



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Propuesta de un diseño de relleno sanitario en el distrito de
Limatambo, provincia de Anta, departamento del Cusco, 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Florez Roman, Liz Yeshira (orcid.org/0000-0001-7752-1363)
Rodriguez Alvarez, Juan Luis (orcid.org/0000-0002-7893-4255)

ASESOR:

Mgr. Tello Zevallos, Wilfredo (orcid.org/0000-0002-8659-1715)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a Dios, a mi mamá María Pilar, que me ha dado la fortaleza y la vida, que siempre me apoya y estimula en mi desarrollo personal y profesional, a mi papá Porfirio, a mis hermanos Eduardo y Manuel que los quiero mucho, a toda mi familia, que sé que siempre podré contar con ellos.

Liz Yeshira Florez Roman

Quiero dedicar mi tesis con mucho cariño a la persona que es mi principal motivación e inspiración, mi mamá Nancy a mis abuelitas Consuelo y Cirila, especialmente a mis tíos Alex, Javier y Sharmely quien siempre me guiaron por el camino del bien, a mi papá Juan que me guía desde el cielo, y mis hermanos Gabriela y Frank por el motivo constante de mi superación profesional.

Juan Luis Rodríguez Alvarez

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento va infinitamente a mi mamá por guiarme en la vida y en este proyecto, por ser mi mayor motivación e inspiración, a toda mi familia por su comprensión y estimulación constante a lo largo de mi vida y de desarrollo profesional.

Liz Yeshira Florez Roman

Ante todo, quiero agradecer a Dios quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante y cumplir mis metas profesionales. A mi novia Liz Yeshira, a mi tío Nicanor por guiarnos en este proyecto, a toda mi familia por su comprensión y estímulo constante y todo el apoyo incondicional a lo largo de mis estudios. A todas las personas que de una u otra manera apoyaron en la realización de este trabajo.

Juan Luis Rodríguez Álvarez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA	7
3.1. Tipo y diseño de investigación	7
3.2. Variables y operacionalización.....	7
3.3. Población y muestra	8
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	8
3.5. Procedimientos	9
3.6. Método de análisis de datos	10
3.7. Aspectos éticos.....	11
IV. RESULTADOS.....	12
V. DISCUSIÓN.....	47
VI. CONCLUSIONES	50
VII. RECOMENDACIONES	52
REFERENCIAS.....	53
ANEXOS	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de los residuos domiciliarios del Distrito de Limatambo, 2020	12
Tabla 2 Proyección de la población del distrito de Limatambo 2017-2032	12
Tabla 3 Proyección de la GPC/habitante/día distrito de Limatambo, 2020-2032 .	14
Tabla 4 Proyección de la cantidad de residuos domiciliarios en el distrito de Limatambo, 2020-2032	14
Tabla 5 Composición física de los residuos sólidos	16
Tabla 6 Proyección de la Composición de residuos sólidos domiciliarios del distrito de Limatambo 2020-2032	18
Tabla 7 Proyección del Porcentaje de residuos sólidos orgánicos domiciliarios del distrito de Limatambo 2020-2032	19
Tabla 8 Proyección del porcentaje de humedad de desperdicios sólidos domiciliarios del distrito de Limatambo 2020-2032.....	20
Tabla 9 Generadores de residuos sólidos no domiciliarios	21
Tabla 10 Proyección de cantidad de residuos sólidos domiciliarios 2022-2032...	21
Tabla 11 Cálculo del volumen para determinar la densidad	23
Tabla 12 Densidad diaria promedio de residuos sólidos no domiciliarios	23
Tabla 13 Accesibilidad a la zona del proyecto	30
Tabla 14 Restricciones generales de ubicación.....	32
Tabla 15 Precipitación pluvial mínima y máxima, provincia de Anta 2000 - 2016	35
Tabla 16 Precipitación pluvial distrito de Limatambo, 1995-2021	36
Tabla 17 Prototipo de relleno sanitario manual.....	40
Tabla 18 Parámetros de los residuos sólidos a disponer.....	41
Tabla 19 Cálculo de la cantidad de residuos sólidos a disponer 2020-2032	41
Tabla 20 Volumen de residuos sólidos a disponer 2020-2032.....	42
Tabla 21 Volumen de residuos sólidos a disponer 2020-2032.....	45
Tabla 22 Operación de la capacidad útil de diseño	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Composición física de los residuos sólidos domiciliarios.....	17
Figura 2	Residuos no domiciliarios aprovechables y no aprovechables.....	24
Figura 3	Residuos domiciliarios orgánicos e inorgánicos	25
Figura 4	Residuos no domiciliarios aprovechables.....	25
Figura 5	Ubicación política del distrito	28
Figura 6	Fotografía de la ubicación geográfica de la zona de intervención.....	28
Figura 7	Fotografía y esquematización de la zona de intervención.....	29
Figura 8	Fotografía en acercamiento a la zona de intervención	29
Figura 9	Fotografía en acercamiento a la zona de intervención	30
Figura 10	Temperaturas máxima y mínima promedio del distrito de Anta 2022..	34
Figura 11	Iso-aceleraciones en el Perú (IGP).....	37
Figura 12	Áreas naturales protegidas del Perú	38
Figura 13	Complejo Arqueológico de Tarawasi	39
Figura 14	Método de relleno sanitario para la zona de intervención	43
Figura 15	Parámetros para el cálculo del volumen de recepción de RRSS	44

