hipótesis son las que en su mayoría tienen un alcance correlativo o explicativo y en algunos casos las investigaciones descriptivas que quieren pronosticar una cifra o algún hecho (14). En otras palabras, para que se formule una hipótesis es necesario que exista una causa y un efecto; por lo que la presente investigación no cuenta con hipótesis.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

4.1.1. Antecedentes internacionales

En la tesis titulada «PROPUESTA PARA EL DISEÑO DEL NUEVO RELLENO SANITARIO PARA EL MUNICIPIO DE AGUACHICA – CESAR» para optar el grado de Ingeniero Civil en la Universidad Católica de Colombia, se propuso el diseño de un relleno sanitario en la Municipalidad de Aguachica y realizar un análisis cuantitativo de los lixiviados, ya que el botadero de dicho lugar se encuentra a punto de cumplir su vida útil. El estudio se inició con la proyección de la población, cantidad de residuos, proponiendo dos situaciones: solo residuos orgánicos y todo tipo de residuos. Luego de esto identificar la ubicación del relleno describiendo la topografía, complejidad, geología y otros, para, posteriormente, proceder al diseño identificando el tipo de relleno según el suelo y las características del lugar y así definir las obras de adecuación y planes de control y monitoreo. Una vez culminado el diseño, realizaron el estudio del proceso en el relleno sanitario, así como la producción de gases y lixiviados mediante el modelo matemático CÓRENOSTOS. Como conclusiones se obtuvo que el inadecuado manejo de los residuos sólidos provoca que la vida útil del relleno sanitario disminuya; (15).

El artículo titulado: «EL RELLENO SANITARIO DOÑA JUANA EN BOGOTÁ: LA PRODUCCIÓN POLÍTICA DE UN PAISAJE TÓXICO, 1988 - 2019», tiene como objetivo explicar la problemática socio ambiental en el espacio urbano del relleno sanitario Doña Juana ubicado en la zona pobre de Bogotá. Para ello, la metodología que se utilizó consistió en realizar un análisis histórico de diferentes documentos, tales como expedientes técnicos, revistas, entrevistas, expedientes sobre otros temas relacionados con la gestión de los residuos sólidos en el relleno sanitario. Además de ello, se trata de explicar la complejidad del manejo de estos residuos, debido a que intervienen aspectos políticos, ambientales y sociales.

Como conclusión, se menciona que con todo lo analizado sobre el relleno sanitario Doña Juana, este pasó de ser una solución para los desechos a un conflicto social y ambiental desigual de la infraestructura; así mismo, que esta construcción promovió la lucha de los pobladores por defender su territorio (16).

La investigación titulada «ESTUDIO DE VIABILIDAD DE RELLENO SANITARIO Y PLANTAS DE PROCESO DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL (SANTANDER)», se ejecutó con el objetivo de determinar la factibilidad para la construcción de un relleno sanitario y planta de procesamiento de residuos sólidos en la ciudad de Puente Nacional, en Colombia; para lo cual se llevó a cabo la caracterización de los residuos del municipio, mediante la cual se determinó que un 68 % de los residuos producidos son orgánicos. Luego de realizar los cálculos de residuos per cápita se pasó al cálculo de volumen de relleno y área requerida, así como la determinación de mano de obra y personal capacitado para dicha actividad, llegando a la conclusión de que, de acuerdo con la caracterización realizada en la que se obtiene los datos de generación per cápita y número de población, el autor propuso un diseño de relleno sanitario manual, que a su vez dará empleo a cinco pobladores. Así mismo, esta infraestructura contribuirá a que los residuos lleguen a tener una disposición en el municipio, lo cual significa un ahorro del 80 % en temas de transporte y un 50 % de pagos por la disposición de los residuos (17).

4.1.2. Antecedentes nacionales

La investigación que lleva por título «DETERMINACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE RELLENO SANITARIO PARA EL DISTRITO DE SICUANI, CUSCO 2016», persiguió el objetivo de hallar las dimensiones para el relleno sanitario del distrito de Sicuani, Cusco. Se proyectó para 25 años, considerando que la población es de 59964 habitantes, que según los datos del INEI (2007) ascenderá a 62930 habitantes. Dicha proyección debería servir para el dimensionamiento de la infraestructura.

Así mismo, se realizó la propuesta y evaluación de sitios para la ubicación del relleno, cuya alternativa ganadora obtuvo un total de 4401 puntos, con un 83.04 %, aceptados los criterios con base en la Guía de Opinión Técnica Favorable de Estudio de Selección de Área que es emitido por la DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental) (18).

En la tesis denominada «DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA PARA EL APROVECHAMIENTO Y DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES PARA EL DISTRITO DE OLMOS - PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, 2018», se propuso realizar el diseño de un relleno sanitario y un diseño del área para la separación y disposición de residuos, ambientalmente segura y sostenible en el distrito de Santiago de Chuco - La Libertad, cuya metodología de

estudio consistió en el análisis de las características geográficas y poblacionales del distrito de Santiago de Chuco, esto es, la densidad de la población y la topografía del terreno, la geología e hidrogeología, además de las condiciones climáticas como también la flora, fauna, salud, educación y empleo. Por consiguiente, se realizó una evaluación actual de la producción de residuos sólidos mediante una caracterización. Los datos reunidos sirvieron para el diseño del relleno sanitario y la planta de segregación. También realizó un estudio de impacto ambiental, identificando, evaluando y dando posibles soluciones para la mitigación del impacto ambiental negativo que podría ocasionar la construcción de este proyecto, utilizando la guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre del relleno sanitario manual del MINAM, llegando a la conclusión de optar por el tipo de diseño manual, con capacidad acumulada de 4116.08 m³ que aproximadamente estima un área de 1.5 ha, con una vida útil de 29 años con base en la cantidad de residuos sólidos y del crecimiento poblacional, siendo un total del área requerida de 16463 m²; el área para la infraestructura de un relleno sanitario fue de 14407 m² y el área para la planta de segregación, de 2056 m²; siendo un 87.5 % para el relleno sanitario(10).

En la tesis titulada «DIMENSIONAMIENTO DE UN RELLENO SANITARIO PARA LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN EL DISTRITO DE PAUCARPATA- PROVINCIA Y REGIÓN DE AREQUIPA», el propósito fue dimensionar un relleno sanitario para la disposición de los residuos sólidos municipales producidos en el distrito de Paucarpata, provincia y departamento de Arequipa. Para ello se determinó la vida útil del relleno sanitario, con base en la cantidad de población que se proyectará, se determinó también la producción per cápita y la cantidad de residuos producidos por año para conocer el volumen y área estimada para toda la instalación del relleno sanitario. La metodología que se usó fue la de CEPIS. Como resultado se obtuvo una proyección de 25 años, estimando un área de 54396 m² o 54.396 hectáreas, generando diariamente 98.64 toneladas de residuos sólidos. Se concluye que debe ser un relleno sanitario de tipo mecanizado, aplicando el método de construcción del área y la trinchera (11).

En la tesis «DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE TRATAMIENTO DE UN RELLENO SANITARIO PARA LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DEL DISTRITO DE CHUQUIBAMBA - CONDESUYOS, 2017», con el motivo de diseñar un sistema para el tratamiento de residuos sólidos en un relleno sanitario manual para

el distrito de Chuquibamba, Región Arequipa, se recolectó información secundaria de la situación actual en el área de gestión de residuos sólidos de la municipalidad de Chuquibamba, seguidamente se propuso un estudio para la selección del área y diseño del relleno sanitario para su respectivo tratamiento, concluyendo que se construirá un relleno sanitario manual de 1.16 hectáreas con el método de zanja o trinchera, esto debido a las condiciones topográficas del suelo y la profundidad de la napa freática y el material excavado se utilizará como material de cobertura. Además se incluyó el manejo de los lixiviados mediante el empleo de la microalga *Chlorella vulgaris*, que mostró eficiencia en la reducción de la DBO5 y la DQO. El tiempo de vida del relleno sanitario es de 10 años, abasteciendo a zonas rurales y urbanas, tomando en cuenta que para el año 2027 la cantidad de población será aproximadamente 3380 habitantes y la producción per cápita de residuos sólidos de 0.73 kg/hab/día y la producción diaria de 2.46 Tn/día (19).

4.1.3. Antecedentes locales

La tesis «PROPUESTA DE SISTEMA INTEGRAL DE SEGREGACIÓN Y RECOLECCIÓN SELECTIVA DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE APATA - JAUJA - JUNÍN» para optar el grado de Ingeniero Civil de la Universidad Peruana los Andes, surgió con la finalidad de evaluar el proyecto de análisis, diseño y designación de un sitio para la planta de tratamiento, el recojo y separación de residuos sólidos municipales del distrito de Apata - Jauja - Junín. Para la investigación, primero se analizó los residuos sólidos del distrito, considerándose su peso, volumen y densidad, se calculó la producción de lixiviados, gases y compost; en segundo lugar, se realizó la evaluación de las propuestas del lugar para recolectar y separar los residuos sólidos, donde se planteó alternativas para la selección del lugar, evaluando las vías de acceso, las cercanías a aeropuertos, granjas, fuentes de agua, la opinión pública, áreas arqueológicas, vulnerabilidad a desastres naturales, dirección predominante del viento, para luego clasificarlos según los criterios planteados en el Reglamento de la Ley n.º 1278; como tercer paso se realizó el diseño de los componentes de la planta de tratamiento, teniendo en cuenta la selección del método y el cálculo ingenieril, finalmente se obtuvo como resultado la elección de la primera alternativa de acuerdo a la evaluación de los criterios sustentando que tiene las mejores características para la implementación de un relleno sanitario, detallándose el empleo del método por

trincheras. concluyó que la designación del lugar para el relleno influirá en el recojo y separación de residuos sólidos del distrito de Apata (20).

En la tesis «PLAN DISTRITAL DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE EL TAMBO» para obtener el grado de Ingeniero Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional del Centro del Perú, el objetivo fue elaborar un sistema de gestión de los residuos sólidos municipales, teniendo en cuenta la actual situación del tratamiento de residuos sólidos en el distrito. Para la ejecución del proyecto, en primer lugar se aplicaron encuestas a 95 personas mayores de 18 años; luego se realizó una supervisión por etapas del manejo de los residuos; además se caracterizó los residuos con apoyo de la metodología CEPIS con una muestra de 95 casas con la que se calculó la producción per cápita y la densidad de residuos; finalmente, se elevó una propuesta de sistema de gestión de residuos sólidos municipales del distrito de El Tambo, considerando los objetivos, programas y marco legal ambiental actual (21).

La tesis «ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO E IMPACTO AMBIENTAL DE LA AMPLIACIÓN OPERATIVA DEL RELLENO SANITARIO PAMPAYA EN EL DISTRITO DE TARMA, PROVINCIA DE TARMA» para obtener el grado de Ingeniero Ambiental de la Universidad Católica Sedes Sapiente, tuvo la finalidad de analizar los costos, beneficios y el impacto ambiental del incremento útil del relleno sanitario ubicado en el distrito de Tarma. El desarrollo de la investigación se realizó en dos partes: la primera consistió en la realización de trabajo en gabinete, mediante la revisión de bibliografía del estudio de impacto ambiental del relleno sanitario de Pampaya, el Plan Integral de Gestión de Residuos Sólidos de la Provincia de Tarma 2016-2018, el Estudio de Caracterización de residuos sólidos del distrito de Tarma 2016 y una serie de ordenanzas municipales; en la segunda parte se realizó investigación de campo en la que se estudió la actual situación del relleno sanitario Pampaya, es decir, la recepción diaria y descarga de residuos, maquinaria empleada, manejo de los residuos sólidos en el relleno, equipos de protección ambiental, recursos físicos y la distribución e instalación del relleno. Después de la recolección de información, se realizó su procesamiento, con los datos de gabinete se aplicó los indicadores de rentabilidad del VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno); para obtener datos en el trabajo de campo, se aplicaron encuestas. Como conclusiones se obtuvo que dentro del estudio de impacto ambiental del relleno sanitario no se contemplaron las especificaciones técnicas, los indicadores de rentabilidad demuestran

que la ampliación del relleno es rentable; en la identificación de impactos a través de la Matriz de Leopold para los medios físicos y bióticos, se obtuvo que en su mayoría generarían impactos no significativos y significativos moderados (22).

La tesis «SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DISTRITO DE VIQUES - HUANCAYO» para obtener el grado de Ingeniero Forestal Ambiental de la Universidad Nacional del Centro del Perú, propuso elaborar una propuesta de sistema de gestión de residuos sólidos municipales, para ello se describió la caracterización de residuos sólidos y se realizó el seguimiento de las fases del tratamiento de residuos sólidos en el distrito. Con todo ello se determinó la generación per cápita del distrito que fue de 0.370 kg/hab/día y la cantidad de porcentaje por cada tipo de residuo predominando la materia orgánica con un 63.89 % del total de residuos. Finalmente se propuso el plan de manejo de residuos municipales, el cual incluye los objetivos, líneas de acción y metas, estrategias para cada acción, los instrumentos legales, fortalecimiento de capacidades y monitoreo con la finalidad de servir de información para orientar a las autoridades municipales y se pueda tomar decisiones que beneficien al distrito (23).

En la tesis «CAUSAS SOCIOCULTURALES Y POLÍTICAS QUE HAN IMPEDIDO LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN HUANCAYO 2008-2014» para obtener el grado de Licenciada en Antropología de la Universidad Nacional del Centro del Perú, el objetivo fue explicar las causas socioculturales y políticas que han obstaculizado la construcción de una planta de manejo de residuos sólidos en Huancayo. Para el desarrollo de esta tesis se emplearon métodos etnológicos y etnográficos empleándose técnicas tales como la observación directa, el registro fotográfico, revisión de información hemerográfica (noticias, periódicos) y la entrevista, para lo cual se seleccionó una muestra de 97 habitantes. Finalmente se obtuvo como resultados la falta de credibilidad por parte de las autoridades, incidencia de los medios de comunicación (manipulación de datos por parte de los comunicadores), la cosmovisión andina, falta de consenso de parte de las autoridades (24).

Los rellenos sanitarios son bastante necesarios en todo tipo de urbanismo; estas áreas de disposición final de residuos sólidos reducen la propagación de enfermedades, eliminan los impactos ambientales y mantienen el orden en la planificación de las áreas urbanas. Según el informe nacional de fiscalización ambiental en residuos sólidos de

gestión municipal provincial, 9 de los 24 departamentos del Perú cuentan con relleno sanitario, 5 en Ancash, 14 en Apurímac, 18 en Ayacucho. 8 en Cajamarca, 57 en Huancavelica, 10 en Huánuco, 22 en Junín, 18 en Lima y 14 en Loreto. Siendo un total de 166 rellenos sanitarios a nivel nacional. (Ver anexo 10)

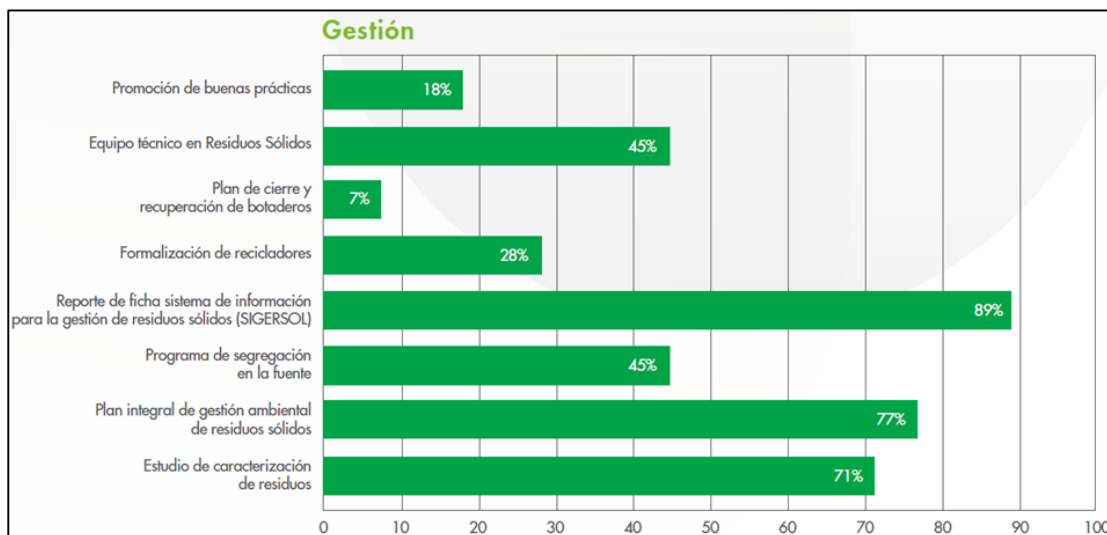


Figura 1. Porcentaje de cumplimiento de las EFA respecto al cumplimiento de la gestión de residuos sólidos a nivel nacional. Tomada del «Informe nacional de fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal de provincial 2014 - 2015», por OEFA: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (25).

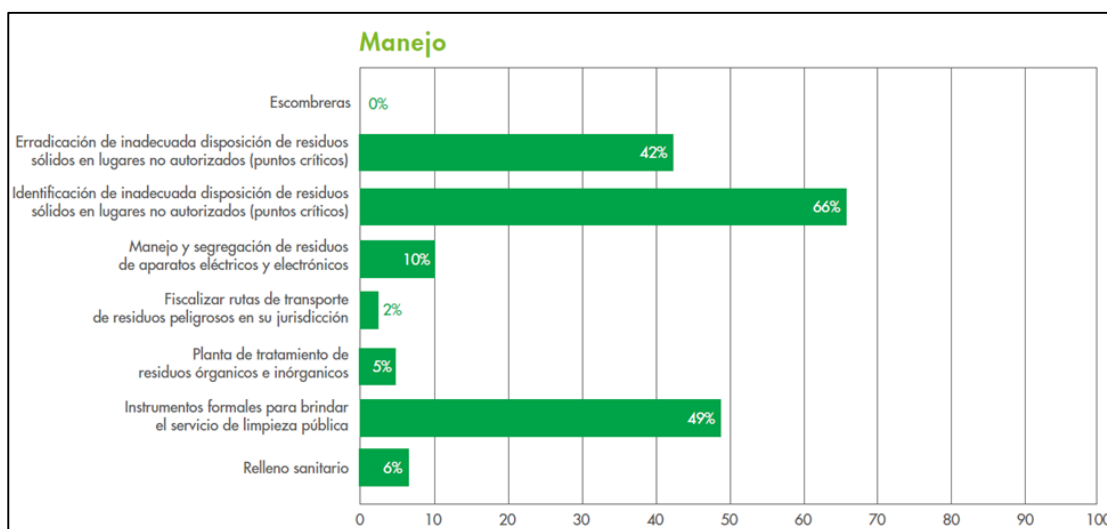


Figura 2. Porcentaje de manejo de residuos sólidos. Tomada del «Informe nacional de fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal de provincial 2014 - 2015», por OEFA: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (25).

2.2. Bases legales

4.1.4. Ley General del Ambiente, Ley n.º 2861

El “Artículo 1, cita que todas las personas tienen derecho a desarrollarse en un ambiente equilibrado y saludable, en el que también las personas deben contribuir con el ambiente con una buena gestión ambiental para asegurar la salud de las personas colectivas e individuales y la conservación del entorno natural y el aprovechamiento de manera sostenible en el país”

4.1.5. Ley Orgánica de Municipalidades - Ley n.º 27972

La Ley n.º 27972, tiene como objetivo fijar normas sobre la autonomía, naturaleza, origen y otros de las municipalidades. Dicha Ley en su artículo 80, sobre Saneamiento, Salubridad y Salud establece que todas las municipalidades deben ordenar y realizar un seguimiento la disposición final de los residuos sólidos de su jurisprudencia.

4.1.6. Decreto Legislativo n.º 1278 - Ley de Gestión Integral de Residuos

Sólidos

Su finalidad es establecer obligaciones, derechos, responsabilidades y atribuciones de toda la sociedad y de asegurar la gestión y el manejo apropiado de los residuos sólidos de acuerdo con lo establecido en este decreto.

«En el artículo 2, menciona que la disposición final de residuos es la última alternativa para el manejo de los residuos sólidos y que se debe realizar en buenas condiciones ambientales».

El capítulo 7, sobre «la infraestructura para la gestión y manejo de residuos sólidos», menciona, en su artículo 65, los tipos de infraestructura para el manejo de los residuos las cuales son: Centro de acopio de residuos municipales, planta de valorización, planta de transferencia e infraestructura de disposición final.

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

El MINAM (Ministerio del Ambiente) en conjunto con las instituciones especializadas en Gestión Integral de Residuos Sólidos, propusieron el desarrollo de la Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado con el objetivo de que las municipalidades y las EPS-RS(Empresas que Prestan Servicios de

Residuos Sólidos) de las ciudades del territorio nacional puedan implementar de manera eficiente una infraestructura para la disposición de sus residuos sólidos.

2.3. Bases Teóricas

2.3.1. Definición de relleno sanitario

Relleno sanitario es una infraestructura que está diseñada y construida para contener y tratar los residuos municipales de manera segura y amigable con el ambiente, ya sea a superficie o bajo tierra, con fundamento en nociones de ingeniería ambiental y sanitaria (12).

2.3.2. Definición de residuo sólido

Son materiales, objetos, sustancias y/o elementos que resultan como desecho del uso de un producto, que el propietario descarta para poner fin a su ciclo de vida y que luego sea tratado dando prioridad a la valorización de estos residuos y para, en últimas instancias, darle una disposición final. Un residuo sólido puede estar en fase líquida, sólida o semisólida (26).

2.3.2.1. Propiedades de los residuos sólidos

Las propiedades de los residuos sólidos son conocimiento importante, porque permite tener un amplio conocimiento de lo que vamos a disponer en los rellenos sanitarios y de esta manera realizar un buen diseño del relleno (27).

2.3.2.1.1. Propiedades físicas

Dentro de estas propiedades, las principales son:

El contenido de Humedad: Se expresa en porcentaje y para determinar la humedad se puede realizar a través dos métodos; el primero, que es el más usado para residuos sólidos es el método peso-húmedo y el segundo el método peso-seco (27).

Las formula utilizadas para el primer método es la siguiente:

$$M = \left(\frac{w - d}{w} \right) \times 100$$

M= Humedad (%)

W= Peso inicial de la muestra según como se entrega (Kg)

D= Peso de la muestra después de secarse a 105 °C (Kg)

El contenido de humedad de los residuos varía de acuerdo con la composición, la estación y las condiciones meteorológicas del lugar.

Densidad: Se expresa en kg/m^3 ; por lo que se define que la densidad es la masa del material o residuo por unidad de volumen. Normalmente se determina la densidad de los residuos cuando se encuentran en los contenedores o cilindros sin compactar o compactados.

2.3.2.1.2. *Propiedades Químicas*

Conocer estas propiedades es importante, debido a que nos brindará información sobre la composición química de los residuos y con ello permitirá planificar las instalaciones para los procesamientos de estos materiales (27).

2.3.2.1.3. *Propiedades Biológicas*

Para la parte orgánica de los residuos sólidos municipales, la propiedad biológica más importante es que se pueden convertir en gases. Por otro lado, la generación de olores y producción de vectores son parte de la naturaleza de putrefacción de los residuos orgánicos municipales (27).

2.3.2.2. Clasificación de residuos sólidos

La clasificación de los residuos sólidos según el Decreto legislativo n° 1278, depende de:

- El manejo que reciben los residuos y estos se dividen en: residuos peligrosos y residuos no peligrosos.
- La autoridad competente se clasifican en municipales y no municipales.

2.3.3. Tipos de rellenos sanitarios

2.3.3.1. Relleno sanitario manual

El esparcimiento, compactación y la cobertura de los residuos sólidos es manejado con herramientas básicas tales como pisones manuales, rastrillos y otros; además de que en este tipo de relleno la capacidad diaria debe ser menor o igual a 20 toneladas de residuos sólidos. La operación de este relleno solo es en horario diurno (12).

