

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**Diseño del relleno sanitario para el tratamiento de residuos sólidos en el
distrito de Chancay Baños, provincia de Santa Cruz, departamento de
Cajamarca, 2020**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Jairo Villanueva Puelles

ASESOR

Joaquin Hernan Rojas Oblitas

<https://orcid.org/0000-0002-6521-0215>

Chiclayo, 2022

**Diseño del relleno sanitario para el tratamiento de residuos
sólidos en el distrito de Chancay Baños, provincia de Santa Cruz,
departamento de Cajamarca, 2020**

PRESENTADA POR
Jairo Villanueva Puelles

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

Justo David Pedraza Franco
PRESIDENTE

Héctor Augusto Gamarra Uceda
SECRETARIO

Joaquin Hernan Rojas Oblitas
VOCAL

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo de investigación en primer lugar a Dios, ya que su influencia fue fundamental para que pudiera alcanzar este punto en mi trayectoria académica. También quiero dedicarlo a mi familia, cuyo respaldo y confianza fueron constantes a lo largo de todas las fases de esta experiencia. Especialmente, quiero reconocer el apoyo de mis padres y hermanos, así como expresar mi gratitud hacia todas las personas que me brindaron su ayuda en este camino.

Agradecimientos

Al Dios todopoderoso, quien ha sido mi fortaleza y mi fuente de respaldo, permitiéndome alcanzar el lugar en el que me encuentro en este momento.

A mis padres, cuyo amor, paciencia y dedicación me han permitido lograr otro sueño más. Les agradezco por inculcarme el valor del esfuerzo y la valentía, moldeando así la persona que soy en la actualidad; también les reconozco por su apoyo en mi formación profesional.

A mi asesor, por compartir su tiempo y sabiduría en la elaboración de este proyecto, asegurando su excelencia en cada paso.

A mis amigos y seres queridos, por brindarme su respaldo moral, evitando que me desvanezca en los desafíos de este complejo proceso.

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

13%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

8%

2

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

3%

3

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1%

5

pt.scribd.com

Fuente de Internet

<1%

6

dokumen.site

Fuente de Internet

<1%

7

repositorio.unesum.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

8

repositorio.udl.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

9

repositorio.unp.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

ÍNDICE

Resumen	12
Abstract	13
I. Introducción	14
II. Marco Teórico	25
2.1. Antecedentes del problema	25
2.2. Bases Teórico Científicas.....	30
2.2.1. Reciclaje	30
2.2.2. Residuos.....	31
2.2.3. Sólidos	31
2.2.4. Residuos sólidos	32
2.2.5. Marco Institucional de los Residuos Sólidos en el Perú.....	40
2.2.6. Problemática de la Gestión de Residuos Sólidos Municipales	41
2.2.7. Problemática de los Residuos Sólidos en Perú	42
2.2.8. Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos	42
2.2.9. Diseño de un relleno sanitario	43
2.2.10. Rol de OEFA	45
2.2.11. Modelo de las tres “R”	45
2.2.12. Proyección de la población:	46
2.2.13. Cálculo de la cantidad de casas que se utilizaran para la caracterización	46
2.2.14. Determinación de la Generación per – cápita.....	47
2.2.15. Determinación de la densidad de los residuos sólidos domiciliarios	47

2.2.16.	Determinación de la humedad de los residuos sólidos domiciliarios	48
2.2.17.	Etapas para la Elaboración del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos	48
2.2.18.	Diseño de Planta:	49
2.2.19.	Marco Legal.....	54
2.3.	Definición de términos básicos	56
III.	Materiales y Métodos	58
3.1.	Tipo y nivel de investigación.....	58
3.2.	Diseño de investigación	58
3.3.	Población, muestra, muestreo	58
3.4.	Criterios de selección.....	59
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	59
3.6.	Procedimientos.....	60
3.7.	Plan de procesamiento y análisis de datos	60
3.8.	Consideraciones éticas	62
IV.	Resultados y Discusión	63
4.1.	Resultados.	63
4.1.1.	Estudio de caracterización.	63
4.1.2.	Estudio De Selección De Área	65
4.1.3.	Estudio topográfico.....	67
4.1.4	Estudio de mecánica de suelos.....	69
4.1.4.1	Ensayo de permeabilidad Triaxial	72
4.1.5	Parámetros de diseño del relleno sanitario	72
4.1.5.1	Tipo de relleno sanitario	72

4.1.5.2 Selección del método	73
4.1.5.3 Cálculo de la cantidad de residuos a disponer.	74
4.1.5.3.1 Proyección de la población	74
4.1.5.3.2 Generación per cápita de residuos	76
4.1.5.3.3 Proyección de la generación per cápita futura de residuos sólidos.....	78
4.1.5.3.4 Generación de residuos sólidos domiciliarios.	79
4.1.5.3.5 Generación de residuos sólidos municipales.	79
4.1.5.3.6 Volumen de residuos sólidos municipales.....	79
4.1.5.3.7 Volumen de residuos sólidos municipales más material de cobertura.	80
4.1.5.3.11 Cálculo de proyección de la generación de residuos sólidos y área total requerida para todo el relleno sanitario.	80
4.1.6 Cálculo de la capacidad útil, volumen y área requerida para las celdas relleno sanitario	82
4.1.7 Diseño celdas relleno sanitario.....	84
4.1.8 Volumen anual de residuos dispuestos.....	86
4.1.9 Vida útil.....	87
4.1.10 Diseño de taludes.....	87
4.1.11 Generación de lixiviados	88
4.1.12 Diseño de poza de lixiviados	90
4.1.12.1 Diseño del canal interceptor de aguas de escorrentía	91
4.1.12.2 Localización de los pozos de monitoreo.....	92
4.1.12.3 Drenaje de gases.....	93
4.1.13 Cálculo del área requerida para la Segregación de Residuos Sólidos.	94

4.1.14	Cálculo del área requerida para el almacenamiento de Residuos Sólidos.....	96
V.	Conclusiones.....	101
VI.	Recomendaciones.....	103
VII.	Referencias	104

Lista de Figuras

Figura 1: Calle de Chancay baños llena de desechos.....	16
Figura 2: Botaderos ilegales en los que la población desecha su basura.....	17
Figura 3: Los vertederos ilegales son la única forma de contención para los desechos producidos por la población de esta localidad.....	18
Figura 4: Botadero informal.....	19
Figura 5: Moto carguera y medidas de seguridad del personal.....	19
Figura 6: Camión de basura – estado actual.....	20
Figura 7: Condición actual – calles.....	20
Figura 8: Sistema de Información para la gestión de residuos sólidos.....	21
Figura 9: Ubicación del botadero.....	22
Figura 10: Gestión responsable de los residuos municipales.....	41
Figura 11: Área requerida del relleno sanitario.....	43
Figura 12: Producción per cápita de los residuos sólidos.....	43
Figura 13: Volumen de celda.....	44
Figura 14: Volumen total ocupado.....	44
Figura 15: Largo de la celda.....	45
Figura 16: Vida útil del terreno.....	45
Figura 17: Pasos para fragmentar los residuos sólidos.....	48
Figura 18: Geometría de la plataforma.....	52
Figura 19: Ubicación del Terreno 2 – Chancay Baños.....	67
Figura 20: Método de área.....	74
Figura 21: Distribución de los residuos sólidos (Aprovechables vs No Aprovechables).....	77
Figura 22: Densidad de diseño de la celda diaria y del relleno sanitario manual.....	79
Figura 23: Taludes recomendados en corte.....	85
Figura 24: Perfil de relleno sanitario y diseño de taludes en programa Civil 3D.....	88
Figura 25: Sección transversal de poza de lixiviados en programa Civil 3D.....	91
Figura 26: Localización de pozos de monitoreo de aguas subterráneas y lixiviado en un relleno sanitario.....	93
Figura 27: Instalación de chimeneas para drenaje de gases.....	94

Lista de Tablas

Tabla N° 1: Cálculo de población beneficiaria.....	63
Tabla N° 2: Tamaño de la muestra domiciliaria.....	63
Tabla N° 3: Generación per cápita.....	64
Tabla N° 4: Matriz de valoración.....	66
Tabla N° 5: Coordenadas del Terreno brindadas por la Municipalidad.....	68
Tabla N° 6: Coordenadas de vértices UTM – WGS 84 de la poligonal cerrada.....	69
Tabla N° 7: Resumen de extracción de muestras mediante calicatas.....	70
Tabla N° 8: Resumen de clasificación de suelos- estratigrafía.....	71
Tabla N° 9: Población futura para veinte años.....	76
Tabla N° 10: Área total requerida para todo el relleno sanitario.....	81
Tabla N° 11: Volumen y Área total requerida para las celdas relleno sanitario.....	83
Tabla N° 12: Taludes recomendados en corte.....	84
Tabla N° 13: Cálculo del volumen anual de residuos dispuestos.....	86
Tabla N° 14: Área Requerida para la Segregación de Residuos Sólidos.....	95
Tabla N° 15: Área requerida para el almacenamiento de Residuos Sólidos.....	97

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo realizar una solución ambiental para el problema de manejo de residuos sólidos Municipales del Chancay Baños en la Provincia de Santa cruz Departamento de Cajamarca, mediante este proyecto se diseñó la infraestructura para el aprovechamiento y disposición final de residuos sólidos, el cual, permitirá que la población se involucre en la comercialización y reciclado formal mediante la valorización de residuos aprovechables. Y también la adecuada disposición final de residuos no aprovechables para minimizar los impactos ambientales y sanitarios producto de la actual disposición en botaderos a cielo abierto que no cumplen con los requerimientos básicos medioambientales. El diseño de la infraestructura se ejecutará en un área de 07 hectáreas que contará con un relleno sanitario manual propiamente dicho, drenaje de lixiviados, dos plantas de valorización: segregación y almacenamiento, accesos internos, Instalaciones auxiliares como caseta de control, oficina administrativa, servicios de agua y saneamiento y vestuario, entre otros necesarios. Para el desarrollo del proyecto se realizó el estudio de caracterización de residuos sólidos ya que la Municipalidad Distrital de Chancay Baños no contaba con dicho estudio, Además, se descubrió la magnitud de la población favorecida, se llevó a cabo un análisis de zonas para elegir la opción de terreno más adecuada. Luego, se efectuaron los análisis pertinentes como levantamientos topográficos y evaluaciones de la mecánica del suelo, junto con todos los requisitos necesarios para formular el diseño, partiendo de las directrices proporcionadas por el MINAM y otras fuentes de credibilidad, que sirvieron como fundamentos teóricos.

PALABRAS CLAVE: Residuos sólidos, Disposición final, Residuos aprovechables y no aprovechables, Valorización, Lixiviados.

Abstract

The objective of this project is to carry out an environmental solution for the problem of municipal solid waste management of Chancay Baños in the Province of Santa Cruz, Department of Cajamarca, through this project the infrastructure for the use and final disposal of solid waste, the which will allow the population to get involved in the commercialization and formal recycling through the recovery of usable waste. And also the adequate final disposal of non-usable waste to minimize the environmental and health impacts resulting from the current disposal in open-air dumps that do not meet basic environmental requirements. The design of the infrastructure will be carried out in a 07-hectare area that will have a manual sanitary landfill itself, leachate drainage, two recovery plants: segregation and storage, internal access, auxiliary facilities such as a control booth, administrative office, services of water and sanitation and clothing, among other necessities. For the development of the project, the solid waste characterization study was carried out since the District Municipality of Chancay Baños did not have said study. In addition, the magnitude of the favored population was discovered, an analysis of zones was carried out to choose the most suitable land option. Then, the pertinent analyzes such as topographic surveys and soil mechanics evaluations were carried out, along with all the necessary requirements to formulate the design, based on the guidelines provided by MINAM and other credible sources, which served as theoretical foundations.

KEYWORDS: Solid waste, Final disposal, Usable and unusable waste, Recovery, Leachate.

I. Introducción

La alarmante crisis sanitaria producida por el nuevo coronavirus ha afectado, y de forma alarmante, a muchos ámbitos concernientes a la sanidad pública, siendo una de ellas, la gestión y tratamiento para la exagerada cantidad de residuos sanitarios procedentes de hospitales que tratan este mal. En Barcelona, España, se está investigando acerca de una mala gestión referida a este peligroso tipo de residuos generados durante la reciente pandemia, por parte de tres empresas encargadas de desechar todo tipo de residuos. El fiscal Antoni Pelegrín informa que no han tenido un trato adecuado al momento de desechar los mencionados residuos, llegando a usar incluso un vertedero ubicado al aire libre, lo que seguramente propiciaría la creación de un nuevo foco de dispersión para este virus. [1]

Pero las consecuencias que se producen por la indebida eliminación de basura afectan a todo el mundo, siendo Latinoamérica una de las zonas que más sufre dichos actos. Un problema muy reciente que viene ocurriendo en México, es el incremento en cuanto a lo que generación de basura se refiere, ya que este ha aumentado un alarmante 10,8% durante los últimos 8 años, según las cifras del Semarnat. Lo que indica que, para este año, México genera al día 120 128 Tn de RSU, y aunque en su mayoría se podría aprovechar; solo un 5% se recolecta separando la parte orgánica de la parte inorgánica. Esto se agrava, ya que, según el Semarnat, en dicho país prevalece el desecho de estos residuos en botaderos de cielo abierto en los rellenos sanitarios, aunque estos trabajen, el gran número de veces lo realizan de forma incorrecta, por un defectuoso plan de manejo de estos desechos sólidos. [2]

En Quito, capital de Ecuador, se logró conocer la crítica situación que vive uno de sus principales rellenos sanitarios, llamado El Inga. La emergencia de dicho vertedero se anunció y declaró el pasado 26 junio, produciendo con esto la destitución del señor Hernán Alvarado de su cargo como gerente en EMGRIS, que se encarga del manejo de este botadero. El actual gerente de esta empresa, el señor Xavier Sinche, anunció la inmediata toma de acciones en fin de evitar el colapso, las cuales serían, seguir la licitación, que inició la anterior gestión, del cubeto 10, y también, se buscará una empresa nueva para el cumplimiento del permanente trato de los líquidos percolados, producidos por la putrefacción de los desechos. [3]

En Perú, el manejo de la basura representa una preocupación significativa para la salud y medio ambiente, ya que casi un 50% de basura producida por estos no llega a rellenos sanitarios, por tal motivo, estos desechan en lugares como los botaderos, que son inadecuados para dicho fin. El asunto radica en la poca cantidad de rellenos sanitarios en nuestro país, pues los existentes, no dan abasto ante la enorme cantidad de basura producida. De acuerdo con Isabel Quispe, doctora en recursos naturales, en la extensión de nuestro país, solo contamos con la existencia de 52 rellenos sanitarios y en tan solo 19 del total de regiones existentes, produciéndose así un alto déficit de estas estructuras. Este grave problema propicia la generación de muchos botaderos, lugares ilegales que generan focos infecciosos, teniendo un impacto negativo en nuestra sanidad pública. Y no es el único conflicto, ya que muchos de estos rellenos, lejos de ser una solución, al no manejarse de manera correcta, generan emisiones de metano, también nocivo tanto para las personas como para el ambiente. [4]

El Perú no es ajeno a todos los problemas que abarca la actual pandemia vivida por causa del nuevo coronavirus. El pasado 25 de abril, un camión compactador proveniente de una sede perteneciente a la Municipalidad Provincial de Chiclayo – Lambayeque, arribó con un botadero informal, ubicado en Pampas, Reque, a unos 40 minutos del centro de la ciudad, con el único fin de arrojar aproximadamente 1 tonelada de residuos hospitalarios, atentando contra protocolo programado para este tipo de desechos. Este botadero, refleja una pésima gestión de residuos en esta parte del país y es el más grande foco de contaminación para la región Lambayeque. [5]

En Cajamarca, se ha emprendido de manera inmediata un conjunto de medidas para disminuir la degradación del medio ambiente, derivada de la deficiente gestión de sus desechos sólidos, principalmente los que son desechados en medio de los parques o calles de la ciudad, con un plan que consiste en, no solo la eliminación de dichos residuos, sino también generar conciencia de no volver a ensuciar las calles. Se pudo reconocer que, en dicha ciudad, existen al menos 80 puntos críticos en los que se acumulaba la basura, sirviendo como focos de infección y transmisión de distintas enfermedades, empezando con al menos 16 de estos, que requieren acción inmediata, pero siempre apelando al compromiso de la gente, para no volver a generar dichos focos. [6]

En la localidad Cajamarquina de Chancay baños, sitio en el que se basa el desarrollo de esta investigación, la gestión de desechos producidos por su población es deplorable. Todo lo que respecta a su disposición final no es adecuado, por diversos factores, siendo los principales, la falta de algún tipo de segregación de estos desechos para, posteriormente, poderlos reciclar y, como cereza del pastel, la ausencia de rellenos sanitarios.

Figura 1: Calle de Chancay baños llena de desechos



Fuente: Elaboración propia.

Por lo que, ante tal falta de planeación, los pobladores y funcionarios, se ven en la obligación de usar una forma muy poco ortodoxa para asimilar las disposiciones finales de sus desperdicios, siendo esta la de simplemente desechar a cielo abierto todos aquellos residuos producidos por el pueblo.

Figura 2: Botaderos ilegales en los que la población desecha su basura



Fuente: Elaboración propia.

Una mala gestión de estos residuos, como la que tiene actualmente esta localidad, propician la creación de focos propagadores de muchas enfermedades, de manera directa e indirecta, así como también contaminación ambiental, nociva tanto para las personas como para el ambiente y quienes lo habitan. Este problema también genera la aparición de animales molestos y peligrosos para la salud, como los gallinazos, moscas o roedores, entre otros.

Figura 3: Los vertederos ilegales son la única forma de contención para los desechos producidos por la población de esta localidad



Fuente: Elaboración propia

El distrito de Chancay Baños se caracteriza por presentar una temperatura promedio de alrededor 16°C, con un máximo de 24°C y un mínimo de 12°C. Además de lo mencionado, la humedad característica es del 95% y cuenta con una velocidad del viento que puede llegar a los 18 km/hora, acompañada de una probabilidad de precipitación de 48%. Es importante destacar que este distrito evaluado se encuentra a una altitud de 1 625 metros sobre el nivel del mar, con una población característica de 3 355 habitantes y abarca un área de 120.04 kilómetros cuadrados. [7]

En relación a la recolección de residuos, teniendo como base la información obtenida en el trabajo de campo, un equipo de cuatro personas se encarga de esta actividad. Además, se dispone de dos motos cargueras para el transporte, con dos individuos en cada una: uno es el recolector propiamente dicho, mientras que el otro se encarga de conducir. Esta labor se realiza de lunes a viernes, entre las 8:00 AM y 10:00 AM, efectuando alrededor de 7 u 8 viajes, hacia el botadero informal. Asimismo, es relevante señalar que el barrido de las calles, se realiza entre las 5:00 PM y las 7:00 PM, estando conformado por 12 personas, las cuales están distribuidas en las diferentes calles del distrito.

Figura 4: Botadero informal



Fuente: Elaboración propia

Respecto a los elementos de protección utilizados por aquellos encargados de la recolección de desechos, suelen llevar un mandilón impermeable, que cubre la totalidad de su cuerpo, incluyendo su cabeza. Además de ello, cuentan con una mascarilla que los protege de cualquier particulado que pueda tener la basura recogida.

Figura 5: Moto carguera y medidas de seguridad del personal



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración que se presenta a continuación, se evidencia las condiciones actuales del camión de basura de la localidad analizada, el cual ha sufrido un choque, hace ya varios años y se encuentra en estado deplorable.

Figura 6: Camión de basura – estado actual



Fuente: Elaboración propia

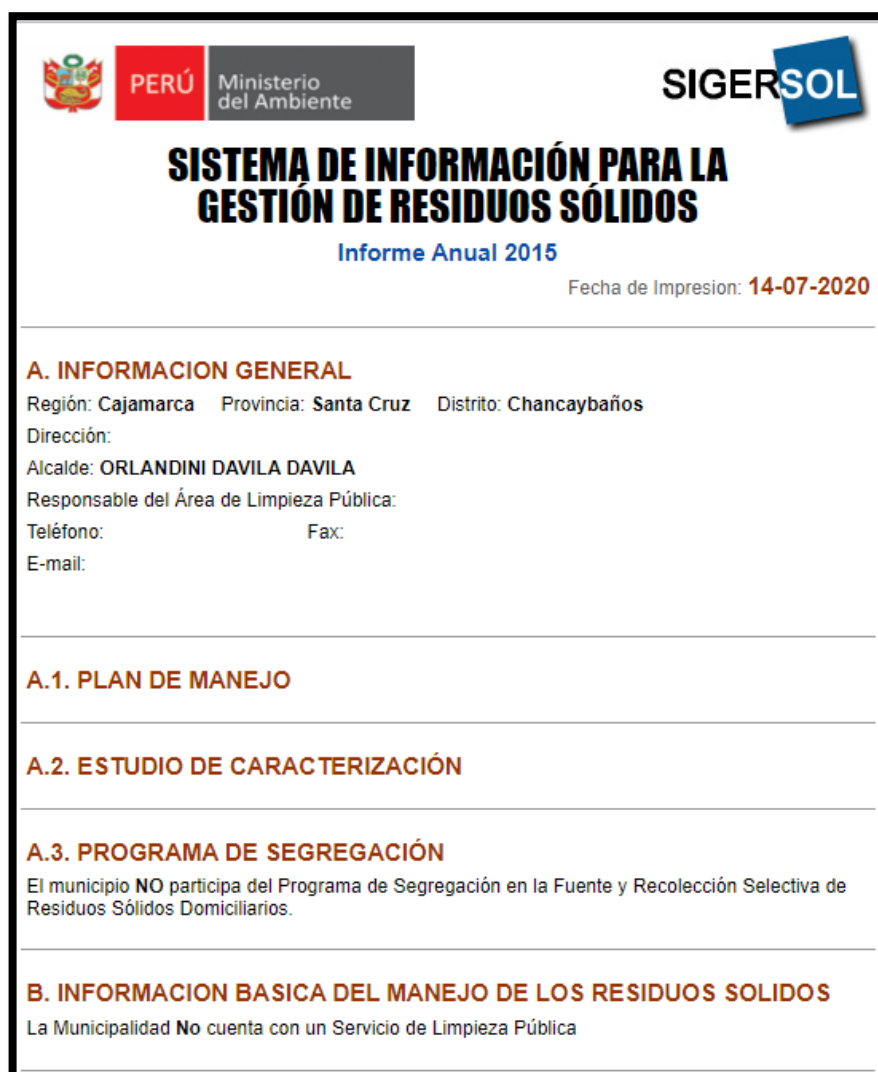
Figura 7: Condición actual - calles



Fuente: Elaboración propia

A pesar que se hace el esfuerzo de mantener las calles en buen estado, queda expresado en las imágenes anteriores, demostrando que la falta de conocimiento por parte de los mismos pobladores, ha llegado a generar tal incidente y/o existe la posibilidad, que la cantidad de trabajadores que se dedica a esta actividad, no es la suficiente.