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo central proponer el diseño de un relleno sanitario manual para la disposición de residuos sólidos en el distrito de Limatambo, Provincia de Anta, Departamento del Cusco, 2022, y como objetivos específicos: caracterizar los residuos sólidos generados en el distrito de Limatambo y establecer algunas características estructurales del nuevo relleno sanitario manual a nivel de pre-perfil. Para este efecto, se realizó una investigación de tipo aplicada, transversal, descriptivo-propositivo y no experimental, utilizando como técnicas de acopio de datos la observación y la revisión documental. Los resultados de la investigación muestran que existe una generación per-cápita de residuos sólidos domiciliarios al 2023 de 0.53 kg/hab/día y 3.63 tn/día, los mismos que acumulados a los residuos no domiciliarios del distrito ascienden a 3.71 tn/día y 1355.55 tn/año, haciendo un volumen final de residuos sólidos dispuestos proyectados al 2032 de 36,106.11m³. Frente a esta posibilidad se propone un relleno sanitario manual mixto para 10 años, el cual tendría 9 trincheras con capacidad de disposición final de 3834 m³ cada una, lo que implica que se requeriría un área de 12,035.37 m², a los cuales habría que agregar áreas adicionales para los aspectos administrativos y otros servicios.

Palabras clave: Diseño de relleno sanitario, caracterización de residuos sólidos, generación de residuos per cápita.

ABSTRACT

The main objective of the research was to propose the design of a manual sanitary landfill for the disposal of solid waste in the district of Limatambo, Province of Anta, Department of Cusco, 2022, and as specific objectives: to characterize the solid waste generated in the district of Limatambo and establish some structural characteristics of the new manual sanitary landfill at the pre-profile level. For this purpose, an applied, cross-sectional, descriptive-propositive and non-experimental type of research was carried out, using observation and documentary review as data collection techniques. The results of the investigation show that there is a per-capita generation of household solid waste by 2023 of 0.53 kg/inhab/day and 3.63 tn/day, the same that accumulated to the non-residential waste of the district amounts to 3.71 tn/day and 1355.55 tons/year, making a final volume of disposed solid waste projected to 2032 of 36,106.11m³. Faced with this possibility, a mixed manual sanitary landfill is proposed for 10 years, which would have 9 trenches with a final disposal capacity of 3834 m³ each, which implies that an area of 12,035.37 m² would be required, to which areas would have to be added. additional for administrative aspects and other services.

Keywords: Design of sanitary landfill, characterization of solid waste, generation of waste per capita.

I. INTRODUCCIÓN

El incremento de la población mundial viene generando un aumento considerable de los residuos sólidos, hecho que presiona a los países, que se ven obligados a utilizar o implementar diversas tecnologías para mitigar la contaminación ambiental que está impactando fuertemente en el cambio climático, la acidificación terrestre, entre otros y que hoy en día es un problema mundial, tal como señalan varios los estudios de Palaporn et al (2022).