2.3.3.2. Relleno sanitario semimecanizado

Los rellenos de tipo semimecanizado tienen una capacidad máxima de 50 Tn diarias de residuos sólidos. Las tareas de esparcimiento, compactación y cobertura se ejecutan mediante equipos mecánicos y el uso de herramientas manuales para el apoyo en la labor de confinamiento de los residuos (12).

2.3.3.3. Relleno sanitario mecanizado

Para la ejecución se necesitan equipos mecánicos como el tractor de oruga, cargador frontal considerando que la capacidad de trabajo diario de residuos pasa las 50 Tn (12).

2.3.4. Ventajas y desventajas de un relleno sanitario

Un relleno sanitario es una de las alternativas para la disposición final de los residuos sólidos urbanos, por lo que es importante conocer las ventajas y desventajas, las cuales se describen a continuación:

Tabla 1. Ventajas y desventajas de un relleno sanitario

VENTAJAS	DESVENTAJAS
El método es flexible porque permite recibir grandes cantidades de residuos y el incremento del personal es mínimo.	Es necesario que el área del Relleno sea extensa.
La inversión inicial es baja.	El lugar donde se ubicará el Relleno Sanitario debe tener ciertas características geológicas.
El consumo energético es bajo.	Generación de lixiviados y gases
Con el metano producido se puede generar energía.	Se necesita mantenimiento continuo para el correcto funcionamiento.
Al finalizar la vida útil del relleno sanitario, este puede utilizarse como canchas deportivas u otros.	Al finalizar la vida útil del relleno no se pueden construir viviendas ni colegios.

Es un método que permite recibir todo tipo de residuos sólidos municipales.	Si no se monitorea y mitiga los impactos adecuadamente, después de la clausura del relleno puede generar impactos ambientales a largo plazo.
---	--

Genera empleo para mano de obra no calificada.	No recibe residuos peligrosos.
--	--------------------------------

Nota: Tomada de «Diseño de un relleno sanitario y planta segregadora de residuos sólidos urbanos para el distrito de Santiago de Chuco - La Libertad 2018» (10).

2.3.5. Diseño del relleno sanitario

Para el diseño se debe tener en cuenta los estudios básicos del distrito, así como del sitio elegido como propuesta, y con ello realizar los cálculos necesarios para presentar el diseño de relleno sanitario.

2.3.5.1. Estudios básicos

2.3.5.1.1. Tipos de residuos a disponer

Para determinar el tipo de residuo a disponer debe realizarse un estudio de caracterización, estos serán depositados en las zanjas de manera segura y ambientalmente adecuada, teniendo en cuenta que los residuos a disponer solo serán no aprovechables que no tengan valor económico.

2.3.5.1.2. Cantidad de residuos a manejar

Se refiere a la cantidad de residuos sólidos municipales, lo que produce una persona a diario, y la cantidad que producen los centros comerciales y de abastos del distrito de El Tambo.

2.3.5.1.3. Composición de residuos

La composición física y el porcentaje de los residuos sólidos que puedan ser aprovechables como no aprovechables.

2.3.5.1.4. Precipitación pluvial

Tiene por finalidad determinar la generación de lixiviados y el diseño para la recolección de aguas de escorrentía.

2.3.5.1.5. Temperatura

La temperatura es primordial y se debe de tener como mínimo dos años de datos.

2.3.5.1.6. Velocidad y dirección del viento

Es necesario conocer este factor, para poder determinar la ubicación de un sitio para el relleno, además de ayudar a controlar la dispersión de olores que puedan afectar a la población más cercana.

2.3.5.1.7. Topografía del terreno

Ayuda para el cálculo de la vida útil del relleno, para la adecuada disposición final de los residuos sólidos municipales.

2.3.5.1.8. Coeficiente de permeabilidad del suelo

Establece la permeabilidad del suelo, así como el material de cobertura.

2.3.5.1.9. Tipo de suelo

Permite determinar el método de relleno sanitario a utilizar y el material de cobertura que se va a extraer.

2.3.5.2. Selección del método del relleno

2.3.5.2.1. Método de trinchera o zanja

Las trincheras o zanjas, normalmente se ejecutan cuando las áreas son terrenos que no tienen pendientes, cuando el suelo es de fácil excavación ya que no es rocoso.

Este método consta de: excavación de zanjas con dimensiones de acuerdo con las necesidades del lugar; se puede usar maquinaria pesada; se debe realizar la impermeabilización del sitio para la infiltración de los lixiviados, así mismo la instalación de drenes para recolectar los lixiviados y realizar permanente control; los residuos son depositados en las trincheras, compactados y cubiertos con un material de cobertura. Por otro lado, en lugares con precipitaciones altas se implementa un manejo de aguas de escorrentía (12).

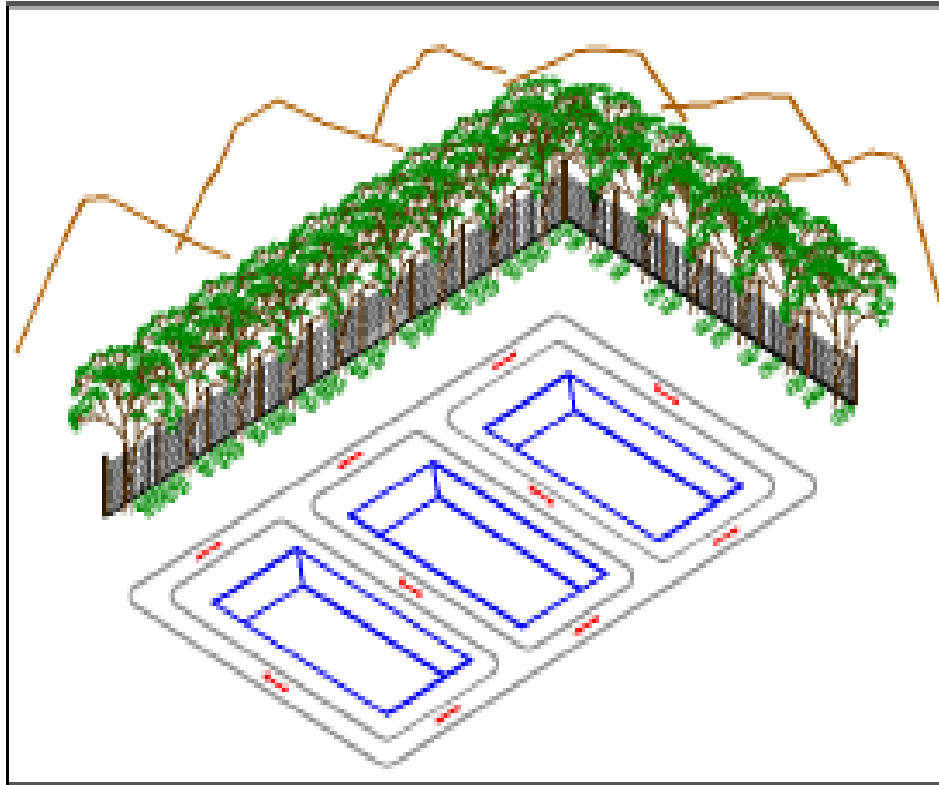


Figura 3. Método de trincheras o zanja. Tomada de la «Guía diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado» (12).

2.3.5.2.2. Método de área

Normalmente se elige el método de área cuando el sitio elegido es semiplano y la excavación es un poco complicada. Al no tener un terreno plano, en este método es necesario que sea nivelado y acondicionado de acuerdo con las necesidades antes de que se inicie las operaciones.

Es necesario considerar el lugar para la extracción del material de cobertura, teniendo en cuenta las características y la cantidad de material que será usado.

Para la construcción de las celdas, es importante tener en cuenta un porcentaje de pendiente, con la intención de que se logre una estabilidad y evitar deslizamientos de acuerdo a como va elevándose hasta la altura proyectada (12).

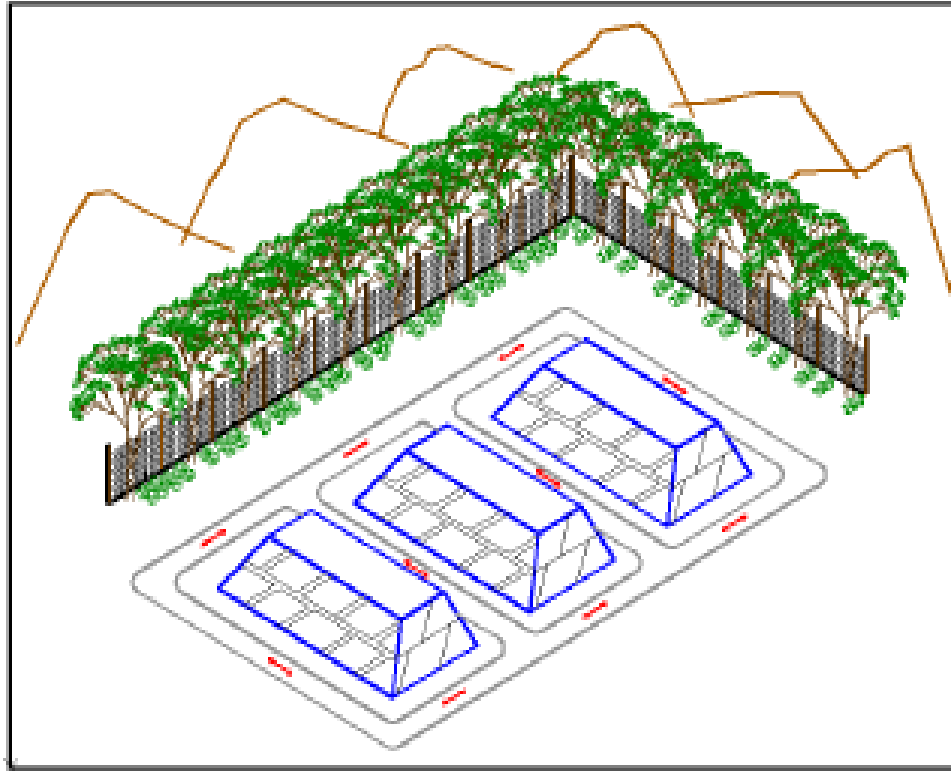


Figura 4. Método de área. Tomada de la «Guía diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario» (12).

2.3.5.2.3. Combinación de ambos métodos

Este método es usado cuando los sitios son totalmente planos, en la mayoría de los casos primero se realiza el método de trincheras y luego el método de área (12) debido a que tiene las siguientes ventajas:

- Emplea menor área para poder lograr un mayor volumen útil de disposición final.
- Aprovecha al máximo el material de la excavación como cobertura.
- Se aplica excavación sin afectar el nivel freático y el suelo con características adecuadas para emplear como material de cobertura.

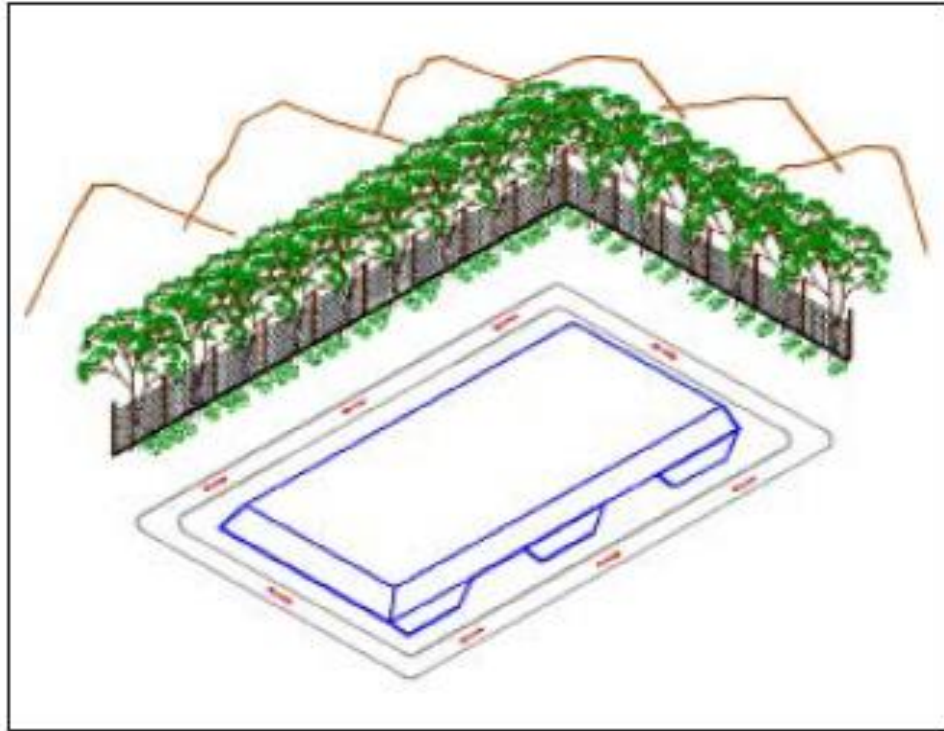


Figura 5. Combinación de ambos métodos. Tomada de la «Guía diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado» (12).

2.3.5.3. Cálculos necesarios para el relleno sanitario

En cuanto se define el método para el funcionamiento del relleno sanitario, se pasa a realizar los cálculos necesarios para el diseño de la infraestructura.

2.3.5.3.1. Crecimiento poblacional

El cálculo del crecimiento poblacional urbano es necesario, porque permite conocer el aumento de los residuos sólidos, para la adecuada planificación del tratamiento y disposición final de los residuos. La fórmula para calcular el crecimiento poblacional es la siguiente:

$$P_t = P_0 \times \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

Donde:

P_t = Población en el año que se quiere estimar

P_0 = Población en el año inicial o base para el cálculo

n = Número de años entre el año base y el año t

2.3.5.3.2. *Generación per cápita de residuos*

La generación per cápita de los residuos sólidos urbanos, se expresa en kilogramos por habitante por día (kg/hab/día), debido a que relaciona la cantidad de habitantes, la cantidad de residuos y el tiempo. Por ello, este dato se adquiere de la caracterización de residuos sólidos, la que se realiza con los siguientes pasos:

- Se pesan los residuos domiciliarios de las viviendas participantes y se registra.
- Se calcula el promedio de residuos domiciliarios de los 7 días de caracterización.
- Finalmente se aplica la siguiente fórmula:

$$GPC = \frac{W_p(Kg.)}{Cantidad\ de\ habitantes\ (Hab.)}$$

Donde:

GPC = Generación Per Cápita

W_p = Peso promedio de residuos domiciliarios de los 7 días de caracterización

2.3.5.3.3. *Cálculo del volumen necesario*

Para calcular el volumen necesario se necesita tener en cuenta lo siguiente:

- La cantidad total de residuos que se va a disponer, en la que no se incluye los residuos reaprovechables.
- Densidad de los residuos estabilizados en el relleno sanitario.
- Cantidad del material de cobertura (de 20 a 25 % del volumen compactado de residuos).

2.3.5.3.4. *Volumen de residuos sólidos*

La determinación del volumen diario de residuos depende de la relación de la cantidad de residuos sólidos a disponer y la densidad de los recién compactados y estabilizados. El cálculo del volumen anual de residuos depende de los residuos a disponer en un día, multiplicado por la cantidad de días en un año. Se expresa de la siguiente manera:

$$V_{Diario} = \frac{DS_p}{Drsm}$$

Donde:

V_{diario} = Volumen de los residuos a disponer en un día, expresado en $\text{m}^3/\text{día}$

DS_p = Cantidad de residuos sólidos producido, expresado en $\text{Kg}/\text{día}$

Dr_{sm} = Densidad de los residuos recién compactados (el rango es de 400 a 500 kg/m^3) y estabilizados (rango entre 500 a 600 kg/m^3)

$$V_{\text{Anual}} = V_{\text{Diario}} \times 365$$

Donde:

V_{anual} = Volumen de los residuos en un año, expresado en $\text{m}^3/\text{día}$

2.3.5.3.5. Volumen del relleno sanitario

El cálculo del volumen del relleno para el primer año, se realiza mediante la multiplicación del volumen de residuos de un año por el material de cobertura.

$$VRS = V_{\text{Anual}} \times MC$$

Donde:

VRS = Volumen del relleno sanitario ($\text{m}^3/\text{año}$)

MC = Factor de material de cobertura (20 - 25 %)

En cuanto de determinen los datos, se proyectan para conocer el volumen que ocuparan los residuos durante la vida útil del relleno usando la siguiente ecuación:

$$VRS_{vu} = \sum_{i=1}^n VRS$$

Donde:

VRS_{vu} = Volumen del relleno sanitario durante su vida útil (m^3)

n = Número de años

El área para rellenar se da por la relación del volumen del relleno sanitario entre la altura de las zanjas (m).

$$ARS = \frac{VRS}{HRS}$$

ARS = Área a rellenar sucesivamente (m^2)

VRS = Volumen del relleno sanitario ($\text{m}^3/\text{año}$)

HRS = Altura o profundidad media del relleno sanitario (m)

El área requerida para el relleno sanitario se obtiene por el factor de aumento del área adicional requerida (20 - 40 %) multiplicado por el área requerida la calculada.

$$AT = F * ARS$$

Donde:

AT = Área total requerida

F = Factor de aumento del área adicional

ARS = Área a rellenar sucesivamente

2.3.5.3.6. Cálculo de la vida útil del relleno

El sitio elegido para la construcción de la infraestructura debe tener como mínimo una capacidad de 5 años, con la finalidad de que sea acorde a la gestión de una municipalidad, además de los costos de obra. Este cálculo se puede expresar en años, meses o días.

Así mismo, la viabilidad del proyecto depende de la duración de la infraestructura y si es conveniente realizarlo para beneficios a corto y mediano plazo. Empleando la siguiente fórmula:

$$Vu = \frac{tz * n}{365}$$

Donde:

Vu= vida útil

Tz= tiempo de servicio de la zanja (días)

n= número de zanjas

2.3.5.3.7. Cálculo de la generación de lixiviados

Los lixiviados se producen por la descomposición o putrefacción de los residuos sólidos orgánicos. Para determinar la cantidad de lixiviados producidos en el relleno sanitario, se utilizará el método suizo, dada por la siguiente fórmula:

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

Donde:

Q = Expresa el caudal promedio de los lixiviados (l/seg)

P = Promedio de la precipitación anual (mm/año)

A = Área superficial del relleno expresado en m^2

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

K = Expresa el coeficiente de acuerdo con la compactación de los residuos, se recomienda los siguientes valores:

- En infraestructuras con pesos específicos de 0.4 a 0.7 ton/m^3 , se estima una producción de lixiviados entre 25 a 50 % (K=0.25 a 0.50) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno.
- Para rellenos sanitarios con pesos específicos $> 0.7 ton/m^3$, se estima una generación de lixiviado entre 15 a 25 % (k=0.15 a 0.25) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno.

2.3.5.3.8. Distribución de la infraestructura

La infraestructura del relleno sanitario contará con:

- Área de administración y control de ingreso de los residuos sólidos
- Vías de acceso
- Sector de operación
- Área de abastecimiento y almacenamiento de material de cobertura
- Barrera sanitaria
- Zona de seguridad

2.3.6. Operación, mantenimiento y cierre del relleno sanitario

La construcción y operación de un relleno sanitario se realiza conforme a las especificaciones y recomendaciones dadas, además, para tener certeza de los objetivos propuestos, es impredecible contar con una buena administración. Se debe considerar como un factor prioritario a las relaciones públicas, tanto durante la construcción y después de su cierre (10). Para ello se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

2.3.6.1. Cierre del botadero municipal

Para que el proyecto sea viable, en primer lugar se debe realizar la clausura o cierre del botadero del municipio, y de los sitios donde se abandona formalmente la basura, realizando las siguientes acciones (10):

- Divulgar públicamente que el relleno sanitario entre en funcionamiento, así mismo que el botadero ya no recibirá ningún tipo de residuo.
- Enseñar a la población sobre la necesidad del diseño y construcción de un relleno sanitario por los diferentes medios de comunicación del distrito.
- Informar a los comercios que generan cantidades significativas de residuos de manera esporádica, de la existencia del relleno sanitario e indicar que será el nuevo destino de los desechos que generen.
- Construir un cerco para restringir el acceso de personas extrañas y animales que puedan seguir llevando su basura al lugar.
- Instalar un cartel, letrero o avisos donde se informe a la población que el botadero ha sido cerrado y se indique las sanciones que se imputarán a quienes infrinjan las normas dictadas al respecto.
- Realizar un plan de erradicación de roedores y artrópodos, evitando que conlleven problemas y riesgos a la salud de los habitantes de las viviendas más cercanas.

2.3.6.2. Operación y mantenimiento del relleno sanitario

2.3.6.2.1. Control de operaciones

Se realiza el control de las actividades de «Ingreso de materiales (residuos sólidos y material de cobertura), cantidad (peso y volumen estimado), procedencia (sector de área urbana), tipo de transporte (compactador, motocarro, entre otros), recepción de los residuos sólidos administrados por la administración del relleno sanitario, ingreso de vehículos y visitantes, horario del personal empleado, mantenimiento de las herramientas, ocurrencias extraordinarias» (10).

2.3.6.2.2. Control de costos

El descuido por parte de los administradores de las municipalidades tiene influencia en la recolección y el análisis de costo de servicio de aseo urbano, puesto que en general este servicio debe ser subsidiado por el municipio; pues presenta uno de los mayores problemas debido a la gran cantidad de presupuesto que se designa a este sector. Por lo tanto, es importante acopiar la información vinculada con los costos del relleno sanitario tanto durante la etapa de inversión como de construcción, operación y

mantenimiento, puesto que su análisis nos permite buscar máximos rendimientos con una mayor economía.

2.3.6.2.3. Control ambiental

El control de chimeneas de gases, aguas subterráneas y superficiales se realizará de acuerdo con los parámetros ordenados por la autoridad local o regional de calidad de agua y de aire. Además, el funcionamiento de las chimeneas o tubos de ventilación estará permanentemente en verificación. En las áreas subterráneas o superficiales, inicialmente se efectuará un control mensual y después con menor frecuencia.

2.3.6.3. Cierre del relleno sanitario

En esta fase se formaliza con un plan de cierre, con actividades destinadas a mantener el relleno, es decir, con las condiciones similares antes de que se ejecute el proyecto, el cual incluye la conservación de la cobertura, los sistemas de drenaje tanto de los lixiviados como de los gases.

El afloramiento y escurrimiento de lixiviados es la principal causa que puede alterar la estabilidad del relleno sanitario; también se tener en cuenta las dificultades de paso en la red de lixiviados. Por lo que los lixiviados pueden ser uno de los mayores peligros y causar daños al medio ambiente y a la salud (10).

2.4. Definición de términos básicos

- Botadero: Acumulación inapropiada de residuos en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas, rurales o baldías que riesgos sanitarios o ambientales. Estas acumulaciones existen al margen de la ley y carecen de autorización (26).
- Celda: «Infraestructura ubicada dentro de un relleno sanitario donde se esparcen y compactan finalmente los residuos depositados» (26).
- Ciclo de Vida: «Etapas consecutivas e interrelacionadas en la adquisición o generación de materias primas, fabricación, distribución, uso, valorización y su eliminación como residuo» (26).
- Disposición final: «Procesos u operaciones para tratar y disponer en un lugar los residuos como últimos procesos de su manejo en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura» (26).

- Empresa Operadora de Residuos Sólidos: «Persona jurídica que presta los servicios de limpieza de vías y espacios públicos, recolección, transporte, transferencia o disposición final de residuos, Asimismo, puede realizar las actividades de comercialización y valorización »(26).
- Generador: «Persona natural o jurídica que debido a sus actividades genera residuos, sea como fabricante, importador, distribuidor, comerciante o usuario. También se considera generador al poseedor de residuos peligrosos, cuando no se pueda identificar al generador real y a los gobiernos municipales a partir de las actividades de recolección» (26).
- Gestión Integral de Residuos: «Toda actividad técnica administrativa de planificación, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación de políticas, estrategias, planes y programas de acción de manejo apropiado de los residuos sólidos» (26).
- Minimización: «Acción de reducir al mínimo posible la generación de los residuos sólidos, a través de cualquier estrategia preventiva, procedimiento, método o técnica utilizada en la actividad generadora» (26).
- Residuos sólidos no Aprovechable: «Es todo material o sustancia sólida o semisólida de origen orgánico e inorgánico putrescible o no, proveniente de actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación en un proceso productivo. Son residuos sólidos que no tienen ningún valor comercial, requieren tratamiento y disposición final y por lo tanto generan costos de disposición» (26).
- Segregación: «Acción de agrupar determinados componentes o elementos físicos de los residuos sólidos para ser manejados en forma especial» (26).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de investigación

3.1.1. Método

Las investigaciones que tienen un método inductivo se aplican para los estudios descubiertos a casos particulares a partir de una similitud, es decir que los investigadores deben revisar estudios previos de casos específicos y encontrar una conexión para luego establecer un principio (14). En este caso responde a analizar estudios de caracterización, lo cual será base para establecer la necesidad de un “relleno sanitario” para tratar y disponer los residuos del distrito de El Tambo.