Figura 8: Sistema de Información para la gestión de residuos sólidos



PERÚ Ministerio del Ambiente **SIGERSOL**

SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Informe Anual 2015 Fecha de Impresión: 14-07-2020

A. INFORMACION GENERAL

Región: Cajamarca Provincia: Santa Cruz Distrito: Chancaybaños

Dirección:

Alcalde: ORLANDINI DAVILA DAVILA

Responsable del Área de Limpieza Pública:

Teléfono: Fax:

E-mail:

A.1. PLAN DE MANEJO

A.2. ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN

A.3. PROGRAMA DE SEGREGACIÓN

El municipio **NO** participa del Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos Domiciliarios.

B. INFORMACION BASICA DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

La Municipalidad **No** cuenta con un Servicio de Limpieza Pública

Fuente: SIGERSOL (2019)

Con el propósito de proporcionar información necesaria proveniente de una fuente confiable acerca de la cantidad diaria de desechos generados en el distrito de Chancay Baños, se ha consultado en SIGERSOL; sin embargo, se ha observado que no se dispone de información detallada en su plataforma web. Así mismo, en base a la información recolectada de campo, es que se ha procedido a determinar, mediante cálculo, la cantidad de basura diaria producida. Al contar con dos motos cargueras, con una capacidad de carga de 4.30 m³, y una cantidad de viajes promedio de 8 al día, es que se ha podido suponer que se han generado un total de 34.40 m³ de basura diaria.

Figura 9: Ubicación del botadero



Fuente: Elaboración propia

La figura muestra la ubicación del botadero, el cual se encuentra a una distancia de 3.60 kilómetros de la localidad.

La situación problemática expuesta, se ha caracterizado por demostrar la falta de gestión adecuada para la disposición final de los desechos sólidos. Además, la recolección de estos desechos, no ha alcanzado los niveles de eficiencia óptimos, con el fin de salvaguardar el buen estado y la libertad de basura que deberían de demostrar las calles del distrito de Chancay baños.

En base a la realidad problemática expuesta, fue que se planteó el siguiente objetivo general: Diseñar el relleno sanitario para el tratamiento de residuos sólidos en el Distrito de Chancay Baños, Provincia de Santa Cruz, Departamento de Cajamarca, 2020. Además, cabe señalar que los objetivos específicos de la investigación, han sido los siguientes: 1) Diagnosticar el manejo actual de los residuos sólidos en el Distrito de Chancay Baños; 2) Clasificar el tipo de residuos sólidos que son generados en el Distrito de Chancay Baños; 3) Justificar la selección y viabilidad del terreno de propiedad, en donde se realizará el proyecto; 4) Desarrollar el estudio de mecánica de suelos y ensayos especiales a la poza de lixiviados; 5) Hacer el estudio topográfico de la zona en estudio; 6) Hallar la cantidad y volumen de residuos sólidos proyectados en el Distrito de Chancay

Baños; 7) Dimensionar un relleno sanitario que funcione de una manera adecuada a la realidad del Distrito de Chancay Baños; 8) Diseñar los accesos y las obras complementarias, al proyecto desarrollado; 9) Realizar los costos y presupuestos del relleno sanitario diseñado; 10) Elaborar la Evaluación de Impacto Ambiental del relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos en el Distrito de Chancay Baños; 11) Seleccionar el tipo de relleno sanitario y el tiempo de vida útil del mismo; 12) Evaluar el plantear el diseño de una planta de tratamiento de residuos sólidos y 13) Evaluar la rentabilidad técnica y económica del proyecto.

Además, cabe destacar que la investigación se ha justificado desde el aspecto social, económico, ambiental y metodológico, los cuales serán descritos a continuación:

En Chancay Baños, la cantidad de basura, no solo en los botaderos informales sino también a zonas como calles, veredas o parques, es demasiada, la falta de una gestión adecuada lleva a que esta localidad cuente con una elevada contaminación visual, a causa de esto, la gente siente incomodidad de ir por las calles debido al mal olor emanado por los desechos mal manejados, mermando también, en cierta medida, el turismo que podrían alcanzar. Por lo que un relleno sanitario sería una gran opción para contrarrestar este problema, teniendo en cuenta que la creciente población no dejará de generar desperdicios. Esta medida de solución tendría un impacto positivo considerable en la comunidad, ya que mejoraría significativamente la calidad de vida de sus residentes. Además, promovería una mayor preservación de sus entornos naturales, esenciales para mejorar el bienestar general de la población.

Un vertedero sanitario, si bien es de vital importancia en términos de infraestructura, puede llegar a tener un costo que las municipalidades se ven reacias a asumir. Afortunadamente esto es simplemente el costo de su instalación, ya que, a la larga, los beneficios también son económicos, no solo por un posible ingreso monetario debido a un más que probable turismo sino porque se dejaría, en el caso de Chancay Baños, de arrendar terrenos para poder esconder los desechos generados por sus pobladores.

Es, casi con toda seguridad, el aspecto que más beneficios vería por parte de una futura instalación referida a estas infraestructuras. No solo reduciría notablemente la contaminación ambiental generada por los vertederos ilegales actuales, puesto que, en esta disposición final, estos se tratarán de manera responsable, sino también, todo lo concerniente a distintas enfermedades producidas por una nociva aglomeración de desechos y la incubación de diversos nidos para

animales nocivos tales como los roedores, garrapatas, gallinazos y similares. Realizando una adecuada gestión junto a este relleno sanitario, se conseguiría mantener limpia la localidad, evitar el daño en perjuicio del bienestar público y, como no, poder empezar una más que necesaria cultura de reciclaje entre la población.

El presente proyecto fue elaborado teniendo como base el uso del método científico, con la finalidad de poder obtener resultados referidos a nuestro campo de estudio. En este aspecto, todas las variables e indicadores que están dentro del estudio realizado, tendrían utilidad al ser usados en posteriores proyectos similares, tanto a nivel nacional como internacional, con el fin de evaluar adecuadamente la gestión y tratamiento de los desechos sólidos.

II. Marco Teórico

2.1. Antecedentes del problema

Merchan, O. y Pomavilla, C., en su investigación se han planteado como objetivo general, el diagnosticar y solventar el problema sanitario en una localidad llamada Camilo Ponce Enríquez, mediante un relleno sanitario. La metodología empleada ha contribuido en el correcto diagnóstico final. La conclusión final del proyecto señala las carencias que ha presentado el mencionado cantón, para hacerle frente a la contaminación medio ambiental y el severo impacto ambiental que producen los desechos pesimamente manejados, afectando no solo a la población de dicho lugar, sino también a la biodiversidad de un río aledaño, llamado Guanache, así que fue necesario recomendar el implementar, tanto el vertedero sanitario mencionado, como de un plan para gestionar los cuidados del ambiente, con el fin de prolongar su eficacia en el tiempo. En relación al diseño del vertedero sanitario, se propuso la consideración de un período de utilidad de 20 años, en donde ha sido necesario, el uso de 12 celdas, las cuales han tenido un tiempo de vida promedio, de 335 días, en promedio, siendo las mismas, las que han seguido de un tratamiento de lixiviados para ofrecer una adecuada disposición final. De igual forma, se ha señalado que la cantidad de producción diaria por habitante, mediante la cual se ha diseñado el relleno sanitario, ha sido de 0.46 kg/hab/día. Ha sido de esta forma, en la que se ha podido demostrar que la infraestructura diseñada, ha tenido que contar con un incremento, en cuanto a las dimensiones de diseño a las que se ha podido llegar. Mientras que, el diagnóstico inicial de la infraestructura, ha demostrado que el almacenamiento de los desechos, no sólo consta de almacenar estos elementos y esperar a que se puedan degradar, sino que se fundamenta en un procedimiento de caracterización y clasificación; así como, el tratamiento con el propósito de disminuir en cierta medida, el tiempo necesario para la degradación de los mismos. Esta investigación nos servirá para el correcto diagnóstico de los problemas sanitarios presentes en nuestro ambiente de estudio. [8]

García, A. y Hooker, L., en su estudio se han planteado como objetivo general, el proponer una mejora en el tratamiento de desechos sólidos generados por la población del municipio de Ocotál. La metodología propuesta por los autores ha sido mayormente descriptiva, explicando el diagnóstico resultante. Los resultados han demostrado que se debe implementar un relleno sanitario del tipo Semi mecanizado, ya que se está tomando en cuenta toda la cantidad de población a proteger y la cantidad de desechos que estos producen, y al tomar en consideración las condiciones

meteorológicas del ambiente diagnosticado y la extensión de dicho lugar, se plantea que el tipo de relleno a construir sea el de trinchera. Además de lo mencionado, los resultados han señalado que el Municipio de Ocotlán, ha decidido realizar la construcción de un relleno sanitario, en el que se han incluido materiales, tales como: papel, cartón, madera, tela, metales y plásticos. Cabe señalar, que con respecto al diseño, se ha tomado como punto de partida la generación de 0.53 kg/hab/día de residuo, alcanzando un total de 2405.34 kg/día. Además, se ha considerado un total de 8 celdas, las cuales han tenido un tiempo de vida útil de 240 días. Todo este compendio, ha conllevado que no sólo se haya contado con un proceso de construcción del relleno sanitario, sino que se haya incluido todo un proceso de capacitación, en donde se ha incluido la consideración de depósitos de residuos sólidos en las calles de la ciudad, con la finalidad de que la recolección de basura, por parte de los camiones recolectados haya sido más eficiente. Se ha concluido en el proyecto, que el área designada para el relleno sanitario cumple con los requisitos técnicos según diversos estatutos y que a, operaciones normales, cuenta con un tiempo de vida de hasta 15 años. [9]

Salazar, P., en su investigación se ha planteado como objetivo general, realizar el análisis en la parroquia llamada Sancan ubicada en el cantón Jipijapa, para implementar un relleno sanitario, ante la problemática concerniente a los peligros provocados por los restos sólidos mal desechados. La metodología aplicada en el proyecto es variada, constando de un método analítico, uno sintético y uno empírico. Los resultados han indicado la correcta disposición para poder seleccionar las diversas características del relleno sanitario, considerando los datos ambientales y estructurales del lugar en el que se plantea este proyecto. Además de lo mencionado, es pertinente mencionar que la recolección de la basura en la zona analizada, no se ha realizado de forma eficiente, trayendo como consecuencia que no se realice un proceso de selección y caracterización adecuado. Ante ello, en el nuevo diseño se ha procedido a caracterizar la composición de los desechos sólidos, siendo los siguientes: 14.54% de madera, 21% de plástico y 16% de vidrio, entre otros materiales, que han representado el resto de porcentajes, lo cual ha conllevado a alcanzar un total de 0.37 kg/hab/día. Además, se ha podido verificar que se ha producido un total de 14 toneladas de basura semanalmente, siendo requerido un promedio de 15 celdas, con la finalidad de ofrecer un tiempo de vida útil del relleno, de 30 años. Las conclusiones nos indican que, para el correcto uso del relleno, debe de existir diversos factores, como canales para evacuar aguas de escorrentía o un control para el biogás generado por la putrefacción de los desechos sólidos, así como también, debería contar con la infraestructura adecuada para su correcto mantenimiento. Este proyecto

aportará a mi investigación con el correcto desarrollo, por parte del autor, de su análisis y diagnóstico situacional en este lugar y el diseño apropiado del relleno sanitario a proyectar, contando con todos los requerimientos necesarios. [10]

Causa, M., su investigación tuvo como objetivo: determinar cuánto residuo se produce en el distrito de Cairani, para así, dimensionar de manera correcta el relleno sanitario a implementar. El tipo de investigación empleada, ha sido el descriptivo, ya que se ha narrado los distintos parámetros a utilizar en la investigación para llegar a un resultado concluyente a través de variados estudios. Los resultados arrojados por el diagnóstico, señalaron los distintos parámetros a usar en un diseño de un relleno sanitario manual, usando a su vez, los criterios de la “Guía de Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Relleno Sanitario Manual” para su correcta aplicación técnica, así como también, se especificó los aspectos considerables al momento de elegir un lugar para ubicar dicho relleno sanitario. Además de lo expresado, cabe señalar que la cantidad de residuos sólidos que han sido generados por día, ha sido de 116.40 kg/día, teniendo una densidad aproximada de 155.33 kg/m³. Con respecto al relleno sanitario, se ha podido señalar que el tiempo de retorno con la que se ha diseñado la estructura, ha sido de 25 años, con la finalidad de ofrecer una adecuada capacidad de tratamiento, hacia los residuos generados en el distrito de Cairani. Además, se ha considerado una densidad promedio del residuo de 548.63 kg/m³, en donde se ha alcanzado un área total de residuos de 1937.70 m², considerando un 50% de materia orgánica de producción y un 34% de elementos inertes. En conclusión, tomando en consideración las normas antes mencionadas y los parámetros hallados en el diagnóstico realizado, se estipuló un tiempo de vida no menor a 5 años, proyectándose también las dimensiones de su ubicación. Este proyecto será tomado en cuenta por mi para el correcto uso de las útiles normas expuestas, a fin de conseguir un óptimo resultado. [3]

Perez, M., en su investigación se planteó disminuir la contaminación, principalmente producida por un pésimo manejo de la gran cantidad de desechos sólidos eliminados en el mencionado distrito de Cachicadan. La investigación ha sido del tipo aplicativo experimental, ya que han podido llevar a cabo dicho proyecto. Los resultados del dimensionamiento de la infraestructura han sido dados por el correcto uso y manejo de la normativa ambiental vigente, por lo cual fue posible resolver que se iba a emplear un relleno sanitario de tipo manual teniendo en cuenta también que el número de desechos sólidos residuales en dicho lugar fue de 1.1 Tn/día, más que aceptables para las 6,0

Tn/día que logra resistir dicho tipo de infraestructura. Así mismo, se ha alcanzado una densidad de los residuos sólidos urbanos, de 578 kg/m³; mientras que, el periodo de diseño tomado como referencia, ha sido de 25 años, en donde se ha alcanzado una producción del 74% de residuos reciclables, con lo restante de elementos no reciclables. Además de lo mencionado, con respecto al carácter residual y permanente de los materiales que son esperados de controlar, ha surgido un gran inconveniente, que ha sido el poco espacio con el que se ha dispuesto, para poder realizar el relleno sanitario correspondiente, en donde la zona de basura no ha sabido abastecer a la alta generación de residuos. Ha sido de esta forma, en donde se ha pretendido diseñar un relleno sanitario con una mayor cantidad de profundidad. Sin embargo, esta decisión ha conllevado a que se alcancen costos de más de \$ 1 081 416.70 millones de dólares. Se pudo concluir que la instalación a realizar en dicha comunidad era consecuente con el proyecto, por lo cual se pudo realizar teniendo en consideración las normas aplicadas. El aporte que nos brinda este trabajo, es el adecuado manejo de un trabajo realizado de manera real, teniendo en cuenta diversos factores. [11]

Vásquez, P., ejecutó su investigación en la población del distrito de San Juan Bautista, con el objetivo de determinar las consecuencias producidas por la falta de un adecuado manejo y tratamiento de sus desechos. Esta investigación fue no experimental y de diseño descriptivo correlacional, ya que se realizó a través de encuestas con los jefes de familias para medir el impacto de esta polución, en la población. Los resultados demuestran que los pobladores de esta localidad sufren enfermedades por la gran contaminación generada por los restos mal manejados. Así mismo, los resultados han señalado que el medio ambiente se ha visto afectado de forma amplia, debido a que no se ha contado con un buen manejo de los residuos sólidos, generando de esta forma, la creación de distintos botaderos informales. La densidad alcanzada por estos residuos, ha sido de 587 kg/m³, con una ppc de 0.54 kg/hab/día. Además de ello, la cantidad de celdas consideradas, ha sido de 10, con un tiempo de llenado de aproximadamente 210 días. Esto ha traído como consecuencia que los pobladores hayan optado por la quema de basura, generando de esta forma, la generación de distintas enfermedades pulmonares y respiratorias, en las mismas. Se pudo concluir que un manejo inadecuado de la basura producida por las personas puede ser sumamente nocivos si hablamos de cómo afectaría en cuanto a propagación de enfermedades para con las personas cercanas a dicho foco de contaminación. Está investigación puede ser usada para concientizar acerca de los peligros de la descuidada manipulación de residuos sólidos, por lo cual se requiere en sí, un relleno sanitario, como una buena medida para frenar este problema. [12]

Rabanal, D., con su investigación buscó determinar las propiedades tangibles de los restos del tipo sólido generados en Chota, distrito de Cajamarca, usando un proceso llamado Caracterización de residuos. El tipo de investigación empleada, ha sido analítico y descriptiva, ya que se describe la realidad sin modificar ninguna variable. Los resultados arrojaron que en Chota los desechos a nivel domiciliario eran de 9 603 Kg/día y de 3 634,35 kg/día a nivel no domiciliario, lo que es información técnica que permitirá el diseño analítico del nuevo relleno sanitario. Además de ello, cabe señalar que los desechos que han sido generados en el lugar analizado, se han caracterizado por haber una gran cantidad de residuos sólidos de tipo plástico, vidrios y papeles. La confluencia de todos estos, ha alcanzado un valor de producción per cápita de 0.4980 kg/hab/día. El modelo que se espera diseñar, se ha centrado en alcanzar un nivel de optimización de más del 95%, debido a que no se ha contado con una serie de recursos económicos necesarios, como para poder alcanzar una optimización menor y un periodo de diseño menor, alcanzando un máximo de 15 años, de periodo de diseño. En conclusión, el estudio de dichos residuos sólidos dio a interpretar la necesidad de implementar un relleno sanitario en dicha localidad. La investigación será tomada como referencia para poder realizar un estudio detallado de las clases de desechos tomados en cuenta para la proyección del relleno sanitario. [13]

Tafur, C. y Cotrina, C., con su investigación buscaron implementar un centro en el cual se puedan clasificar los residuos sólidos, teniendo como fin el reducir la contaminación producidos por estos. El tipo de investigación, ha sido analítico y descriptiva, porque analiza a las muestras tomadas sin modificarlas. Los resultados muestran la factibilidad económica que supone la implementación de este centro para el soporte de una futura infraestructura de tratamiento para residuos sólidos, como un relleno sanitario. Con respecto a los costos del proyecto, se han podido alcanzar costos de inversión, de más de 14 958 931 millones de soles. Esto ha conllevado a que el índice de rentabilidad haya sido de valores de 1.41 nuevos soles, en donde se ha podido expresar que por cada sol que se ha invertido, se han alcanzado un valor de recuperación de 0.41 céntimos. Además, la densidad de los residuos sólidos, ha sido de 602.14 kg/m³, en donde se han alcanzado a producir un promedio de 0.41 kg/hab/día, considerando un tiempo de vida útil para el diseño, de 20 años. Así mismo, el material que más se ha producido como elemento residual, han sido las cajas de cartón, las cuales han tenido una representatividad de más del 50%, producto de la gran cantidad de colegios con la que se ha contado en la zona. Las conclusiones son variadas, ya que no solo detendrá un poco la contaminación, sino que también mejorará la economía y la eficiencia de

la municipalidad y su personal de limpieza. La investigación será tomada como referencia para poder realizar un estudio adecuado de un soporte adecuado para el correcto uso de nuestro sistema de relleno sanitario. [14]

Pastor, B. y Yapsam, A., con su investigación buscaron reducir la cantidad de desperdicios sólidos, así como su correcto reciclaje y reutilización, de ser posible. El tipo de investigación empleada, ha sido analítico no experimental, por el hecho de usar los datos estadísticos sin modificarlos. Los resultados fueron un 62.25% de materia orgánica y un 34.75% de materia no orgánica, con una producción de 0.471 kg/hab/día. De igual forma, como lo señalado, cabe señalar que se ha podido alcanzar un total de producción de cartón del 2.62%, de vidrio, en un 1.31% y de polvo de piedra, del 15.33%. Con respecto al polvo de piedra, se ha tenido principal problema, debido a que las entidades que suelen generarla, no suelen tener un procedimiento adecuado para su control, conllevando a que este haya quedado esparcido en toda la zona de Sócota. Sin embargo, uno de ellos planteamientos que se ha proporcionado en esta propuesta, ha sido la de planificar un conjunto de elementos de monitoreo de gestión ambiental, que han conllevado a reformar el procedimiento de recolección y control de polvo, con la incorporación de limitantes de madera o metálicos. En conclusión, al analizar la contaminación producida por dicha cantidad de residuos, se planteó ejecutar una gestión ambiental, para enfrentar a dicho problema. La investigación será tomada en cuenta por su análisis de una situación necesitada de una inmediata gestión en contra de una acumulación de residuos sólidos. [15]

2.2. Bases Teórico Científicas

2.2.1. Reciclaje

Este es un proceso, en donde el cúmulo de materia prima, empleado con la finalidad de ofrecer un uso adicional a los elementos que son empleados normalmente, en la vida diaria, tales como: el papel, el vidrio, el aluminio o el plástico. Además de ello, cabe señalar que este proceso, ha acontecido de forma primordial, a residuos urbanos de reciclaje, los cuales suelen ser los que alcanzan un mayor grado de contaminación en la vida diaria, conllevando a que se acelere el proceso de calentamiento global. [15]

El reciclaje, desde un punto de vista ambiental, suele conllevar a alcanzar una ventaja económica, en donde todo puede ser medido en cifras de ahorro de energía. Por ejemplo, cada

tonelada de papel que se llega a reciclar, suele generar un ahorro de energía de 4100 KWH. Dentro de los elementos que se evaluarán en la presente investigación, se cuenta con aquellos que forman parte de los residuos sólidos domésticos, en los que se puede hallar papeles, cartones, botellas de plástico y de vidrio; así como, materia orgánica, la cual se caracteriza, por ser de fácil degradación y suele conllevar a la conformación de humus. [15]

Es de esta forma, en la que se puede alcanzar el cumplimiento de la regla de las 4R, las cuales enmarcan la idea de reducir, reutilizar, reciclar y reemplazar. Bajo este concepto, se puede ahondar en mejorar el proceso de degradación con el que suelen contar, los diferentes materiales urbanos. Por este motivo, es que se deberá de realizar en un inicio, el proceso de reducción de elementos consumidos. [15]

Como paso siguiente, se puede reutilizar aquellos elementos que no suelen contar con un uso determinado para la persona misma, para posteriormente, poder reciclarlos, en tal caso no se pueda alcanzar a usar de forma eficiente, por segunda o tercera vez. Para finalizar con el proceso, se puede alcanzar el hecho que los materiales que no haya podido ser involucrados en cualquiera de las tres R's, se pueden reemplazar por aquellos de menor grado de contaminación. [15]

2.2.2. Residuos

Se llama residuo a determinado objeto que se desecha posteriormente a haber realizado una tarea asignada desde su concepción. Dicho material queda como un simple remanente, convirtiéndose en desecho, quedándose, por lo general, sin valor. [15]