La generación de los residuos sólidos recientemente se ha incrementado considerablemente en el Perú, hecho que se encuentra asociado al crecimiento económico ocurrido durante las últimas décadas y en especial con el estilo de vida urbano, tal como lo señala SERVINDI (2022) De acuerdo al MINAM, en mayo del 2021, se generaba aproximadamente 21,000 toneladas de residuos municipales al día, lo que significa el 0,8 Kg de generación de residuos sólidos por individuo, de los cuales más del 50% son materia orgánica derivadas de los alimentos o vegetales consumidos (El Peruano, 2022)

La Región de Cusco se encuentra entre las 10 principales regiones generadoras de residuos sólidos con 400 toneladas por día, actualmente no cuenta con un relleno sanitario para almacenar y tratar toda esta cantidad de residuos sólidos. El mismo problema atraviesa el distrito de Limatambo que está situada en la provincia de Anta, departamento del Cusco. Este distrito cuenta con un botadero de residuos sólidos que se encuentra a punto del colapso, ocasionando problemas ambientales, sociales y socio económicos.

Con respecto a este problema de residuos sólidos, se formula la siguiente interrogante general: ¿Cuáles serían las características de diseño del relleno sanitario manual para la disposición de residuos sólidos en el distrito de Limatambo, provincia de Anta, departamento de Cusco, 2022?; ¿Cómo proyectar las características de los residuos sólidos domiciliarios del distrito de Limatambo a

partir de los datos de la Municipalidad Distrital de Limatambo?; ¿Cuáles son las características de los residuos sólidos no domiciliarios del distrito de Limatambo?; ¿Cuáles serían las características estructurales del nuevo relleno sanitario manual del Distrito de Limatambo, a nivel pre-perfil?

El distrito de Limatambo presenta la imperiosa necesidad de efectuar estudios que propongan un nuevo diseño de relleno sanitario, el mismo que debe tomar en cuenta la conservación del medio ambiente, la selección o preclasificación, el procesamiento de los residuos sólidos orgánicos y la infraestructura necesaria para una apropiada gestión del relleno sanitario, sin perjuicio de la implementación de procesos o estrategias de reciclaje paralelos previstos tal como proponen Hiseni et al (2021)

La población del distrito de Limatambo que adquiere el servicio de limpieza pública actual asciende 6,885 habitantes aproximadamente, que es el 84% de la población total que alcanza a 8197 habitantes según los datos proyectados con base en el Censo del 2017 (INEI, 2018b). Es decir, dicho servicio no es provisto a comunidades lejanas que cuentan además con micro rellenos sanitarios. En cuanto a la magnitud de residuos sólidos generados es aproximadamente: 3.63 tn/día tn/día (al 2023), pudiendo incrementarse en los próximos años. Actualmente este distrito cuenta con un botadero inadecuado, además de encontrarse a punto de colapsar.

En consecuencia, el objetivo general de este estudio es: proponer el diseño de un relleno sanitario manual para la disposición de residuos sólidos en el distrito de Limatambo, provincia de Anta, departamento del Cusco, 2022, y como objetivos específicos: proyectar los residuos sólidos domiciliarios del distrito de Limatambo a partir de la caracterización realizada por la Municipalidad Distrital de Limatambo; caracterizar los residuos sólidos no domiciliarios del distrito de Limatambo; determinar las características estructurales del nuevo relleno sanitario manual, a nivel de pre-perfil.

II. MARCO TEÓRICO

Chambergo (2020), estableció estándares de práctica para la caracterización de residuos y la determinación de criterios para realizar el modelo del relleno sanitario manual; determinando la magnitud de pobladores, la generación per cápita (GPC) y la conformación física de los residuos, señalando que el mayor porcentaje de estos está constituido por materia orgánica (58.63%), plásticos (6.41%), papel y cartón (12.07%) y metales con un 0.98%.

Por su parte Merino (2020) concluyó que la GPC en el centro Morro Sama fue de 0,393 kg/hab/día, los residuos domiciliarios fueron 49,25 kg domésticos y 15.91kg. de residuos no domésticos. Determinó también la densidad de los residuos sólidos en 442,26kg/m³; el diseño que elaboraron fue de tres excavaciones de residuos con una previsión de 10 años, donde requirieron un área de 535,04 m², con volumen de 1602 m³, una altura de 2,4 m y un largo inferior de 35,2m.

Causa Mamani (2019), concluye que la GPC de residuos municipales en el Distrito de Candarave es de 0,32 kg/hab/día, de los cuales inorgánicos con 118,65 kg/día y orgánicos con 116,40 kg/día, la densidad promedio fue de 155,33 kg/m³. La GPC de los residuos no domiciliarios fue de 4,91 kg/día, instituciones públicas 5,59 kg/día y un total de 1,167 ton/año; instituciones educativas 8,52 kg/día y un general de 3,111 ton/año. La limpieza de avenidas genera 7,01 kg/día y al año llega a 2,56 ton. El volumen mínimo del relleno es de 3321,73 m³, su terreno provechoso mínimo es de 1384,05 m², una densidad media de 548,63 kg/m³. Este diseño tiene vida útil de 5 años.