3.1.2. Tipo y Nivel

La investigación es de tipo descriptivo, debido a que se desarrolla de forma observacional, exploratoria y no experimental; asimismo, tiene nivel aplicado, porque se tiene como base de investigación un problema o necesidad de una ciudad, por lo que se requiere de una propuesta con una solución específica (28), en este caso responde a la problemática de la falta de una infraestructura para el manejo los residuos de El Tambo, por lo que se propone diseñar una infraestructura de relleno sanitario para darle solución.

3.2. Diseño de investigación

En esta investigación no se tiene variables para ser manipuladas debido a que el objetivo es realizar un diseño a partir de una observación, por lo que se tiene un diseño de investigación no experimental descriptivo, porque estos estudios son desarrollados sin manipular variables y solo se observa fenómenos para luego ser analizados (28).

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Una población tiene especificaciones únicas, es decir, el total de elementos o individuos que tengan similares características con las cuales se desarrolla la investigación. De acuerdo con lo anterior, para la presente tesis se consideró que la población del Distrito de El Tambo es de 50266 viviendas según el censo del 2017 (29) que incluye al sector urbano y rural.

3.3.2. Muestra

La muestra, acorde al último informe de estudio de la caracterización de residuos de El Tambo otorgado por la municipalidad, es de 199 viviendas.

3.4. Métodos de estudio

3.4.1. Estudio referencial de selección del área

Para realizar la selección del área o sitio según la «Guía de Diseño, Construcción, Operación Mantenimiento y Cierre de Relleno Sanitario Mecanizado» se toma en cuenta lo siguiente (10):

- Se debe elegir dos o más sitios como alternativas para proceder a la evaluación.
- En cuanto se tenga elegidas las alternativas, éstas deben ser evaluadas según los parámetros y criterios correspondientes.
- La evaluación de las alternativas se realizará mediante una escala de calificación.
- Después de evaluar las alternativas se identifica la opción con mayor puntaje.

3.4.1.1. Aspectos Técnicos

Según la «Guía de Diseño, Construcción, Operación Mantenimiento y Cierre de Relleno Sanitario Mecanizado» se debe considerar los siguientes aspectos técnicos para la selección del área:

- Establecer el lugar geográfico del área para la futura instalación de la infraestructura, teniendo en cuenta que la distancia límite es de 1 km entre la población más cercana; sin embargo, la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) puede aprobar una distancia menor de acuerdo a lo que proponga en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA).
- Disponibilidad del material para la cobertura de los residuos
- Vida útil del sitio
- Acceso al sitio
- Topografía del sitio
- El uso del suelo debe ser compatible con los requerimientos para la ubicación de la infraestructura y con los planes de expansión urbana.
- El diseño de la infraestructura debe ser compatible con el plan de gestión integral de residuos en la provincia.

- Condiciones climáticas
- Geología
- Hidrogeología
- Hidrología superficial
- Si el sitio es vulnerable a desastres

3.4.1.2. Aspectos Legales

Según la «Guía de Diseño, Construcción, Operación Mantenimiento y Cierre de Relleno Sanitario Mecanizado» se debe considerar los siguientes aspectos legales para la selección del área:

- Servicio de saneamiento legal del terreno, es necesario que el responsable del proyecto tenga los documentos legales del terreno donde se autorice la construcción.

El Ministerio del Ambiente, con la participación de los distintos sectores que conforman la «Red de Instituciones Especializadas en Capacitación para la Gestión Integral de Residuos Sólidos», planteó la ejecución de la «Guía de Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Relleno Sanitario Mecanizado», tanto para ciudades grandes y medianas. Siendo la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud miembro activo de la Red, con alcance transectorial en la gestión de residuos sólidos y en los aspectos normativos como parte de la política de salud, con la finalidad de contribuir en la reducción significativa de los factores asociados al inadecuado manejo de residuos sólidos, para proteger y promover la salud de la población, revisó y aprobó la «Guía de Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Relleno Sanitario Mecanizado» (30).

3.4.1.3. Aspectos Sociales

Según la «Guía de Diseño, Construcción, Operación Mantenimiento y Cierre de Relleno Sanitario Mecanizado» se debe considerar los siguientes aspectos sociales para la selección del área:

- El grado de admisión de los habitantes del distrito sobre la futura instalación del relleno sanitario.

3.4.2. Descripción general del proyecto

La ingeniería ambiental y sanitaria proporciona diferentes métodos que permitirán un desarrollo adecuado del proyecto de diseño y construcción de un relleno sanitario de residuos sólidos municipales para el distrito de El Tambo, a través de diversos estudios básicos.

Estudiaremos las diversas características geográficas del distrito de El Tambo, que consistirán en la densidad de la población, la topografía del terreno, la geología e hidrología, también de las condiciones climáticas (temperatura, humedad relativa, precipitación, dirección y velocidad del viento) incluyendo también la flora, fauna, salud y empleo.

Se realizará una evaluación de la gestión de los residuos del distrito para conocer el riesgo sanitario que tiene la gestión actual, además se debe tener en cuenta la caracterización de los residuos sólidos del distrito para conocer la generación total de residuos sólidos en la ciudad y con estos datos poder determinar el diseño del relleno sanitario.

También es necesario llevar a cabo el estudio referencia del sitio escogido donde se instalará la construcción de la infraestructura de relleno sanitario con la ubicación exacta en coordenadas UTM y los parámetros que exige la guía de estudio.

Y por último el diseño de la infraestructura, optando por el método que cumpla con los parámetros establecidos (10).

3.5. Diseño del relleno sanitario

Para esta investigación la «Guía de Diseño, Construcción, Operación Mantenimiento y Cierre de Relleno Sanitario Mecanizado» servirá como guía metodológica para el diseño del relleno sanitario.

3.6. Descripción geográfica y poblacional del distrito de El Tambo

3.6.1. Ubicación geográfica

El distrito de El Tambo tiene las siguientes características de localización:

- Departamento: Junín
- Provincia: Huancayo
- Coordenadas: -12.0553 de latitud y -75.2206 de longitud

- Altura: 3262 m.s.n.m.

A continuación, se muestra las ciudades que colindan con el distrito:

Tabla 2. Límites del distrito de El Tambo

Límites				
	N	E	S	O
				Chupaca
Ciudad		Pariahuanca		San Agustín de Cajas
	Quilcas		Huancayo	San Pedro de Saño
		Concepción		Hualhuas

Nota: N: Norte. E: Este. S: Sur O: Oeste. Tomado de El Tambo en la región de Junín - Municipio y municipalidad de Perú - municipalidad Perú - Información municipalidad, ciudades y pueblos de Perú (31).

Mapa de ubicación (*Ver anexo 01*)

3.6.2. Topografía

El método constructivo y la operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno, del tipo de suelo y la profundidad del nivel freático (11).

La topografía del distrito El Tambo se encuentra a curvas de nivel de altitud máxima de 5532 metros de altitud mínima de 3169 metros y de altitud media de 4060 metros.

Mapa de topografía (*Ver anexo 02*)

3.6.3. Suelo

El suelo del distrito el Tambo tiene la siguiente clasificación según tipos de suelo:

- “Leptosol éútrico - Cambisol éútrico (Lpe-Cme), el Leptosol éútrico tiene una saturación de base menor del 50 % en los 5 cm que preceden al contacto lítico, estos son suelos muy jóvenes que no presentan ninguna particularidad en su perfil, mientras que el cambisol éútrico es muy rico en nutrientes o bases (Ca, Mg, K y Na) en los 125 cm de profundidad, presentando mejores condiciones para cultivo” (32).

- “Leptosol éutrico – Kastanozeno háplico – afloramiento lítico, está determinada por lomadas, colinas y montañas con unas pendientes de 25a +75” (32).
- “Regosol dístico - Cambisol dístico, Ambos tienen una saturación en bases menor del 50 % en alguna parte situada entre 20 y 100 cm” (32).

Mapa de tipo de suelo (*Ver anexo 03*)

La capacidad de uso mayor de suelo para el distrito El Tambo está conformada por 4 categorías las cuales son:

- Tierras de protección de pastos: “Está asociada a la protección de pastos, limitación en función a la erosión local. Con una calidad ecológica media (32).
- Tierras de protección: Está dada por ser una zona árida, desértica o semidesértica con suelo no productivo de origen eólico” (32).
- Tierras aptas para pasto: “No son favorables para cultivos en limpio, ni permanentes, pero sí para la producción de pastos naturales o cultivados, que permitan el pastoreo continuado o temporal, tiene una limitación del clima y una calidad agrológica alta” (32).
- “Tierras aptas para protección forestal: Está asociada a la protección forestal, limitación en función de la erosión local con calidad agrológica media” (32).
- Tierras aptas para cultivo en limpio: “Estas tierras demandan remociones o araduras periódicas y continuas del suelo. Asimismo, limitadas según su clima y calidad agrológica baja” (32).

Mapa de capacidad de uso mayor de suelo (*Ver anexo 04*)

3.6.4. Hidrología

Conocer la hidrología para el diseño del relleno sanitario es muy importante, porque en cuanto el proyecto esté en operación debe tener una buena captación de agua de escurrimiento; por ello, los cuerpos de agua deben estar a una distancia muy lejana al área del proyecto y con ello obtener un buen drenaje pluvial con el que no haya escurrimientos en el relleno sanitario (30).

En los estudios hidrológicos se tiene en cuenta las propiedades, circulación y distribución de un cuerpo hídrico superficial y en el subsuelo. Además, debemos tener en cuenta que el recurso hídrico está presente en diferentes procesos en el ecosistema.

La descripción hidrológica de fuentes hídricas de una determinada zona implica detallar la distribución espacial y temporal del recurso; asimismo de los tipos, la cantidad, disponibilidad y el uso que se le da; lo cual permitirá que se realice un balance hídrico. (33). En el distrito de El tambo la hidrología está determinada por la cuenca del Mantaro, e incluye las subcuencas Achapa, Canlahuayo, Chuspe/Pichapuquio, Chuyo, Cochapata, Hullahoyo, Jallayoc, Jichahuanca, Liplispampa, Matahuasi, Pumapilata, Shullcas, Suytucancha, Ucushcancha, Uruncancha, Yananya y Zarate Huyccoc.

Mapa de hidrología (*Ver anexo 05*)

3.6.5. Meteorología y climatología

Los datos meteorológicos y climáticos son importantes para la ubicación del área para la infraestructura y estos deben ser favorables. Por ejemplo, verificar los datos de clima como la dirección del viento predominante es vital para que la operación se desarrolle de la mejor manera y no genere polvo, no transporte olores a otras áreas. Asimismo, conocer los datos de meteorología como humedad relativa, precipitación y temperatura son de suma importancia debido a que de esto dependerá la biodegradación de residuos (30).

El clima del distrito de El Tambo se caracteriza por la rotación de la estación seca y lluviosa de abril - noviembre y diciembre - marzo respectivamente. El distrito presenta un clima templado y seco. El valle del Mantaro tiene una franja templada, entre 2000 y 3300 m.s.n.m, en la cual se halla el distrito de El Tambo a 3260 m.s.n.m. (33).

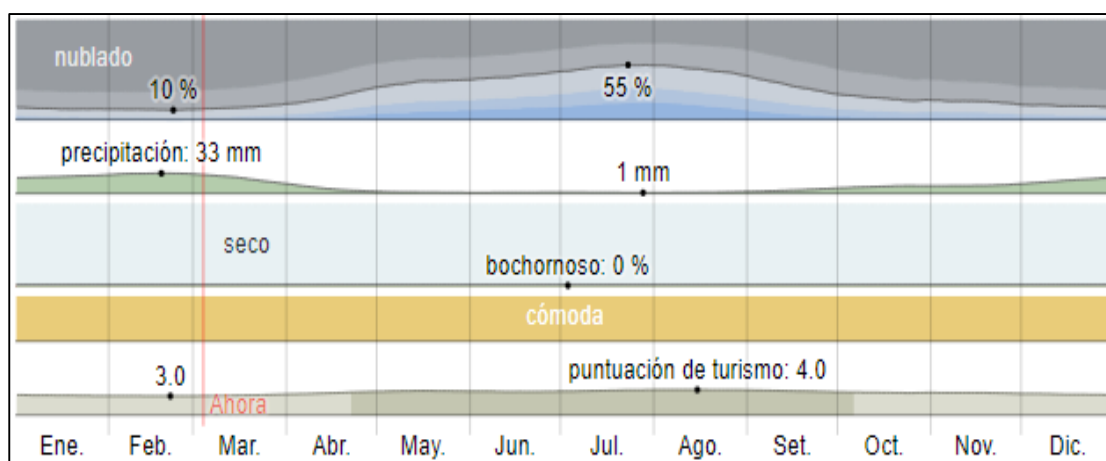


Figura 6. Resumen del clima. Tomada de «Clima promedio en El Tambo», por Clima promedio en El Tambo, Perú, durante todo el año (33).

3.6.5.1. Temperatura

El distrito de El Tambo presenta temperaturas bajas de julio - agosto. Temperaturas extremas durante el día y en las noches (33).

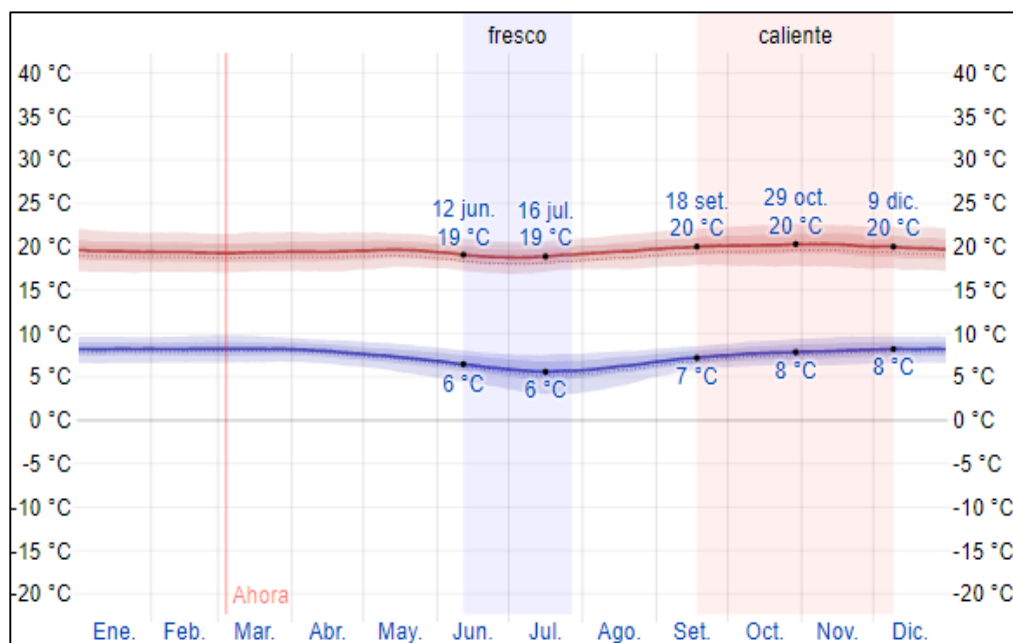


Figura 7. Temperatura máxima y mínima promedio. Resumen del clima. Tomada de «Clima promedio en El Tambo», por Clima promedio en El Tambo, Perú, durante todo el año (33).

3.6.5.2. Precipitación

Los días mojados tienen como característica que por lo menos hay 1 mm de precipitación. En el distrito de El Tambo, las probabilidades que haya días mojados varía todo el año (33). A nivel de la provincia de Huancayo la precipitación media anual es de 707.9 mm (34).

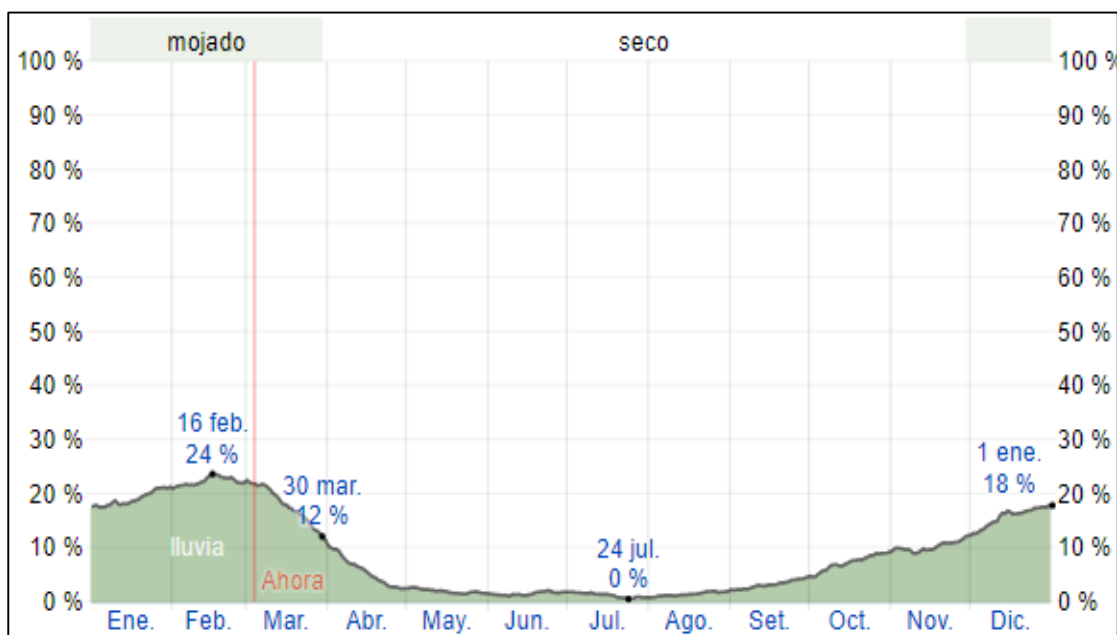


Figura 8. Probabilidad diaria de precipitación. Tomada de «Clima promedio en El Tambo», por Clima promedio en El Tambo, Perú, durante todo el año (33).

3.6.5.3. Humedad relativa

La humedad que se percibe en el distrito durante todo el año es constante en 0 %.

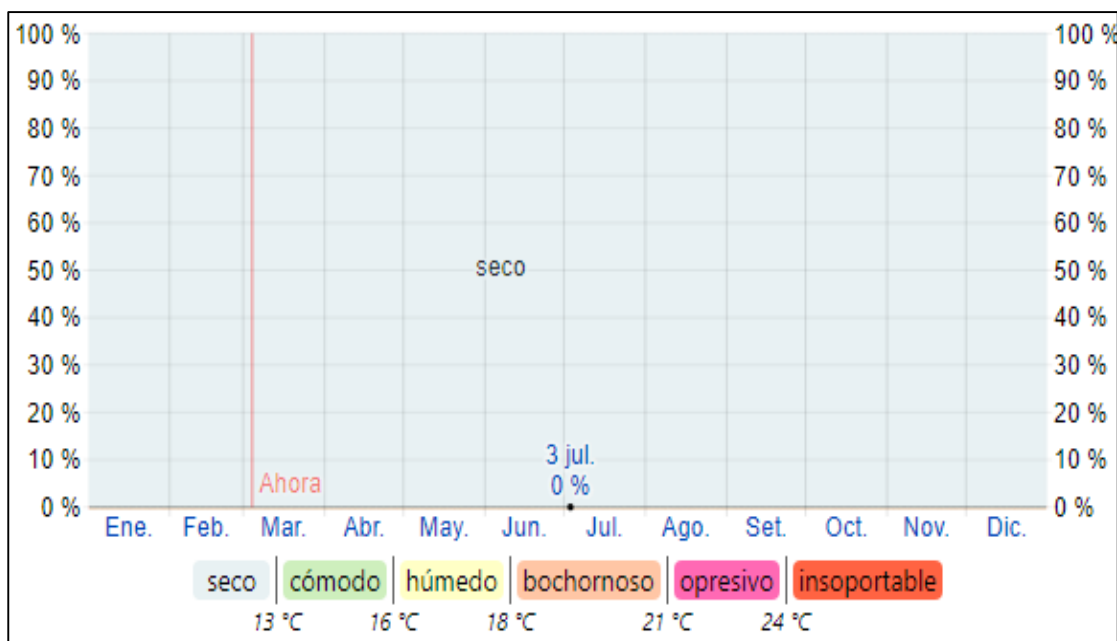


Figura 9. Niveles de comodidad de la humedad. Tomada de «Clima promedio en El Tambo», por Clima promedio en El Tambo, Perú, durante todo el año (33).

Los niveles de comodidad de la humedad se categorizan por el punto de rocío.

3.6.5.4. Viento

Para determinar el vector viento promedio por hora en velocidad y dirección, se realiza a 10 metros sobre el suelo. Este depende principalmente de la topografía del lugar, por la que la velocidad instantánea y la dirección pueden variar de manera constante durante las 24 horas.

En el distrito de El Tambo, la velocidad del viento por hora tiene variaciones de acuerdo con las estaciones durante todo el año.

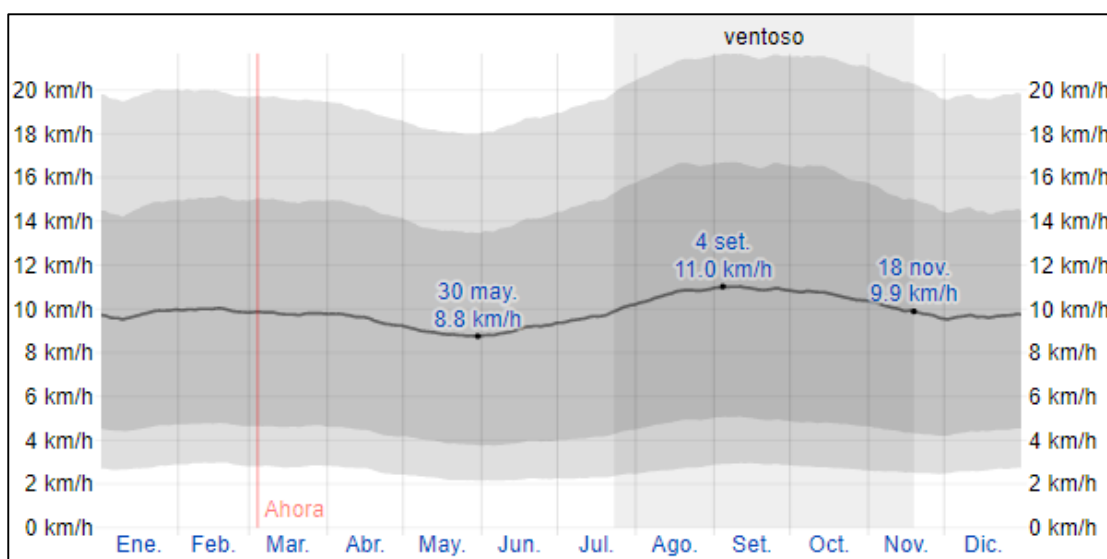


Figura 10. Velocidad promedio del viento. Tomada de «Clima promedio en El Tambo», por Clima promedio en El Tambo, Perú, durante todo el año (33).

Las líneas de gris oscuro representan la velocidad media del viento, con percentiles 25°, 10° a 90°.