Además de lo mencionado, estos pueden definirse como aquellos productos de las actividades de las personas, que son generados de forma diaria. El empleo de recursos ha conllevado a que las actividades humanas, suelen ofrecer un sin número de elementos residuales, los cuales son almacenadas de forma progresiva. Sin el adecuado procesamiento, se llega a un almacenamiento considerable, generando de esta forma, la acumulación del mismo y por ende, un grado de contaminación alto. [15]

2.2.3. Sólidos

La palabra sólido hace referencia a algún objeto o material macizo o fuerte, ya que un objeto denominado sólido tiene, no solo un volumen, sino también una forma constante, ya que existe una

gran cohesión entre las moléculas que lo forman, diferenciándolo de otros estados en las que la materia existe, como en estado líquido o gaseoso. [16]

Cuando se habla acerca del término sólido, se hace referencia a aquel material que puede ser palpado por el sentido del tacto. Cuando se recurre al término, en la aplicación de los residuos, se tiene que casi la totalidad de residuos, llegan a ser sólidos. Esto conlleva a que sea necesario el recurrir a estructuras que tengan la capacidad de poder recolectar y brindar un tratamiento óptimo a estos materiales. [16]

2.2.4. Residuos sólidos

Se conoce como residuos sólidos a determinados objetos que dejaron de realizar la función por la que fueron concebidas y, por lo tanto, al ya no considerarse útil por no cumplir con su propósito inicial, son eliminados. Aunque usados de manera adecuada, aún se pueden aprovechar. La basura o un desecho es, directamente, un producto resultante de algún tipo de actividad humana, quedándose sin valor, llevándolos a un botadero. [16]

Se trata de cualquier sustancia, objeto sólido o material que surja de la utilización de bienes en diversas actividades comerciales, domésticas e industriales. Estos elementos son dejados de lado o descartados una vez que han completado su ciclo de utilidad y tienen la posibilidad de ser aprovechados en la creación de nuevos bienes. [17]

Este término se refiere a los residuos generados por las acciones realizadas por las personas, que se pueden considerar inútiles o desechables, pero, con un tratamiento adecuado, se puede volver útil para otros usuarios, dicho de otra manera, son los desechos producidos por el hombre. [18]

Además de lo mencionado anteriormente, cabe señalar que los desechos materiales, constan de elementos de todo tipo, en donde se pueden alcanzar a medir elementos que vienen producto de zonas contaminadas, tales como, los hospitales. Así mismo, la alta demanda y el alto consumo de productos de todo tipo, ha conllevado a que los bienes que se suelen producir al día de hoy, han superado en gran medida a lo que se producía en la década pasada, generando de esta forma, el desarrollo de distintas formas de proceso, en los que se haya buscado reducir el tiempo de degradación de los mismos. [18]

2.2.4.1. Propiedades Biológicas, Químicas y Físicas del Residuo Sólido Urbano

Con el objetivo de gestionar adecuadamente los residuos sólidos generados por individuos, es esencial contar con un amplio entendimiento de sus características, así como de su composición. Dentro de estas propiedades, se tiene que comprender que cada residuo sólido urbano, tiene ciertas características, que pueden conllevar a ser más o menos contaminante. Esto influye directamente, en la capacidad que tiene este residuo para brindar resistencia a su tratamiento y/o transformación a otro que sea mucho más sencillo de manipular o tratar. [19]

Existen diversas actividades que conllevan a la generación de las propiedades biológicas, en donde existe la capacidad o característica, de que el suelo pueda conllevar a la disolución de minerales, nutrientes, materias orgánicas, estabilización de las estructuras, entre otros elementos, los cuales pueden ser degradados por el mismo suelo. Estos residuos se caracterizan por de fácil degradación y suelen generar en gran medida, la generación de soluciones contaminantes de material degradado. [19]

2.2.4.1.1. Propiedades Químicas

Estas propiedades son importantes, ya que sirven para evaluar diferentes alternativas de recuperación y procesamiento de los RSU. Cuando se habla acerca de una propiedad química, se tiene que comprender que esta se caracteriza por contar con la capacidad para alterar de forma significativa, las sustancias o elementos que se han visto afectados por dicha alteración. [19]

Mientras que, se puede señalar que las propiedades químicas tienden a ser observables, en donde se puede distinguir de manera considerable, las alteraciones en la composición que el elemento ha experimentado. A este proceso, se le denomina como cambio químico, en donde los enlaces químicos llegan a generar un conjunto de reacciones, con respecto a las sustancias. [19]

2.2.4.1.2. Propiedades Físicas

Algunas de las características físicas más relevantes en los RSU incluyen el nivel de humedad y la capacidad de retención de humedad, porosidad de un residuo compactado y el peso específico de dicho RSU. Este tipo de propiedades demuestra que los residuos sólidos urbanos, suelen caracterizarse por contar con un sin número de elementos, que conlleve a emplear métodos innovadores, para poder separar la parte líquida, de la parte gaseosa y la parte sólida que conforma a los mismos. [19]

Al igual que lo mencionado, es pertinente especificar que no todos los sólidos suelen tener las mismas características en ese estado, sino que suelen variar, dependiendo de la procedencia de los mismos. De igual forma, se señala que la procedencia de los mismos, es lo que conlleva a que algunos sean considerados como más contaminantes que otros. Por este motivo, es que la recomendación radica en se realice una caracterización y separación de elementos, de forma inicial. [19]

2.2.4.1.3. Propiedades Biológicas

La biodegradabilidad de una porción orgánica de un RSU es la característica más importante de este, en el apartado biológico, esto quiere decir, que alguna parte de todas las que lo componen (y son orgánicos) pueden transformarse en gases o sólidos inertes orgánicos e inorgánicos. Además de ello, las propiedades biológicas de los residuos sólidos domésticos, conllevan a que una gran cantidad de contaminantes pueda ser desarrollado en los mismos. [19]

De esta forma, es que estos componentes y estas bacterias desarrolladas, promueven que se desarrollen procesos biológicos, cuando se realiza una degradación por medio de un relleno sanitario. Además, es una gran ventaja el hecho de que se generen gases, debido a que pueden ser utilizados para la creación de electricidad, si es que es bien aprovechado. [19]

2.2.4.2. Clasificación de los Residuos Sólidos

La clave para obtener resultados consistentes y poder tratar a los residuos de una manera responsable, es conocer los distintos tipos de residuos que existen y cómo se agrupan. Así mismo, se señala que, dependiendo de la clase de residuos, se pueda alcanzar un proceso de tratamiento más especializado, siendo el proceso más importante, el hecho de que se genere la reutilización de muchos de ellos, tales como los papeles, los vidrios o el caucho, habiendo otros más. [20]

Ante lo expuesto, se tiene la posibilidad de exponer las distintas clasificaciones que se pueden alcanzar a contar, en base a este tipo de residuos:

2.2.4.2.1. Según su estado físico

Con respecto a la clasificación, de acuerdo al estado físico, se puede señalar que existen tres tipos: los residuos sólidos, líquidos y gaseosos. Los residuos sólidos, son aquellos que tienen una condición física, con cierto grado de dureza que puede ser palpada por el tacto humano. Además

de ello, se tienen a los residuos líquidos, los cuales suelen estar conformados, por una gran cantidad de humedad dentro de su composición. [19]

Si es que se hace referencia a los residuos gaseosos, se señala la existencia de gas metano, el cual es producido, a consecuencia de la degradación de los diferentes materiales que conforman a los desechos sólidos urbanos. Todos estos estados, son separados en los procesos internos que se desarrollan en un relleno sanitario. [19]

2.2.4.2.2. Según su gestión y manejo

2.2.4.2.2.1. Residuos de gestión municipal

Son aquellos que tienen un origen doméstico (hojas, recipientes, pañales desechables, latas, entre otros); comercial (embalajes, cartón, artículos desechables para aseo personal, papel y similares); aseo urbano (barrido de calles, maleza y similares); y de cualquier otra actividad que produzcan residuos parecidos, que deberían estar en rellenos sanitarios. [20]

Este tipo de desechos, son los producidos por las mismas personas que habitan la zona de estudio, en donde no se incluyen elementos que han sido emitidos por instituciones que se caracterizan por producir desechos de alta toxicidad o que se han contenido alta carga biológica. Este tipo de residuos tienen que tener un proceso de tratamiento especial, con la finalidad de que no lleguen a contaminar al resto de materiales tratados. [20]

2.2.4.2.2.2. Residuos peligrosos de gestión no municipal

Estos desechos presentan una amenaza significativa para la salud pública o el entorno ambiental, ya sea por sus características altamente nocivas o al manejo que se les tiene que dar. Algunas de esas características pueden ser: corrosividad, auto combustibilidad, reactividad, explosividad, patogenicidad o toxicidad. [20]

Además de los mencionados anteriormente, se tiene la pertinencia de señalar que uno de los establecimientos que generan un gran nivel de contaminantes, son los hospitalarios. Esto se debe a que el personal de salud, suele hacer uso de diferentes materiales de uso clínico, dentro de los que se encuentran jeringas, pastillas, antibióticos o residuos de personas que han sido tratadas con alguna enfermedad de alta capacidad de contaminación y contagio. [20]

2.2.4.2.3. Residuos no peligrosos de gestión no municipal

Se denominan de esta manera a aquellos residuos que no entrarían en ninguna clasificación de alguno de los tipos antes mencionados y que cuentan, casi siempre, con una autorregulación. Este tipo de elementos, no suelen ser considerados, debido a la gran variedad, en cuanto a sus características. Es de esta forma, mediante el cual se ha determinado que los desechos no peligrosos de manejo no municipal, son de fácil degradación y suelen tener una disposición final, no controlada por una EPS. [20]

2.2.4.2.3. Según su procedencia:

2.2.4.2.3.1. Industriales

Estos surgen de diversas operaciones industriales, tales como la fabricación, producción, transformación, limpieza, utilización o consumo. Este tipo de residuos, se caracterizan por formar parte de toda la línea de procesos que conforman a las fábricas, las cuales pueden llegar a elaborar elementos de condición altamente tóxica o elementos de descarte que puedan ser controlados de forma eficiente. [20]

Cabe señalar que las mismas fábricas, son las primeras responsables en asegurar que se haya podido proporcionar una correcta eliminación final a los desechos que llegan a generar, lo que conlleva a que, en un proceso de supervisión, estas sean las primeras responsables. Es de esta forma, en la que, si es detectado alguna condición tóxica de los residuos producidos, se tiene que contactar con una entidad prestadora de servicios, que se encargue del procesamiento de estos residuos. [20]

2.2.4.2.3.2. Sanitarios

Son aquellos que se generan del área de salud, es decir, provienen principalmente de hospitales, clínicas, veterinarias, entre otros, ya que estos se producen, generalmente, de diagnósticos o tratamientos. Estos suelen tener alta carga biológica y generan de igual forma, la alta probabilidad de que se pueda generar algún rebrote o contaminación del personal que suele manipular a los mismos residuos. [20]

Así mismo, cabe señalar que la peligrosidad de estos residuos, no sólo se encuentra en la disposición final de los mismos, sino que se halla en la recolección y recopilación de los mismos,

conllevando a que no puedan ser combinados con los demás desechos sólidos urbanos, que suelen ser manipulados con elementos de seguridad mínimos, sino que se deben de contar con un sistema de seguridad que evite que pueda haber alguna clase de contagio o que los encargados de la recolección, puedan reducir el nivel de riesgo en su manipulación. [20]

2.2.4.2.3.3. Residuos sólidos urbanos

Esta es la denominación que reciben aquellos desechos que provienen directamente de la población y son el principal foco de atención para las municipalidades en cuanto a gestión de desechos se refiere. Estos suelen estar conformados por los desechos de mayor uso por la población en generales, tales como papeles, cartones, plásticos, vidrios, etc. [20]

Estos suelen ser recogidos por los camiones recolectores urbanos. Sin embargo, para este caso, se tienen dos problemas principales, el hecho de que se realice una recolección adecuada, y el hecho de que la misma población, tenga la capacidad y el conocimiento, para poder establecer una separación de los diferentes elementos que conforman a los desechos, que lleguen a facilitar el proceso de clasificación. [20]

2.2.4.2.3.4. Agrícolas

Este tipo de desechos proceden, evidentemente, de la ganadería, la pesca, la agricultura, la industria alimenticia o las explotaciones forestales. Estos provienen de diferentes elementos leñosos o de elementos productivos, que han recurrido del campo, con el propósito de lograr una eliminación final apropiada. [20]

Este tipo de residuos, suelen ser considerados muy naturales y llegan a estar compuestos por elementos biodegradables, tales como madera, residuos de frutas, entre otros elementos, que provienen de los cultivos del campo. En base a ello, se puede señalar que su disposición final, necesita atravesar una etapa preliminar de selección, para poder alcanzar el reaprovechamiento de estos elementos. [20]

2.2.4.2.4. Según su peligrosidad

2.2.4.2.4.1. Residuos tóxicos y peligrosos

Se refieren a aquellos que necesitan un tratamiento especial, debido a su composición química. Este tipo de residuos, suele gozar de una disposición final particular, debido a que su propia

condición, suele tener la característica de no degradarse con facilidad, mediante la cual se recomienda establecer mejores elementos de almacenaje, ya que suelen tardar miles de años. [20]

2.2.4.2.4.2. Radioactivos

Se trata de los diferentes objetos que emiten cierta radioactividad. Estos cuentan con una alta emisión de ondas que puedan generar malformaciones en los elementos vivos. Por este motivo, es que suelen gozar de un nivel de peligrosidad, bastante alto, conllevando a que los elementos que entren en contacto con los mismos, queden contaminados. Además, las personas que manipulan estos elementos, deberán disponer de los recursos necesarios, para evitar la contaminación y/o exposición directa, hacia estos residuos tóxicos. [20]

2.2.4.2.4.3. Inertes

Son simples escombros, mayormente no nocivos para el ambiente, pero con excepciones, como, por ejemplo, aquellos que proceden de la minería. Estos no suelen contar con variaciones, en cuanto a sus condiciones físicas, biológicas o químicas. Además de ello, cabe señalar que carecen de la capacidad de poder reaccionar de forma física o química, conllevando a que los elementos biodegradables, escapen de esta clasificación, no teniendo ninguna reacción, si es que estos entran en contacto con estos elementos. [20]

2.2.4.3. Contaminación por Derechos Sólidos

La mala praxis al momento de disponer o manipular los residuos sólidos tiene como consecuencia la contaminación de los recursos necesarios y básicos para los seres humanos. Esto genera que, dichos elementos se vean afectados de forma prioritaria, conllevando a que los seres humanos, no puedan hacer uso oportuno y total de estos, afectando a las generaciones futuras. [21]

2.2.4.3.1. Contaminación del agua

La inadecuada gestión de los desechos puede contaminar, no solo el agua superficial al arrojar basura a los arroyos o río, sino también, el agua subterránea cuando se filtra el líquido de basura descompuesta a través del suelo. Esto conlleva a que tanto la flora, como la fauna, recurran al uso de agua contaminada, generando que puedan tener afectaciones, en cuanto a su estado y conllevando a que puedan ocasionarles la muerte. Así mismo, los seres humanos tampoco pueden alcanzar el uso de estos cuerpos de agua contaminados. [21]

2.2.4.3.2. Contaminación del suelo

El resultado más presente, al hablar sobre la contaminación del suelo, es la contaminación visual que genera la acumulación de desechos sin ningún control, aparte, claro, del envenenamiento de los suelos por las toxinas descargadas por parte de dichos desechos. Además de ello, cabe señalar que los suelos pueden tener contacto directo con el agua, debido a los cuerpos de agua subterráneos, los cuales generan que se puedan generar, contaminaciones a nivel del sub suelo, mediante el proceso de filtración. [21]

2.2.4.3.3. Contaminación del aire

El uso continuo e insalubre de calderas en las compañías industriales, así como la quema de residuos que se dan en cielo abierto de los distintos botaderos merman cada vez más la calidad del aire. [21]. Estos generan 2 clases de gases:

2.2.4.3.3.1. Gases de efecto invernadero

El compuesto llamado dióxido de carbono (principalmente) y el metano, tienen propiedades tales como la retención del calor producido por la radiación del sol e incrementan los niveles de temperatura en la atmosfera. Este tipo de gases, son los responsables de que el calentamiento global se esté dando de forma acelerada, debido a que se suele contar con una acumulación exacerbada en el planeta y por ende, el cambio climático, ha llegado a convertirse en una realidad. [21]

2.2.4.3.3.2. Degradadores de la capa de ozono:

Ciertos gases nocivos, tales como, los cloroflourcarbonos o CFC, se encuentran en productos como los aerosoles para el pelo, algunas clases de pinturas o desodorantes. Al llegar estos a la basura, se convierten en potenciales fuentes de propagación. A pesar de la alta contaminación que se puede generar, por estos elementos, al día de hoy, se siguen usando de forma extendida en el planeta tierra, generando de esta forma, que la contaminación al medio ambiente, vaya en aumento. [21]

2.2.4.4. Efectos de los Residuos Sólidos en la Salud

Los residuos sólidos conocidos contribuyen a la transmisión de enfermedades mediante portadores como los vectores desarrollados sobre estos residuos. Los principales vectores que pueden propagar enfermedades son: los mosquitos (Aedes, Anopheles, entre otros), las garrapatas

(Tularemia, Enfermedad de Lyme, y similares), Pulgas (Peste, Rickettsiosis y similares), entre otros. [21]

2.2.4.4.1. Riesgos directos

Estos se originan por contacto con la basura de manera directa, por ejemplo, mezclando los desechos, al tener contacto con heces humanas o animales, hasta incluso con sustancias tóxicas. Cuando el ser humano, se encuentra en contacto con estas partículas contaminadas, se puede generar el desarrollo de ciertas enfermedades, las cuales suelen conllevar a que las personas puedan contar con enfermedades patológicas y por ende, de una posibilidad de muerte, bastante amplia. [2]

2.2.4.4.2. Riesgos indirectos

Tanto fuentes naturales como aquellas originadas por actividades humanas pueden impactar la salud de las personas, siendo un problema de mayor alcance y nocividad para nuestra integridad por el constante deterioro de nuestro sistema. [21]

Lo más importante, en cuanto a propagación indirecta se refiere, es el incremento de vectores que podrían transmitir diversas y peligrosas enfermedades y esto se da porque en los residuos, dichos vectores encuentran un ambiente propicio para desarrollarse y reproducirse, en claro perjuicio de la sanidad pública. [2]

2.2.5. Marco Institucional de los Residuos Sólidos en el Perú

2.2.5.1. Residuos sólidos municipales

El alza en el número de desechos sólidos producidos por la población, conlleva a diversos problemas, tales como la imposibilidad de recolección o el gasto de manera rápida por parte de la vida útil propuesta para los rellenos sanitarios. Esto conlleva a que se establezcan distintas medidas de selección y reutilización de residuos, con la finalidad de reducir en lo más mínimo, aquellos elementos que esperan ser tratados. [22]

2.2.5.2. Gestión de Residuos Sólidos Urbanos

Un dato sumamente importante es conocer las características y cantidades de los residuos, ya que con esto se puede planificar la gestión de dichos desechos, generados en los comercios, mercados, escuelas, viviendas, entre otros. [22]

Es muy complicado, en la actualidad, el manejo de diversos problemas relacionados con los residuos sólidos, ya que estos tienen una mayor presencia, en cuanto a cantidad se refiere, y también presentada una naturaleza diversa de estos desechos. Esto ha sido favorecido, principalmente, por la extensa área urbana actual, limitaciones en los fondos para el servicio público, así como los impactos tecnológicos y las limitaciones en energía y materias primas. [23]

Figura 10: Gestión responsable de los residuos municipales



Fuente: SINIA [24]

2.2.6. Problemática de la Gestión de Residuos Sólidos Municipales

La óptima calidad de vida que posee una población en específico, está directamente relacionada con el manejo adecuado del perjudicial diseño sólido, es decir, al tener una estructura de gestión correcta, se puede mejorar la salud, el ambiente o lo estético, el problema viene, justamente, cuando este es defectuoso, causando así grandes focos de infección, propagando distintas enfermedades o generando contaminación, en claro perjuicio de la población humana y animal. [23]

2.2.6.1. Manejo de residuos sólidos de Gestión municipal

Los generadores de dichos residuos, son su responsabilidad cuando estos aún estén en su posesión, pero una vez estos sean entregados a alguna empresa prestadora de dicho servicio o la municipalidad, está ya adquiere una responsabilidad de manejo superior para que un relleno sanitario, sea el destino de estos desechos. [23]

2.2.6.2. Fiscalización del Manejo de Residuos Sólidos del Ámbito de Gestión Municipal

En el caso de que los desechos estén bajo la responsabilidad del productor, los municipios de distritos y provincias deben supervisar la gestión apropiada. Cuando el poseedor de los desechos hizo entrega de estos a la municipalidad distrital, la fiscalización la realizan las municipalidades provinciales. [23]

2.2.7. Problemática de los Residuos Sólidos en Perú

En el Perú, la problemática con respecto a los desechos remanentes es muy grave. La cantidad es excesiva, y, sumando a esto, la poca o nula preparación, para hacerle frente a este problema, tenemos como consecuencia toda la polución emergente de las cantidades industriales generadas por la población. [24]

Según un estudio realizado en el 2018, se pudo conocer que, en el Perú, diariamente se producían unas 23 000 Tn. de basura, de las cuales solo un 15% se reciclan, por lo que el resto terminan quemados, arrojados a las aguas superficiales o en botaderos. Existen más de 14 mil botaderos en los alrededores y solo en 13 distritos de Lima existen 341 puntos críticos en los que se acumulan estos desechos, ya que tenemos una deficiente gestión de desechos sólidos. [25]

2.2.8. Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

Esta herramienta brinda a los usuarios la capacidad de datos concretos sobre las propiedades de diferentes residuos sólidos, específicamente residuos urbanos que incluyen tanto los no domésticos como los domésticos en una región particular. Esto engloba aspectos como: densidad, composición, cantidad y humedad de los residuos. Con esta información, es posible llevar a cabo una planificación operativa y técnica para la gestión de dichos residuos, así como planificación a nivel administrativo y financiero. Al conocer la cantidad total de desechos para cada actividad en un distrito específico, sería viable calcular tasas de cobro adecuadas. [26]

2.2.9. Diseño de un relleno sanitario

El método para poder diseñar un relleno sanitario, está basada en la estimación del área requerida inicial, con la finalidad de poder seleccionar el área evaluada, recurriendo a la siguiente fórmula:

Figura 11: Área requerida del relleno sanitario

$$A_{rs} = \frac{365,25 \times V_U \times ppc \times g^{V_U-1} \times p \cdot (1+r)^{V_U-1} \times Cob \times mc}{D_{rs} \times H_{RS}}$$

Dónde:

Ars	Área requerida para el relleno sanitario (m ²)
Ppc	Producción per cápita (Kg/hab.día)
g	Tasa de crecimiento de generación de residuos sólidos (%)
p	Población (hab.)
r	Tasa de crecimiento poblacional (%)
Cob	Cobertura de recolección (%)
Mc	Factor de material de cobertura y de taludes (aproximadamente 1 a 2)
V _U	Vida útil del relleno sanitario (años)
D _{rs}	Densidad de los residuos sólidos estabilizados (Kg/m ³)
H _{RS}	Altura del relleno sanitario (m)
365,25	Factor de conversión de años a días