Romero y Vásquez, (2022), determinaron que la GPC de residuos sólidos domésticos del Cantón Zaruma, Cuenca, Ecuador es de 0.57 kg/hab/día, y la composición de residuos fue: materia orgánica 65.39%, plásticos 14.5%, cartón 5.4%, vidrio 3.56%, papel 4.89%, textiles 0.96% y pilas 0.14%. Frente a ello, plantean que se proponga mejorar la gestión de residuos, reduciendo los impactos ambientales que estos causan, mediante la incorporación de cinco programas:

educación ambiental, participación ciudadana, clasificación y almacenamiento desde la fuente, recolección y transporte y el programa de aprovechamiento de residuos orgánicos e inorgánicos.

Mendieta y Mendoza (2019), concluye que la GPC del distrito de Pachía, Tacna, es de 0.404 kg/hab/día (2017); la densidad es de 103.504 kg/m³ y la composición física es de 10.47% de residuos orgánicos, 12.40% de residuos sanitarios; la humedad de residuos domésticos y no domésticos es 36% y 26% respectivamente, resultando finalmente la zona sugerida para el relleno sanitario manual en el distrito es de 1.84 hectáreas.

Además de lo señalado, la investigación se sustenta en algunas bases conceptuales que se define a continuación:

Residuos sólidos, es toda materia o elemento sólido o semisólido de naturaleza ordinaria, que puede ser de origen orgánico o inorgánico, provenientes de labores industriales, domiciliarias, institucionales y mercantiles (Reglamento del D. Leg. N°1278, 2017).

La indagación de los residuos permite definir la magnitud, composición, humedad y densidad de los mismos, predispuestos en un rango geográfico (ECSR, 2019).

La caracterización de este estudio consta de 3 etapas:

Etapas I: Planificación, en esta etapa se identifica el espacio o lugar en donde se realizará el estudio, seguidamente se elige la técnica adecuada para el manejo de las muestras, una vez identificado dicho procedimiento se procede a analizar las muestras obtenidas con su respectiva interpretación, finalmente se obtienen los resultados para definir la magnitud de residuos generados en dicho lugar.

Etapas II: esta etapa del proceso de caracterización está basada en la implicación de la comunidad en general, autoridades, colegios todas aquellas entidades que generen residuos con el propósito de dar a saber las características físicas de los

residuos generados dentro de la demarcación. Esta etapa incluye la recolección o acopio de residuos a través de operarios o trabajadores debidamente uniformados, así como la participación de usuarios que deben respetar el horario de acopio de los residuos y entregar las bolsas codificadas. Durante el traslado de residuos se debe evitar tirar las bolsas, cargar con una malla para evitar que se caiga en el camino. Durante la descarga igualmente se debe evitar tirar las bolsas y cuidar a no queden residuos en el vehículo. El proceso de análisis de muestras se realiza primero haciendo el pesaje de los mismos, luego establecer la densidad de los residuos, examinar la composición de estos y finalmente precisar el grado o porcentaje de humedad.

Etapa III: Esta etapa está definida por un conjunto de procedimientos para estimar la GPC de los residuos no domiciliarios, residuos especiales, concentración de residuos, composición y humedad de los mismos. Esta caracterización es sumamente útil para proyectar y delinear el sistema de gestión de los residuos, incluida la recuperación de recursos energéticos, modernización de instalaciones existentes y la optimización de plantas o sitios de relleno sanitario, etc. Similar a los estudios de Nyoti et al (2016).

Los residuos se clasifican en:

Residuos sólidos domiciliarios, provenientes de las viviendas o cualquiera de los predios.

Residuos sólidos no domiciliarios, provenientes de sectores tales como mercados, hoteles, restaurantes, establecimientos comerciales, colegios e instituciones privadas y públicas y el servicio de limpieza pública.

Residuos sólidos especiales, aquellos generados en áreas urbanas tales como laboratorios de ensayos ambientales y derivados, centros comerciales, veterinarias, feria, grifos, lubricentros y residuos de obras civiles (MINAM, 2018).

Esta clasificación de residuos sólidos se aborda en términos de la fuente u origen de los residuos, pero como señala Rekha (2021) “La fuente, el contenido o los peligros potenciales, independientemente, los residuos deben gestionarse sistemáticamente para garantizar las mejores prácticas ambientales”.