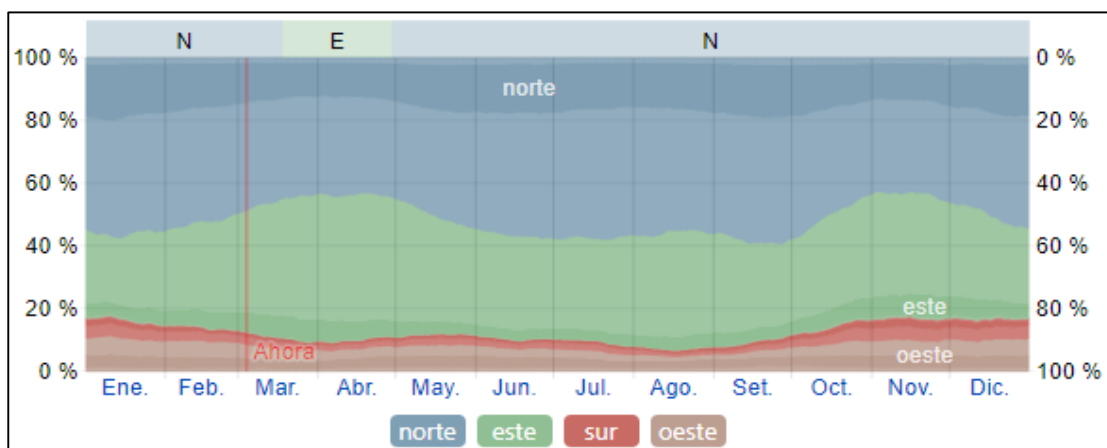


Figura 11. Dirección del viento. Tomada de «Clima promedio en El Tambo», por Clima promedio en El Tambo, Perú, durante todo el año (33).

En la Figura 11 se muestra la dirección media del viento, la cual proviene de los puntos cardinales. Además, las áreas de colores claros que se presentan en los límites representan los porcentajes de horas que pasan en las direcciones intermedias.

3.6.6. Flora y fauna

3.6.6.1. Flora

El distrito de El Tambo cuenta con cinco zonas de vida:

- Nivel tropical (NT)
- Bosque húmedo montano tropical (bh - MT)
- Bosque seco Montano Tropical (bs - MT)
- Páramo húmedo subalpino tropical (ph - SaT)
- Tundra pluvial alpino tropical (tp - AT)

Mapa de zonas de vida (*Ver anexo 06*)

El distrito de El Tambo es diverso en su clima, por lo que también posee una gran variedad de plantas medicinales, alimenticias y ornamentales; así mismo, algunas de las plantas son nativas y otras foráneas (35).

Tabla 3. Flora en el distrito de El Tambo

FLORA NATIVA	PLANTAS COMESTIBLES	FLORA FORÁNEA
aliso	trigo	eucalipto
quinual	maíz	durazno
quishuar	quinua	zanahoria
sauce llorón	cebolla	nabo
tuna	lechuga	espinaca
ciprés	guinda	
laurel	tuna	
manzanilla		
muña		
toronjil		
malva		
Huamanripa		

Nota: Tomado de «Fauna y Flora de Huancayo» (35).

3.6.6.2. Fauna

La fauna del distrito de El Tambo se divide en nativos y foráneos; la mayoría de los animales nativos son salvajes y los foráneos son domésticos, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4. *Fauna en el distrito El Tambo*

ANIMALES NATIVOS	ANIMALES FORÁNEOS
llama	oveja
vicuña	vaca
alpaca	caballo
perdiz	cerdo
cuy	pavos
picaflor	patos
gaviotas	cabras
palomas	burros
jilgueros	bueyes
lagartijas	
escarabajos	
grillos	

Nota: Tomada de «Fauna y Flora de Huancayo» (35).

3.6.7. Aspectos demográficos

3.6.7.1. Población

Para determinar la población actual se realizó una proyección, teniendo en cuenta la tasa de crecimiento y los resultados de los dos últimos censos. En la Tabla 5 se detalla la cantidad de habitantes en el distrito de El Tambo, y la que se ha proyectado al año 2021 que es de 174903 habitantes.

Tabla 5. Población del distrito de El Tambo

DISTRITO	POBLACIÓN DEL CENSO 2007	POBLACIÓN DEL CENSO 2017	TASA DE CRECIMIENTO (%)	POBLACIÓN PROYECTADA 2021
El Tambo	146847 hab.	166359 hab.	1.26 %	174871 hab.

Nota: Tomado del INEI 2017 (36).

3.6.7.2. Salud

A continuación, en la Tabla 6, se muestra la población del distrito que se encuentra afiliada a algún seguro de salud según grupos de edades.

Tabla 6. Población Censada afiliada a algún tipo de seguro de salud del distrito de El Tambo

Distrito El Tambo	Total	Seguro Integral de Salud (SIS)	ESSALUD	Seguro de Fuerzas Armadas y Policiales	Seguro Privado de Salud	Otro Seguro	Ninguno
URBANA	159131	38646	60058	2341	3733	1756	53713
Menor a 1 año	2229	1079	859	24	45	14	226
De 1 a 14 años	35184	11737	13971	469	733	200	8289
De 15 a 29 años	41172	11243	8844	545	1110	658	18958
De 30 a 44 años	34725	6790	14009	441	1082	387	12371
De 45 a 64 años	30827	5248	13928	615	617	320	10367
De 65 a más años	14994	2549	8447	247	146	177	3502

RURAL	7228	2752	933	40	23	17	3408
Menor a 1 año	137	102	19	-	1	-	15
De 1 a 14 años	2035	1042	302	8	2	1	680
De 15 a 29 años	1925	667	147	11	9	8	1087
De 30 a 44 años	1416	483	254	6	5	2	666
De 45 a 64 años	1206	316	177	11	5	2	696
De 65 a más años	509	142	94	4	1	4	264

Nota: Tomada del INEI Tomo II «Cuadros Estadísticos de Población, Vivienda y Hogar 2017» (37).

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Estudio de la caracterización

El informe de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de El Tambo, realizado por la municipalidad de El Tambo en el año 2019 sirvió para conocer la generación per cápita, densidad, composición y humedad de los residuos sólidos domiciliarios que son la base hacia el diseño del relleno sanitario.

2.4.1. Resultados generales de la caracterización

2.4.1.1. Generación Total y per cápita

Conforme a los resultados del informe de caracterización del distrito de El Tambo del año 2019, la generación total es de 157310 kg/día (157.31 Tn/día incluyendo los residuos domiciliarios, no domiciliarios y especiales. La GPC municipal es de 0.92 kg/día.

Tabla 7. Generación total de residuos sólidos en el distrito de El Tambo - Huancayo

RESIDUOS DOMICILIARIOS		
Generación per cápita	Generación total Tn/día	Generación total Tn/año
0.856 kg/hab-día	142.43	142425.6
RESIDUOS NO DOMICILIARIOS		
Fuente de generación	Generación total Tn/día	Generación total Tn/año
Comercios, instituciones públicas y privadas, restaurantes, mercados, instituciones educativas, hoteles y del barrido público	10.014	3655.21
RESIDUOS ESPECIALES		
Fuente de generación	Generación total Tn/día	Generación total Tn/año
Lubricentros, laboratorios de ensayo y similares, centros veterinarios, centros comerciales y ferias.	0.6169	225.18

Nota. Tomada del «Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de El Tambo – Huancayo, 2019».

2.4.1.2. Densidad suelta de residuos sólidos municipales

La densidad de los residuos sólidos nos permite relacionar la cantidad de residuos en unidades de peso (kg) y el volumen ocupado en m^3 , el cual es necesario para determinar las dimensiones de un relleno sanitario. Para el presente estudio se tiene una densidad total de los residuos sólidos municipales, los cuales comprenden los residuos domiciliarios, no domiciliarios y especiales dentro de la jurisdicción del distrito de El Tambo de $366.93 \text{ kg}/m^3$.

Tabla 8. Densidad de los residuos sólidos municipales

DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS (Kg/m^3)	
Domiciliarios	489.06
No domiciliarios	244.79

Nota. Tomada del «Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de El Tambo - Huancayo 2019».

2.4.1.3. Composición física de los residuos sólidos domiciliarios

En la siguiente figura se puede observar los resultados de los residuos sólidos domiciliarios del distrito de El Tambo.

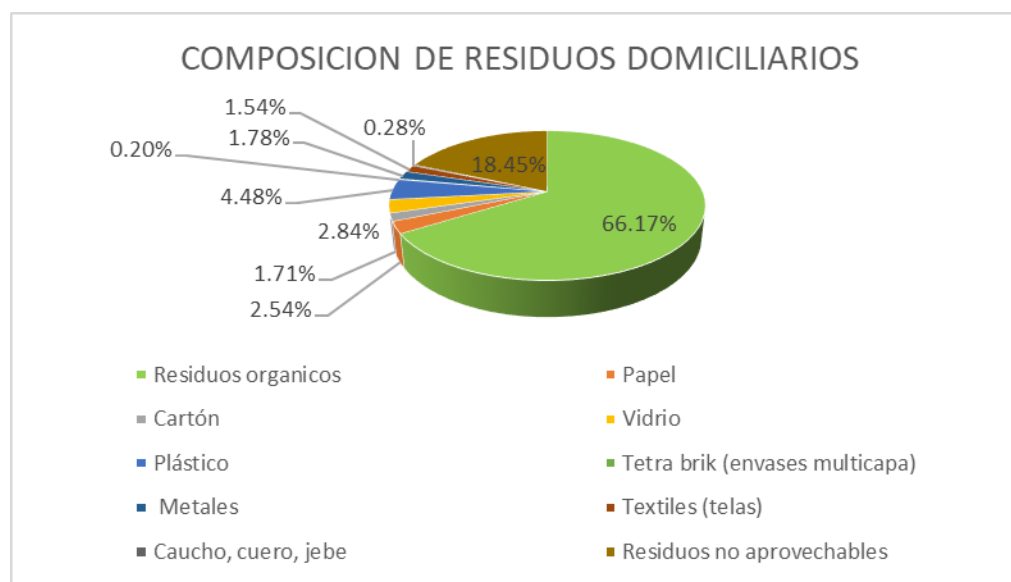


Figura 12. Composición de residuos domiciliarios. Tomado del «Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de El Tambo - Huancayo 2019».

La composición física está conformada por residuos sólidos domiciliarios, de los cuales el 66.17 % son orgánicos, lo cual es importante resaltar, porque se puede realizar actividades de compostaje y/o similar para su valorización y aprovechamiento. En el

caso de los residuos sólidos domiciliarios no aprovechables se cuenta con un total de 18.45 %.

2.4.1.4. Composición física de los residuos sólidos No Domiciliarios

En la siguiente figura se puede observar los índices de los residuos no domiciliarios:

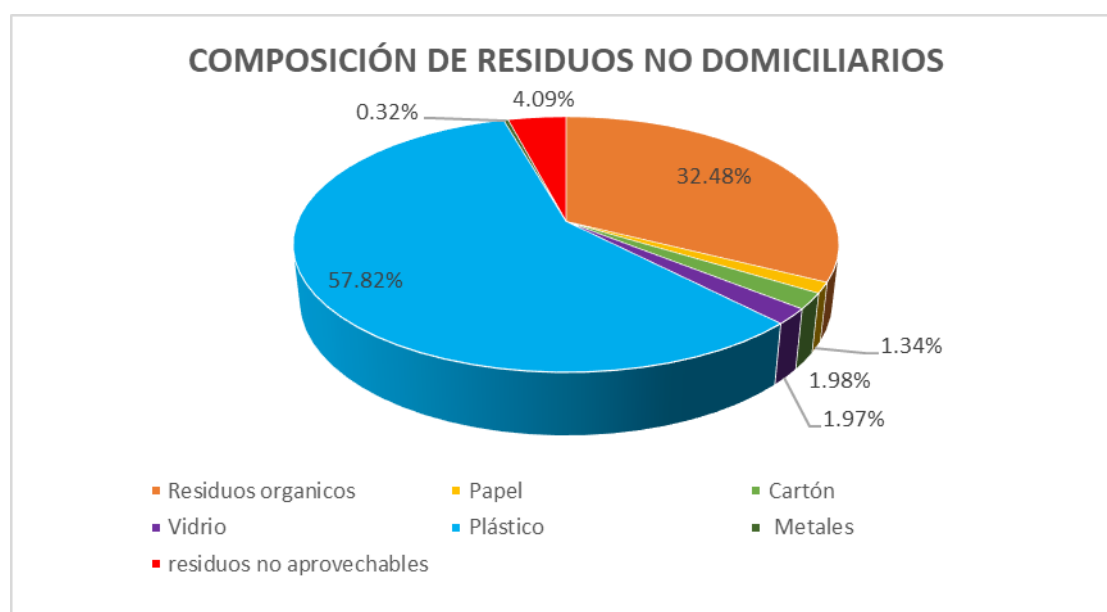


Figura 13. Composición de residuos no domiciliarios. Tomado del «Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de El Tambo - Huancayo 2019».

La composición física está conformada por el 32.48 % de procedencia orgánica de los residuos sólidos no domiciliarios, como resultado de los desechos de los restaurantes, chifas, pollerías, entre otros del rubro y de los cafetines de las instituciones educativas. Es importante resaltar que se puede realizar actividades de compostaje y/o similar para su valorización y aprovechamiento.

2.4.1.5. Composición de residuos sólidos municipales

En la composición física de residuos sólidos municipales, el 62.94 % es de procedencia orgánica; se cuenta con 7.59 % que son plásticos, 2.86 % de papel, 2.97 % de cartón, 3.78 % de vidrio, 2.05 % de metal, 0.10 % de Tetrabrik, 0.46 % de textiles y 0.14% de cuero que pueden ser direccionados a una gestión de valorización y aprovechamiento. Los residuos municipales no aprovechables son de 17.11 % (envolturas de un solo uso, envolturas de snacks, residuos sanitarios, tecnopor, entre otros).

2.4.1.6. Humedad de los residuos sólidos municipales

Tabla 9. Resultados del Parámetro de Humedad de residuos domiciliarios

RESULTADOS DE LA HUMEDAD	
Domiciliarios	68.87 %

Nota. Tomada del «Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de El Tambo - Huancayo 2019».

En la presente Tabla 9 se puede observar que la humedad promedio de los residuos domiciliarios es de 68.87 %.

Tabla 10: Resultados del Parámetro de Humedad de residuos no domiciliarios

RESULTADOS DE LA HUMEDAD	
No domiciliarios	65.3 %
Especiales (Mercado)	62.3 %

Tomada del «Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de El Tambo - Huancayo 2019».

En la Tabla 10 se puede observar que la humedad promedio de los residuos no domiciliarios y especiales es de 65.3 % y 62.3 %.

2.4.2. Evaluación de la gestión de los residuos sólidos municipales

El objetivo de la evaluación de la gestión de los residuos sólidos municipales es prevenir riesgos por la inadecuada gestión de residuos sólidos.

Los componentes de la gestión de residuos sólidos del distrito de El Tambo son los siguientes:

- Etapa de recolección
- Etapa de recepción y transporte
- Seguridad y salud de los trabajadores
- Disposición final de los residuos

4.2. Estudio del sitio apropiado para la ubicación de la infraestructura del relleno sanitario

El estudio de sitio tuvo como objetivo ubicar un área adecuada tanto en aspectos técnicos y ambientales como alternativa para la ubicación y posterior construcción de

la infraestructura para la disposición final de los residuos que se generan en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo, departamento de Junín.

En la figura 14, se muestran las tres alternativas que fueron preseleccionadas para su posterior evaluación y selección del sitio más adecuado para la instalación del relleno sanitario.

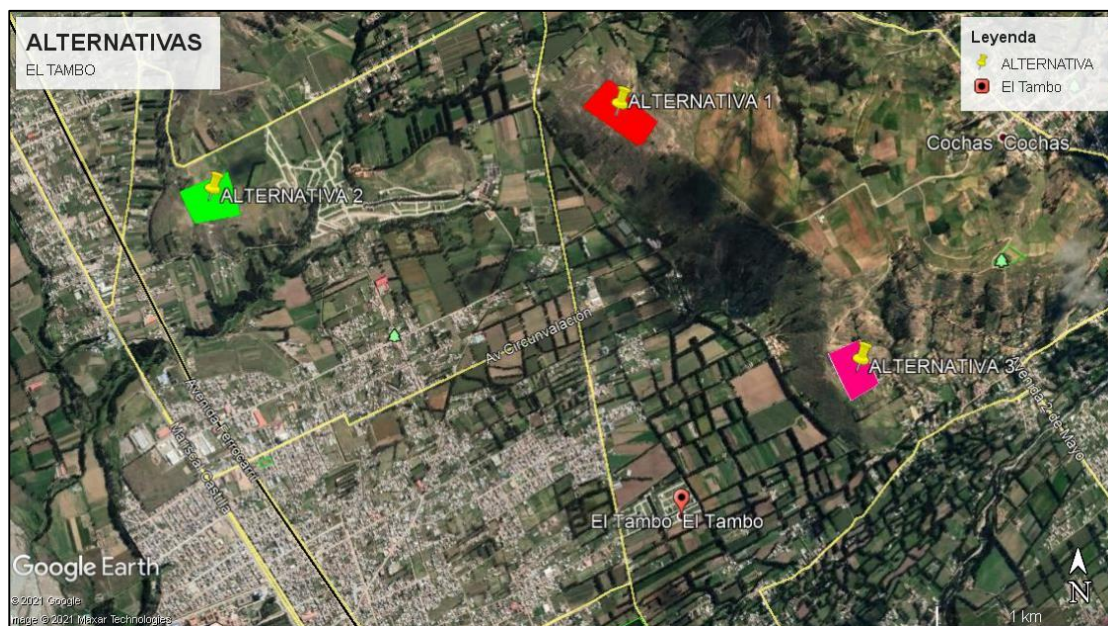


Figura 14. Ubicación de alternativas preseleccionadas. Tomada de Google Earth.

4.2.1. Descripción de las zonas preseleccionadas

Mediante un trabajo coordinado, se realizó la búsqueda de tres sitios; es decir, áreas en los alrededores del distrito donde se puede construir el relleno sanitario para el distrito de El Tambo.

4.2.1.1. Descripción de zona y /o alternativa 1

La alternativa 1 está ubicada al noroeste de la ciudad, en la zona 18L a una altura aproximada de 3408 m.s.n.m.

Además, tiene un área de 6.51 hectáreas y un perímetro de 1084 metros. En los alrededores de esta zona hay pocos árboles, existen trochas carrozables que pueden facilitar el acceso como se puede observar en la Figura 15, las coordenadas se encuentran detalladas en la Tabla 11. Además, el sitio elegido se encuentra a una distancia aproximada de 630 metros a viviendas y la longitud que lo separa del río Shullcas (río más cercano) es de 2761 metros.



Figura 15. Ubicación de la alternativa 1. Tomada de Google Earth

Tabla 11. Descripción de coordenadas de la alternativa 1

ALTERNATIVA 1		
PUNTOS	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
PUNTO A	476273.00 m	8672704.00 m
PUNTO B	476412.00 m	8672858.00 m
PUNTO C	476668.00 m	8672612.00 m
PUNTO D	476575.00 m	8672483.00 m

Nota: Tomada de Google Earth.

Por otro lado, esta alternativa presenta las siguientes características de acuerdo con la zona en la que está ubicada:

- Según el mapa de tipo de suelo, la alternativa 1 tiene un suelo Leptosol éutrico - Cambisol éutrico. (Ver anexo 03)
- Se encuentra entre dos grupos de Capacidad de Uso Mayor de Suelo, los cuales son: Tierra apta para producción forestal, limitación climática, calidad agrológica baja - Tierras de protección y Tierras aptas para cultivo en limpio

(intensivo-arable), limitación de suelo clima, calidad agrológica media. (Ver anexo 04)

- Cerca de la alternativa 1 no se encuentra ningún río, de acuerdo con el mapa de hidrología superficial del distrito de El Tambo, y que el río más cercano está a 2761 metros de distancia. (Ver anexo 05)
- Se encuentra entre dos zonas de vida: bosque seco Montano Bajo Tropical (bs-MBT) y bosque húmedo Montano Tropical (bh-MT). (Ver anexo 06)

4.2.1.2.Descripción de zona y/o alternativa 2

La alternativa 2 está ubicada al noroeste de la ciudad, en la zona 18L a una altura aproximada de 3307 m.s.n.m., tiene un área de 6.20 hectáreas y un perímetro de 1004 metros. En los alrededores de esta zona hay pocos árboles, existen carreteras que pueden facilitar el acceso, como se puede observar en la Figura 16, las coordenadas se encuentran detalladas en la Tabla 12. Además, el sitio elegido se encuentra a una distancia aproximada de 431 metros a viviendas y la longitud que lo separa del río Mantaro (río más cercano) es de 2054 metros.

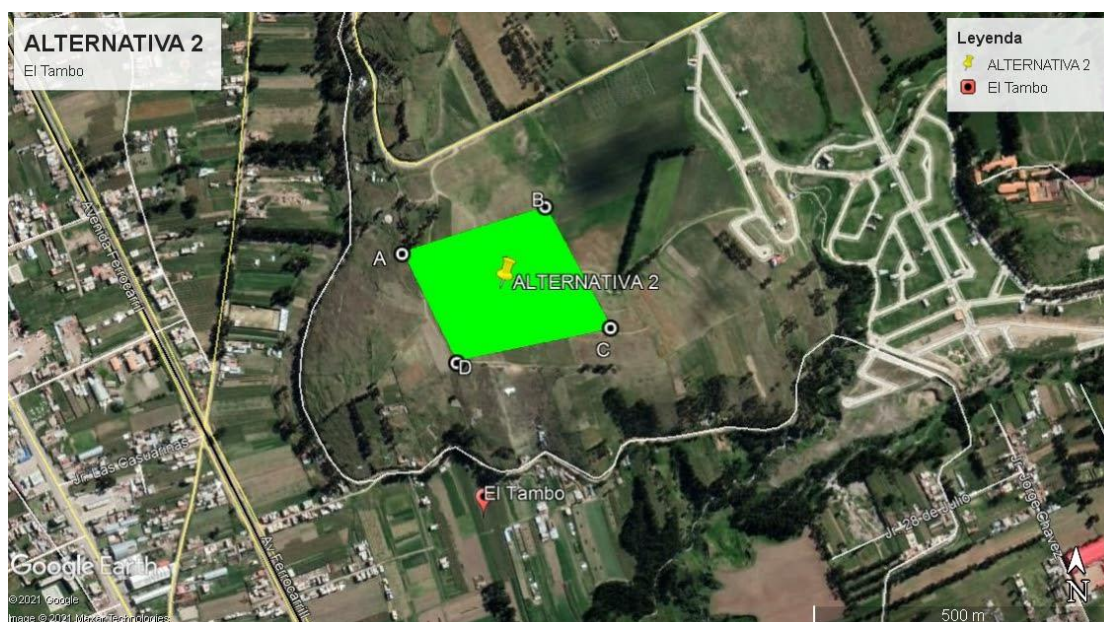


Figura 16. Ubicación de la alternativa 2. Tomada de Google Earth.

Tabla 12. Descripción de coordenadas de la alternativa 2

ALTERNATIVA 2		
PUNTOS	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
PUNTO A	473978.00 m	8672235.00 m
PUNTO B	474249.00 m	8672354.00 m
PUNTO C	474323.00 m	8672109.00 m
PUNTO D	474072.00 m	8672057.00 m

Nota: Tomada de Google Earth.

- El tipo de suelo en el que se ubica esta alternativa es de suelo Leptosol éutrico – Cambisol éutrico. (*Ver anexo 03*)
- La Capacidad de Uso Mayor de Suelo en la que se encuentra esta alternativa es de Tierras aptas para cultivo en limpio (intensivo-arable), limitación de suelo clima, calidad agrológica media. (*Ver anexo 04*)
- De acuerdo con el mapa de hidrología superficial del distrito de El Tambo cerca de la alternativa 2 no hay ningún río y el más cercano está a 2054 metros de distancia. (*Ver anexo 05*)
- Se encuentra en la zona de vida bosque seco Montano Bajo Tropical (bs-MBT). (*Ver anexo 06*)

4.2.1.3. Descripción de zona y /o alternativa 3

Esta alternativa está ubicada al noroeste de la ciudad, en la zona 18L a una altura aproximada de 3419 m.s.n.m. y tiene un área de 5.51 hectáreas y un perímetro de 954 metros.