Fuente: [9]

Posterior a ello, se procede a incrementar en un 40% el área, debido a la presencia de áreas administrativas y de gestión que pueden verse involucradas dentro del área de estudio. Así mismo, es que se puede considerar a los aspectos ambientales, técnicos, económicos, legales y sociales. Además, es necesario considerar los siguientes aspectos para realizar una selección adecuada del lugar donde se establecerá el vertedero sanitario definitivo: cercanía a áreas urbanas, proximidad a aeropuertos, impacto en la flora y fauna, presencia de zonas protegidas, proximidad a yacimientos arqueológicos y dirección de los vientos. Posterior a lo mencionado, se procede a determinar la producción per cápita de los desechos sólidos:

Figura 12: Producción per cápita de los residuos sólidos

$$PPC = \frac{\text{Cantidad recolectada} \left(\frac{\text{Ton}}{\text{día}} \right)}{\text{Población atendida} \times \text{Cobertura}(\%) \times 1000} \left(\frac{\text{kg}}{\text{hab} - \text{día}} \right)$$

Fuente: [9]

Es importante que se cuente con un área que no tenga variaciones considerables, debido a que se puede incurrir en gastos de movimiento de tierras considerables. Así mismo, es que surge la

celda diaria, la cual es una poza que cuenta con la capacidad de poder almacenar los residuos de forma permanente, siguiendo con la siguiente fórmula:

Figura 13: Volumen de celda

El volumen de la celda se determina empleando la siguiente ecuación:

$$V_c = \left(\frac{G_T}{D} \right) M_c$$

Dónde:

V_c = Volumen de la celda diaria, en m^3
 G_T = Cantidad media de residuos sólidos que llegan al relleno sanitario, en (kg)
 D = Densidad de los residuos sólidos
 M_c = Factor de material de cobertura (1.2 a 1.25)

Fuente: [9]

Después de ello, se procede a determinar el volumen de los desechos sólidos que pueden ocupar dicha celda:

Figura 14: Volumen total ocupado

$$\begin{aligned} V_T &= V_p + V_c \\ MC &= (20\% \text{ a } 25\%) V_T \\ 25\% V_T &= V_1 \end{aligned}$$

Dónde:

V_T = Volumen total ocupado por los residuos sólidos
 V_p = Volumen total de plataforma
 V_c = Volumen total de zanja

Fuente: [9]

Para posterior a ello, determinar el largo de la celda, mediante la siguiente fórmula:

Figura 15: Largo de la celda

$$L = \frac{V}{A_C \times A_T}$$

Dónde:

L	=	Largo de la celda, en metros
V	=	Volumen de la celda, en metros cúbicos
A _C	=	Ancho de la celda, en metros
A _T	=	Altura de la celda, en metros

Fuente: [9]

En base a las determinaciones que se han alcanzado, se ha podido determinar la vida útil del terreno, señalando lo siguiente:

Figura 16: Vida útil del terreno

Entonces la vida útil estará dada por:

$$V_u = \frac{t_z * n}{365}$$

V _u	=	Vida útil del terreno (años)
t _z	=	Tiempo de servicio de la celda (días)

Fuente: [9]

2.2.10. Rol de OEFA

La OEFA, es una autoridad que tiene el propósito de supervisar el correcto cumplimiento de la fiscalización al que genera dichos desechos por parte de las municipalidades. [27]

2.2.11. Modelo de las tres “R”

2.2.11.1. Reducir

Este término se refiere directamente a los hábitos de consumo, ya que, hace hincapié en que deberíamos comprar solo lo necesario, pues si se compra de más, eso irá a la basura (generalmente,

el empaque en el que vino el producto) aparte de reducir un exceso en el gran consumo de productos, así que, esto también, ayuda a nuestra economía. [28]

2.2.11.2. Reusar/Reutilizar

Este punto da a entender la importancia de usar materiales, que, de otra manera, terminarían directamente en un basurero, para poder añadirles una utilidad distinta para la cual fue concebida. Es importante darle un uso nuevo a un objeto que ya tuvo un costo ambiental y económico. [28]

2.2.11.3. Reciclar:

La mayoría de los materiales que forman nuestros productos y sus empaques, tiene una probabilidad de unirse a otro ciclo transformativo. Esto se puede hacer real, siempre y cuando dichos desechos sean adecuadamente separados [28]

2.2.12. Proyección de la población:

Para este método, se asume que la población se incrementa a la par de como lo hacía cuando se censó por última vez, pero siempre considerando que dicho crecimiento obedece a la expresión. [29]

Fórmula N°1. Cálculo de Población Futura: $P_f = P_0(1 + r)^n$

Donde:

P_f = Población Futura.

P_0 = Población Actual.

r = Tasa de Crecimiento.

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

t = Variable de tiempo expresado en años

2.2.13. Cálculo de la cantidad de casas que se utilizaran para la caracterización

Fórmula N°2. Cantidad de casas que se utilizaran para la caracterización.

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

Donde:

n = muestras de viviendas.

N = total de viviendas

Z = Nivel de confianza 95%=1.96

σ = Desviación estándar

E = Error permisible

2.2.14. Determinación de la Generación per – cápita

Fórmula N°3. Determinación de la GPC (kg/hab/día)

$$\text{Generación per cápita diaria de residuos (GPC)} = \frac{\text{Peso de Residuos } (\frac{\text{kg}}{\text{vivienda}}/\text{día})}{\text{Habitantes por vivienda}}$$

2.2.15. Determinación de la densidad de los residuos sólidos domiciliarios

Fórmula N°4. Determinación de la Densidad, $D = \frac{W}{V} = \frac{W}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 x (H-h)}$

Donde:

W = peso de los residuos sólidos

V = volumen del residuo sólido

h = altura libre de los residuos sólidos

D = diámetro del cilindro

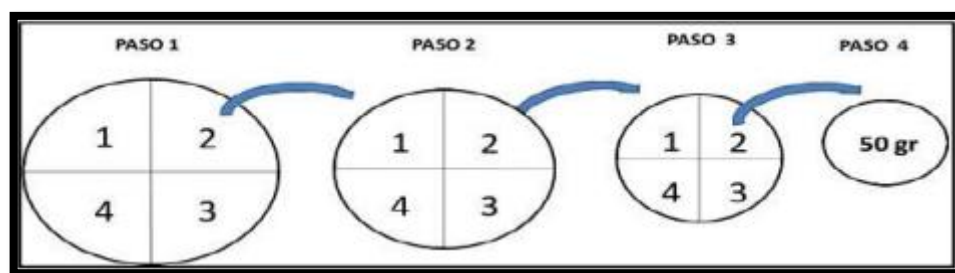
H = altura total del cilindro

π = constante pi

2.2.16. Determinación de la humedad de los residuos sólidos domiciliarios

Para determinar el contenido de humedad en estos desechos, se utiliza la porción orgánica de los residuos, en particular, los de origen doméstico en esta instancia. Este enfoque implica la fragmentación de la porción orgánica en segmentos sucesivos, para poder obtener una masa al final de 50 gr, con su posterior traslado a un laboratorio. [31]

Figura 17: Pasos para fragmentar los residuos sólidos



Fuente: Ortega, Y y Torres, S [31]

2.2.17. Etapas para la Elaboración del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

2.2.17.1. Etapa de planificación

Paso1 – Organizar y planificar el estudio: A través de un documento oficial y la elaboración de un plan apropiado, se asigna la responsabilidad del estudio a un área específica, en este caso, relacionado con la investigación de varios tipos de residuos sólidos. [26]

2.2.17.2. Etapa de distribución

Paso 1 – Determinar el tamaño de muestra: Durante este paso, se lleva a cabo la parametrización de los desechos sólidos, independientemente de si son de origen doméstico o no domiciliario, ya que esto servirá como base para la realización del estudio. [26]

Paso 2 – Determinar equipos técnicos y recursos: En esta fase, se procede a validar la investigación, definir los alcances de los estudios, identificar los diversos recursos necesarios, establecer los presupuestos y llevar a cabo la administración de estos aspectos. [26]

2.2.17.3. Etapa de ejecución

Paso 1 – Organizar equipos técnicos y etapas materiales: En esta etapa es necesario proporcionar capacitación al personal, realizar una preparación adecuada de los materiales y estructurar tanto un plan de seguridad esencial como un plan de higiene.

Paso 2 – Seleccionar e identificar viviendas: En esta fase se necesita crear la planificación de la ruta de recogida, llevar a cabo la concientización y, además, realizar encuestas tanto a los residentes como a los responsables de ciertos establecimientos o negocios.

Paso 3 – Recolectar las muestras: Durante este proceso se realiza la recolección y distribución de los desechos provenientes de diversas viviendas o establecimientos bajo análisis, es decir, se lleva el foco del estudio al experimento en sí.

Paso – 4 – Estudiar la muestra: En esta etapa del procedimiento, se llevará a cabo la recopilación de todos los datos disponibles de la muestra previamente obtenida, incluyendo su peso, propiedades y valores de humedad.

Paso 5 – Procesar los resultados: Después de esto, se llevará a cabo la realización y posterior análisis de las encuestas, con el objetivo final de realizar los cálculos basados en las mediciones tomadas anteriormente.

Paso 6 – Analizar resultados: Al concluir todo el procedimiento, se elabora un informe que resume el análisis de los resultados obtenidos, con el objetivo de aportar al progreso de nuestro proyecto. [26]

2.2.18. Diseño de Planta:

La elección del diseño e implementación del tipo de planta más adecuada, dependerá de los resultados obtenidos a partir de los diagnósticos. Su implementación implica el cierre del proceso. Existen 2 tipos de plantas descritas debajo: [31]

2.2.18.1. Planta de recuperación:

Esta tiene como objetivo obtener una separación entre los componentes Reciclables (tales como el papel, aluminio, plástico o vidrio) y los residuos, para posteriormente enviar dichos desechos

peligrosos generados en los hogares (como envases de pintura, entre otros) y materia orgánica, con dirección al vertedero sanitario [31]

2.2.18.2. Planta de recuperación y tratamiento:

Esta clase de planta tiene como objetivo no solo la separación de sus componentes, sino también la de reciclar materia orgánica de diversas formas (como fertilizante orgánico) así como también gestionar el comercio de dichos componentes reciclables y también, los ya mencionados, fertilizantes. [31]

2.2.18.3. Reciclaje:

En las plantas se puede incluir un sector de reciclaje, el cual tiene diversos tipos, tales como el reciclaje de plástico, de vidrio, de cartón, de papel, de latas, en otros, que ayudan a la preservación del medio ambiente por intermedio de poder cumplir con una adecuada gestión del tratamiento de desechos sólidos [31]

2.2.18.4. Instalación usada en Elaboración de composta:

La elaboración del compostaje puede dividirse de 4 maneras, en periodos distintos en relación con su evolución de nuestra temperatura, siendo estos la mesófila, la termófila, de enfriamiento y de maduración [31]

2.2.18.5. EM – Compost

Este es un cóctel que tiene composición líquida, la cual posee una cantidad mayor a 80 microorganismos, de origen natural, beneficiosos para el proceso. Entre estos microorganismos tenemos las bacterias que realizan fotosíntesis, bacterias lácticas y organismos de tipo levadura. [31]

2.2.18.6. Diseño del Relleno Sanitario

Este diseño comprende instalaciones, tales como:

- 1.- Optimización de las rutas de entrada
- 2.- Espacio de construcción
- 3.- Valla alrededor del perímetro

- 4.- Zona de mitigación
- 5.- Sistema de desagüe de aguas pluviales
- 6.- Aplicando una capa impermeable en la base de las plataformas
- 7.- Laderas inclinadas
- 8.- Superficie nivelada
- 9.- Sistema de eliminación de líquidos percolados
- 10.- Depósitos de líquidos percolados
- 11.- Chimeneas
- 12.- Capa de protección sobre las superficies niveladas
- 13.- Recubrimiento de los depósitos
- 14.- Instrumentos de supervisión medioambiental
- 15.- Instalaciones secundarias
- 16.- Aplicación posterior [34]

2.2.18.6.1. Selección del método:

2.2.18.6.1.1. Método de la trinchera

El siguiente método viene a consistir en el depósito de residuos sólidos encima de un talud inclinado de esta trinchera, parecido a lo que normalmente se hace en el método del área, en donde serán esparcidos, a la vez que compactados, con el equipo correcto, capa por capa, hasta formar la celda que posteriormente pasará a ser cubierta con material que se excavó en la trinchera, teniendo una frecuencia diaria (como mínimo) compactándolo y esparciéndolo encima de un residuo. [32]

2.2.18.6.1.2. Método del área

Este procedimiento, es similar al método de trincheras, implica depositar los desechos en una superficie pendiente, compactándolos en capas de 60 cm. Luego, se da forma a una celda que se recubre con tierra. Estas celdas se construyen iniciando en un extremo del área que se va a rellenar

y avanzando hacia el otro extremo. Para que este proceso se convierta en un relleno adecuado, al final del día se requiere cubrir las celdas con el fin de evitar la difusión de olores desagradables, la proliferación de fauna perjudicial, entre otros aspectos. [32]

2.2.18.6.1.3. Método mixto o combinado

Un enfoque mixto es considerado el más eficaz, ya que permite reducir los costos de transporte del material de cobertura y prolonga su durabilidad. Si las características topográficas, hidrogeológicas y físicas del sitio seleccionado son adecuadas, es posible combinar ambos métodos anteriores. Esto implica comenzar con el método de trincheras y culminar con el otro método (por área) en la parte superior. [32]

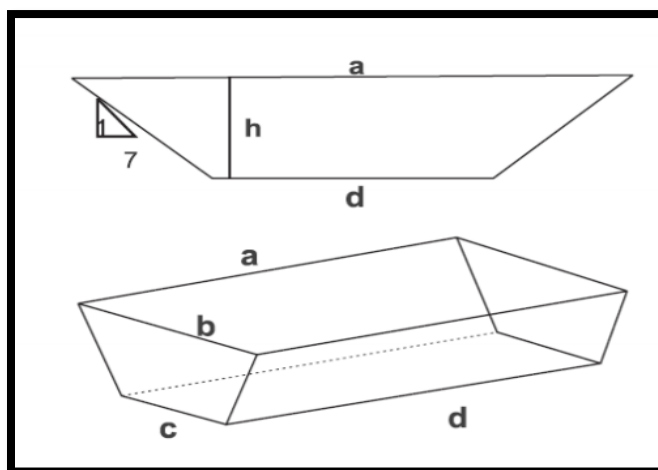
2.2.18.6.1.4. Cálculo de la capacidad de volumen por parte de trincheras y plataformas:

Para realizar este cálculo, es necesario tener en cuenta las figuras tipo área, ya que, para determinar el corte del talud, se requiere examinar la figura en forma de trinchera. Para estimar las capacidades de almacenamiento, tanto en trincheras como en plataformas, se podría utilizar esta ecuación: [32]

Fórmula N°5 Fórmula para el cálculo del volumen

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

Figura 18: Geometría de la plataforma



Fuente: Diaz, L y Vallejo, A [33]

2.2.18.6.2. Consideraciones sobre el balance de movimiento de tierras.

Aparte de los criterios mencionados previamente, que son fundamentales en el diseño de la mayoría de los vertederos sanitarios tradicionales, también es importante considerar la presencia de materiales para cubierta en el área de disposición final. Esto implica ajustar el diseño a las condiciones específicas de la situación en cuestión, por lo cual se da: [32]

Fórmula N°6. Volúmenes de disposición para los residuos sólidos

$$VT = V1 + V2$$

$$MC = 25\% VT$$

$$25\% VT = V1$$

Donde:

VT = Volumen total que es ocupado por residuos

V1 = Volumen total de la plataforma

V2 = Volumen total de la trinchera

Solo se tomará en cuenta si nuestro material de cobertura ha sido encontrado dentro de un terreno destinado para una disposición ultimada de desechos de obligación municipal [32]

2.2.18.7. Utilización de la Cal en Rellenos Sanitarios

No existe un proceso claramente establecido que pueda ser considerado como oficial para emplear cal en los vertederos, pero estos han tenido por mucho tiempo un rol sumamente importante en la manipulación de desechos por su bajo costo y su función de neutralizar la acidez, a su vez que controla el Ph de materiales siliciosos. No se sabe realmente la cantidad exacta a usar de cal, pero se estima que es de entre 2 a 4 kilos de esta por cada 100 kg de basura [32]

2.2.19. Marco Legal

2.2.19.1. Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos – su Reglamento D.S. N° 057-2004-PCM y Modificatoria D.L. N° 1065

Este logro consiguió establecer los derechos, facultades, responsabilidades y compromisos para la comunidad en su conjunto, asegurando así la correcta administración y tratamiento de prácticamente la totalidad de sus desechos sólidos. Esto se realiza de una manera que garantiza tanto la sanidad como la adecuación ambiental, calculando en principios de reducción, prevención de enfermedades causadas por esta problemática y prevención de distintos riesgos ambientales. [33]

2.2.19.2. Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades

Esta legislación fundamental definió las regulaciones referentes a la naturaleza, formación, autonomía, categorías, metas, procedencia, competencias, estructura, financiamiento y categorización de los gobiernos locales. Además, trató el tema de las interacciones entre estas entidades, así como sus relaciones con otras instituciones estatales y privadas. También abordó la participación ciudadana en diversos procesos y las particularidades de las jurisdicciones municipales. [4]

2.2.19.3. Ley N° 27293, Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública

Esta medida permitió la introducción de nuestro Sistema Nacional de Inversión Pública, con el propósito de potenciar y enriquecer cada vez el mayor aprovechamiento de nuestros Fondos Públicos dirigidos exclusivamente a la inversión. Esto se logra mediante la implementación de procedimientos, métodos, pautas técnicas y conceptos vinculados a las diferentes fases en un proyecto de inversión. [5]

2.2.19.4. Ley General del Ambiente (Ley 28611 del 15-10-2005)

Esta ley establece que cada persona tiene el derecho innegable de vivir en un entorno saludable y con las condiciones adecuadas para el desarrollo digno de su vida. También implica la obligación de participar en una gestión ambiental eficiente y de salvar tanto el medio ambiente como sus diversos componentes. Esto implica garantizar especialmente el bienestar físico y mental tanto a nivel individual como comunitario, preservar nuestra variabilidad biológica, impulsar el progreso nacional y utilizar de manera responsable nuestros recursos naturales. [4]

2.2.19.5. Ley que modifica el Título XIII del Código Penal (Delitos contra la ecología, Ley N° 635 del 06-04-1991), Delitos Ambientales (Ley N° 29263 del 02-10-2008)

Esta modificación señala que cualquier individuo que establezca un vertedero o depósito sin la autorización o aprobación correspondiente de las autoridades y que cause un grave perjuicio a la población y al entorno, se enfrentará a una pena de prisión de hasta 4 años. En caso de que alguien emplee residuos sólidos para alimentar animales destinados al consumo humano, se enfrentará a una sentencia de 3 a 6 años de reclusión, así como a una multa que variará entre 260 a 450 días. [6]

2.2.19.6. Ley General de Salud (Ley N° 26842 del 20-07-1997)

Esta ley reconoce la salud como uno de los derechos fundamentales más esenciales para garantizar una vida digna a los seres humanos. Es una de las nociones primordiales que deben ser respetadas, promovidas y llevadas a cabo. Por lo tanto, no solo es un compromiso hacia el individuo, sino también una responsabilidad de protegerla y prevenir cualquier amenaza a la salud propia o ajena. [34]

2.2.19.7. Ley Orgánica para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales (Ley N° 26821 del 26- 06-1997).

Esta ley tiene como propósito regular y fomentar la utilización sostenible de los diversos recursos naturales, a incluir tanto los que son renovables como los no renovables. Su objetivo principal es proporcionar un marco adecuado para impulsar las inversiones, manteniendo un equilibrio entre la preservación de los recursos naturales, el progreso económico y el bienestar de los ciudadanos de nuestra nación. [35]

2.2.19.8. Ley de Evaluación de Impacto Ambiental para Obras y Actividades (Ley N° 26786 del 13- 05-1997).

Esta ley se enfocó en establecer regulaciones para controlar las diversas maneras en que determinadas actividades u obras puedan representar una amenaza para la salud y el entorno del país. Se determinaron los criterios esenciales para desarrollar programas de gestión ambiental adecuada y estudios sobre su influencia en el medio ambiente, con el fin de autorizar la ejecución de dichas obras o actividades. [36]

2.2.19.9. Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA - Ley N° 27446 del 23-04-2001).

El propósito de esta ley es establecer el SEIA, como el sistema exclusivo para prevenir, supervisar, identificar, corregir y anticipar los diversos efectos adversos en el medio ambiente originados por las acciones del ser humano manifestadas a través de proyectos de inversión específicos. [37]

2.2.19.10. Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (Ley N° 28245 del 04-06-2004 y su reglamento D.S. N° 008-2005-PCM del 28-01-2005)

Este decreto en particular establece la normativa para la operación del SNGA, el cual se forma mediante la colaboración de entidades estatales, departamentos y organismos de distintos ministerios, además de instituciones descentralizadas y diversas entidades públicas. Estos abarcan tanto niveles locales, regionales como nacionales y asumen responsabilidades, competencias y funciones en relación al medio ambiente. [38]

2.3. Definición de términos básicos

Residuos sólidos

Este tipo de residuos hacen referencia a los productos o sustancias que se encuentran en estado sólido (o en su defecto, semisólido) que ha dejado de ser útil, pero aun así puede ser aprovechado nuevamente, tras ciertos tratamientos. [16]

Rellenos sanitarios

Este término hace referencia a un espacio en el cual los desechos sólidos producidos por una ciudad son depositados luego de recibir tratamientos adecuados, teniendo la principal finalidad de almacenar estos residuos lejos de la ciudad. [7]

Reciclaje

Este es un proceso transformativo referido al cambio mecánico o fisicoquímico, que da como resultado el obtener materia prima, con características aprovechables en distintos ámbitos, los cuales se derivan de los materiales desechados o usados. [39]

Gestión de residuos sólidos

Esta gestión contempla un cúmulo de vitales acciones, indispensables para la recogida, tratamiento y operaciones posteriores, hechas con el propósito principal de recuperar y reintegrar los desechos usados en nuevos circuitos productivos o, simplemente, eliminarlos. [22]

Contaminación ambiental

Se define generalmente como la adición de agentes físicos, biológicos o químicos a un medio natural, los cuales lo podrían alterar de distintas maneras, provocando daños a la salud, bienestar y habitabilidad de animales y plantas. [40]

Efecto invernadero

Es aquel proceso por el cual la radiación térmica que es emitida en su totalidad desde la superficie terrestre logra ser absorbida por los GEI y es irradiada a todas partes, como la antes mencionada superficie planetaria o la atmósfera inferior. [21]

Gases de efecto invernadero

Este hace referencia a un gas perteneciente a la atmósfera terrestre, el cual tiene la capacidad de absorber y emitir radiación en un rango infrarrojo, siendo este proceso la principal causa del denominado efecto invernadero. [21]

Capa de Ozono

Esta zona perteneciente a la estratosfera contiene una alta concentración de ozono. Dicha capa tiene una extensión aproximada de 15Km y reúne un 90% de ozono contenido en dicha atmósfera, llegando absorber la radiación ultravioleta en un 97% a 99%. [11]

Radiación ultravioleta

Este tipo de radiación tiene tal denominación debido a que cuenta con un rango de longitud de onda corta, comparada con las cuales el ojo humano puede identificar como luz violeta, siendo invisible para los humanos. [41]

Botaderos

Este es un lugar informal, donde los residuos son dispuestos, pero sin el más mínimo control, dichos desechos no se cubren o compactan, produciendo malos olores, líquidos y gases que podrían contaminar el ambiente. [7]

III. Materiales y Métodos

3.1. Tipo y nivel de investigación

El tipo de investigación, de la presente, ha sido el aplicado, debido a que se ha tomado como referencia, a distintas investigaciones y todo el conocimiento que se ha tenido, respecto al tratamiento de residuos sólidos, con la finalidad de aplicarlo, para este caso de estudio, en el que se ha intentado solucionar un problema objetivo.