En los alrededores de esta zona hay árboles y arbustos, existen carreteras que pueden facilitar el acceso hasta cierto punto, como se puede observar en la Figura 17, las coordenadas se encuentran detalladas en la Tabla 13. Además, el sitio elegido se encuentra a una distancia aproximada de 240 metros a viviendas y la longitud que lo separa del río Mantaro (río más cercano) es de 924 metros.



Figura 17. Ubicación de la alternativa 3. Tomada de Google Earth

Tabla 13. Descripción de coordenadas de la alternativa 3

ALTERNATIVA 3		
PUNTOS	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
PUNTO A	477616.00 m	8671342.00 m
PUNTO B	477800.00 m	8671419.00 m
PUNTO C	477921.00 m	8671176.00 m
PUNTO D	477751.00 m	8671083.00 m

Nota: Tomada de Google Earth

- Según el mapa de tipo de suelo, la alternativa 3 posee un suelo Leptosol éútrico - Cambisol éútrico. (Ver anexo 03)
- El grupo de capacidad de Uso Mayor de Suelo en el que se encuentra esta alternativa es de tierras aptas para cultivo en limpio (intensivo-arable), limitación de suelo clima, calidad agrológica media. (Ver anexo 04)
- La alternativa 3, de acuerdo con el mapa de hidrología superficial del distrito de El Tambo, se encuentra a 924 metros de distancia del río más cercano. (Ver anexo 05)

- Se encuentra entre dos zonas de vida: bosque seco Montano Bajo Topical (bs-MBT) y bosque húmedo Montano Tropical (bh-MT). (*Ver anexo 06*)

4.2.2. Resultados de la evaluación de las áreas propuestas

Los criterios tomados para la evaluación de las áreas alternativas han sido con base en la «Guía para la Opinión Técnica Favorable de estudio de Selección de Área para infraestructuras de Tratamiento, Transferencia y Disposición Final de Residuos Sólidos» (38).

Tabla 14. Criterios de evaluación de cada área

ÍTEM	CRITERIOS DE SELECCIÓN	REGLAMENTO DE LA LEY 1278	ALTERNATIVAS		
			ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIV A 3
1	Distancia a la población más cercana (m)	>500	630	460	331
2	Distancia a granjas crianza de animales (m)	>500	515	490	450
3	Distancia a aeropuertos o pistas de aterrizaje (km)	>13	>45	> 40	> 47
4	Área de terreno (ha)		3.22	2.68	2.97
5	Estimación de la vida útil (años)	>5	10 años	9 años	8 años
6	Uso actual del suelo y del área de influencia		Tierra apta para producción forestal y Tierras aptas para cultivo en limpio (intensivo-arable)	Tierras aptas para cultivo en limpio (intensivo-arable)	Tierras aptas para cultivo en limpio (intensivo-arable)
7	“Propiedad del terreno”		privado	privado	privado
8	Accesibilidad al sitio (distancia a vía de acceso principal m)		5	5	10

9	Pendiente del terreno (topografía)”		3408 msnm	3307 msnm	3419 msnm
10	Posibilidad del material de cobertura”		si	si	si
11	Profundidad de la napa freática (m)		6.5	5.6	5.3
12	Distancia a fuentes de aguas superficiales (m)	>500	2768	2056	963
13	Geología de suelo		Conveniente	Conveniente	Conveniente
14	Opinión pública		Favorable	Favorable	Favorable
15	Área natural protegida por el estado		No existe	No existe	No existe
16	Área arqueológica		No presenta	No presenta	No presenta
17	Vulnerabilidad a desastres naturales (inundaciones, deslizamientos)		Vulnerabilidad regular	Vulnerabilidad regular	Vulnerabilidad regular
18	Dirección predominante del viento (contraria a la población más cercana)		noreste	noreste	noreste
19	Cuenta con barrera sanitaria natural	...	No cuenta	No cuenta	No cuenta

Nota: Tomada de DIRESA CUSCO. Elaboración do propia.

Tabla 15. Puntaje de calificación para la selección de áreas

CALIFICACIÓN	PUNTAJE
MUY MALO	1
MALO	2
REGULAR	3
BUENO	4
MUY BUENO	5

Nota: Elaboración propia

Tabla 16. Calificación de alternativas

ÍTEM	CRITERIOS DE SELECCIÓN	REGLAMENTO DE LA LEY 1278	ALTERNATIVAS		
			ALTERNATIVA	ALTERNATIVA	ALTERNATIVA
			1	2	3
1	Distancia a la población más cercana (m)	>500	5	4	3
2	Distancia a granjas crianza de animales (m)	>500	4	2	1
3	Distancia a aeropuertos o pistas de aterrizaje (km)	>13	5	5	5
4	Área de terreno (ha)		5	3	4
5	Estimación de la vida útil (años)	>5	5	4	4
6	Uso actual del suelo y del área de influencia		3	3	3
7	Propiedad del terreno		2	2	2
8	Accesibilidad al sitio (distancia a vía de acceso principal m)		3	3	4
9	Pendiente del terreno (topografía)		4	3	4
10	Posibilidad del material de cobertura		4	4	4

11	Profundidad de la napa freática (m)		4	3	3
12	Distancia a fuentes de aguas superficiales (m)	>500	5	5	5
13	Geología de suelo		3	3	3
14	Opinión pública		4	4	4
15	Área natural protegida por el estado		5	5	5
16	Área arqueológica		5	5	5
17	Vulnerabilidad a desastres naturales (inundaciones, deslizamientos)		3	3	3
18	Dirección predominante del viento (contraria a la población más cercana)		2	1	2
19	Cuenta con barrera sanitaria natural		1	1	1

Nota: Tomada de DIRESA CUSCO. Elaborado por los tesisistas.

Después de establecer los puntajes de calificación de acuerdo a los criterios establecidos, se asigna un peso (de acuerdo a la importancia de los criterio establecidos) para la ponderación en la cual debe establecerse en porcentaje y llegar a un 100 % (tales porcentajes se encuentran establecidos en la «Guía para la opinión técnica favorable de estudio de selección de área para infraestructuras de tratamiento, transferencia y disposición final residuos sólidos» y finalmente se debe multiplicar el puntaje de calificación asignado por el peso para cada criterio y cada alternativa (38).

Tabla 17. Resultado obtenido

ÍTEM	CRITERIOS DE SELECCIÓN	PORCENTAJE ASIGNADO	ALTERNATIVAS		
			ALTERNATIV A 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIV A 3
1	Distancia a la población más cercana (m)	7.4 %	0.37	0.29	0.22
2	Distancia a granjas crianza de animales (m)	6.4 %	0.26	0.13	0.06
3	Distancia a aeropuertos o pistas de aterrizaje (km)	3.0 %	0.15	0.15	0.15
4	Área de terreno (ha)	5.0 %	0.25	0.15	0.2
5	Estimación de la vida útil (años)	7.0 %	0.35	0.28	0.28
6	Uso actual del suelo y del área de influencia	5.2 %	0.16	0.16	0.16
7	Propiedad del terreno	7.6 %	0.15	0.15	0.15
8	Accesibilidad al sitio (distancia a vía de acceso principal m)	3.0 %	0.09	0.09	0.12
9	Pendiente del terreno (topografía)	3.3 %	0.13	0.16	0.13
10	Posibilidad del material de cobertura	5.0 %	0.2	0.2	0.2
11	Profundidad de la napa freática (m)	3.0 %	0.12	0.09	0.09

12	Distancia a fuentes de aguas superficiales (m)	3.0 %	0.15	0.15	0.15
13	Geología de suelo	3.0 %	0.09	0.09	0.09
14	Opinión pública	7.6 %	0.30	0.30	0.30
15	Área natural protegida por el estado	7.4 %	0.37	0.37	0.37
16	Área arqueológica	7.4 %	0.37	0.37	0.37
17	Vulnerabilidad a desastres naturales (inundaciones, deslizamientos)	7.4 %	0.22	0.22	0.22
18	Dirección predominante del viento (contraria a la población más cercana)	5.8 %	0.12	0.06	0.12
19	Cuenta con barrera sanitaria natural	2.5 %	0.03	0.03	0.03
TOTAL		100.0 %	3.88	3.44	3.41

Nota: Tomada de DIRESA CUSCO. Elaborado por los tesisistas.

Según el análisis y posterior evaluación de las 3 alternativas planteadas para el sitio apropiado y construcción del relleno sanitario la alternativa 1 es la más óptima, con un puntaje de 3.88.

4.3. Tipo de relleno sanitario

Para identificar el tipo de relleno sanitario se analizó los resultados obtenidos en la caracterización de residuos sólidos realizados por la municipalidad del distrito en el año 2019, es así como la generación total de residuos al día es de 157.31 Tn/día para el año 2019 y de esta generación el 17.11 % son residuos no aprovechables. Por ello, tomando en cuenta la cantidad de residuos no aprovechables y que el relleno sanitario incluyó una planta de compostaje y de reciclaje para los residuos aprovechables, se planteó que

el diseño de relleno sanitario adecuado para el distrito es uno semimecanizado, porque la cantidad de residuos que se dispondrán diariamente no supera las 50 Tn/día.

4.4. Cálculo del diseño del relleno sanitario Semimecanizado

4.4.1. Selección del método

La topografía del terreno es el principal determinante para elección del método y que el relleno opere correctamente, también se considera el tipo de suelo y el nivel freático.

Según los resultados obtenidos, después de la evaluación de las áreas alternativas, el método seleccionado para el presente proyecto fue el de trinchera o zanja. Considerando que este método es utilizado en terrenos planos con poca pendiente, suelos poco rocosos, que faciliten la excavación de zanjas y además el área debe contar con una buena profundidad del nivel freático.

4.4.2. Aspectos demográficos

Según los censos nacionales de población y vivienda del INEI del 2007, la población del distrito de El Tambo fue de 146847, y del 2017 fue de 166359 habitantes con una tasa de crecimiento poblacional de 1.26 %.

4.4.3. Proyección de la población

La proyección de la población del distrito de El Tambo se realizó para los próximos 10 años, de tal manera que, de obtener una población de 10 años desde el año 1, tomando como base los datos de los censos nacionales de población y vivienda del 2017, según los cuales es de 166359 habitantes y que se ha proyectado al año 0 (2020) con 172727, tomando como el año 1 al 2021. Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 18, obtenidos en base a los siguientes cálculos de la ecuación 1.

$$P_t = P_0 \times \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n \quad \text{ecuación (1)}$$

Donde

$$P_0 = 172727$$

$$r = 1.26$$

$$n = 10$$

$$P_{10} = 172727 \times \left(1 + \frac{1.26}{100}\right)^{10}$$

$$P_{10} = 195767$$

Tabla 18. Proyección de la población

AÑO	POBLACIÓN (HABITANTES)
0	172727
1	174903
2	177107
3	179339
4	181598
5	183886
6	186203
7	188550
8	190925
9	193331
10	195767

Nota: Elaboración propia.

4.4.4. Proyección de la producción per cápita de los residuos sólidos

Se recomienda calcular la generación per cápita futura para cada año, con un incremento de 0.5 a 1 %. Para el presente proyecto se optó por el incremento de 1 % de generación per cápita por año consecutivo; para ello se tomó la generación per cápita en el año 0 de 0.869 kg/ hab-día, realizada en la caracterización de residuos sólidos en el año 2019.

PPC₀= 0.869 kg/hab-día

$$PPC_1 = PPC_0 + 1 \%$$

ecuación (2)

$$PPC_1 = 0.869 \text{ kg/hab-día} * 1.01 = 0.877 \text{ kg/hab-día}$$

Sucesivamente se ha calculado para los próximos 10 años, obteniendo para el año 2030 una producción per cápita de 0.959 kg/hab-día, mostrándose los cálculos en la Tabla 19.

Tabla 19: Proyección de la generación per cápita de los residuos sólidos

AÑO	PERIODO	GPC (kg/hab/día)
-1	2019	0.860
0	2020	0.869
1	2021	0.877
2	2022	0.886
3	2023	0.895
4	2024	0.904
5	2025	0.913
6	2026	0.922
7	2027	0.931
8	2028	0.941
9	2029	0.950
10	2030	0.959

Nota: Elaboración propia.

4.4.5. Proyección de la producción total

4.4.5.1. Proyección de la producción diaria

El cálculo se realizó teniendo en cuenta la población y la producción per cápita para cada año (ver Tabla 19), como se muestra a continuación:

Población (habitantes) * GPC

ecuación (3)

$$PP_0 = 172127 \text{ hab} * 0.869 \text{ kg/hab-día} = 149578.363 \text{ kg/hab-día} = 149.57 \text{ Tn /día}$$

Tabla 20. *Proyección de la producción diaria*

POBLACIÓN (habitantes)	GPC (kg/hab/día)	DOMICILIARIA (kg/día)	GENERACIÓN MUNICIPAL
			DOMICILIARIA (Tn/día)
170578	0.860	146696.79	146.70
172727	0.869	150030.62	150.03
174903	0.877	153440.21	153.44
177107	0.886	156927.30	156.93
179339	0.895	160493.62	160.49
181598	0.904	164141.00	164.14
183886	0.913	167871.27	167.87
186203	0.922	171686.31	171.69
188550	0.931	175588.06	175.59
190925	0.941	179578.47	179.58
193331	0.950	183659.57	183.66
195767	0.959	187833.42	187.83

Nota: **Elaboración propia.**

4.4.5.2. Proyección de la producción anual

Se determinó la proyección de producción anual utilizando los datos de producción diaria para un año (365 días), como se muestra a continuación:

Ecuación (3) * 365 días

ecuación (4)

$$PP_{\text{anual } 0} = PP_0 * 1 \text{ año} = 150.03 \text{ Tn/día} * 365 \text{ día/año} = 54760.95 \text{ Tn/año}$$

Tabla 21: Proyección de la producción anual

AÑO	PERIODO	GENERACIÓN MUNICIPAL	
		DOMICILIARIA Tn/día)	DOMICILIARIA Tn/año)
-1	2019	146.70	53544.33
0	2020	150.03	54761.18
1	2021	153.44	56005.68
2	2022	156.93	57278.46
3	2023	160.49	58580.17
4	2024	164.14	59911.47
5	2025	167.87	61273.01
6	2026	171.69	62665.50
7	2027	175.59	64089.64
8	2028	179.58	65546.14
9	2029	183.66	67035.74
10	2030	187.83	68559.20

Nota: Elaboración propia.

4.4.6. Cálculo del volumen necesario

En la producción diaria de residuos sólidos municipales, la cantidad recolectada es de 160660 kg/día (160.66 Tn/día), de la cual se excluye los residuos de materia orgánica para el tratamiento de compostaje, asimismo los reciclables para una gestión de valorización.

La densidad de los residuos sólidos es de 800 kg/m³.

Calculada por la siguiente ecuación:

Total residuos no reaprovechables (17.11 %) del total ecuación (5)
(t/día) * 365 días.

Tabla 22. Generación de total de residuos municipales no aprovechables

GENERACIÓN MUNICIPAL				
RESIDUOS DOMICILIARIOS (t/día)	RESIDUOS NO DOMICILIARIOS y ESPECIALES (t/día)	TOTAL RESIDUOS MUNICIPALES (t/día)	TOTAL RESIDUOS NO REAPROVECHABLES - 17.11 % DEL TOTAL (t/día)	TOTAL ANUAL (t/año)
150.03	10.63	160.66	27.49	1.033
153.44	10.63	164.07	28.07	10.246
156.93	10.63	167.56	28.67	10.464
160.49	10.63	171.12	29.28	10.687
164.14	10.63	174.77	29.90	10.915
167.87	10.63	178.50	30.54	11.148
171.69	10.63	182.32	31.19	11.386
175.59	10.63	186.22	31.86	11.630
179.58	10.63	190.21	32.54	11.879
183.66	10.63	194.29	33.24	12.134
187.83	10.63	198.46	33.96	12.394

Nota: Elaboración propia.

4.4.7. Volumen de los residuos sólidos

El cálculo del volumen diario y anual se halló teniendo en cuenta la producción diaria y densidad de los residuos estabilizados.

4.4.7.1. Volumen diario compactado

El volumen diario compactado se calculó de la siguiente manera:

$$V_{\text{diario}} = \frac{27.5Tn / \text{dia}}{0.800Tn/m^3} \quad \text{ecuación (6)}$$

De la misma forma se realizó para los próximos años (*Ver Tabla 23*).

Tabla 23. Volumen diario compactado

TOTAL RESIDUOS NO REAPROVECHABLES - 17.11 % del total (Tn/día)	VOLUMEN DE RESIDUOS SÓLIDOS A DISPONER (m³/día)
27.5	34.361
28.1	35.091
28.7	35.836
29.3	36.599
29.9	37.379
30.5	38.177
31.2	38.993
31.9	39.827
32.5	40.681
33.2	41.554
34.0	42.446

Nota: Elaboración propia

4.4.7.2. Volumen anual compactado

El cálculo se realizó de la siguiente manera;

$$V_{\text{anual}} = \frac{\text{Total de residuos anual } \left(\frac{Tn}{\text{año}}\right)}{0.800Tn/m^3} \quad \text{ecuación (7)}$$

De la misma forma se realizó para los próximos años (*Ver Tabla 24*).

Tabla 24. Volumen anual compactado

TOTAL ANUAL (Tn/año)	VOLUMEN DE RESIDUOS SÓLIDOS A
	DISPONER (m ³ /año)
10033.497	12541.8707
10246.431	12808.0386
10464.204	13080.2555
10686.927	13358.6588
10914.711	13643.3891
11147.672	13934.5902
11385.927	14232.4091
11629.597	14536.9962
11878.804	14848.5054
12133.675	15167.0940
12394.338	15492.9228

Nota: Elaboración propia.

El promedio de los residuos en volumen anual compactado fue de 14110.25 m³.

4.4.8. Volumen del relleno sanitario

Se calculó primero el volumen de material de cobertura, con el dato anterior de volumen de residuos a disponer, multiplicado por el factor de 20 %.

Ecuación (7) * 20 %

ecuación (8)

Los resultados se muestran en la siguiente Tabla 25.

Tabla 25. Volumen de material de cobertura

PERIODO	VOLUMEN DE MATERIAL DE COBERTURA (m³/año)
2020	2508.374
2021	2561.608
2022	2616.051
2023	2671.732
2024	2728.678
2025	2786.918
2026	2846.482
2027	2907.399
2028	2969.701
2029	3033.419
2030	3098.585

Nota: Elaboración propia.

El promedio de volumen de material de cobertura es de 2822.10 m³.

Luego se debe de obtener el volumen total mediante la suma del volumen de residuos y el material de cobertura, para luego obtener el volumen ocupado durante la vida útil. En la siguiente tabla se muestra los resultados:

Tabla 26. Resultados del volumen del relleno sanitario acumulado

VOLUMEN DE RESIDUOS + MATERIAL DE COBERTURA DISPUESTOS EN EL RELLENO SANITARIO (m³/año)	VOLUMEN DEL RELLENO SANITARIO ACUMULADO (m³/año)
15369.646	15370
15696.307	15696
16030.391	16030
16372.067	16372
16721.508	16722
17078.891	17079
17444.395	17444
17818.207	17818
18200.513	18201
18591.507	18592

Nota: Elaboración propia.

El promedio del volumen de residuos más el material de cobertura es de 16932.35 m³ al año, obteniendo de 46.39 m³ al día.

4.4.9. Cálculos del área requerida

4.4.9.1. Área requerida

Se realizó a partir de la siguiente ecuación:

$$\frac{VRS}{HRS * 10000}$$

ecuación (9)

Donde:

VRS = Volumen del relleno sanitario (m³/año)

HRS = Altura o profundidad media del relleno sanitario (m)

En la Tabla 27 se puede observar los resultados obtenidos:

Tabla 27. Resultados del área total del relleno sanitario

ÁREA TOTAL (Ha/año)
0.384
0.392
0.401
0.409
0.418
0.427
0.436
0.445
0.455
0.465

Nota: Elaboración propia.

4.4.9.2. Área total requerida

Se calculó mediante un factor de aumento del área adicional para las vías de penetración, área de aislamiento, caseta para portería e instalaciones sanitarias, entre otros. Este se considera entre 20 a 40 % del área rellena. El área requerida es de 4.52 hectáreas, teniendo en cuenta un 40 % de área adicional y acumulada el área total

requerida sería de 5.9 Ha. A continuación, se presentan los resultados en la Tabla 28, detallando el área total requerida para el relleno.

Tabla 28. Resultados de área total requerida para el relleno sanitario

ÁREA ADMINISTRATIVA (Ha/año)	ÁREA TOTAL + ÁREA ADMINISTRATIVA	ÁREA ACUMULADA (Ha)
0.154	0.54	0.5
0.157	0.55	1.1
0.160	0.56	1.6
0.164	0.57	2.2
0.167	0.59	2.8
0.171	0.60	3.4
0.174	0.61	4.0
0.178	0.62	4.6
0.182	0.64	5.3
0.186	0.65	5.9

Nota: Elaboración propia.

4.4.10. Vida útil

La vida útil de la infraestructura son los años que durará como sitio para la disposición final de los residuos. El tiempo (en años) de duración depende principalmente del método para la operación, del volumen disponible del sitio y de la cantidad de los residuos que se dispondrán. Según las normas legales vigentes y considerando los criterios y aspectos para la implementación de un relleno sanitario en la presente investigación, el tiempo de vida útil óptimo es de 10 años. Ya que contamos con área de 5.9 Ha, las zanjas, área de compostaje y área de reciclaje ocuparán el 70 % del área total y el 30 % restante se designará al área administrativa.

4.4.11. Volumen de zanja

Para la realización de excavaciones de las zanjas que tendrán una vida útil de 12 meses, se utilizará maquinaria pesada. Las excavaciones de las zanjas tendrán que hacerse planificando todos los años de vida útil del relleno sanitario, dependiendo de la disponibilidad del equipo. Por lo tanto, se utilizarán 10 zanjas, debido a que cada zanja tiene una vida útil de 12 meses.

Antes de completar el tiempo de vida de una zanja en uso, se deberá de disponer de una nueva para poder continuar con una adecuada disposición final y así mitigar los impactos ambientales negativos hacia el medio ambiente. Para el volumen de la zanja, se calcula de la siguiente forma:

$$V_z = \frac{t \cdot DSr \cdot MC}{Drms} \quad \text{ecuación (10)}$$

$$V_z = \frac{365 \text{ dias} * 30.9 \frac{Tn}{\text{día}} * 1 * 1.20}{0.8 Tn/m^3} = 16917.75 \text{ m}^3$$

Donde:

DSrd = cantidad de residuos recolectados y depositados en día (kg/día)

Vz = volumen de la zanja (m³)

Tz = tiempo de servicio de la zanja (días)

4.4.11.1. Dimensiones de la zanja

Las dimensiones se limitan de la siguiente forma:

La profundidad de la zanja, de unos 4 a 5 metros de acuerdo con el nivel freático, tipo de suelo, tipo de equipo y costos de excavación.

El ancho de la zanja mayor a 6 metros resulta conveniente para evitar el acarreo de larga distancia de los residuos y la materia de cobertura.