De igual forma, se señala que el nivel de investigación, ha sido el descriptivo, debido a que se ha buscado caracterizar al objeto de estudio, en miras de que se pueda ofrecer una mejor solución, hacia los residuos sólidos con los que cuenta Chancay Baños. Ha sido de esta forma, mediante la que se ha podido ahondar en la caracterización de los residuos sólidos, en miras de que estos puedan ser tratados de forma eficiente.

3.2. Diseño de investigación

El diseño de la presente investigación, ha sido el transversal y no experimental, debido a que la recolección de datos, ha sido realizada en una sola oportunidad. Mientras que, ha sido considerado como no experimental, debido a que no se ha realizado manipulación alguna, respecto a los residuos sólidos. Sin embargo, sí se ha recurrido a caracterizarlo, para poder brindar solución, a una situación problemática específica.

3.3. Población, muestra, muestreo

Población: Residuos sólidos del distrito de Chancay Baños, generados por 177 viviendas urbanas.

Muestra: Residuos sólidos del distrito de Chancay Baños, generados por 62 viviendas urbanas, calculado mediante métodos probabilísticos.

Muestreo: Muestreo de tipo aleatorio simple, todas las viviendas han contado con las mismas posibilidades, para poder ser encuestadas, mediante la ficha de caracterización.

3.4. Criterios de selección

En cuanto a los criterios de selección, se puede señalar que se ha tomado en consideración al área de estudio, en base a criterios de ponderación, los cuales han sido expuestos en la evaluación de selección del terreno, señalado en los resultados de la presente.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

Revisión documentaria: se buscará información de carácter fidedigno, con la finalidad de recolectar los datos necesarios para el diseño del relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos.

Estudio topográfico: Se requerirá el empleo de las herramientas necesarias para poder desarrollar el levantamiento topográfico, relacionados con la altimetría y la planimetría.

Estudio de mecánica de suelos: Se hará empleo de las diferentes normativas que permitan realizar los ensayos de tal forma, que permitan obtener los datos necesarios para caracterizar el suelo.

Instrumentos de recolección de datos:

Evaluación documentaria: Este instrumento buscará tomar la información de otros autores o normas, que servirán para el diseño del relleno sanitario. Esto permitirá tomar como referencia la evaluación hecha para otros investigadores y contrastar la información de diseño realizada, con la normativa vigente. Además de ello, mediante este estudio, se podrá recolectar información relacionada directamente con el EMS necesario para caracterizar los suelos.

Software de diseño: se hará uso del Excel, como una herramienta informática que servirá para desarrollar el diseño del relleno sanitario, respectivo.

Software de dibujo: se empleará el AutoCad, teniendo como objetivo final, el plasmar lo diseñado, en base a un dibujo general, de cortes transversales y detalles.

Normativa vigente

Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos – su Reglamento D.S. N° 057-2004-PCM y Modificatoria D.L. N° 1065

Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades

Ley N° 27293, Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública

Ley General del Ambiente (Ley 28611 del 15-10-2005)

Ley que modifica el Título XIII del Código Penal (Delitos contra la ecología, Ley N° 635 del 06-04-1991), Delitos Ambientales (Ley N° 29263 del 02-10-2008)

Ley General de Salud (Ley N° 26842 del 20-07-1997)

Ley Orgánica para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales (Ley N° 26821 del 26- 06- 1997).

Ley de Evaluación de Impacto Ambiental para Obras y Actividades (Ley N° 26786 del 13- 05- 1997).

Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA - Ley N° 27446 del 23- 04-2001).

Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (Ley N° 28245 del 04-06- 2004 y su reglamento D.S. N° 008-2005-PCM del 28-01-2005)

3.6. Procedimientos

3.7. Plan de procesamiento y análisis de datos

En esta sección, se detallarán los pasos que deben seguirse para llevar a cabo el presente trabajo de investigación:

PARTE I

Recolección de material bibliográfico con el propósito de respaldar de manera científica la fundamentación del estudio en cuestión.

Llevar a cabo un análisis en el terreno con el fin de reconocer la situación problemática.

Evaluar la gestión de los desechos sólidos para llegar a un diagnóstico.

Clasificar el tipo de desecho sólido

Justificar la selección, factibilidad del terreno donde se llevará a cabo el proyecto.

Llevar a cabo el estudio de las propiedades del suelo y el análisis de las patrones hidrológicos en el lugar bajo investigación.

Ejecutar los ensayos especiales a la poza de lixiviados

Lleve a cabo la medición detallada y representación gráfica de las características geográficas del área bajo análisis.

PARTE II

Elegir el método de disposición de residuos en vertedero y determinar la duración estimada de su operatividad.

Hallar la cantidad y el tamaño estimado de los desechos sólidos proyectados

Determinar las dimensiones adecuadas para el vertedero sanitario elegido.

Elaborar los planos para las entradas y las estructuras adicionales que complementarán el proyecto.

Evaluar el plantear el diseño de una instalación para el tratamiento de desechos sólidos.

PARTE III

Elaborar los planos del relleno sanitario diseñado (detalles, planta y secciones transversales)

Elaborar metrados

Calcular los costos y presupuesto de la obra

Evaluar la rentabilidad técnica y económica del proyecto

Resultados de la Evaluación de impacto ambiental

Elaborar las conclusiones y las recomendaciones respectivas.

3.8. Consideraciones éticas

Para la presente investigación, se ha contado con la validez y verificación de los resultados, recolectados de campo. Además de ello, la revisión bibliográfica, ha contado con el citado en estilo IEEE, en donde se ha evidenciado el respeto por los derechos de autor. Así mismo, cada valor alcanzado y/o interpretado, ha correspondido a ser interpretado, en base a la normativa vigente, correspondiente.

El proyecto será presentado al comité de Ética en investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, para su posterior revisión y aprobación.

IV. Resultados y Discusión

4.1. Resultados.

4.1.1. Estudio de caracterización.

Se llevó a cabo un análisis de caracterización sobre los residuos sólidos en el distrito de Chancay Baños, con la finalidad de calcular el valor de la generación per cápita de los residuos sólidos Municipales.

Tabla N° 1: Cálculo de población beneficiaria

<i>Fuente</i>	<i>Tipo</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Unidades</i>
INEI 2017	N° de viviendas urbanas	1017	Viviendas
INEI 2017	N° de personas totales	3 355	Personas
	Personas / Vivienda	3.30	Personas / viviendas
Propia contabilizada	Viviendas	177	Viviendas
Propia calculada	Viviendas * personas / viviendas	584	Personas

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 2: Tamaño de la muestra domiciliaria

<i>N° de viviendas urbanas</i>	<i>Número de muestras de las viviendas (n)</i>
177	62

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 3: Generación per cápita

	GPC viv (kg/viv/día)
Residuos de alimentos	0.113
Residuos de materia y poda	0.090
Otros orgánicos	0.005
Papel blanco	0.062
Papel periódico	0.009
Papel mixto	0.067
Cartón blanco	0.040
Cartón marrón	0.157
Cartón mixto	0.029
Vidrio transparente	0.031
Vidrio otros colores	0.109
Vidrios de ventaja	0.000
Plástico PET	0.141
Plástico PEAD	0.043
Plástico PEBD	0.056
Plástico PP	0.048
Plástico PS	0.058
Plástico PVC	0.028
Latas	0.145
Acero	0.035
Fierro	0.018
Aluminio	0.006
Otros metales	0.001
Textiles	0.006
Caucho	0.040
Bolsas plásticas	0.077
Residuos sanitarios	0.023
Pilas	0.018
Tecnopor	0.014
Residuos Intertes	0.114
Restos de medicamentos	0.008
Envoltura de sncks	0.064
Otros residuos no categorizados	0.000
Total	1.656

Fuente: Elaboración propia.

Se obtuvo que el material con mayor generación dentro de los residuos sólidos, ha sido el cartón marrón, llegando a generar un total de 0.157 kg por vivienda al día de este material. Además, se ha producido un total de 1.656 kg por vivienda al día.

La distribución de los residuos, se ve representada con un 19.20% de desechos no aprovechables y 80.80% de desechos sólidos aprovechables. **(Ver anexo 01).**

4.1.2. Estudio De Selección De Área

Se realizó el estudio de la selección del área más adecuada para el desarrollo del proyecto de investigación titulado “DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DISTRITO DE CHANCAY BAÑOS, PROVINCIA DE SANTA CRUZ, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA, 2020” para de esta manera determinar el mejor terreno previsto para este tipo de proyecto de tal manera cumplan con los requerimientos básicos para la construcción de un relleno sanitario.

Este estudio se trabajó con tres alternativas en donde los resultados señalan que el Terreno que cumple con la mayoría de las condiciones evaluadas, es el Terreno 2, de propiedad de la Municipalidad Distrital de Chancay Baños, en donde ha alcanzado valoraciones positivas, en cuando a características geográficas, geológicas, hidrológicas, de dirección del viento y opinión de las mismas personas, obteniendo la puntuación de 83 puntos. **(Ver anexo 02)**

Tabla N° 4: Matriz de valoración

Ítem	Criterios de selección	Reglamento de la Ley N° 27314	Áreas Alternativas (Clasificación)		
			Área 1	Área 2	Área 3
1	Distancia a la población más cercana (m)	> 1000	---	5	---
2	Distancia a granjas crianza de animales (m)	> 1000	---	---	---
3	Distancia a aeropuertos o pista de aterrizaje (m)	> 13000	---	---	---
4	Área del terreno (m2)	---	1	5	3
5	Estimación de la Vida útil (años)	> 5	5	5	5
6	Uso actual del suelo y del área de influencia	---	1	5	5
7	Propiedad del terreno	---	5	5	5
8	Accesibilidad al sitio (Distancia a vía de acceso principal Km)	---	5	5	5
9	Pendiente del terreno (Topografía)	---	5	3	5
10	Posibilidad del material de cobertura	---	1	5	3
11	Profundidad de la napa freática (m)	---	5	5	5
12	Distancia a fuentes de aguas superficiales (m)	---	5	5	5
13	Geología de suelo	---	5	5	5
14	Opinión pública	---	1	5	5
15	Área natural protegida por el estado	---	5	5	5
16	Área arqueológica	---	5	5	5
17	Vulnerabilidad a desastres naturales (inundaciones, deslizamientos)	---	5	5	5
18	Dirección predominante del viento (contraria a la población más cercana)	---	5	5	1
19	Cuenta con barrera sanitaria natural	---	1	5	5
TOTAL			60	83	72

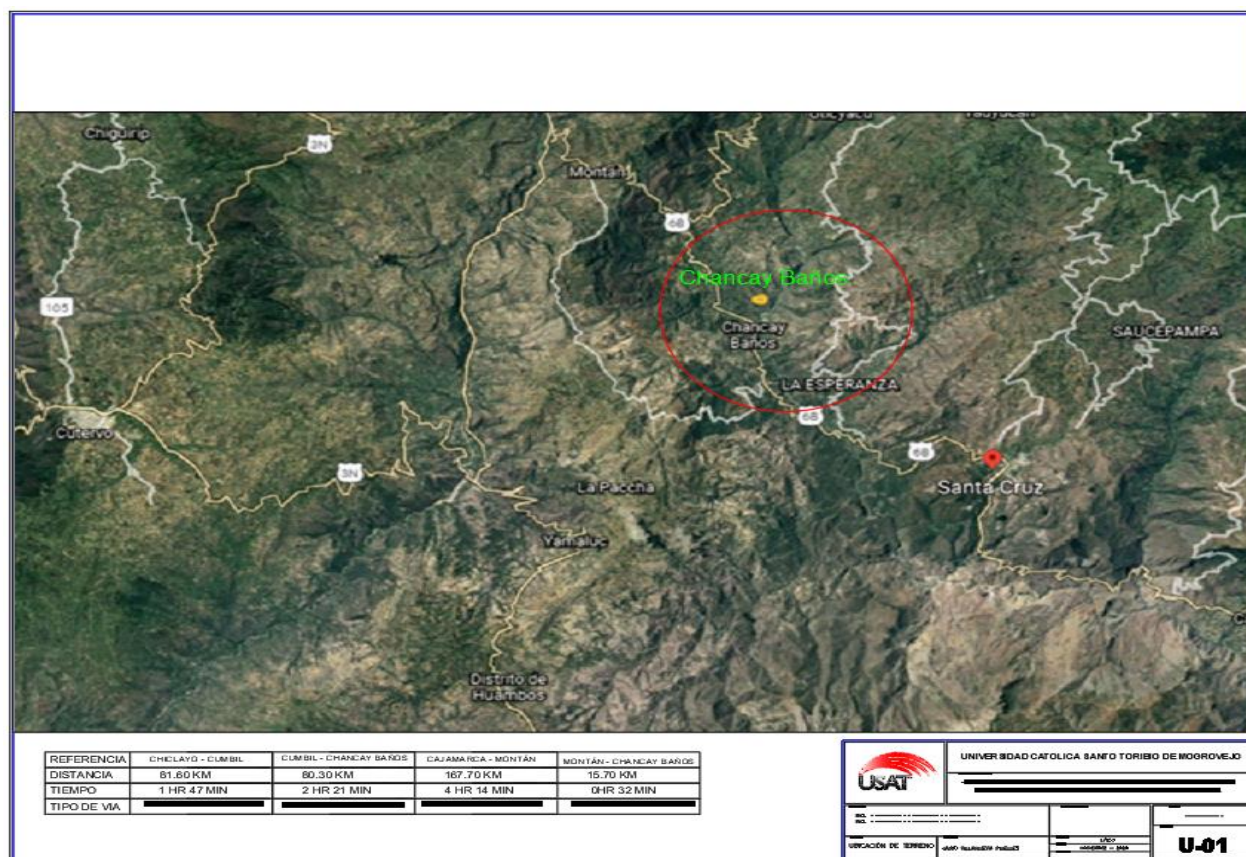
Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Estudio topográfico

Se ha ejecutado el trabajo de mapeo topográfico en la zona elegida, la cual se encuentra ubicada en el distrito de Chancay Baños. Se tiene acceso desde la ciudad de Chiclayo por la carretera 6A hasta Cumbil, luego se toma la carretera 6B, teniendo un total de 185 km y un tiempo de 4 horas de viaje aproximadamente.

El área asignada para el proyecto se distingue por tener un relieve y formas onduladas, con una pendiente que varía entre 8% y 10%.

Figura 19: Ubicación del Terreno 2 – Chancay Baños



Fuente: Google Earth

El área del terreno es de 64 837.832 m², con su perímetro de 1 023.168 m; los vértices que encierran el terreno formando un polígono, las coordenadas UTM de cada vértice fueron brindadas por parte de la municipalidad distrital de Chancay Baños. Y se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N° 5: Coordenadas del Terreno brindadas por la Municipalidad

VERTICE	LADO	DISTANCIA	ANG. INTERNO	ESTE (X)	NORTE (Y)
1	1 – 2	59.150	97.00°	737135.270	9272138.820
2	2 – 3	84.050	127.00°	737193.260	9272127.140
3	3 – 4	156.050	153.00°	737229.70	9272051.400
4	4 – 5	52.030	205.00°	737225.900	9271895.400
5	5 – 6	78.240	124.00°	737246.900	9271847.800
6	6 – 7	66.100	132.00°	737205.200	9271781.600
7	7 – 8	61.330	146.00°	737140.000	9271770.700
8	8 – 9	67.670	177.00°	737084.000	9271795.700
9	9 – 10	69.220	140.00°	737024.000	9271827.000
10	10 – 11	83.410	144.00°	736997.400	9271890.900
11	11 – 12	46.850	173.00°	737017.300	9271971.900
12	12 – 13	68.690	160.00°	737023.000	9272018.400
13	13 – 14	59.280	109.00°	737054.000	92079.700
14	14 – 1	71.100	100.00°	737112.700	927271.400

Fuente: Elaboración propia.

El trabajo que fue realizado en campo tuvo como finalidad el poder obtener y verificar la información del terreno, la cual fue brindada por la municipalidad distrital de Chancay Baños, mediante el levantamiento topográfico, en donde se ha realizado la metodología de la poligonal cerrada con el personal calificado y el personal de apoyo, recurriendo al uso del equipo apropiado para dicho levantamiento. En donde se obtuvo toda la información del terreno y se realizó el plano topográfico. **(Ver anexo 3)**

Tabla N° 6: Coordenadas de vértices UTM – WGS 84 de la poligonal cerrada

VERTICE	LADO	DISTANCIA	ANG. INTERNO	ESTE (X)	NORTE (Y)
P1	P1 – P2	98.150	123.00°	737161.795	9271762.821
P2	P2 – P3	128.630	111.00°	737251.014	9271803.727
P3	P3 – P4	207.630	173.00°	737241.963	9271932.041
P4	P4 – P5	68.970	109.00°	737200.800	9272135.571
P5	P5 – P6	68.110	104.00°	737132.594	9272144.531
P6	P6 – P7	62.840	256.00°	737107.824	9272081.087
P7	P7 – P8	79.000	96.00°	737045.524	9272089.298
P8	P8 – P9	147.030	180.00°	737027.350	9272012.418
P9	P9 – P1	198.170	110.00°	736994.533	9271869.099
BM1				737101.835	9272122.851

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4 Estudio de mecánica de suelos

Este estudio fue llevado a cabo con la finalidad de identificar el tipo de suelo, perfil estratigráfico y todas las características necesarias del área en estudio, se realizaron 08 calicatas o pozos a cielo abierto, distribuidas de manera adecuada. (**Ver anexo 09: Plano de calicatas**)

Tabla N° 7: Resumen de extracción de muestras mediante calicatas

Calicata	Ubicación	Profundidad	Coordenadas
C-1	“Dist. Chancay Baños”	3.00 m.	E 737188.78 N 9272113.65
C-2	“Dist. Chancay Baños”	3.00 m.	E 737207.63 N 9272068.34
C-3	“Dist. Chancay Baños”	3.00 m.	E 737156.51 N 9272014.75
C-4	“Dist. Chancay Baños”	3.00 m.	E 737206.63 N 9272014.75
C-5	“Dist. Chancay Baños”	3.00 m.	E 737156.51 N 9271975.21
C-6	“Dist. Chancay Baños”	3.00 m.	E 737206.63 N 9271975.21
C-7	“Dist. Chancay Baños”	3.00 m.	E 737171.06 N 9271952.00
C-8	“Dist. Chancay Baños”	3.00 m.	E 737125.72 N 9272993.56

Fuente: Elaboración propia.

Las muestras tomadas en el área de estudio para posteriormente ser ensayadas se clasificaron usando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). NTP 339.134, de las cuales se presenta la siguiente estratigrafía por calicata.

Tabla N° 8: Resumen de clasificación de suelos- estratigrafía

Calicata	Profundidad	Estrato	%Humedad	%L. Líquido	%L. Plástico	%Índice Plasticidad
C-1	3.00 m.	“SM”	11.6%	NP	NP	NP
C-2	3.00 m.	“SP-SM”	12.7%	NP	NP	NP
C-3	3.00 m.	“CL”	6.4%	28.2%	18.7%	9.5%
C-4	3.00 m.	“CL”	8.7%	25.7%	14.5%	11.3%
C-5	3.00 m.	“CL”	11.4%	27.4%	18.7%	8.7%
C-6	3.00 m.	“CL”	9.49%	32.07%	17.05%	15.02%
C-7	3.00 m.	“CL”	17.42%	29.10%	18.75%	11.08%
C-8	3.00 m.	“CL-ML”	14.04%	28.79%	21.89%	6.91%

Fuente: Elaboración propia.

- El área considerada para el desarrollo del proyecto se encuentra situada dentro de la zona de sismicidad N° 3.
- No se registró la presencia del nivel del agua subterránea en ninguna de las 8 excavaciones realizadas a una profundidad de 3.00 metros, es posible que se encuentre a una profundidad mayor debido a la ubicación elevada del terreno en la cima de una pendiente.
- No se detectó la existencia de elementos orgánicos contaminantes en ninguna de las 8 excavaciones efectuadas.
- Antes de proceder con el vertido de la base de la estructura, se aconseja compactar el suelo de apoyo, el cual suele sufrir modificaciones durante el proceso de excavación.
- Dado que se detectó una cantidad mínima de sulfatos solubles en las capas examinadas, resulta adecuado emplear Cemento Portland Tipo I para las partes de la base. Por lo tanto, es recomendable aumentar la cobertura del acero, aplicar medidas de impermeabilización al concreto y considerar la posibilidad de usar aditivos o impermeabilizantes como alternativa.
- Se aconseja una profundidad mínima de cimentación de 1,50 m, ya sea para una cimentación continua o aislada. La elección entre estas opciones dependerá del juicio del diseñador.
- La opción de cimentación recomendada: es entre zapatas corridas o una losa de cimentación, la elección se basará en el juicio del diseñador.

- La carga permitida del suelo según EMS es de 0.62 kg/cm² para una cimentación continua y para cimentación aislada es de 0.68 kg/cm².
- El suelo encontrado tiene diferentes estratos en donde se encontró arcilla, lo cual se utilizará para impermeabilizar las trincheras, ya que de esta manera los lixiviados no pueden penetrar el suelo. Por lo tanto, se realizará el ensayo de PERMEABILIDAD TRIAXIAL para suelos cohesivos ASTM D2938.

4.1.4.1 Ensayo de permeabilidad Triaxial

Se trabajó con tres muestras (C3, C6, C7) diferentes de arcillas de la zona del proyecto para determinar cuál arcilla es más eficiente.