El largo está condicionado al tiempo de duración o vida útil de la zanja, por lo tanto, se calcula de la siguiente forma:

$$L = \frac{Vz}{a*hz} \quad \text{ecuación (11)}$$

$$L = \frac{16917.75 \text{ m}^3}{35\text{m}*4\text{m}} = 121.18 \text{ m}$$

Donde:

L = largo o longitud

Vz = volumen de la zanja

a = ancho (35 m)

hz = profundidad (m)

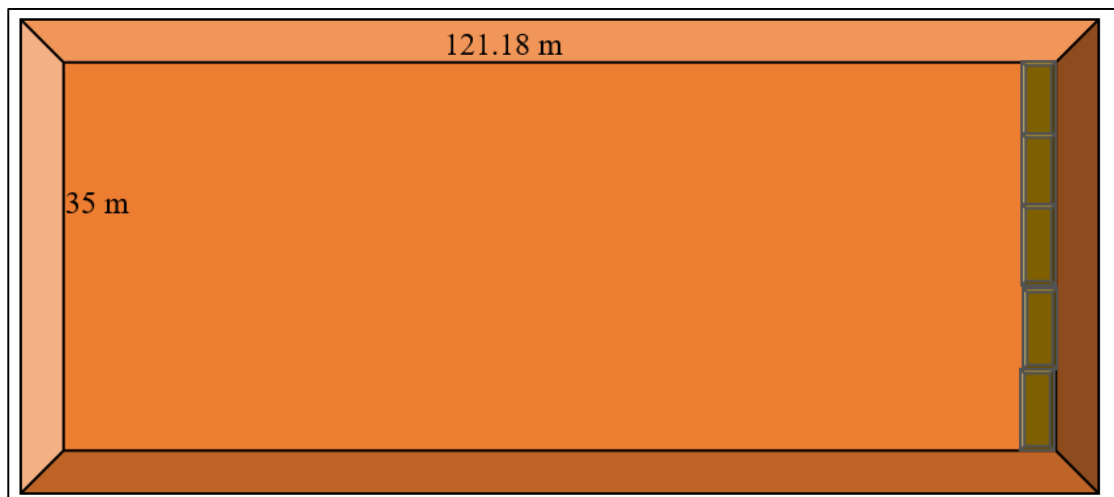


Figura 18. Diseño de las zanjas. Elaboración propia.

4.4.12. Cálculo del volumen de la celda diaria

Para la obtención de las dimensiones de la celda diaria, se calculó mediante el promedio total de la generación diaria de residuos sólidos generados. Luego se calculó el volumen diario mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Volumen diario de RRSS} = \frac{\text{Total diario}}{\text{densidad}} \quad \text{ecuación (12)}$$

Teniendo en cuenta el siguiente dato:

Densidad de RRSS recién compactado: 0.80 Tn/m³

Volumen de material de cobertura: 20 %

Tabla 29. Resultado de volumen diario de la celda diaria

Generación de Residuos Sólidos (diario)	Volumen diario (m ³)			
	Total diario (Tn)	RRSS	Mat. Cobertura	Total
	30.93	38.7	7.7	46.36

Nota: Elaboración propia.

4.4.13. Cálculo de dimensiones de la celda diaria

Teniendo en cuenta la altura de profundidad del relleno sanitario se considera 4 metros de altura de celda diaria

Para el área superficial y ancho de la celda se calculó de la siguiente ecuación:

$$\text{Área superficial} = \frac{\text{volumen diario total}}{\text{altura de la celda}} \quad \text{ecuación (13)}$$

$$\text{Ancho de la celda} = \frac{\text{Área superficial}}{\text{largo o avance de la celda}} \quad \text{ecuación (14)}$$

Donde:

L = 7 metros

Tabla 30. Resultados de dimensiones de la celda unitaria

DIMENSIONES DE LA CELDA DIARIA			
Altura de la celda (m)	Área Superficial de Celda (m ²)	Largo o avance de la celda "l" (m)	Ancho de la celda "l" (m)
4	11.60	7.0	1.66

Nota: Elaboración propia.

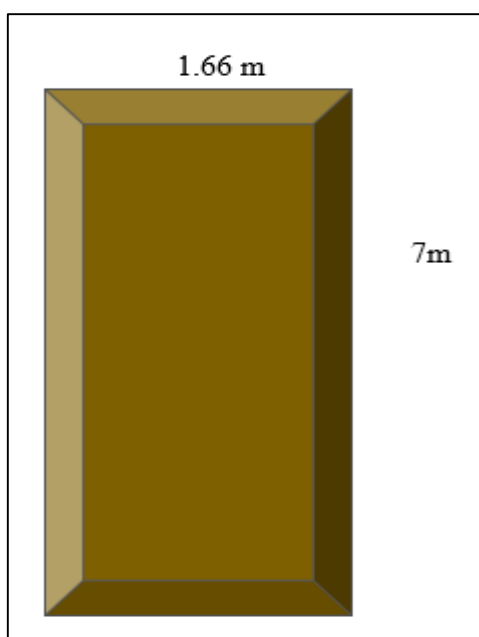


Figura 19. Diseño de la celda. Elaboración propia.

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

Siendo un 62.94 % de composición orgánica de los residuos municipales de la última caracterización.

Tabla 31. Proyección de materia orgánica

n.º	GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (Tn/día)	GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (Tn/año)	MATERIA ORGÁNICA – 62.94 % (Tn/año)
0	160.66	58641.13	36908.72
1	164.07	59885.63	37692.01
2	167.56	61158.41	38493.10
3	171.12	62460.12	39312.40
4	174.77	63791.42	40150.32

5	178.50	65152.96	41007.28
6	182.32	66545.45	41883.71
7	186.22	67969.59	42780.06
8	190.21	69426.09	43696.78
9	194.29	70915.69	44634.34
10	198.46	72439.15	45593.20

Nota: Elaboración propia.

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

Aprovechamiento progresivo * materia orgánica generada (Tn/año) ecuación (15)

Tabla 32. Resultados de demanda de aprovechamiento de materia orgánica

APROVECHAMIENTO PROGRESIVO DE COMPOST (%)	DEMANDA DE APROVECHAMIENTO DE MATERIA ORGÁNICA (Tn/año)	DEMANDA DE APROVECHAMIENTO DE MATERIA ORGÁNICA (Tn/día)
3.00 %	1107.26	3.03
6.70 %	2525.36	6.92
10.40 %	4003.28	10.97
14.10 %	5543.05	15.19
17.80 %	7146.76	19.58
21.50 %	8816.56	24.15

25.20 %	10554.69	28.92
28.90 %	12363.44	33.87
32.60 %	14245.15	39.03
36.30 %	16202.26	44.39
40.00 %	18237.28	49.97

Nota: Elaboración propia

4.4.15. Cálculo del volumen de compostaje

Se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$V = \frac{\text{Cantidad de residuos para la planta de compostaje}}{\text{densidad}} \quad \text{ecuación (16)}$$

Donde:

Densidad (RRSS sueltos): 0.5 Tn/m³

Tabla 33. Volumen de compostaje

Año	Cantidad de Residuos Reciclables para la Planta de Compostaje (Tn/día)	Volumen (m ³)
10	49.97	99.93

Nota: Elaboración propia.

4.4.16. Cálculo de dimensiones de la planta de compostaje

4.4.16.1. Cálculo del ancho total de rumas

Se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Ancho} * 7 + \text{distancia mayor} * 4 + \text{distancia menor} * 3 \quad \text{ecuación (17)}$$

Tabla 34. Resultado de ancho total de rumas

Ancho de la ruma (m)	Altura de la ruma (m)	Distancia mayor entre rumas (m)	Distancia menor entre rumas (m)	Ancho Total (m)
4.00	2.00	5.00	1.00	51.00

Nota: Elaboración propia.

4.4.16.2. Cálculo de longitud de rumas

Teniendo en cuenta que la longitud de la ruma de la celda 1 es 15.70, para las posteriores celdas se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Longitud de la ruma de celda anterior} * \text{porcentaje de reducción} = \text{ecuación (18)}$$

Donde:

Porcentaje de reducción de RRSS: 80 %

Tabla 35. Resultados de longitud de ruma

Longitud de la ruma de la 1. ^a Celda «A» (m)	Longitud de la ruma de la 2. ^a Celda «B» (m)	Longitud de la ruma de la 3. ^a Celda «C» (m)	Longitud de la ruma de la 4. ^a Celda «D» (m)
15.70	12.60	10.10	8.10

Nota: Elaboración propia.

Los RRSS, luego de la segregación, serán colocados en las rumas en hilera, para que en estas se produzca la descomposición, por lo cual dichos residuos sufrirán un decrecimiento del 20 % por semana durante los 28 días que durará el proceso.

El material digerido en las hileras será colocado en una plataforma de curado en una altura de 1m durante 15 días para la eliminación de la humedad.

4.4.16.3. Cálculo de longitud total

Se calculó mediante la siguiente ecuación:

Sumatoria de longitud de rumas + ancho de curado + longitud de almacenamiento + distancia entre ruma y pared * 2 + distancia entre rumas * 3 ecuación (199)

Tabla 36. Resultados de la longitud total

Altura del área del curado (m)	Ancho del área del «E» (m)	Longitud del área de almacenamiento (m)	Distancia entre rumas y pared (m)	Distancia entre rumas (m)	Longitud total (m)
1.00	19.10	5.00	2.00	2.00	80.60

Nota: Elaboración propia.

Las distancias calculadas en la Tabla 36 se pueden apreciar en el esquema de la planta de compostaje.

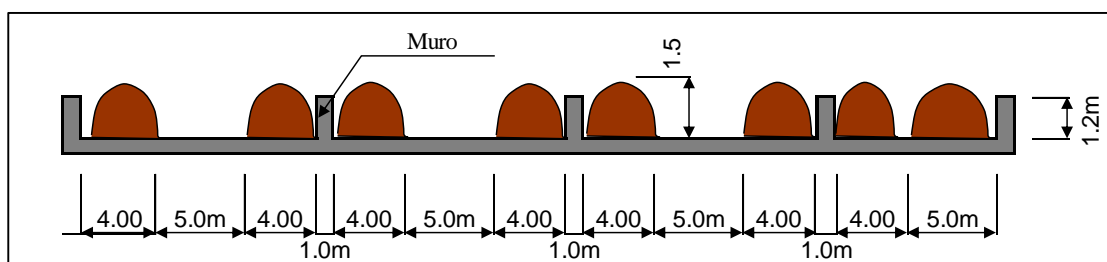


Figura 20. Esquema de planta de compostaje. Elaboración propia.

El material, después del curado, se hará pasar por una pantalla vibradora de 6 mm, el material que tenga un tamaño menor a 6mm será rechazado hacia el relleno sanitario, el resto del material (superior a los 6mm) será almacenado en esta área.

4.4.16.4. Cálculo del área total de la planta de compostaje

Se calculó mediante la siguiente ecuación:

Ancho total * la longitud total ecuación (20)

Tabla 37. Resultados del área total de la planta de compostaje

Área Total (m²)
4110.6

Nota: Elaboración propia.

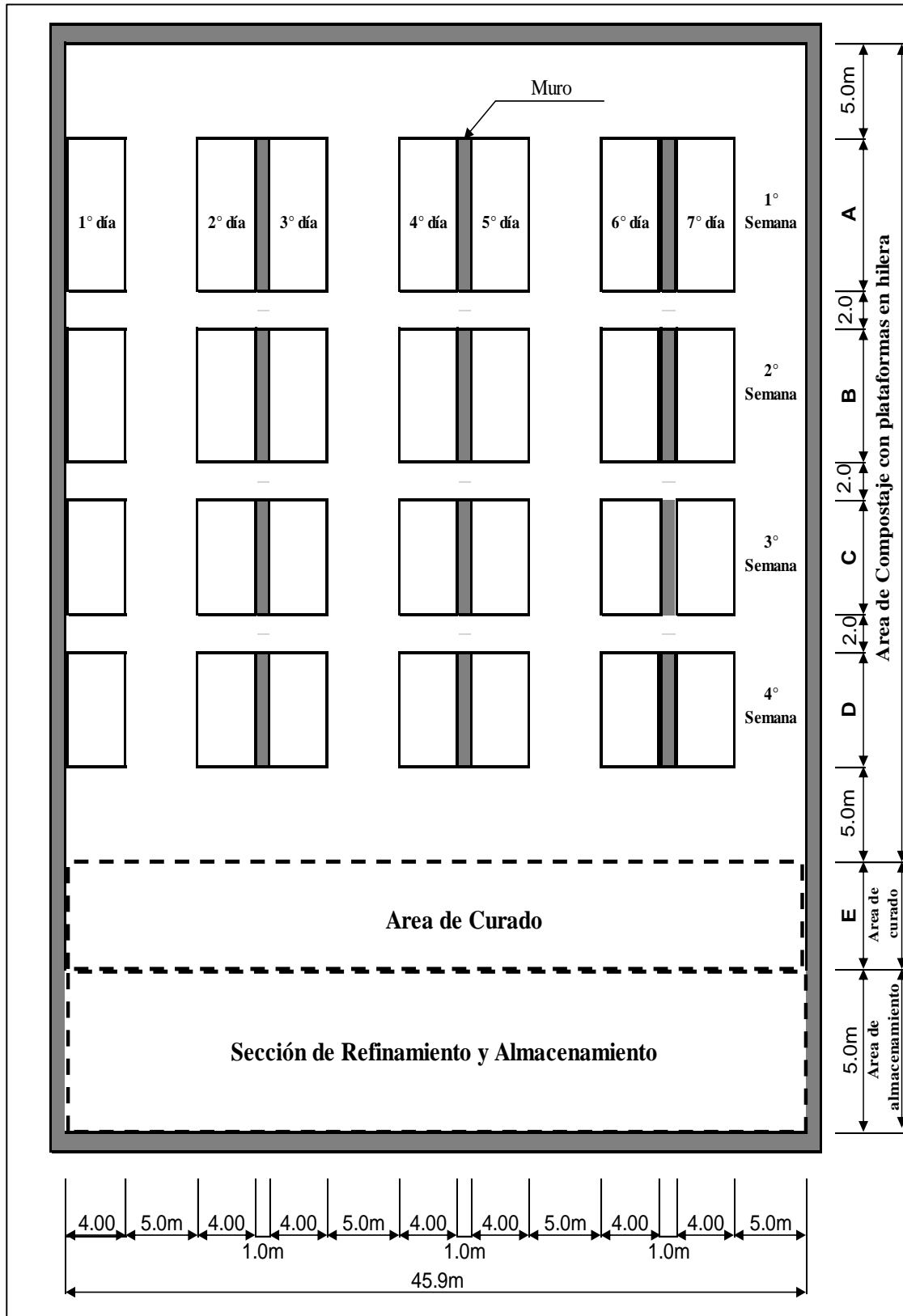


Figura 21. Diseño de la planta de compostaje. Elaboración propia.

4.4.17. Proyección de la demanda del servicio de aprovechamiento de residuos sólidos reciclables

Siendo un 19.95 % de composición orgánica de los residuos municipales de la última caracterización.

Tabla 38. Proyección de residuos sólidos reciclables

n.º	GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (Tn/día)	GENERACIÓN ANUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS (Tn/año)	APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABLES (%)	RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABLES (Tn/año)	RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABLES (Tn/día)
0	160.661	58641.13	20 %	11698.90	32.05
1	164.070	59885.63	20 %	11947.18	32.73
2	167.557	61158.41	20 %	12201.10	33.43
3	171.124	62460.12	20 %	12460.79	34.14
4	174.771	63791.42	20 %	12726.39	34.87
5	178.501	65152.96	20 %	12998.02	35.61
6	182.316	66545.45	20 %	13275.82	36.37
7	186.218	67969.59	20 %	13559.93	37.15
8	190.208	69426.09	20 %	13850.51	37.95
9	194.290	70915.69	20 %	14147.68	38.76
10	198.463	72439.15	20 %	14451.61	39.59

Nota: Elaboración propia.

4.4.18. Cálculo de dimensiones de la planta de reciclaje

Tabla 39. Cálculo de dimensiones

Cantidad de residuos recepcionados	requerimiento mínimo	(1) Capacidad de diseño de reciclaje (t/d)	(2) Capacidad de diseño de reciclaje (1) x (% composición) (t/d)	(3) Capacidad de diseño del Área de clasificación manual (1) - (2) (t/d)	(4) Peso específico de los residuos sólidos en el Área de clasificación manual P(t/m ³)	(5) Espesor de los residuos sólidos en el Área de Clasificación Manual E(m)	(6) Periodo de trabajo en el Área de clasificación manual por día T(veces/día)	(7) Área para los Residuos Sólidos en el Área de clasificación manual (3)/(4)/(5) / (6) (m ²)	(8) Área para paso de vehículos y otros 70 % de (7)	(9) Área Total Necesaria para el Área de clasificación manual (7) + (8) (m ²)
32.81	40.00	40.0	6.56	33.4	0.3	0.3	1.5	247.7	173.4	421.1

Nota: Elaboración propia.

Tabla 40. Área total de planta de reciclaje

(9) Área total necesaria para el Área de clasificación manual (7) + (8) (m ²)	(10) Dimensiones del Área de clasificación manual (m)	(11) Dimensiones del Área de segregación mecánica (m)	Área total
421.1	25 × 17	25 × 25	1046.06

Nota: Elaboración propia.

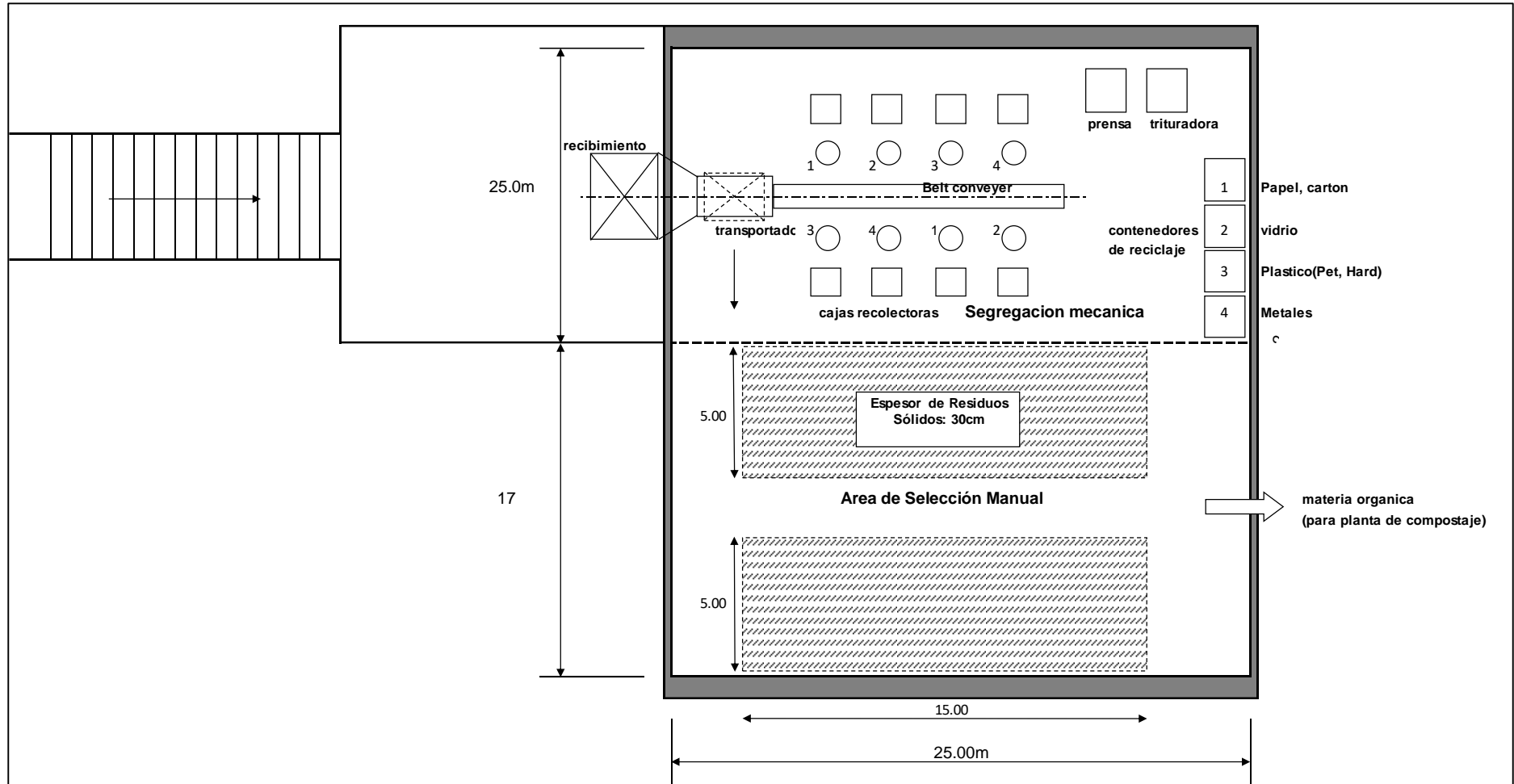


Figura 22. Diseño de la planta de reciclaje. Elaboración propia.

4.4.19. Cálculo de generación de lixiviados

Para el cálculo de la generación de lixiviado se utilizó la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{P * A * K}{t} \quad \text{ecuación (201)}$$

Donde:

Q = caudal medio de lixiviado (l/seg)

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 sanitarios con pesos específicos de 0.4 a 0.7 ton/m³, se estima una producción de lixiviados entre 25 a 50 % (K=0.25 a 0.50) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno.
- Para rellenos sanitarios con pesos específicos > 0.7 ton/m³, se estima una generación de lixiviado entre 15 a 25 % (k=0.15 a 0.25) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno.

$$Q = \frac{707.9 \text{ mm/año} * 59000 \text{ m}^2 * 0.25}{31536000 \text{ seg/año}}$$

$$Q = 0.331 \frac{l}{s} = 28.59 \text{ m}^3/\text{día} = 10438.4 \text{ m}^3/\text{año}$$

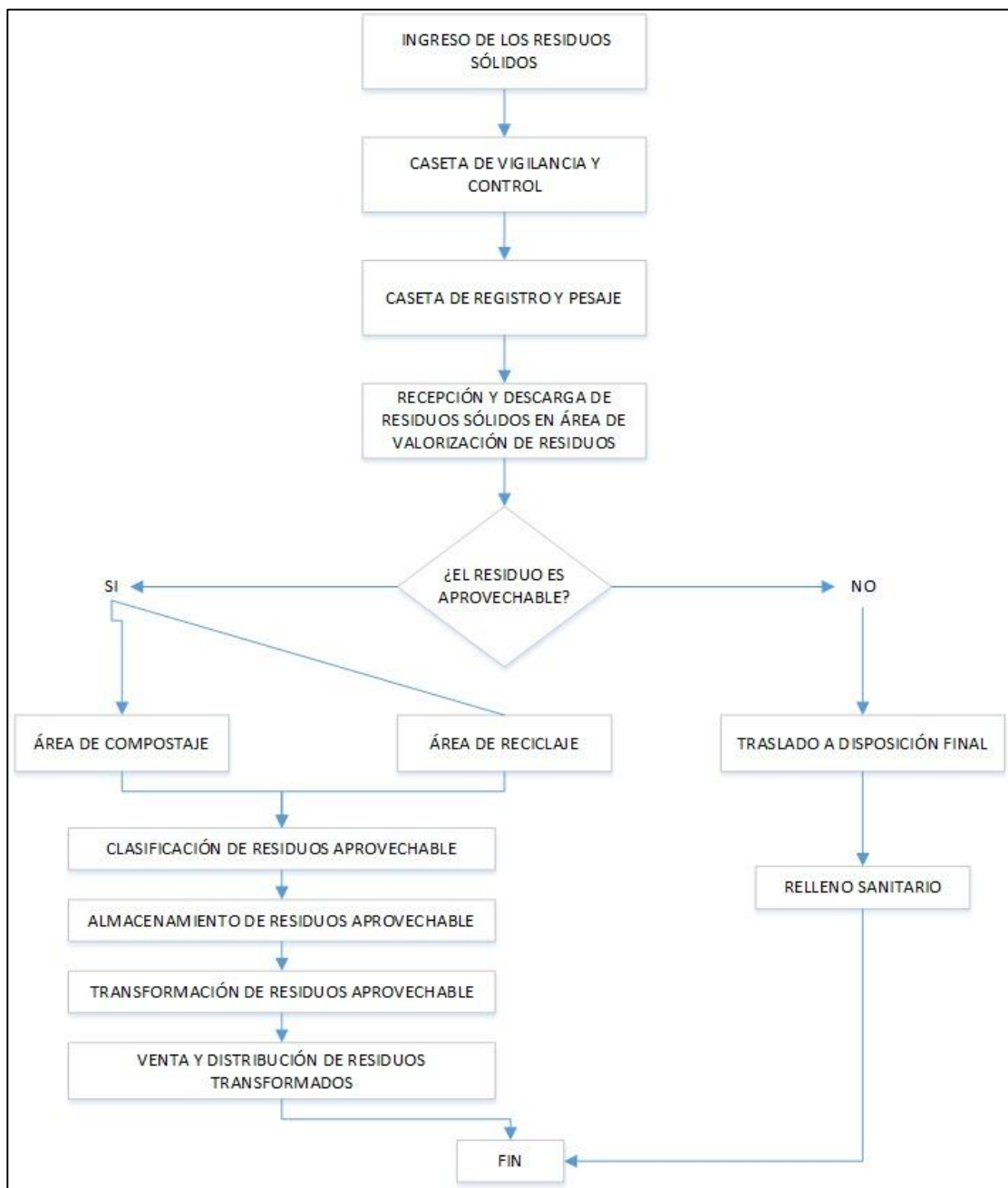


Figura 23. Diagrama de flujo del proceso de relleno sanitario. Elaboración propia.

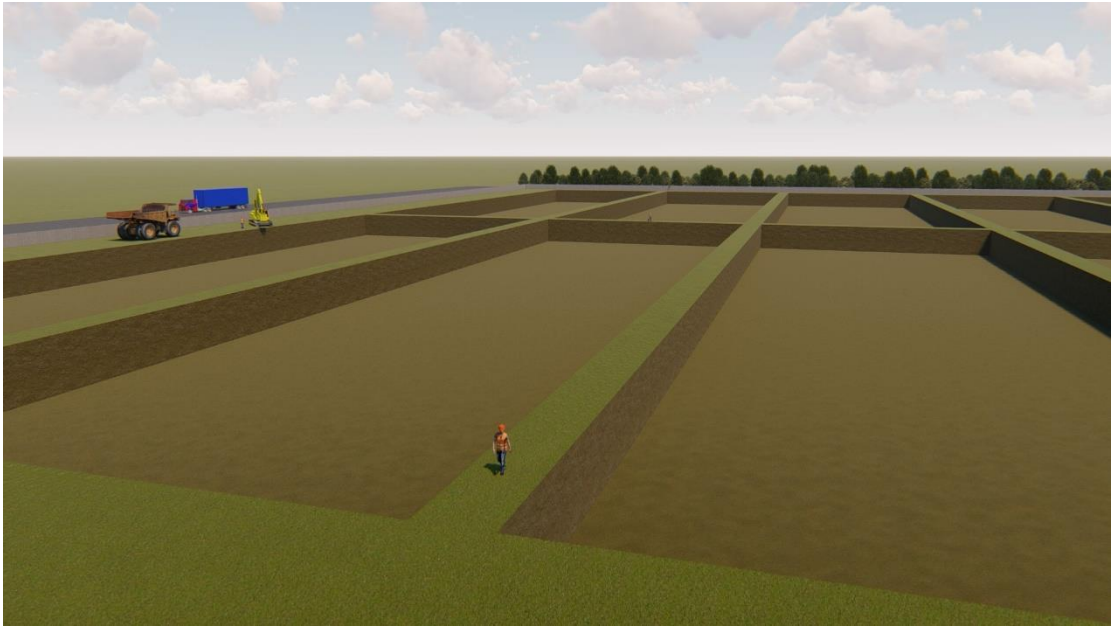


Figura 24. Diseño en 3 D de zanjas del relleno sanitario. Elaboración propia.



Figura 25. Diseño en 3D de zanjas de la planta de reciclaje. Elaboración propia.



Figura 26. Diseño en 3D de la planta de compostaje del relleno sanitario. Elaboración propia.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

- El diseño del relleno sanitario tiene una capacidad de volumen acumulado en promedio de 16932.25 m³ en base a los cálculos realizados, con un área de aproximadamente 5.9 Ha, 10 zanjas con unas medias de 121.18 metros de largo y 35 metros de ancho y una profundidad de 4 metros. Asimismo, contará con 365 celdas de 73 por 5 metros con dimensiones de 7 metros de largo por 1.66 de ancho, una profundidad de 4 metros y una vida útil de 10 años.
- Según el estudio de caracterización, la generación per cápita domiciliaria para el año 2019 del distrito de El Tambo fue 0.86 kg/hab/día y con la proyección al año 2030 será de 0.959 kg/hab/día. La composición física de los residuos sólidos municipales del distrito de El Tambo está conformada por un 82.89 % aprovechable y el restante 17.11 % no aprovechable.
- De las 3 alternativas presentadas, la alternativa 1 fue la que obtuvo un mayor puntaje, porque cumple con la mayoría de los criterios establecidos por ley, siendo seleccionada para una posible ubicación del relleno sanitario en el Distrito de El Tambo.
- El tipo de relleno que se propone, según una evaluación realizada es de tipo semimecanizado.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una campaña de sensibilización por parte de la municipalidad hacia la población, para la segregación en la fuente con el objetivo de dar una valorización a los residuos aprovechables.
- Para futuras investigaciones se recomienda realizar un estudio técnico de campo como estudios de suelo, hidrológica y visitas a los sitios para la selección del área según a los criterios establecidos por ley, teniendo como base la presente investigación: ya que por motivos de pandemia se trabajó únicamente con información secundaria.
- De construir un relleno sanitario en el lugar que se propone para el distrito de El Tambo en la presente investigación, se recomienda establecer criterios y metodologías que permitan que el relleno sanitario tenga una adecuada operación con el fin de evitar posibles impactos negativos hacia el medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. PALMA POSADAS, Katya Janelly. Tratamiento de residuos sólidos orgánicos, para la protección al medio ambiente, por medio de la producción de abono orgánico, en el Municipio de Asunción Mita, departamento de Jutiapa. Tesis (Título de Ingeniera Industrial). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2594_IN.pdf
2. BBC, News Mundo. *Crisis mundial de la basura: 3 cifras impactantes sobre el rol de Estados Unidos*. [en línea]. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-48914734>
3. KAZA, Silpa, YAO, Lisa C., BHADA-TATA, Perinaz and VAN WOERDEN, Frank. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050* [en línea]. Washington, DC: World Bank, 2018. [Accessed 11 March 2021]. ISBN 978-1-4648-1329-0. Available from: <http://hdl.handle.net/10986/30317>
4. PON, Jordi. Taller Regional: Instrumentos para la implementación efectiva y coherente de la dimensión ambiental de la agenda de desarrollo. [en línea]. San José, Costa Rica. 7 de febrero de 2019. Disponible en: cepal.org/sites/default/files/presentations/gestion_de_residuos_-_jordi_pon.pdf
5. SÁEZ, Alejandrina. Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Revista Omnia* [en línea], setiembre - diciembre, 2014, 20(3), pp. 121 - 135 . ISSN 1315-8856. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091009.pdf>
6. UNIVERSIDAD CONTINENTAL EPG. ¿Cómo se manejan los residuos sólidos en el Perú? [en línea]. [Fecha de consulta: 31 enero de 2021]. Disponible en: <https://blogposgrado.ucontinental.edu.pe/como-se-manejan-los-residuos-solidos-en-el-peru>
7. Residuos sólidos: Denuncian contaminación generada por nuevo botadero en Huancayo. (11 de noviembre de 2018) *SPDA Actualidad Ambiental* [en línea]. Disponible en: <https://www.actualidadambiental.pe/residuos-solidos-denuncian-contaminacion-generada-por-nuevo-botadero-en-huancayo/>
8. Diresa Junín inspecciona botaderos de residuos sólidos municipales | DIRESA JUNÍN - Dirección Regional de Salud de Junín - 2021. [en línea]. Disponible en: http://www.diresajunin.gob.pe/noticia/id/2019020608_diresa_junn_inspecciona_botaderos_de_residuos_slidos_municipales/
9. OEFA denuncia a la Municipalidad Provincial de Huancayo y a la Municipalidad Distrital de El Tambo por inadecuada disposición final de residuos sólidos. *Sala de prensa* [en línea]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/prensa/detras-de-la-foto/el-oefa-denuncia-a-la-municipalidad-provincial-de-huancayo-y-a-la-municipalidad-distrital-de-el-tambo-por-inadecuada-disposicion-final-de-residuos-solidos/>
10. ESQUIVEL ZAVALA, Leonardo Ronald y LEZAMA PAREDES, Joao Kevin. Diseño de un relleno sanitario y planta segregadora de residuos sólidos urbanos para el

distrito de Santiago de Chuco - La Libertad 2018. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Ambiental) Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo [online]. 2019. [Fecha de consulta: 8 de febrero 2021]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12623>

11. ALARCÓN, Tapia y ANDRE, Josbriel. Dimensionamiento de un relleno sanitario para los residuos sólidos municipales en el distrito de Paucarpata - Provincia y Región de Arequipa. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Ambiental) Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín [en línea]. 2017. [Fecha de consulta: 7 de febrero de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6161>

12. MINISTERIO DEL AMBIENTE. Guía de Diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual. *SINIA / Sistema Nacional de Información Ambiental* [en línea]. [Fecha de consulta: 7 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-diseno-construccion-operacion-mantenimiento-cierre-relleno>

13. NOGUERA-OVIEDO, Katia y OLIVERO-VERBEL, Jesus. Los rellenos sanitarios en Latinoamérica: Caso colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 1 September 2010. Vol. 34, p. 347–356.

14. SAMPIERI, Roberto Hernández. *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V., 2018. ISBN 978-1-4562-6096-5. Google-Books-ID: 5A2QDwAAQBAJ

15. DÍAZ BENAVIDES, Lizeth Yesenia y VALLEJO VALLES, Andrea Carolina. Propuesta para el diseño del nuevo relleno sanitario para el Municipio de Aguachica - Cesar. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2017. Disponible en <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15489/1/Dise%C3%B1o%20de%20relleno%20sanitario%20para%20Aguachica%20Cesar.pdf>

16. MOLANO CAMARGO, Frank. El relleno sanitario Doña Juana en Bogotá: la producción política de un paisaje tóxico, 1988-2019. *Historia Crítica*. Octubre 2019. No. 74, p. 127–149. DOI 10.7440/histcrit74.2019.06.

17. GARZÓN DÍAZ, Mayra Alejandra y VANARKEN GRACIA, Paola Andrea. Estudio de viabilidad del relleno sanitario y plantas de proceso de residuos sólidos del municipio de Puente Nacional Santander. Tesis (Título Profesional de Ingeniera Civil) Bogotá: Universidad de La Salle, 2015. Disponible en https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1034&context=ing_civil

18. CHURATA ZARATE, René. Determinación y dimensionamiento de relleno sanitario para el Distrito de Sicuani, Cusco. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Ambiental) Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2017. Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2784>

19. BRICEÑO BEDOYA, Brunela Jesús y VIZCARDI DELGADO, Yessica Pamela. Diseño de un Sistema Integral de Tratamiento en un Relleno Sanitario para los Residuos Sólidos Municipales del Distrito de Chuquibamba-Condesuyos, 2017. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Ambiental) Arequipa: Universidad Católica de Santa María -

UCSM [en línea], 2018. [Fecha de consulta: de enero de 2021]. Disponible en: <https://tesis.ucsm.edu.pe:80/repositorio/handle/UCSM/7259>

20. VELASQUEZ ANCALLA, Katerinne Arlet. Propuesta de sistema integral de segregación y recolección selectiva de residuos sólidos del Distrito de Apata – Jauja – Junín. Tesis (Título Profesional de Ingeniera Civil) Huancayo: Universidad Peruana los Andes, 2019. *Repositorio Institucional - UPLA* [en línea]. [Fecha de consulta 14 de febrero de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/UPLA/931>

21. HUATUCO MANRIQUE, Hans Edward. Plan distrital de gestión de residuos sólidos de El Tambo. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental) Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015. Disponible en <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3505/Huatuco%20Manrique%7D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

22. CHAMBILLO ROJAS, Hellen Yomalie. Análisis costo/beneficio e impacto ambiental de la ampliación operativa del relleno sanitario Pampaya en el distrito de Tarma, provincia de Tarma. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Ambiental) Tarma: Universidad Católica Sedes Sapientiae, 2017 [en línea]. [Fecha de consulta de 14 febrero de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.ucss.edu.pe/handle/UCSS/271>

23. GÓMEZ ALEJOS, Yesenia Elita. Sistema de gestión integral de los residuos sólidos en el Distrito de Viques - Huancayo. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental) Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015. Disponible en <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3503>

24. LÁZARO MERCADO, Jhesilyn Paola y REYES ORIHUELA, Kelly. Causas Socioculturales y Políticas que han impedido la construcción de la planta de tratamiento de residuos sólidos en Huancayo 2008 - 2014. Tesis (Título Profesional de Licenciada en Antropología). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2018. Disponible en <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4842>

25. ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL (OEFA). Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos en gestión municipal provincial. [en línea]. 25 de febrero de 2016. Disponible en: [https://www.oefa.gob.pe/publicaciones/fiscalizacion-ambiental-en-residuos-solidos-en-gestion-municipal-provincial/Visit the post for more](https://www.oefa.gob.pe/publicaciones/fiscalizacion-ambiental-en-residuos-solidos-en-gestion-municipal-provincial/Visit%20the%20post%20for%20more).

26. DIARIO OFICIAL «EL PERUANO». Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos-Decreto Legislativo-N° 1278. Disponible en: <http://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-legislativo-que-aprueba-la-ley-de-gestion-integral-d-decreto-legislativo-n-1278-1466666-4/>

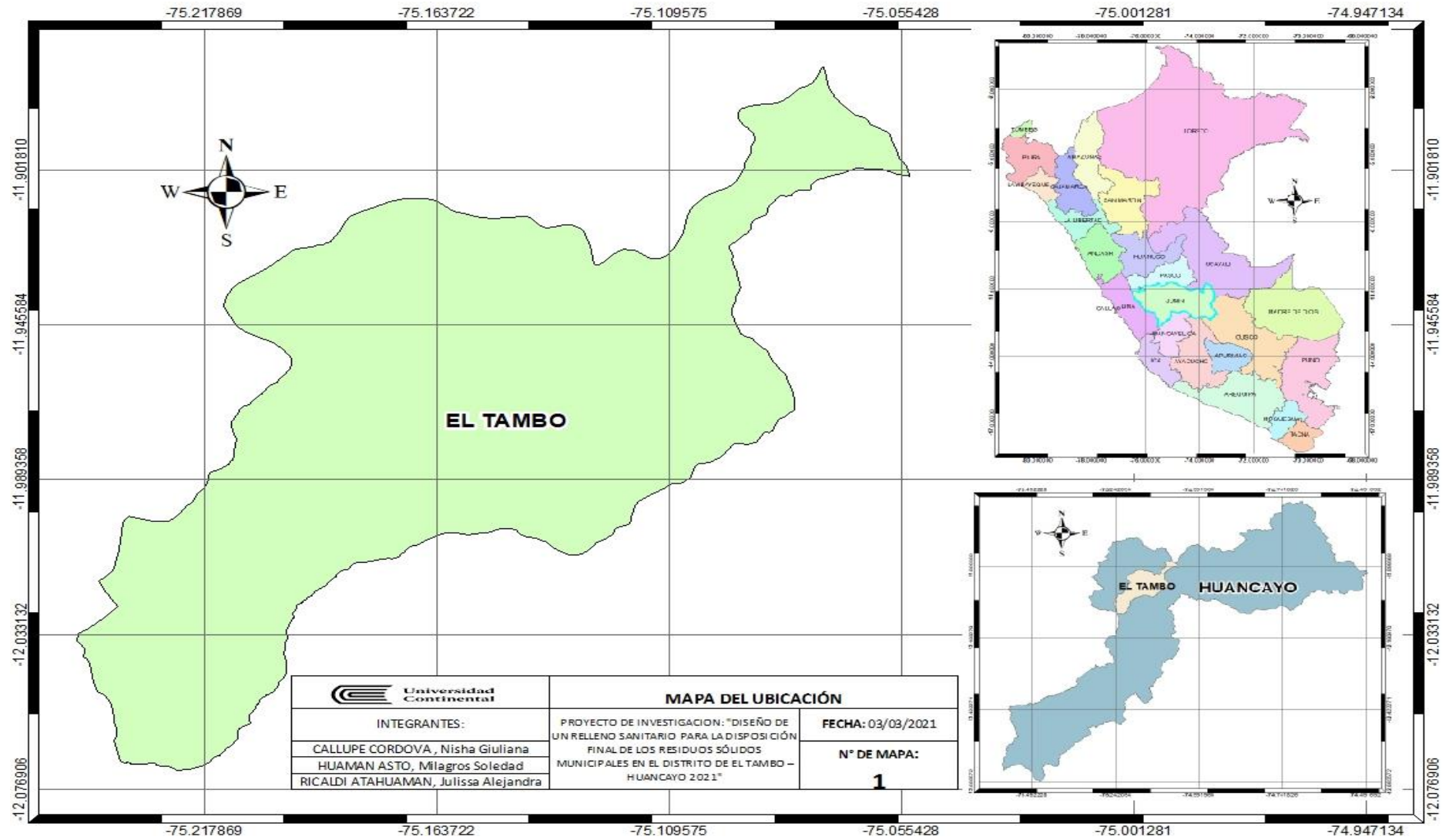
27. STUDOCU.COM. Propiedades físico química y biológicas de RSU. (s.f.). Disponible en: <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-tecnologica-ecotec/derecho-politico/practica/propiedades-fisico-quimica-y-biologicas-de-rsu/8552659/view>; Comparte resúmenes, exámenes resueltos, apuntes y mucho más!

28. RAZO, Carlos Muñoz. *Cómo elaborar y asesorar una investigación de Tesis*. 2.^a ed. Pearson, 2011. 323 pp. ISBN: 978-607-32-0456-9

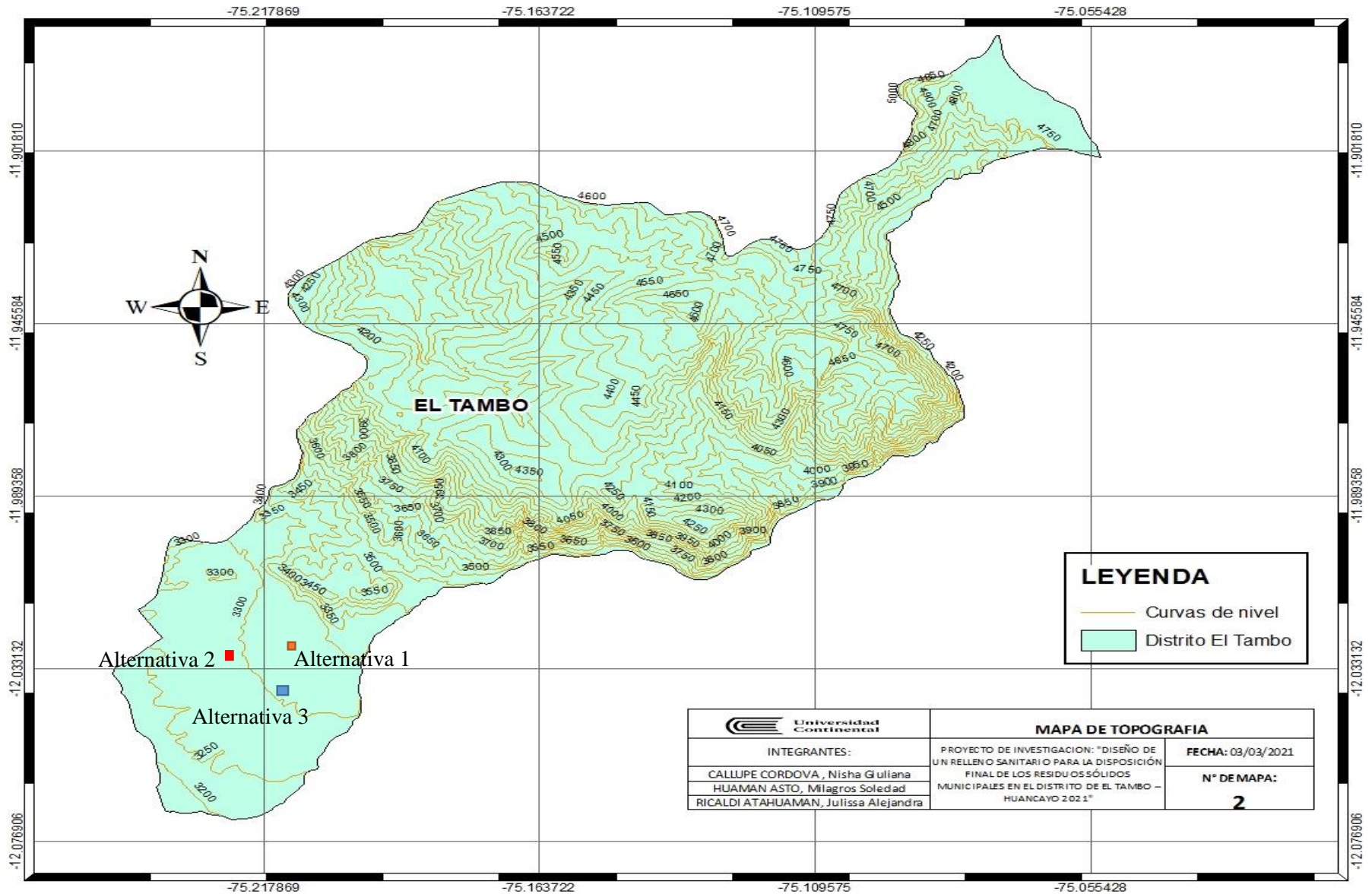
29. INEI CENSOS NACIONALES. (2017) Resultados definitivos. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/00TOMO_01.pdf
30. MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2021) Guía para el Diseño Construcción, Operación, Mantenimiento y Monitoreo de Relleno Sanitario Mecanizado. *SINIA / Sistema Nacional de Información Ambiental*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-diseno-construccion-operacion-mantenimiento-monitoreo-relleno>
31. DISTRITO. PE (s.f.).El Tambo en la region de Junín - Municipio y municipalidad de Perú - municipalidad Perú - Información municipalidad, ciudades y pueblos de Perú. <https://www.districto.pe/districto-el-tambo.html>
32. ANA WEB - AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. (s.f.). Capacidad de Uso Mayor de Suelos. <https://www.ana.gob.pe/2019/consejo-de-cuenca/urubamba/O>
33. WEATHER SPARK (s.f.) El clima promedio en El Tambo, Perú, durante todo el año: <https://es.weatherspark.com/y/22261/Clima-promedio-en-El-Tambo-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>
34. QUIROZ CASAS, Laura Lucia. Influencia de la variabilidad de la temperatura en el clima del distrito de Huancayo, durante el período 1985-2014. Huancayo: Universidad Continental, 2016. [en línea]. [Fecha de consulta: 25 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/2912>
35. DEHUANCAYO.COM. (2021) Fauna y Flora de Huancayo. <https://www.dehuancayo.com/fauna-flora.html>
36. INEI. PERU Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/>
37. INEI. *Cuadros estadísticos de población, vivienda y hogar - TOMO II* [en línea]. Disponible en https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1576/12TOMO_02.pdf
38. DIRECCION GENERAL DE SALUD AMBIENTAL. *Guía para la opinión técnica favorable de estudio de selección de área para infraestructuras de tratamiento, transferencia y disposición final de residuos sólidos*, 2008.
39. GAMONAL CORONEL, Gianela Lizet. Diseño de la infraestructura para el aprovechamiento y disposición final de residuos sólidos municipales para el distrito de Olmos - provincia de Lambayeque - departamento de Lambayeque, 2018. Tesis (Título de Ingeniero Civil Ambiental) Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2020. Disponible en: <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/2906>