Conforme a las directrices del MINAM, el coeficiente de permeabilidad en pruebas de laboratorio para el material arcilloso destinado a la impermeabilización no debe exceder $K = 1 \times 10^{-6}$ cm/seg. [41]

Es decir, el coeficiente k de permeabilidad del terreno en el proyecto realizado a las tres calicatas diferentes es apto. Teniendo en cuenta que la muestra 01(C3) su " k " = 1.91×10^{-7} cm/seg, la muestra 02 (C6) su " k " = 2.48×10^{-7} cm/seg, la muestra 03 (C7) su " k " = 1.11×10^{-7} cm/seg. Todas las muestras cumplen con el " k " mínimo requerido. Por lo tanto, se recomienda que el material para impermeabilizar el relleno sanitario con material arcilloso será extraído del mismo proyecto. De esta manera los lixiviados no pueden penetrar el suelo.

4.1.5 Parámetros de diseño del relleno sanitario

4.1.5.1 Tipo de relleno sanitario

“El vertedero sanitario representa un método definitivo de eliminación de los residuos sólidos en el suelo, con el propósito de evitar inconvenientes y riesgos para la salud pública y la seguridad, así como para preservar el entorno tanto durante su funcionamiento como después de su cierre. Esta técnica se basa en conceptos de ingeniería para contener los desechos en un espacio lo más compacto posible, cubriéndolos diariamente con capas de tierra y comprimiéndolos para reducir su volumen. Además, aborda los posibles problemas derivados de los líquidos y gases generados por el manejo de la materia orgánica. [42]”.

La Tabla N°01 proporciona pautas específicas para determinar el tipo más apropiado de relleno sanitario a utilizar. Este proyecto se configurará como un "relleno sanitario de gestión manual", ya que representa una adaptación del concepto de relleno sanitario diseñado para comunidades pequeñas que generan volúmenes y variedades limitadas de desechos, es decir, menos de 15 t/día. La descripción "manual" se refiere a la ejecución de las labores de compactación y confinamiento de los desechos, las cuales pueden ser llevadas a cabo con el apoyo de un grupo de trabajadores y la utilización de algunas herramientas. [42]”.

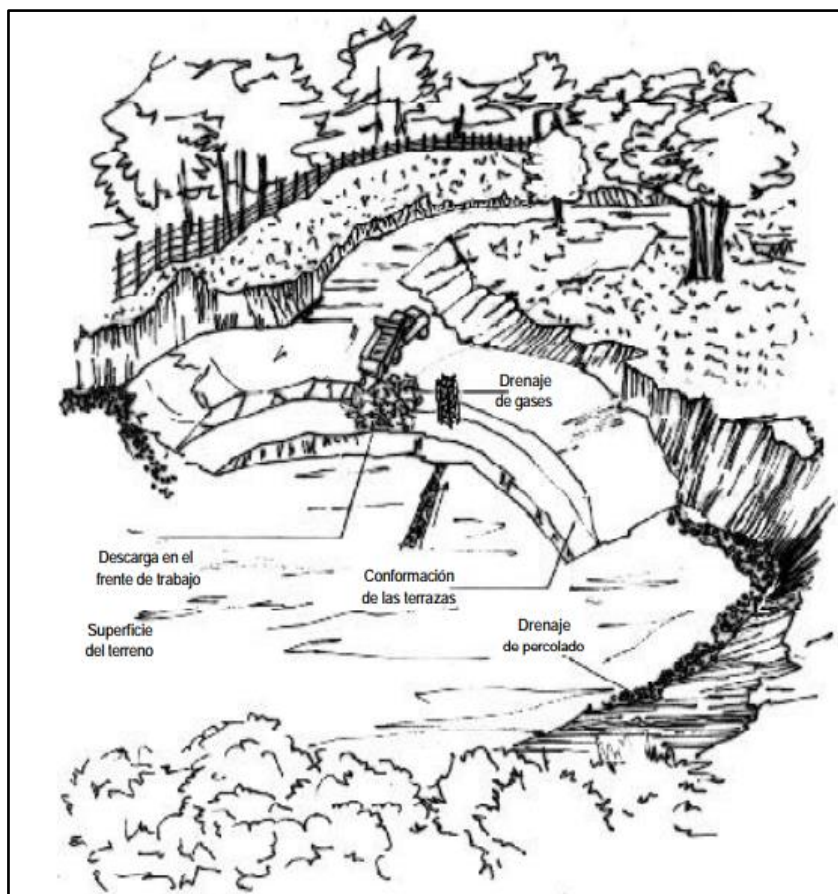
4.1.5.2 Selección del método

“El relleno sanitario a planificar se basará en el Método de Área. En terrenos relativamente planos, donde no sea viable crear excavaciones como fosas o trincheras para enterrar los desechos, estos podrán ser dispuestos directamente sobre la superficie original del suelo, el cual deberá ser elevado algunos metros después de aplicar una capa de impermeabilización. En estas situaciones, el material para cubrir los desechos deberá ser transportado desde otras áreas o, si es posible, obtenido de la capa superior del terreno. Las excavaciones se construyen con una pendiente suave en los lados para evitar deslizamientos y garantizar una mayor estabilidad a medida que el relleno va siendo acumulado. [42]”.

“Esta técnica puede ser aplicada en diversos tipos de terrenos disponibles, como canteras desocupadas, inicio de cañones, áreas planas, depresiones y zonas húmedas afectadas por la contaminación. Un aspecto esencial en este método, para garantizar su viabilidad económica, es que el material empleado para cubrir los desechos debe ser obtenido de áreas cercanas a la ubicación del relleno [43]”.

“El relleno se edifica mediante la disposición de celdas que siguen la inclinación natural del terreno. Los desechos se descargan en la base de la pendiente, se esparcen y compactan contra el talud, y diariamente se cubren con una capa de tierra extraída del propio terreno. La operación avanza en dirección del terreno, manteniendo una pendiente suave en el talud, que oscila entre 18,4 y 26,5 grados; esto equivale a una relación vertical/horizontal de 1:3 a 1:2, respectivamente, y un ángulo de 1 a 2 grados en la superficie, lo cual corresponde a un rango del 2 al 3.5% [42]”.

Figura 20: Método de área



Fuente: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales.

4.1.5.3 Cálculo de la cantidad de residuos a disponer.

Para determinar la cantidad de desechos sólidos que serán depositados en el relleno sanitario de manejo manual durante un período de 20 años, es esencial tener acceso a datos demográficos de la comunidad, que incluyan detalles como la cantidad de habitantes, la tasa de aumento de población, y la cantidad de desechos generados por cada individuo diariamente.

4.1.5.3.1 Proyección de la población

Para este método, se asume que la población se incrementa a la par de como lo hacía cuando se censó por última vez, pero siempre considerando que dicho crecimiento obedece a la expresión.

[29]

Cálculo de Población Futura

$$P_f = P_0(1 + r)^n$$

Donde:

P_f = Población Futura.

P_0 = Población Actual.

r = Tasa de Crecimiento.

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

t = Variable de tiempo expresado en años

Basándonos en los datos proporcionados, realizaremos una proyección de la población para los próximos veinte (20) años.

Cálculo de tasa de Crecimiento

INEI 2019	1447891	Personas	*Cajamarca
INEI 2017	1427527		
N	2		
r =	0.007107357	Tasa de crecimiento	

Dicha tasa de crecimiento se tomó con la población del Departamento de Cajamarca, ya que con la población del Distrito de Chancay Baños resultaba una tasa de crecimiento negativa.

Adoptando la tasa de crecimiento de **0.007107357** a nivel del Departamento de Cajamarca. Se obtiene la proyección de la población futura para el proyecto en veinte años.

Tabla N° 9: Población futura para veinte años

Año	Año	Población (Hab)
2020	0	585
2021	1	589
2022	2	593
2023	3	598
2024	4	602
2025	5	606
2026	6	610
2027	7	615
2028	8	619
2029	9	624
2030	10	628
2031	11	632
2032	12	637
2033	13	641
2034	14	646
2035	15	651
2036	16	655
2037	17	660
2038	18	665
2039	19	669
2040	20	674

Fuente: Elaboración propia

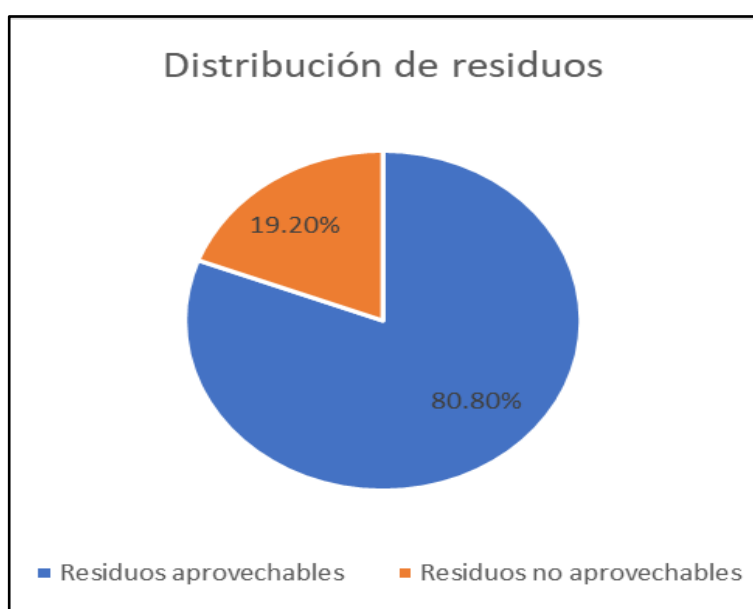
4.1.5.3.2 Generación per cápita de residuos

Los datos exactos sobre la generación per cápita (Gpc) de residuos sólidos en el Distrito de Chancay Baños se adquirieron a través del análisis de la caracterización de los desechos sólidos efectuados en la región de estudio. Esto se basa en las circunstancias socioeconómicas y en los patrones de consumo de la población en la zona.

Luego de realizar el estudio de caracterización de residuos sólidos se obtuvo que la Generación Per Cápita (GPC) de los residuos domiciliarios a nivel del distrito de Chancay Baños es de 0.5018 Kg/hab/día y de 1.656 Kg/viv/día. El material que mayor generación de residuos ha generado, ha sido el cartón marrón, llegando a generar un total de 0.157 kg por vivienda al día de este material.

La distribución de los residuos sólidos generados, ha expuesto que la mayor cantidad de los residuos que han sido generados por la comunidad de Chancay Baños, se ve representada por el 19.20% de residuos no aprovechables y 80.80% de residuos sólidos aprovechables.

Figura 21: Distribución de los residuos sólidos (Aprovechables vs No Aprovechables)



Fuente: Elaboración propia

Para poder ver una mayor disgregación de los residuos sólidos tanto aprovechables y no aprovechables en el distrito de Chancay Baños ver el estudio de caracterización de los residuos sólidos. **(Ver Anexo 01)**

Generación per Cápita

Gpc = 1.656 kg/viv/día Del estudio de Caracterización
3.3 Personas por vivienda

Gpc Total: 0.5018 kg/hab/día

R. Aprovechables (80.20%)

R. No Aprovechables (19.80%)

RA = 0.402 kg/hab/día RNP= 0.099 kg/hab/día

Estos datos servirán para determinar el dimensionamiento del relleno y plantas de segregación y almacenaje del proyecto. Ya que los residuos aprovechables serán segregados y almacenados para su posterior venta, y los residuos no aprovechables serán dispuestos a las trincheras del relleno.

4.1.5.3.3 Proyección de la generación per cápita futura de residuos sólidos

“Se recomienda calcular la generación per cápita total futura para cada año proyectado, con incremento de 0.5 a 1% anual [42]”

Para el presente proyecto del relleno sanitario se optó por incrementar el 0.5% de generación per cápita por año consecutivo durante 20 años de vida útil.

Esta se calcula tomando en consideración la población proyectada en base a la tasa de crecimiento poblacional anual y el incremento anual de la generación per cápita. Así mismo se determinará el incremento anual de la generación per cápita mediante la siguiente fórmula:

$$GP_f = GP_a(1 + r)^n$$

Donde:

GP_f = Generación per cápita futura (Kg. /hab./día).

GP_a = Generación per cápita actual (Kg. /hab./día).

r = Tasa de Crecimiento de generación en % (de 0.5 a 1% Jorge Jaramillo, 2002)

n = números de años

4.1.5.3.4 Generación de residuos sólidos domiciliarios.

Esto se obtiene al multiplicar la población anual por la producción de desechos per cápita.

4.1.5.3.5 Generación de residuos sólidos municipales.

Según el manual de “GUIA DE DISEÑO, CONSTRUCCION, OPERACION, MANTENIMIENTO Y CIERRE DE RELLENO SANITARIO MECANIZADO” los residuos sólidos municipales son [43]:

$$\text{RSM} = 1.3 * \text{RSD}$$

Lo cual se consideró para efectos del presente cálculo.

4.1.5.3.6 Volumen de residuos sólidos municipales.

Densidad

“La densidad de los desechos representa otro factor crucial en la planificación del vertedero. Al calcular las medidas de la celda diariamente y el tamaño total del relleno, es aconsejable considerar las densidades estimadas a continuación [42]”:

Figura 22: Densidad de diseño de la celda diaria y del relleno sanitario manual

Diseño	Densidad kg/m ³
• Celda diaria (basura recién compactada manualmente)	400 - 500
• Volumen del relleno (basura estabilizada en el relleno manual)	500 - 600

Fuente: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales-Minam

Para determinar el volumen, se divide la cantidad de desechos sólidos municipales entre la densidad de esos mismos desechos. Se ha adoptado una densidad de 0.6tn/m³, ya que se toma en cuenta que los residuos estarán estabilizados en un relleno manual y se trata del valor mínimo requerido por las normativas de rellenos sanitarios en Perú el cual está establecido por el D.S. 057 - PCM -2004.

4.1.5.3.7 Volumen de residuos sólidos municipales más material de cobertura.

Según el manual de “GUIA DE DISEÑO, CONSTRUCCION, OPERACION, MANTENIMIENTO Y CIERRE DE RELLENO SANITARIO MECANIZADO” el material de cobertura en un relleno es [43] :

$$\% \text{ Material de cobertura} = 25\% \text{ RSM}$$

4.1.5.3.8 Área total: (Vol. de residuos sólidos municipales + material de cobertura) / H)

Para efectos del presente cálculo se ha considerado: $H = 1.5\text{m}$, que es la altura en las trincheras a excavar.

4.1.5.3.9 Área total más área administrativa.

Se designa como área administrativa a las instalaciones adicionales del vertedero sanitario, que comprenden elementos como la zona de amortiguación, las vías internas, el espacio para maniobras, las casetas de administración, entre otros [43].

Para nuestro Calculo se ha considerado:

$$\text{Área administrativa} = 30\% \text{ de Área Total}$$

4.1.5.3.10 Área acumulada

Es el resultado de la suma de las áreas parciales de cada año considerado en las proyecciones.

4.1.5.3.11 Cálculo de proyección de la generación de residuos sólidos y área total requerida para todo el relleno sanitario.

Para este caso se tomará la generación per cápita total, ya que se tiene que verificar si el área brindada por la municipalidad distrital de chancay baños es suficiente para el proyecto con una vida útil de 20 años.

Generación per Cápita

$$\text{Gpc} = \begin{array}{ll} 1.656 & \text{kg/viv/día} \\ 3.3 & \text{Personas por vivienda} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Del estudio de Caracterización} \end{array}$$

$$\text{Gpc Total} = 0.5018 \text{ kg/hab/día}$$

Cabe recalcar que este cálculo solo se efectúa para verificar que el terreno brindado por la municipalidad es suficiente para el terreno necesario para el relleno.

Tabla N° 10: Área total requerida para todo el relleno sanitario

Año	Año	Población (Hab)	Generación Per Càpita Total Futura (Kg/hab/día)	Generación de Residuos Sólidos Domiciliarios (ton/día)	Generación de Residuos Sólidos Domiciliarios (Ton/Año)	Generación de Residuos Sólidos Municipales (Ton/Año)	Volumen de Residuos Sólidos Municipales (m3/Año)	Volumen de RRSS Municipales +Material de cobertura (Mc)(m3/Año)	Área total (Vol. De RRSS Municipales + Mc /H) (m2/Año)	Área total+Àrea Administrativa (m2/año)	Área total Acumulada (m2)
2020	0	585	0.5018	0.294	107.15	139.30	232.16	290.20	193.47	251.51	251.51
2021	1	589	0.53	0.310	113.31	147.30	245.50	306.88	204.58	265.96	517.47
2022	2	593	0.55	0.328	119.82	155.76	259.61	324.51	216.34	281.24	798.71
2023	3	598	0.58	0.347	126.70	164.72	274.53	343.16	228.77	297.40	1096.11
2024	4	602	0.61	0.367	133.98	174.18	290.30	362.88	241.92	314.49	1410.60
2025	5	606	0.64	0.388	141.68	184.19	306.98	383.73	255.82	332.56	1743.16
2026	6	610	0.67	0.410	149.83	194.77	324.62	405.78	270.52	351.67	2094.84
2027	7	615	0.71	0.434	158.43	205.97	343.28	429.09	286.06	371.88	2466.72
2028	8	619	0.74	0.459	167.54	217.80	363.00	453.75	302.50	393.25	2859.97
2029	9	624	0.78	0.485	177.17	230.32	383.86	479.82	319.88	415.85	3275.82
2030	10	628	0.82	0.513	187.35	243.55	405.92	507.40	338.26	439.74	3715.56
2031	11	632	0.86	0.543	198.11	257.55	429.24	536.55	357.70	465.01	4180.58
2032	12	637	0.90	0.574	209.50	272.34	453.91	567.39	378.26	491.73	4672.31
2033	13	641	0.95	0.607	221.53	287.99	479.99	599.99	399.99	519.99	5192.30
2034	14	646	0.99	0.642	234.26	304.54	507.57	634.47	422.98	549.87	5742.17
2035	15	651	1.04	0.679	247.73	322.04	536.74	670.92	447.28	581.47	6323.64
2036	16	655	1.10	0.718	261.96	340.55	567.58	709.48	472.98	614.88	6938.52
2037	17	660	1.15	0.759	277.01	360.12	600.20	750.25	500.16	650.21	7588.73
2038	18	665	1.21	0.803	292.93	380.81	634.69	793.36	528.90	687.58	8276.31
2039	19	669	1.27	0.849	309.76	402.69	671.16	838.95	559.30	727.09	9003.39
2040	20	674	1.33	0.897	327.56	425.83	709.72	887.15	591.44	768.87	9772.26
						5412.33		11275.68			9772.26

Fuente: Elaboración propia

En 20 años se tendrá un total de 5412.33 Ton de residuos sólidos en el distrito de Chancay Baños.

Se requiere de un área total de 9772.26 m2 para el relleno sanitario en 20 años, el terreno brindado por la Municipalidad Distrital de Chancay Baños tiene un área total de 70 573.58 m2 el cual es suficiente para dicho Proyecto. **(Ver anexo 08).**

4.1.6 Cálculo de la capacidad útil, volumen y área requerida para las celdas relleno sanitario.

En esta situación se aplicará la generación per cápita total multiplicada por el porcentaje de residuos sólidos no aprovechables, dado que solo estos residuos serán colocados en las celdas.

Generación per Cápita

$$G_{pc} = \frac{1.656 \text{ kg/viv/día}}{3.3 \text{ Personas por vivienda}} \quad \text{Del estudio de Caracterización}$$

$$G_{pc} \text{ Total} = 0.5018 \text{ kg/hab/día}$$

R. No Aprovechables (19.80%)

$$RNP = 0.0994 \text{ kg/hab/día}$$

$$P_{pc} = 0.0994 \text{ kg/hab/día}$$

Tabla N° 11: Volumen y Área total requerida para las celdas relleno sanitario

Año	Año	Población (Hab)	Generación Per Càpita Total Futura "No Aprovechable". (Kg/hab/día)	Generación de Residuos Sólidos Domiciliarios (ton/día)	Generación de Residuos Sólidos Domiciliarios (Ton/Año)	Generación de Residuos Sólidos Municipales (Ton/Año)	Volumen de Residuos Sólidos Municipales (m3/Año)	Volumen de RRSS Municipales +Material de cobertura (Mc)(m3/Año)	Área total (Vol. De RRSS Municipales + Mc /H (m2/Año)
2020	0	585	0.0994	0.058	21.22	27.58	45.97	57.46	38.31
2021	1	589	0.10	0.061	22.43	29.17	48.61	60.76	40.51
2022	2	593	0.11	0.065	23.72	30.84	51.40	64.25	42.84
2023	3	598	0.12	0.069	25.09	32.61	54.36	67.95	45.30
2024	4	602	0.12	0.073	26.53	34.49	57.48	71.85	47.90
2025	5	606	0.13	0.077	28.05	36.47	60.78	75.98	50.65
2026	6	610	0.13	0.081	29.67	38.57	64.28	80.34	53.56
2027	7	615	0.14	0.086	31.37	40.78	67.97	84.96	56.64
2028	8	619	0.15	0.091	33.17	43.12	71.87	89.84	59.90
2029	9	624	0.15	0.096	35.08	45.60	76.00	95.01	63.34
2030	10	628	0.16	0.102	37.09	48.22	80.37	100.46	66.98
2031	11	632	0.17	0.107	39.23	50.99	84.99	106.24	70.83
2032	12	637	0.18	0.114	41.48	53.92	89.87	112.34	74.89
2033	13	641	0.19	0.120	43.86	57.02	95.04	118.80	79.20
2034	14	646	0.20	0.127	46.38	60.30	100.50	125.62	83.75
2035	15	651	0.21	0.134	49.05	63.76	106.27	132.84	88.56
2036	16	655	0.22	0.142	51.87	67.43	112.38	140.48	93.65
2037	17	660	0.23	0.150	54.85	71.30	118.84	148.55	99.03
2038	18	665	0.24	0.159	58.00	75.40	125.67	157.08	104.72
2039	19	669	0.25	0.168	61.33	79.73	132.89	166.11	110.74
2040	20	674	0.26	0.178	64.86	84.32	140.53	175.66	117.10
						1071.64		2232.59	1488.39

Fuente: Elaboración propia

Una vez que se haya completado el análisis de los residuos no aprovechables a través del balance de masa, podremos establecer la cantidad de desechos que se almacenará en el relleno durante un período de 20 años. En este contexto, para el año 2040, se anticipa una cifra de 1071,64 toneladas de residuos no aprovechables. Luego, para calcular el espacio necesario, se empleará la densidad de los desechos para calcular el Volumen Anual de Residuos (VAR), al cual se agregará un 25% de material de cobertura. Esto nos dará como resultado el Volumen Anual de Residuos Dispuestos (VARD), y al sumar estos valores durante 20 años, obtendremos el Volumen Mínimo Útil (VMU). Este último parámetro será crucial para determinar la factibilidad del proyecto de relleno. Finalmente, al definir una altura, en este caso, de 1,5 m, podremos hallar el área requerida para las celdas del relleno.

Se obtiene un volumen total de residuos sólidos no aprovechables de 2232.59 m³ en 20 años, el cual nos servirá para dimensionar las celdas o trinchas del relleno

4.1.7 Diseño celdas relleno sanitario.

Obteniendo el volumen total de residuos sólidos no aprovechables requeridos para las celdas del relleno que es el VMU (volumen mínimo útil) de 2232.59 m³ en 20 años. Calculamos la cantidad y dimensiones de dichas celdas.

Tabla N° 12: Taludes recomendados en corte

Tipo de Material	Talud recomendable S Altura del corte hasta 5m	Observaciones
Arenas limosas y limos compactados	$\frac{1}{2}$	K= 10 - 7 cm/s. Descopetar 1:1 la parte superior más intemperizada. Si son materiales fácilmente erosionables, deberá proyectarse talud 1:1
Arenas limosas, limo poco compactado	$\frac{1}{4}$	K= 10 - 7 cm./s. contracuneta impermeable. Descopetar 1,5:1 la parte más intemperizada.
Arenas limosas y limos muy compactados	$\frac{1}{4}$	K= 10 - 7 cm./s. Descopetar la parte superior suelta.
Arcillas poco arenosas, firmes y homogéneas	$\frac{1}{2}$	K= 10 - 8 cm./s. Descopetar 1:1 la parte intemperizada. Si existe flujo de agua, construir subdrenaje.
Arcillas blandas expansivas	1	K= 10 - 8 cm./s

Fuente: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios mecanizado. [41]

A continuación, se establecerán las medidas de manera que se cumpla con el Volumen Mínimo Útil (VMU) del vertedero, resultando en:

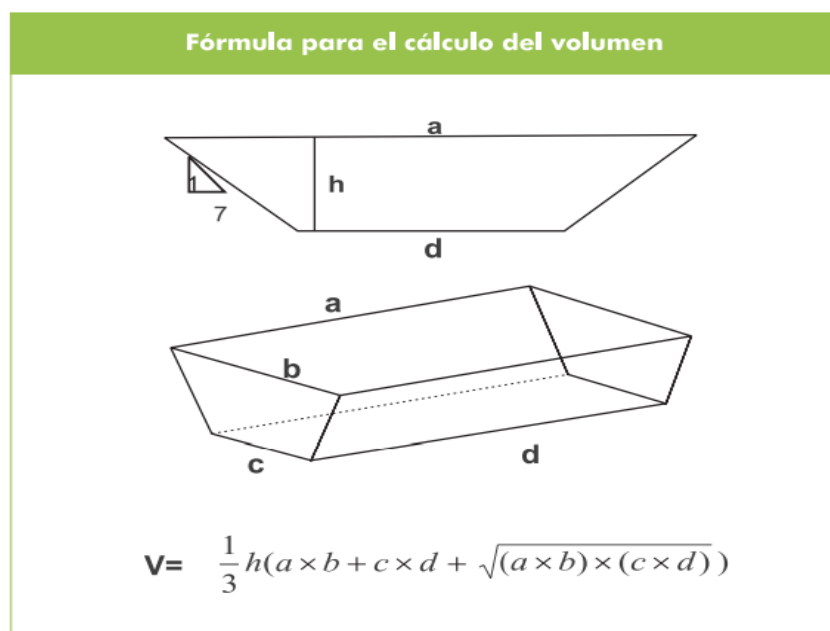
a =	36	m
b =	21	m
c =	15	m
d =	30	m

h = 1.5 m
Talud = 1V/2H

En cuanto a los taludes utilizados para construir terraplenes con residuos sólidos, se sugiere un talud de 1/2 o 1/3 (Jaramillo, 2002) [42].

Con esas dimensiones calculamos el volumen de la celda del relleno con la siguiente fórmula:

Figura 23: Taludes recomendados en corte



Fuente: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios mecanizado. [41]

$$V = 894.63 \text{ m}^3$$

En el proyecto se contará con 4 Celdas para disponer los residuos sólidos no aprovechables y una celda para la posa de lixiviados.

$$V (4 \text{ celdas}) = 3578.53 \text{ m}^3$$

El volumen total o VUD es de 3578.53 m³ será mayor o igual al VMU del relleno.

4.1.8 Volumen anual de residuos dispuestos.

Se ha tenido en cuenta que los residuos compactados experimentarán una reducción en volumen debido a la compactación al ser dispuestos, llegando a una densidad promedio de 0.6 ton/m³.

En cuanto al material de cobertura, se ha estimado un promedio del 25% con respecto al volumen de los residuos compactados.

Tabla N° 13: Cálculo del volumen anual de residuos dispuestos

Año	Residuos Sólidos Dispuestos (Ton/Año)	Residuos Compactados (m ³)	Residuos Compactados Acumulados (m ³)	Material de Cobertura (m ³)	VRSD Acumulado (m ³)
2020	27.58	45.97	45.97	11.49	57.46
2021	29.17	48.61	94.58	23.64	118.22
2022	30.84	51.40	145.98	36.49	182.47
2023	32.61	54.36	200.34	50.08	250.42
2024	34.49	57.48	257.81	64.45	322.27
2025	36.47	60.78	318.60	79.65	398.25
2026	38.57	64.28	382.87	95.72	478.59
2027	40.78	67.97	450.84	112.71	563.55
2028	43.12	71.87	522.71	130.68	653.39
2029	45.60	76.00	598.72	149.68	748.40
2030	48.22	80.37	679.09	169.77	848.86
2031	50.99	84.99	764.08	191.02	955.10
2032	53.92	89.87	853.95	213.49	1067.44
2033	57.02	95.04	948.99	237.25	1186.24
2034	60.30	100.50	1049.49	262.37	1311.87
2035	63.76	106.27	1155.77	288.94	1444.71
2036	67.43	112.38	1268.15	317.04	1585.18
2037	71.30	118.84	1386.99	346.75	1733.73
2038	75.40	125.67	1512.65	378.16	1890.82
2039	79.73	132.89	1645.54	411.39	2056.93
2040	84.32	140.53	1786.07	446.52	2232.59

Fuente: Elaboración propia

4.1.9 Vida útil

La determinación de la duración operativa se promueve al comparar el volumen de diseño útil (VUD) con los años que mejor se ajustan al resultado mediante una regla de tres básicas. Para ello, se tomó en consideración los años 2039 y 2040 de la tabla 13. Después de obtener el valor resultante, se realizará una suma con el número inicial de años previstos para la vida útil y, en última instancia, se obtendrá el periodo efectivo de funcionamiento del vertedero diseñado.

		VUC =	3578.53	m3
Año	2039		2056.93	m3
Año	2040		2232.59	m3
		Nº Días	M3	
		365	175.66	
		X	1521.60	
		X =	3161.77	Días
			8	Años

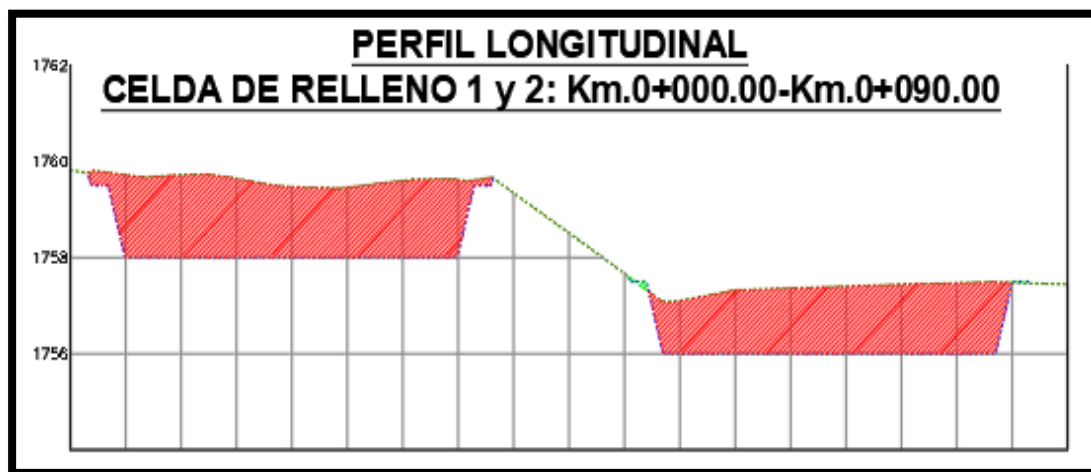
Vida Útil = 28 años

En consecuencia, la vida útil del vertedero sanitario es de 28 años.

4.1.10 Diseño de taludes

El área destinada para la implementación del proyecto de vertedero sanitario debe presentar características impermeables, como las que ofrece el suelo de arcilla. Además, es fundamental que las alturas de excavación para las trincheras no superen los 5 m, y en este caso se ha optado por una altura de 1,5 m. Siguiendo estas recomendaciones, no se requiere análisis de estabilidad para determinar el talud más adecuado. El lugar seleccionado para el vertedero sanitario está compuesto por suelos que combinan arcilla y arena; por lo tanto, se ha recomendado un talud de 2H:1V, que ha sido utilizado en este diseño. (Ver anexo 09).

Figura 24: Perfil de relleno sanitario y diseño de taludes en programa Civil 3D



Fuente: Elaboración propia

4.1.11 Generación de lixiviados

3.9.5.1. Cálculo de la Generación de lixiviados

Para calcular el flujo promedio de lixiviado, se ha seleccionado utilizar el Método Suizo, que es respaldado por el manual del Ministerio del Ambiente (MINAM) [43]. Para este propósito, se empleó el precipitado anual promedio de la tabla 14. De esta manera, podemos establecer de manera ágil y sencilla el caudal de lixiviado mediante la siguiente ecuación:

$$Q = 1/t \times P \times A \times K$$

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:

- “En el caso de rellenos con una compactación menos intensa y un peso específico que varía de 0.4 a 0.7 ton/m³, se calcula que la generación de lixiviado oscila entre el 25% y el 50% ($K=0.25$ a 0.50) de la precipitación media anual correspondiente al área del vertedero [43]”.

- “En el caso de rellenos que han sido compactados de manera más intensa y tienen un peso específico superior a 0.7 ton/m³, se calcula que la producción de lixiviado se encuentra en el rango del 15% al 25% ($K=0.15$ a 0.25) de la recepción media anual correspondiente al área del vertedero. [43]”.

Para el cálculo:

$P= 50.68 \text{ mm}$

$A= 64\,827.79 \text{ m}^2$

$t= 31536000 \text{ seg/año}$

$K= 0.25$

Con la fórmula:

$Q = 0.02604 \text{ lit/seg}$

$Q = 67.495 \text{ m}^3/\text{mes.}$

4.1.11.1 Diseño del sistema de drenaje de lixiviado

“Se propone implementar un sistema de retención de lixiviado con una disposición similar a una espina de pescado dentro del vertedero. Para lograrlo, se determinará el volumen de lixiviado a almacenar y se diseñarán las zanjas correspondientes para este propósito. Además, se prevé que los canales de drenaje estén equipados con tuberías perforadas [42]”

- **Volumen de lixiviado**

“El volumen se estimó con la siguiente ecuación [42]”:

$$V = Q \times t$$

Donde:

V = Volumen de lixiviado que será almacenado (m^3)

Q = Caudal medio de lixiviado o líquido percolado (m^3/mes)

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

Con la fórmula:

$$Q = 67.495 \text{ m}^3/\text{mes.}$$

$$T = 3 \text{ meses.}$$

$$V = 202.98 \text{ m}^3$$

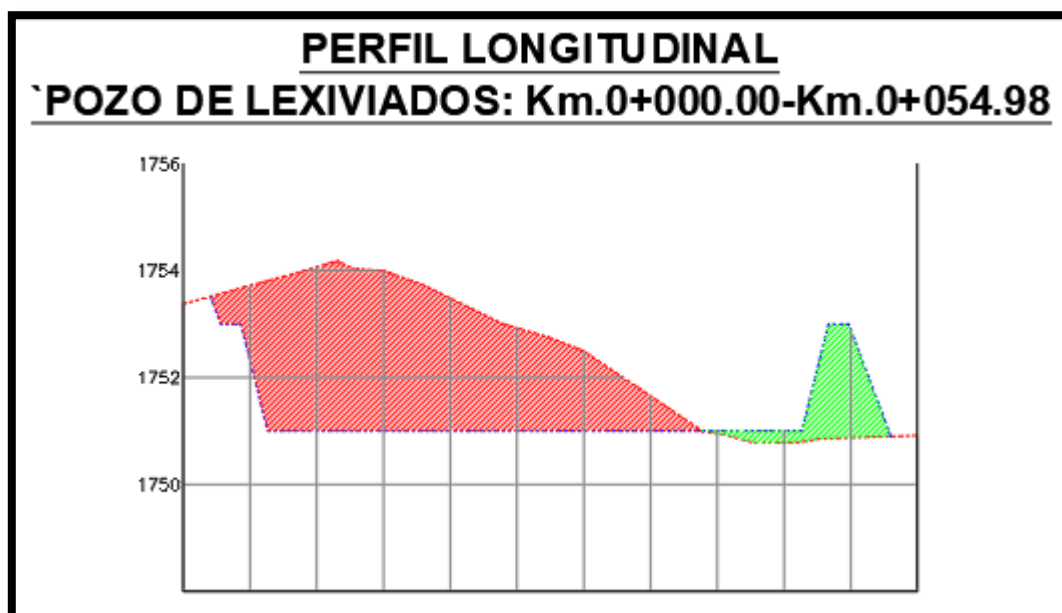
Usando este volumen calculado, tomaremos en cuenta las dimensiones necesarias para la construcción de la poza de lixiviados.

4.1.12 Diseño de poza de lixiviados

Se requiere que los drenajes estén enlazados con una estructura de almacenamiento o depósito de lixiviado, con el fin de realizar el tratamiento correspondiente a través de la recirculación. Este enfoque se considera sencillo y rentable, contribuyendo a reducir el impacto contaminante. Las aguas residuales serán tratadas con sustancias antioxidantes para mantener un nivel de pH neutro. Para lograr esto, se empleará cal, ya que es uno de los antioxidantes más disponibles en el mercado.

La recirculación será implementada con el propósito de reducir la cantidad de lixiviados acumulados en el depósito mediante la evapotranspiración. Asimismo, tiene como finalidad facilitar el proceso de procesamiento de los desechos sólidos almacenados en el vertedero sanitario. (Ver anexo 09)

Figura 25: Sección transversal de poza de lixiviados en programa Civil 3D



Fuente: Elaboración propia

La estructura de impermeabilización para la poza de lixiviados seguirá el mismo diseño a base de arcilla utilizada en las celdas del vertedero sanitario.

4.1.12.1 Diseño del canal interceptor de aguas de escorrentía

“Luego de llevar a cabo un análisis hidrológico de las precipitaciones en la zona, es posible definir las especificaciones de los sistemas de drenaje alrededor del vertedero y el depósito de lixiviados. Esto tiene como objetivo reducir la generación de lixiviados y prevenir la contaminación de las aguas [42]”.

“Se dirigirán las aguas pluviales provenientes de las áreas adyacentes al vertedero o la fosa de lixiviados mediante un canal perimetral que las conducirá fuera de dichas estructuras. Este canal será construido en tierra o con una mezcla de suelo y cemento, adoptando una forma rectangular o cuadrada. Su tamaño se determinará considerando factores como la precipitación local, el área de captación, las propiedades del suelo, la vegetación circundante y la pendiente del terreno [42]”.

“Si las particularidades del área exigen un nivel más preciso, es posible determinar el flujo que aporta la cuenca utilizando el método racional, y posteriormente definir las medidas del canal mediante la siguiente fórmula [42]”.

$$Q_p = K_i \times A_d / 3,6 \times 10^6$$

Donde:

Q_p = Caudal que ingresa o máximo escurrimiento [m³/seg]

K = Coeficiente de escurrimiento.

i = Intensidad de la lluvia para una duración igual [mm/hora]

A_d = Área de la cuenca [m²]

t_c = Tiempo de concentración [min]

El trazado del canal debe seguir la curva de nivel más elevada hasta la cual se extienda el límite del vertedero sanitario. Además, se debe asegurar que el canal mantenga una velocidad promedio máxima de 0.5 metros por segundo, evitando una erosión excesiva. La dimensión de la sección del canal se puede determinar utilizando la siguiente ecuación [42]:

$$A = Q_p / v$$

Donde:

A = Área de la sección de la zanja [m²]

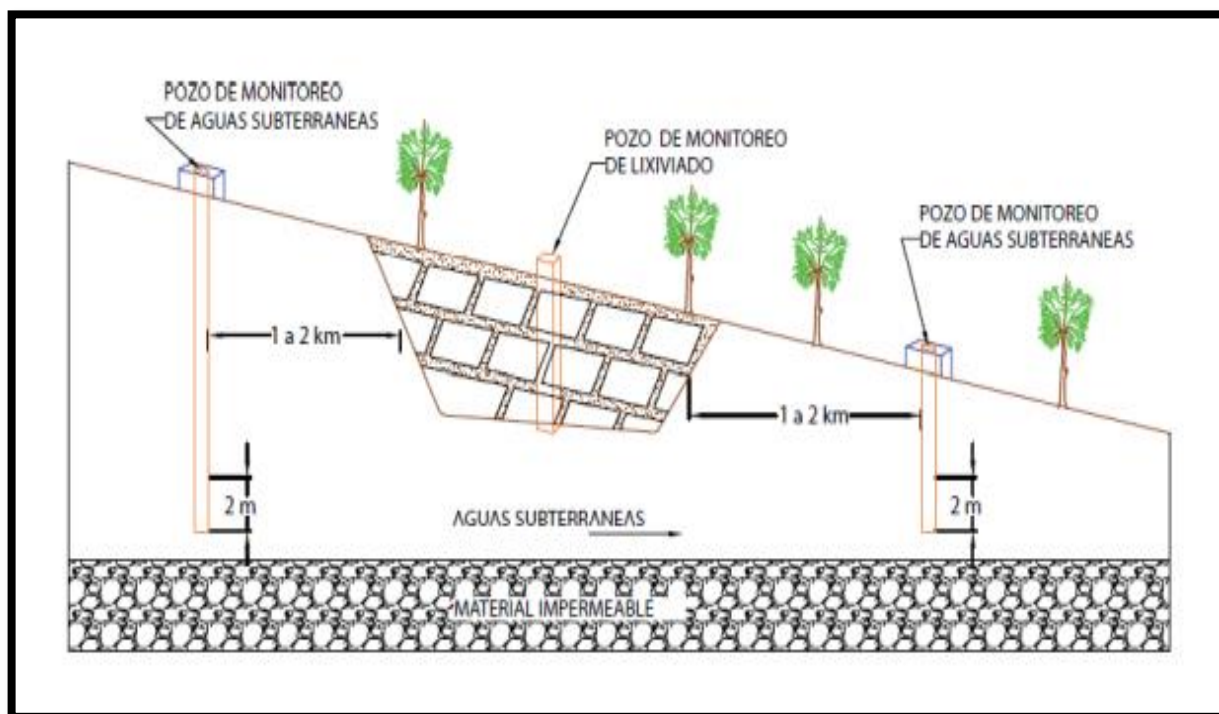
v = Velocidad máxima promedio [m/seg]

Una vez que se haya calculado el área de la sección, se procederá a determinar las dimensiones, tomando en consideración las recomendaciones previas.

4.1.12.2 Localización de los pozos de monitoreo

“Se establecerán pozos de monitoreo situados a distancias mínimas de 10, 20 y 50 metros desde el área del vertedero y el drenaje perimetral de lixiviados. En general, se considera que entre 3 o 4 pozos serán adecuados. Si se encuentra que el nivel freático se encuentra relativamente cerca de la superficie (aproximadamente a 4 metros), estos pozos pueden ser excavados manualmente para facilitar la toma de muestras de las aguas subterráneas [43]”.

Figura 26: Localización de pozos de monitoreo de aguas subterráneas y lixiviado en un relleno sanitario



Fuente: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales Minam

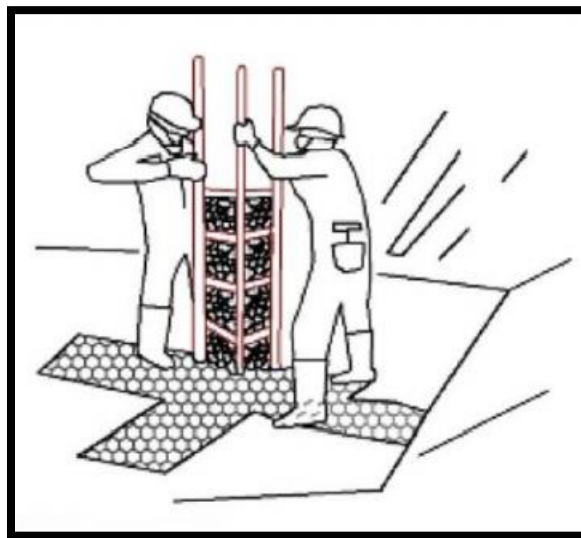
4.1.12.3 Drenaje de gases

De acuerdo al MINAM [43], se establece la necesidad de implementar un sistema de evacuación vertical para controlar la dispersión del biogás. Para llevar a cabo la recolección y el desalojo de estos gases, se emplearán chimeneas, con las siguientes características:

- “Una sección de forma cuadrada con dimensiones mínimas de 0,30 m por 0,30 m, con su altura ajustada según la estructura en la que se instala, se distribuirá equidistantemente cada 30 m como máximo. [43]”.
- “Los elementos empleados consistirán en soportes fabricados con materiales altamente resistentes a la corrosión, tales como malla metálica de tipo gallinero, y piedras con una dimensión máxima de 0,15 m [43]”.
- “De igual manera, será posible emplear tuberías perforadas con un diámetro mínimo de 0,15 m y confeccionadas con materiales que puedan resistir los efectos físico-químicos de los residuos. La liberación final del biogás hacia la atmósfera deberá concluir en un

dispositivo de combustión que propicie su combustión. Este dispositivo de combustión se ubicará a una altitud mínima de 2,00 m sobre el nivel definitivo de la estructura. En ningún caso se permitirá clausurar una chimenea sin que se haya llevado a cabo su tratamiento; antes de cerrarla, se procederá a la combustión con la instalación de un quemador, situado al menos 1,5 m sobre la superficie final del relleno [43]”.

Figura 27: Instalación de chimeneas para drenaje de gases



Fuente: “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual”

4.1.13 Cálculo del área requerida para la Segregación de Residuos Sólidos.

Para este caso se tomará la generación per cápita total, ya que a esta área llegan todos los residuos sólidos para su posterior segregación en residuos aprovechables y no aprovechables.

También se tomó una altura de 0.5 m para almacenar temporalmente los residuos sólidos, y posteriormente ser evacuados a las celdas del relleno y al área de almacenamiento. Cabe recalcar que solo se tomó los residuos sólidos generados en 1 solo día.