ANEXOS

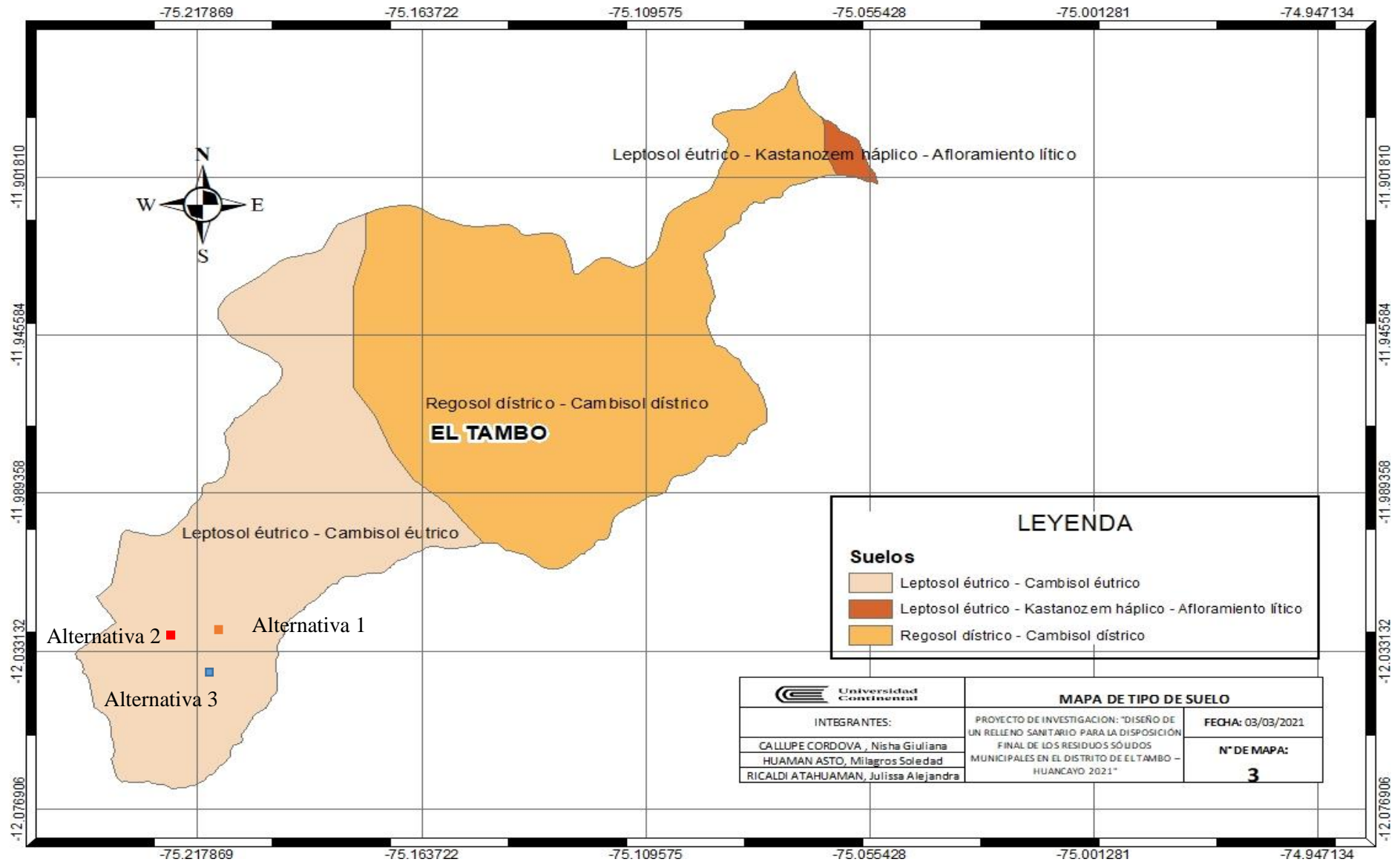
Anexo 01: Mapa de ubicación



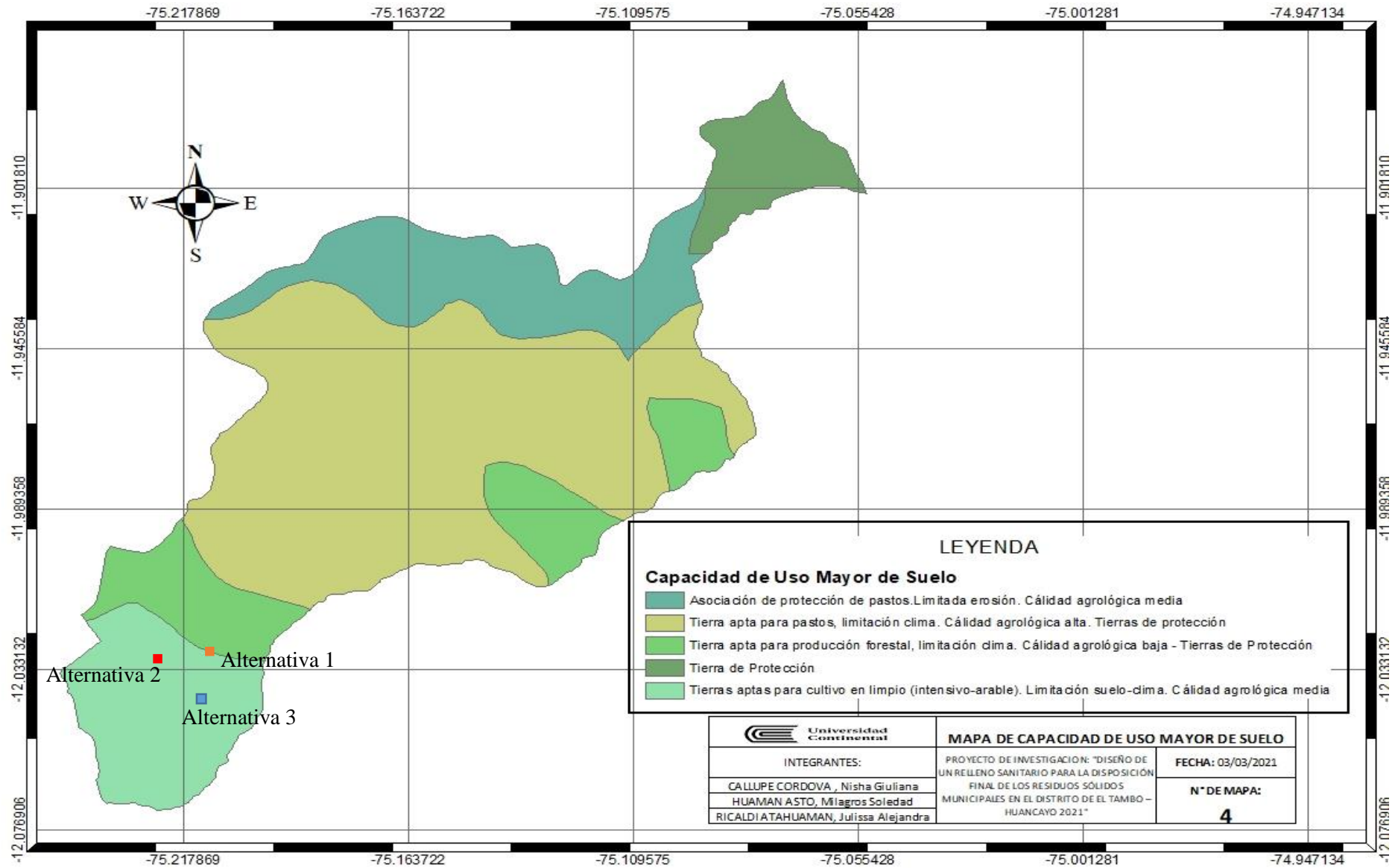
ANEXO 02: Mapa de topografía



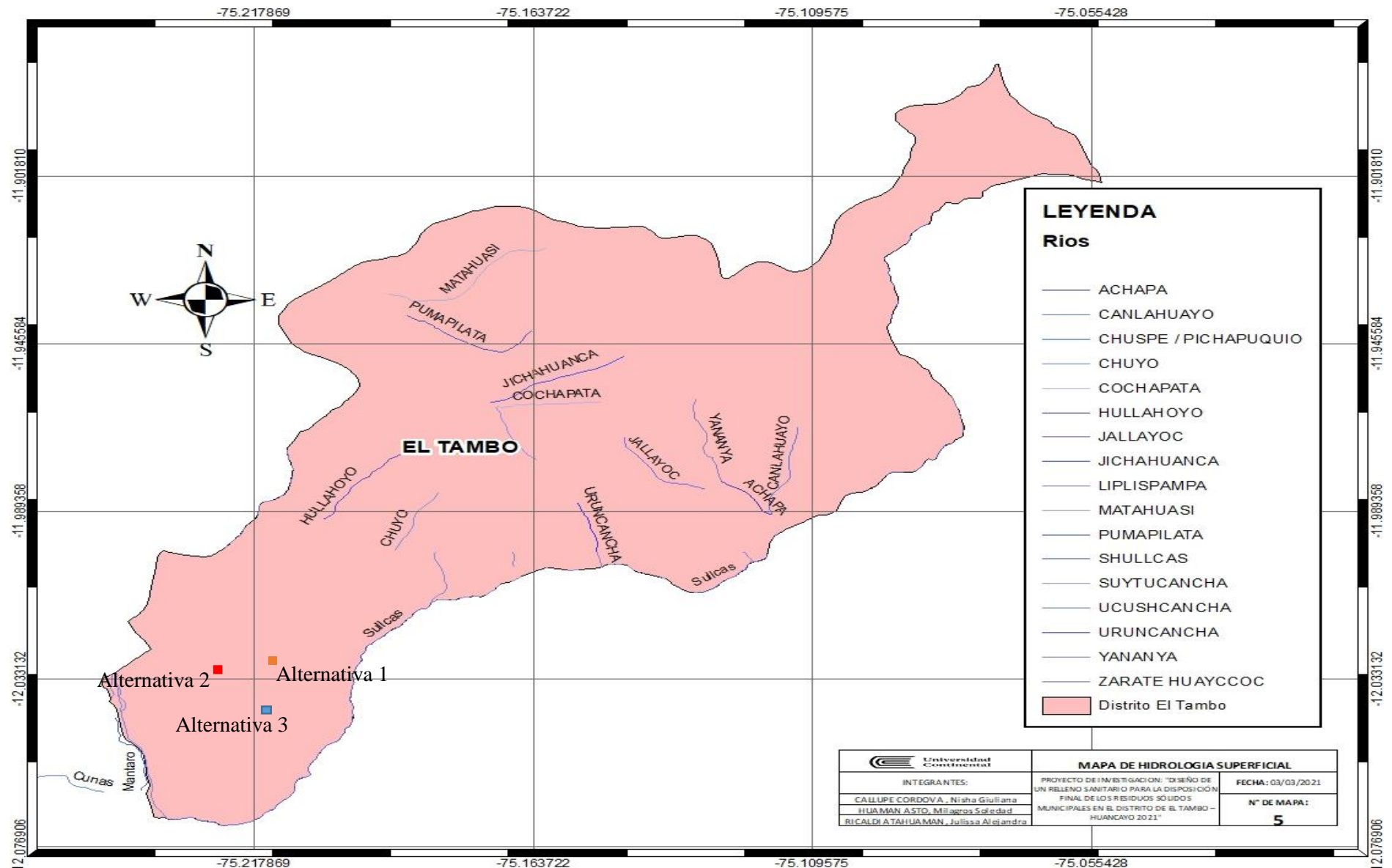
ANEXO 03: Mapa de tipo de suelo



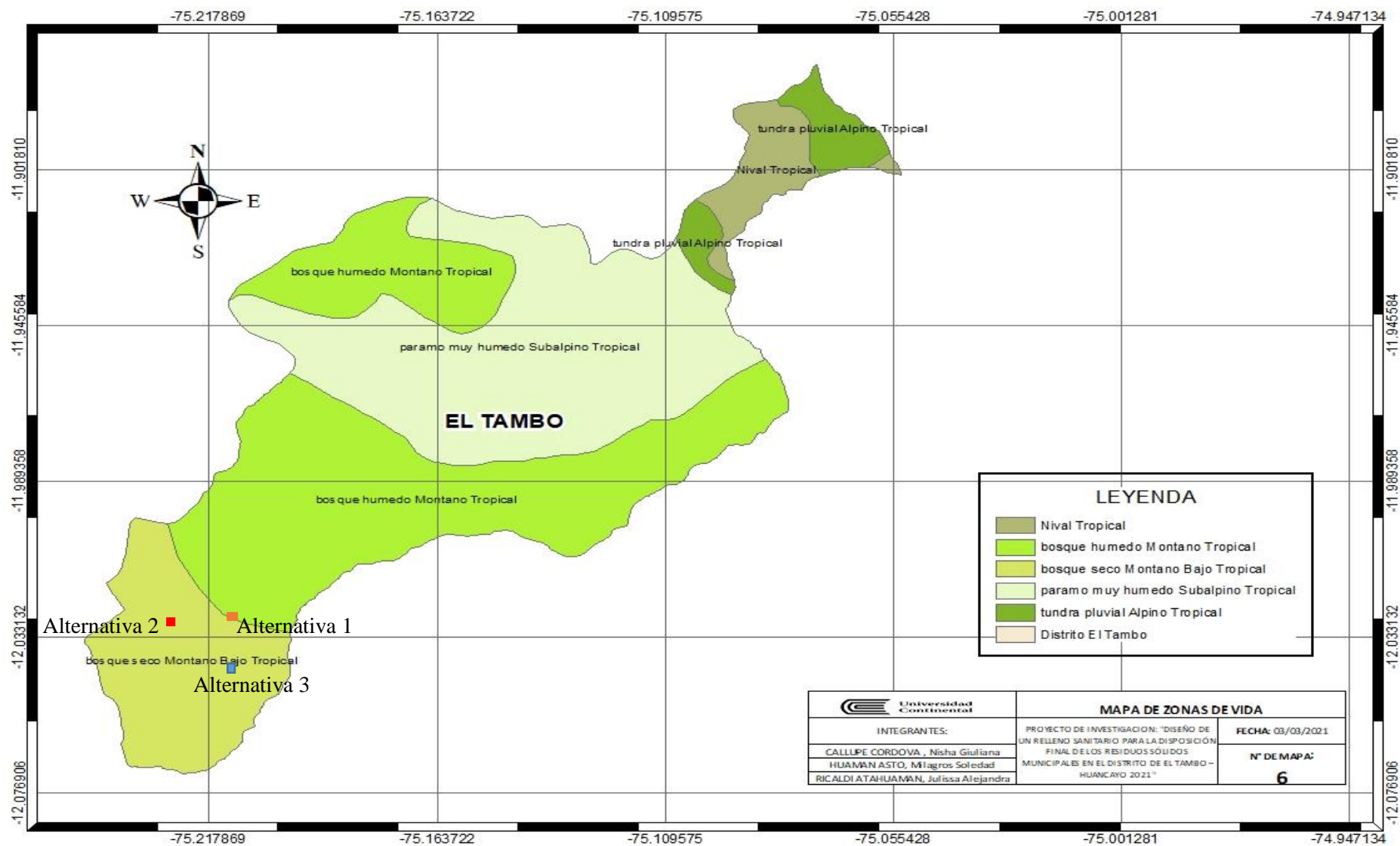
ANEXO 04: Mapa de capacidad de usos mayor de suelo



ANEXO 05: Mapa de hidrología superficial



ANEXO 06: Mapa de zonas de vida



ANEXO 07: Solicitud de informe de caracterización

SOLICITO: informe de estudio de caracterización de residuos sólidos vigente

**Señor Alcalde:
Carlo Victor Curisinche Eusebio**

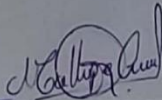
Yo, Nisha Giuliana Callupe Cordova, **identificado/a con DNI N° 72046222, domiciliado/a en Av. La Esperanza Cdra 7 -El Tambo- Huancayo, con teléfono No 933371729 y Correo: nigiul.cc@gmail.com. Ante usted con el debido respeto me presento y expongo:**

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 brinde dicha información.

Por 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 El Tambo.

**Por lo expuesto:
Ruego a usted acceder a lo solicitado por ser de justicia.**

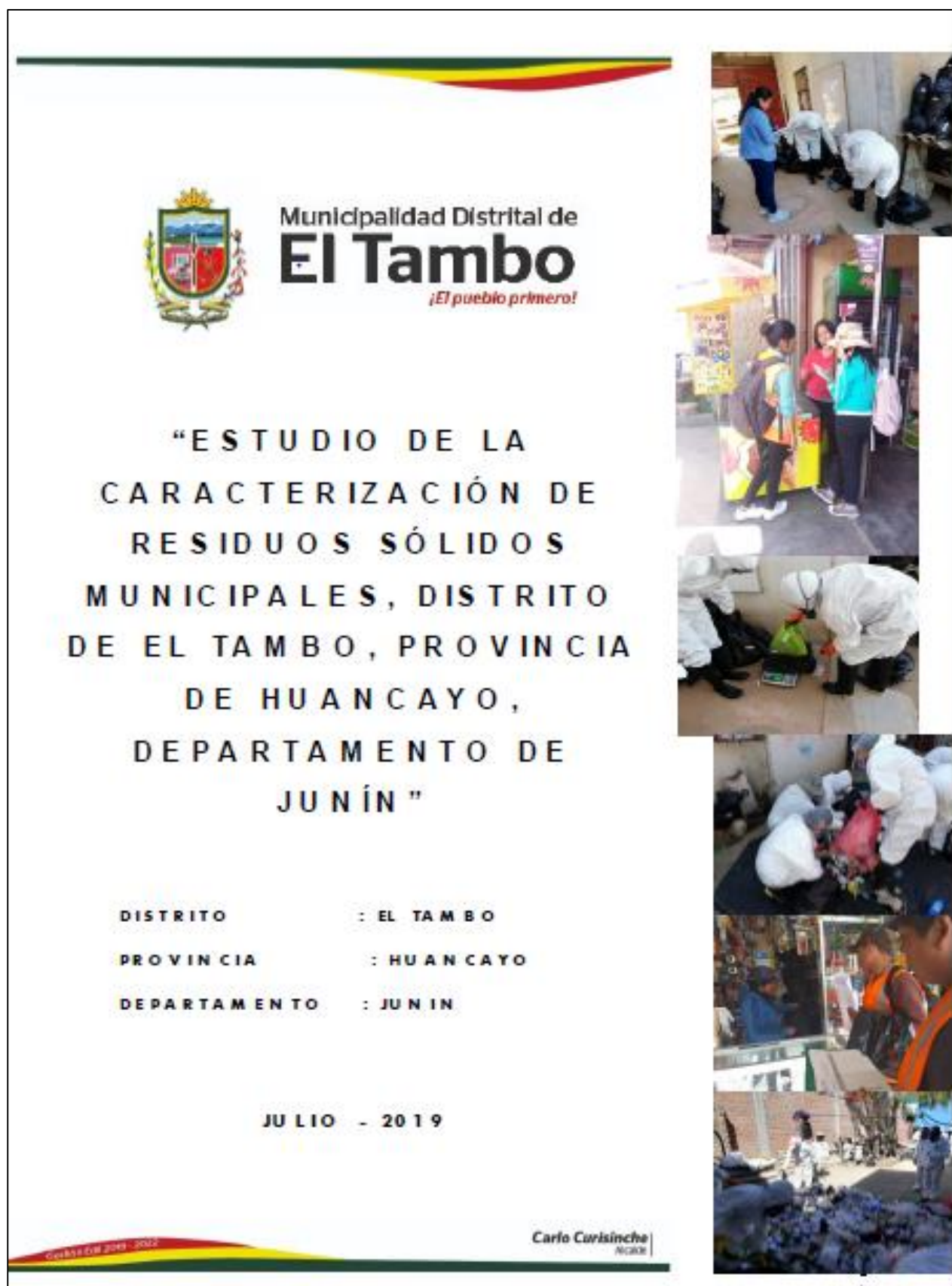
Huancayo, 3 de febrero de 2021



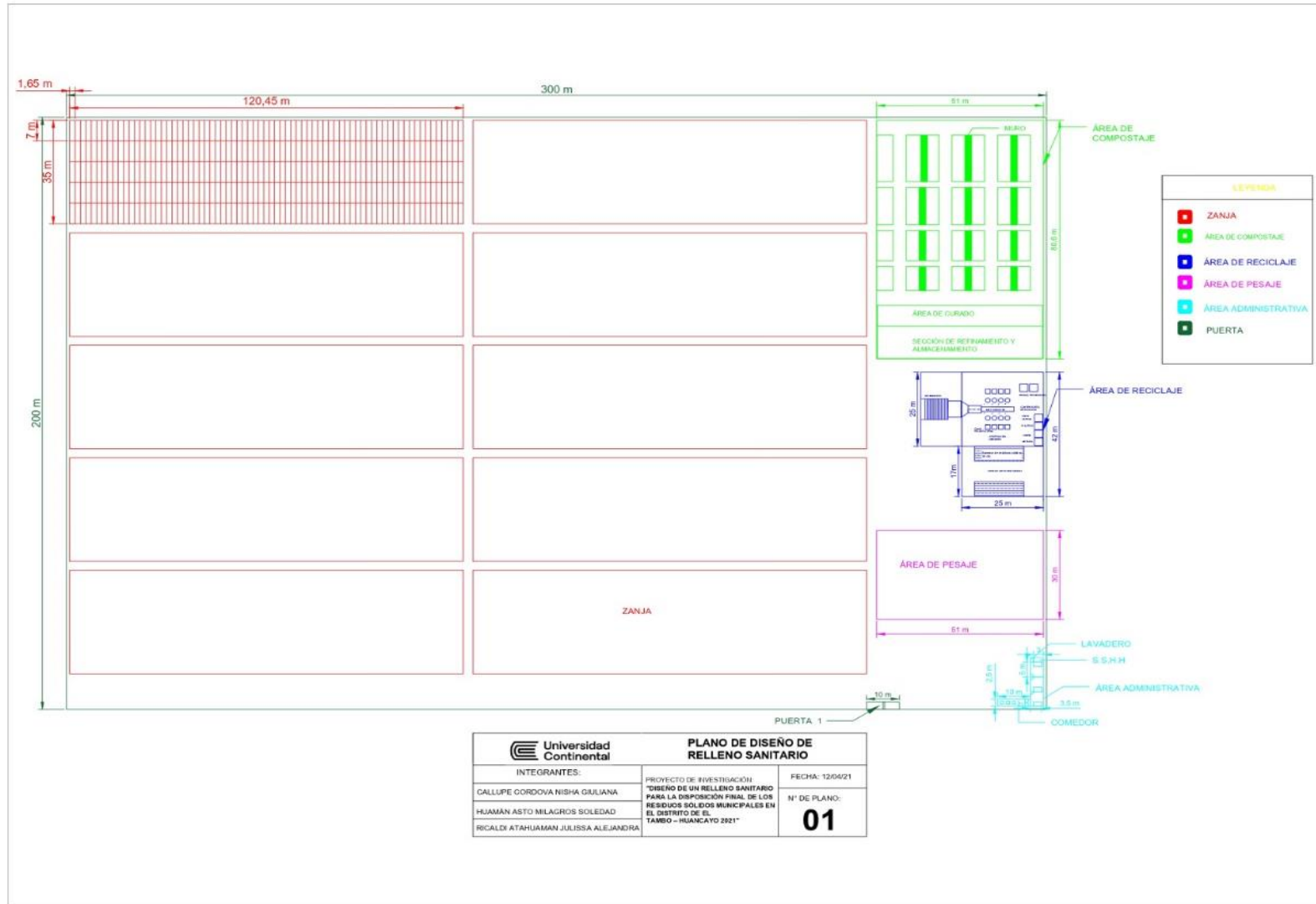
Nisha Giuliana Callupe Cordova
DNI N° 72046222

Municipalidad Distrital de El Tambo TRÁMITE DOCUMENTARIO Recibido en la Fecha	Municipalidad Distrital de El Tambo TRÁMITE DOCUMENTARIO Recibido en la Fecha
04 FEB 2021	04 FEB 2021
Doc:..... Hora:..... Derivado a:.....	Doc: 627912 Hora: 12:30 Derivado a: S.G.A.
Folios:..... Firma:.....	Folios: 13 Firma: J. S. J.

ANEXO 08: Portada del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos de la Municipalidad del Distrito de El Tambo



Anexo 09: Diseño del relleno sanitario



Anexo 11: Vista en 3D del relleno sanitario