Generación per Cápita

Gpc = 1.656 kg/viv/día Del estudio de Caracterización
3.3 Personas por vivienda

Ppc = 0.5018 kg/hab/día

Tabla N° 14: Área Requerida para la Segregación de Residuos Solidos

Año	Año	Población (Hab)	Generación Per Càpita Total Futura (Kg/hab/dia)	Generación de Residuos Sólidos Domiciliarios (ton/dia)	Generación de Residuos Sólidos Domiciliarios (Ton/ 1 Dia)	Generación de Residuos Sólidos Municipales (Ton/1 Dia)	Volumen de Residuos Sólidos Municipales (m3/1 Dia)	Àrea total (Vol. De RRSS Municipales + Mc /H (m2/1 Dia)	Àrea total Acumulada (m2)
2020	0	585	0.5018	0.294	0.29	0.38	0.64	1.27	1.27
2021	1	589	0.53	0.310	0.31	0.40	0.67	1.35	2.62
2022	2	593	0.55	0.328	0.33	0.43	0.71	1.42	4.04
2023	3	598	0.58	0.347	0.35	0.45	0.75	1.50	5.54
2024	4	602	0.61	0.367	0.37	0.48	0.80	1.59	7.13
2025	5	606	0.64	0.388	0.39	0.50	0.84	1.68	8.82
2026	6	610	0.67	0.410	0.41	0.53	0.89	1.78	10.60
2027	7	615	0.71	0.434	0.43	0.56	0.94	1.88	12.48
2028	8	619	0.74	0.459	0.46	0.60	0.99	1.99	14.47
2029	9	624	0.78	0.485	0.49	0.63	1.05	2.10	16.57
2030	10	628	0.82	0.513	0.51	0.67	1.11	2.22	18.79
2031	11	632	0.86	0.543	0.54	0.71	1.18	2.35	21.15
2032	12	637	0.90	0.574	0.57	0.75	1.24	2.49	23.63
2033	13	641	0.95	0.607	0.61	0.79	1.32	2.63	26.26
2034	14	646	0.99	0.642	0.64	0.83	1.39	2.78	29.04
2035	15	651	1.04	0.679	0.68	0.88	1.47	2.94	31.98
2036	16	655	1.10	0.718	0.72	0.93	1.56	3.11	35.09
2037	17	660	1.15	0.759	0.76	0.99	1.64	3.29	38.38
2038	18	665	1.21	0.803	0.80	1.04	1.74	3.48	41.86
2039	19	669	1.27	0.849	0.85	1.10	1.84	3.68	45.54
2040	20	674	1.33	0.897	0.90	1.17	1.94	3.89	49.43
									49.43

Fuente: Elaboración propia

Se requiere de un área de 49.43 m2 para diseñar esta estructura.

Para ver el diseño de la estructura ver Anexo 09 - Área de segregación

4.1.14 Cálculo del área requerida para el almacenamiento de Residuos Sólidos.

Para este cálculo se tomará la generación per cápita total multiplica por el porcentaje de residuos sólidos Aprovechables, ya que solo estos residuos serán depositados en el área de almacenamiento.

También se tomó una altura de 1.5 m para almacenar temporalmente los residuos sólidos. Dichos residuos serán almacenados por un periodo de 15 días, luego de ello serán transportados y vendidos.

Generación per Cápita

Gpc =	1.656	kg/viv/día	Del estudio de Caracterización Personas por vivienda
	3.3		

Gpc Total	0.5018	kg/hab/día
------------------	---------------	-------------------

R. Aprovechables (80.20%)

RA =	0.402	kg/hab/día
------	-------	------------

Ppc =	0.4025	kg/hab/día
--------------	---------------	-------------------

Tabla N° 15: Área requerida para el almacenamiento de Residuos Sólidos

Año	Año	Población (Hab)	Generación Per cápita (Kg/hab/día) 'Aprovechable'	Generación de Residuos Sólidos Domiciliarios (ton/día)	Generación de Residuos Sólidos Domiciliarios (Ton/ 15 Días)	Generación de Residuos Sólidos Municipales (Ton/15 Días)	Volumen de Residuos sólidos Municipales (m3/15 Días)	Área total (Vol. De RRSS Municipales + Mc /H (m2/15 Días)	Área total Acumulada (m2)
2020	0	585	0.4025	0.24	3.53	4.59	7.65	5.10	5.10
2021	1	589	0.42	0.249	3.73	4.85	8.09	5.39	10.50
2022	2	593	0.44	0.263	3.95	5.13	8.56	5.70	16.20
2023	3	598	0.47	0.278	4.18	5.43	9.05	6.03	22.23
2024	4	602	0.49	0.294	4.42	5.74	9.57	6.38	28.61
2025	5	606	0.51	0.311	4.67	6.07	10.12	6.75	35.36
2026	6	610	0.54	0.329	4.94	6.42	10.70	7.13	42.49
2027	7	615	0.57	0.348	5.22	6.79	11.31	7.54	50.03
2028	8	619	0.59	0.368	5.52	7.18	11.96	7.98	58.01
2029	9	624	0.62	0.389	5.84	7.59	12.65	8.43	66.44
2030	10	628	0.66	0.412	6.17	8.03	13.38	8.92	75.36
2031	11	632	0.69	0.435	6.53	8.49	14.15	9.43	84.79
2032	12	637	0.72	0.460	6.90	8.98	14.96	9.97	94.77
2033	13	641	0.76	0.487	7.30	9.49	15.82	10.55	105.31
2034	14	646	0.80	0.515	7.72	10.04	16.73	11.15	116.47
2035	15	651	0.84	0.544	8.16	10.61	17.69	11.79	128.26
2036	16	655	0.88	0.576	8.63	11.22	18.71	12.47	140.73
2037	17	660	0.92	0.609	9.13	11.87	19.78	13.19	153.92
2038	18	665	0.97	0.644	9.65	12.55	20.92	13.95	167.86
2039	19	669	1.02	0.681	10.21	13.27	22.12	14.75	182.61
2040	20	674	1.07	0.720	10.80	14.04	23.39	15.59	198.20
									198.20

Fuente: Elaboración propia

Se requiere de un área de 198.20 m2 para diseñar esta estructura.

Para ver el diseño de la estructura ver Anexo 09 - Área de Almacenamiento.

4.1.15 Rentabilidad de Proyecto.

Para este cálculo se tomará la generación per cápita total multiplica por el porcentaje de residuos sólidos Aprovechables, ya que estos son los que de reciclaran para su posterío venta.

Año	Año	Población (Hab)	Generación Per Cápita Total Futura "Aprovechable". (Kg/hab/día)	Generación de Residuos Sólidos Domiciliarios (ton/día)	Generación de Residuos Sólidos Municipales (Ton/Día)
2020	0	585	0.4025	0.235	0.31
2021	1	589	0.42	0.249	0.324
2022	2	593	0.44	0.263	0.342
2023	3	598	0.47	0.278	0.362
2024	4	602	0.49	0.294	0.383
2025	5	606	0.51	0.311	0.40
2026	6	610	0.54	0.329	0.43
2027	7	615	0.57	0.348	0.45
2028	8	619	0.59	0.368	0.48
2029	9	624	0.62	0.389	0.51
2030	10	628	0.66	0.412	0.54
2031	11	632	0.69	0.435	0.57
2032	12	637	0.72	0.460	0.60
2033	13	641	0.76	0.487	0.63
2034	14	646	0.80	0.515	0.67
2035	15	651	0.84	0.544	0.71
2036	16	655	0.88	0.576	0.75
2037	17	660	0.92	0.609	0.79
2038	18	665	0.97	0.644	0.84
2039	19	669	1.02	0.681	0.88
2040	20	674	1.07	0.720	0.936

Después de calcula la recuperación Anual del capital Por valorización de Residuos aprovechables. Los valores de costos identificados fueron referenciados por una cotización de la empresa RecyClean, organización peruana de comercialización de materiales reciclables.

Año :	2020					
Tipo de residuos	Costo (\$/.) Kg	Tn Recurable/día	Recuperacion /Día (\$/.)	Recuperacion Anual (\$/.)	Gasto de Transporte	Total (\$/.)
Papel	0.80	0.03	20.40	7444.71	5000	50775.56
Cartón	0.35	0.04	14.62	5337.20		
Vidrio	0.25	0.03	6.47	2359.99		
Plástico (PET)	1.30	0.07	89.64	32720.31		
Metales	0.50	0.04	19.07	6959.87		
Textiles	0.35	0.00	0.42	152.49		
Caucho	0.30	0.01	2.19	801.00		
				55775.56		

De esta misma manera se realiza el cálculo para los 20 años del proyecto, obteniendo.

Año	Ganancia S/.	Total S/.
2020	50775.56	2,062,153.11
2021	53980.58	
2022	57369.76	
2023	60953.70	
2024	64743.58	
2025	68751.24	
2026	72989.18	
2027	77470.65	
2028	82209.64	
2029	87220.95	
2030	92520.21	
2031	98123.99	
2032	104049.78	
2033	110316.07	
2034	116942.45	
2035	123949.59	
2036	131359.39	
2037	139194.97	
2038	147480.81	
2039	156242.77	
2040	165508.22	

Gastos de operación y mantenimiento.

Personal	Costo Mes (S/.)	Costo Año (S/.)	Total Año	Total en 20 Año
Secretaria	1200.00	14400.00	86400.00	1,728,000.00
Tecnico	1200.00	14400.00		
Guardian	1000.00	12000.00		
P. Limpieza	1000.00	12000.00		
Peòn	1000.00	12000.00		
Peòn	1000.00	12000.00		
Peòn	1000.00	12000.00		
Servicios	1000.00	12000.00		

Flujo de Caja.

										Ganacis de Residuos Aprovechables.												
																						2,062,153.11
	50,775.56	53,980.58	57,369.76	60,953.70	64,743.58	68,751.24	72,989.18	77,470.65	82,209.64	87,220.95	92,520.21	98,123.99	104,049.78	110,316.07	116,942.45	123,949.59	131,359.39	139,194.97	147,480.81	156,242.77	165,508.22	
	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
Inversion.	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	86,400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	
2,607,389.33																						1,728,000.00
										Gastos de Operación y Mantenimiento												

Como observamos el proyecto recién es rentable a partir del año 2029.

V. Conclusiones

- El diseño de la infraestructura del vertedero sanitario se fundamenta en un enfoque sostenible y ecológico, ya que previene la propagación de agentes transmisores que podrían generar mayores efectos negativos en el entorno del planeta. En la planificación se incluyen todas las instalaciones con la finalidad de cumplir objetivos ambientales. Además, la valorización y el reciclaje de los residuos contribuirán a la preservación de los recursos naturales limitados de nuestro planeta, al gestionarlos de manera sostenible y adecuada.
- Este proyecto, más allá de sus ventajas económicas y sociales, proporciona diversos beneficios medioambientales y comunitarios. Por lo tanto, si consideramos un análisis de costos y beneficios o la recuperación de la inversión inicial, es posible que no se logre recuperar la totalidad de los costos de la obra en el plazo previsto. Sin embargo, se podrían obtener beneficios económicos para gastos de mantenimiento y otras operaciones a partir del año 2029, así como para el pago de los trabajadores. Durante la fase de operación y mantenimiento, la responsabilidad recaerá en la entidad municipal, es decir, la Municipalidad Distrital de Chancay Baños.
- Las dimensiones obtenidas para este proyecto en lo que respecta a las celdas del vertedero sanitario son de 30 metros de longitud, 15 metros de ancho y 1,5 metros de altura, con un talud de 1V/2H. En este diseño, se han establecido 4 celdas que superan las expectativas, asegurando un margen de seguridad adecuado y una vida útil extendida de 28 años. Además, se demostró una fosa de lixiviados con dimensiones de 40 metros de longitud, 10 metros de ancho y 2 metros de altura, manteniendo el mismo talud.
- En el proceso de diseño, se considerarán todas las instalaciones esenciales, dimensiones y sistemas concebidos para la preservación y salvaguardia de los recursos naturales. Desde la impermeabilización del vertedero y la fosa de lixiviados, hasta la sección destinada a la separación de los residuos en categorías aprovechables y no aprovechables, así como el espacio para almacenar los residuos recuperables. También se planificaron las vías de acceso. En todos estos pasos, se mantiene un enfoque ambiental y sustentable.

- Toda la infraestructura concebida para el control y tratamiento de los residuos sólidos abarca cuatro fases esenciales, cada una con una duración específica en diferentes momentos: 1.- Etapa de Habilitación, 2.- Etapa de Operación 3.- Etapa de Cierre 4.- Etapa de Post Cierre, Para este Proyecto solo corresponde al desarrollo de la etapa de Habilitación (diseño).
- La fase de preparación engloba la instalación de toda la infraestructura requerida para los elementos que serán empleados durante el funcionamiento del vertedero sanitario. Este proceso se inicia desde la elección del terreno adecuado y culmina con la construcción y adecuación de la planta de separación y almacenamiento, así como la infraestructura para la disposición final (vertedero sanitario).
- La preparación del Vertedero Sanitario abarca la edificación y adecuación de distintas estructuras que lo constituyen. Antes de dar inicio a las operaciones, se deben llevar a cabo obras provisionales, que incluyen la construcción de la caseta de vigilancia, el espacio para el almacenamiento de materiales y el letrero de la obra. Además, se requiere el traslado de equipos, maquinaria y herramientas, seguido por la limpieza completa de toda el área una vez que la construcción de la infraestructura esté finalizada.
- Las estructuras adicionales construidas en conjunto con el vertedero sanitario comprenden la edificación destinada a funciones administrativas, la caseta de seguridad y las vías de acceso. Los diseños de estas construcciones deben basarse en criterios técnicos específicos y ajustarse a parámetros relacionados con el clima, el suelo, el tiempo y la accesibilidad, entre otros factores.

VI. Recomendaciones

- Optimizar la gestión de los residuos sólidos en el distrito mediante la introducción de programas de educación ambiental. Estos programas tienen como objetivo concienciar a los residentes para que comiencen a separar y reciclar sus propios desechos en sus hogares. Este enfoque contribuirá a agilizar el proceso de tratamiento de los residuos.
- Se sugiere que la instalación disponga de su propio equipo de maquinaria pesada, con el propósito de agilizar las operaciones en el vertedero sanitario, así como contar con su propia flota de vehículos de transporte para la comercialización de los materiales reciclables.
- Disponer de expertos profesionales con conocimientos especializados en cada área del relleno sanitario para su gestión específica.
- Se sugiere actualizar los datos del estudio de caracterización de residuos periódicamente según el período de ejecución previsto para el proyecto.

VII. Referencias

- [1] Andina, «Radiación ultravioleta: conoce qué es, cuáles son sus tipos y sus efectos,» 25 Enero 2019. [En línea]. Available: <https://andina.pe/agencia/noticia-radiacion-ultravioleta-conoce-es-cuales-son-sus-tipos-y-sus-efectos-740414.aspx>. [Último acceso: 22 Julio 2020].
- [2] Banco Mundial, «Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos,» 20 Septiembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>.
- [3] Y. Causa, «Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales y propuesta de diseño de relleno sanitario manual para el distrito de Cairani – provincia,» Universidad Privada de Tacna, Tacna, 2019.
- [4] Congreso de la República, «Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos,» Diario "El Peruano", Lima, 2000.
- [5] Congreso de la República, «Ley N° 27972 - Ley Orgánica de Municipalidades,» Diario "El Peruano", Lima, 2003.
- [6] Congreso de la República, «Ley N° 28611- Ley General del Ambiente,» Diario "El Peruano", Lima, 2005.
- [7] Congreso de la República, «Ley N° 28245 - Ley Marco del Sistema Nacional de,» Diario "El Peruano", Lima, 2005.
- [8] A. Merchan y M. Pomavilla, «DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS SÓLIDOS COMUNES Y SANITARIOS DE CAMILO PONCE ENRÍQUEZ Y,» Universidad Técnica de Machala, Machala, 2019.

- [9] S. García y O. Hooker, «Diseño de relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos urbanos en el municipio de Ocotál, departamento de Nueva Segovia,» Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, 2017.
- [10] C. Salazar, «Diseño del relleno sanitario y su impacto ambiental de la parroquia Sancan,» Universidad Estatal de Sur de Manabí, Jipijapa, 2019.
- [11] J. Perez, «Diseño de relleno sanitario manual para disminuir la contaminación por disposición inadecuada de residuos sólidos del distrito de Cachicadán – La Libertad,» Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, 2020.
- [12] J. Vásquez, «Impacto del manejo de residuos sólidos en la salud de la población del distrito de San Juan Bautista, periodo 2017,» Universidad nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos, 2018.
- [13] W. Rabanal, «Caracterización de los residuos sólidos de competencia municipal, que permitiría el diseño del relleno sanitario y la evaluación de impactos ambientales en la ciudad de Chota,» Universidad Nacional de cajamarca, Cajamarca, 2017.
- [14] P. Tafur y C. José, «Estudio de pre-factibilidad para la ejecución de un centro de acopio y estación de transferencia de residuos sólidos en el distrito de Cajamarca,» Universidad privada del Norte, Cajamarca, 2016.
- [15] M. Pastor y J. Yapsam, «Lineamientos básicos para la gestión de residuos sólidos urbanos municipales de la ciudad de sócota, provincia de Cutervo, región de Cajamarca,» Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2019.
- [16] Hiru, «¿Qué son los residuos?,» Gobierno Vasco, 2016.
- [17] Inforeciclaje, «Residuos sólidos,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.inforeciclaje.com/residuos-solidos.php>.
- [18] FONAM, «Residuos sólidos,» 2017. [En línea]. Available: <https://fonamperu.org.pe/residuos-solidos/>.

- [19] MINAM, «Plan nacional de gestión integral de residuos sólidos,» 2016.
- [20] Ä. Niera, «Optimización de residuos sólidos urbanos para su reincorporación en la dinámica urbana, caso poliestireno espumado.,» Universidad central del Ecuador, Quito, 2017.
- [21] J. Sanchez, «Qué son los residuos sólidos y cómo se clasifican,» 8 junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.ecologiaverde.com/que-son-los-residuos-solidos-y-como-se-clasifican-1537.html>.
- [22] OMS, «Información sobre las enfermedades transmitidas por vectores,» 2 Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>.
- [23] MINJUSDH, «Decreto legislativo N° 1278,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/06/Decreto-Legislativo-N%C2%B0-1278.pdf>.
- [24] SINIA, «Gestión responsable de residuos sólidos municipales,» Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/gestion-responsable-residuos-solidos-municipales>.
- [25] Universidad Continental, «¿Cómo se manejan los residuos sólidos en el Perú?,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.tvperu.gob.pe/noticias/locales/problematika-de-los-residuos-solidos-en-peru>.
- [26] T. Perú, «Problemática de los residuos sólidos en Perú,» 28 Enero 2018. [En línea]. Available: <https://www.tvperu.gob.pe/noticias/locales/problematika-de-los-residuos-solidos-en-peru>.
- [27] MINAM, «Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales (ECRS),» 11 Marzo 2019. [En línea]. Available: http://www.minam.gob.pe/gestion-de-residuos-solidos/wp-content/uploads/sites/136/2019/03/Actividad-3_Estudio-de-Characterizaci%C3%B3n.pdf.

- [28] OEFA, «Organismo de Evaluación y fiscalización Ambiental,» 5 Julio 2020. [En línea]. Available: <https://www.gob.pe/qu/oefa>.
- [29] L. Redes, «Las tres R de la ecología: reducir, reutilizar y reciclar,» 28 diciembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.leonardo-gr.com/es/blog/tres-r-ecologia-reducir-reutilizar-reciclar>.
- [30] Y. Ortega y S. Torres, «Diseño de una planta de tratamiento de residuos sólidos municipales para poblaciones pequeñas,» Universidad Nacional del Centro de Perú, Huancayo, 2016.
- [31] I. Pajares, «Planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos,» Escuela superior de ingenieros de Sevilla, Sevilla, 2017.
- [32] L. Diaz y A. Vallejo, «Propuesta para el diseño del nuevo relleno sanitario para el municipio de Aguachica - Cesar,» Universidad Católica de Colombia, Bogotá, 2017.
- [33] Congreso de la República , «Ley que modifica el Título XIII del Código Penal (Delitos contra la ecología, Ley N° 635 del 06-04-1991), Delitos Ambientales (Ley N° 29263 del 02-10-2008),» Diario "El Peruano", Lima, 2008.
- [34] Congreso de la república, «Ley General de Salud (Ley N° 26842),» Diario "El Peruano", Lima, 1997.
- [35] Congreso de la República, «Ley N° 26821.- Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales,» Diario "El Peruano", Lima, 1997.
- [36] Congreso de la República, «Ley N° 26786 Ley de Evaluación de Impacto Ambiental para Obras y Actividades,» Diario "El Peruano", Lima, 1997.
- [37] Congreso de la República, «Ley N° 27446 Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental,» Diario "El Peruano", Lima, 2011.
- [38] VISE, «¿Qué es un relleno sanitario y como funciona?,» 2016. [En línea]. Available: <https://blog.vise.com.mx/que-es-un-relleno-sanitario-y-como-funciona>.

- [39] M. Raffino, «Reiclar,» Concepto de , 6 julio 2020. [En línea]. Available: <https://concepto.de/reciclar/>.
- [40] MVOTMA, «La Capa de Ozono,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.mvotma.gub.uy/ozono/la-capa-de-ozono/item/10002630-la-capa-de-ozono>.
- [41] I. L. S. Alvarado-MINAM, “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado”, Lima, Perú, 2008.
- [42] J. Jaramillo, GUÍA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS MANUALES, Colombia: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002, 2002.
- [43] n. R. M. E. Brandan-MINAM, «“Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual”,», -, 2008.
- [44] Municipalidad Distrital de Chancay Baños, «ESTUDIO DE INVERSIÓN A NIVEL DE PERFIL: “MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SERVICIO TURÍSTICO DE LOS BAÑOS TERMALES DE CHANCAY BAÑOS, DISTRITO DE CHANCAY BAÑOS, PROVINCIA DE SANTA CRUZ, REGION CAJAMARCA,» Municipalidad Distrital de Chancay Baños, Chancay Baños, 2017.
- [45] Tutoriales Ingenieria Civil, «Dos métodos para la estimación de poblaciones futuras,» 2019. [En línea]. Available: <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/dos-metodos-para-la-estimacion-de-poblaciones-futuras/>.
- [46] DIRECCION DE ESTUDIOS DE PROYECTOS HIDRAULICOS MULTISECTORIALES, «“Obras de Control Integral de Inundaciones en la Cuenca Media y Baja del Valle Chancay Lambayeque, Provincia de Chiclayo, Región y Departamento Lambayeque”,» MINISTERIO DE AGRICULTURA, Cajamarca, 2018.

Lista de Anexos

ANEXO 01: Estudio de caracterización

ANEXO 02: Estudio De Selección De Área

ANEXO 03: Estudio topográfico

ANEXO 04: Estudio de Mecánica de suelos

ANEXO 05: Estudio Hidrológico

ANEXO 06: Costos y presupuestos

ANEXO 07: Evaluación de Impacto Ambiental

ANEXO 08: Autorización Municipal

ANEXO 09: Planos

ANEXO 10: Plan de desarrollo de investigación para tesis II

Link de informe de anexos:

https://drive.google.com/drive/folders/1_JlpvfcaD8MmXIyY1RAM_H3lzMyC_ULh?usp=sharing