Relleno sanitario, es una zona geográfica específica para la disposición final controlada de los residuos sólidos, por lo que no causan peligro, riesgo y perjuicio a la salud pública y gracias a sus condiciones minimizan los impactos ambientales. La infraestructura del relleno sanitario está compuesta por plataformas para los residuos sólidos, colocación e instalación de geo membranas, drenaje para lixiviados, tubería de evacuación de lixiviados, tubería para la recirculación del lixiviados, pozas de almacenamiento y pozas de almacenamiento de lixiviados. Además, el relleno sanitario está compuesto por diferentes áreas administrativas, servicios higiénicos y caseta de guardianía, el módulo de compostaje para los procesos de residuos orgánicos clasificados con puertas de acceso para los diferentes puntos de liberación de los residuos sólidos y los trabajos sujetos a un sistema de protección ambiental. Los trabajos técnicos dentro de la intervención del relleno sanitario están compuestos por diferentes frentes, para los cuales se considera las diferentes capacitaciones de personal.

De hecho, la gestión de los residuos es uno de los principales desafíos que enfrentan cualquier país en desarrollo, debido a las crecientes poblaciones urbanas, los cambios en los patrones de producción y consumo, la mejora del nivel de vida de los pueblos y la proliferación de los suburbios en todas las regiones, como destaca Chandler (2017)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Por su finalidad el estudio es aplicado, pues utiliza los conocimientos ya establecidos para caracterizar los residuos sólidos de una determinada realidad geográfica (Sánchez, y otros, 2018). Por la secuencia temporal, la investigación es de carácter transversal porque se realiza en un solo momento (Hernandez Sampieri, y otros, 2014 pág. 154). Por el tipo de datos empleados, la investigación es descriptivo-propositivo (Canahuire, y otros, 2015 pág. 79), es decir, se analiza la generación y proyección de residuos para los años 2022-2032, con base en los cuales, se propone las características estructurales de un nuevo relleno sanitario manual.

3.1.2. Diseño de investigación

Es no experimental, es decir, diseña y propone un relleno sanitario a título de pre-perfil, pero no efectúa ninguna construcción ni modificación de la realidad. Sin embargo, la propuesta puede ser tomada en cuenta como un avance o aporte para orientar las decisiones de las autoridades municipales del distrito de Limatambo (Hernandez, y otros, 2017 pág. 107).

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Identificación de las variables

Caracterización de los residuos sólidos

Propuesta del diseño de relleno Sanitario.

La matriz de operacionalización de las variables se encuentra en el Anexo 2.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Está conformada por los pobladores urbanos del distrito de Limatambo. De acuerdo al Censo del 2017 realizado por el INEI (INEI, 2018b), el total de pobladores del distrito alcanzaba a un total 8051 habitantes, sin embargo, de acuerdo a la Municipalidad distrital de Limatambo el 84% de ese total vive en la zona urbana que cuenta con servicio de limpieza pública, lo que implicaría que para el año 2017, la población urbana que contaba con dicho servicio alcanzaba a 6763. Actualmente (2023), los habitantes con servicio de limpieza pública serían de 6885 habitantes.

3.3.2. Muestra

Para efectos de la caracterización de los residuos domiciliarios del distrito de Limatambo, se utilizaron datos provistos por la Municipalidad Distrital de Limatambo que se remonta al año 2020 (Municipalidad Distrital de Limatambo, 2020). En este estudio la muestra estuvo conformado por 63 viviendas. Por consiguiente, se validaron dichos resultados y se proyectaron para los años 2023-2032, es decir, por un periodo de 10 años.

En cuanto a la caracterización de los residuos sólidos no domiciliarios la muestra fue determinada siguiendo los criterios de la Guía para la caracterización de los residuos sólidos no domiciliarios del MINAM.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Observación

Se realizaron visitas tanto a la población de Limatambo, especialmente a las entidades generadoras de residuos no domiciliarios, como a la zona de intervención en el que posiblemente se efectuará la disposición final de los residuos sólidos de Limatambo. Se determinó la GPC de residuos no domiciliarios y se recabó un conjunto de fotografías y datos relacionados con la disposición final.

3.4.2. Revisión documental

Se ha recurrido a la documentación existente respecto a la caracterización de residuos domiciliarios realizados por la Municipalidad distrital de Limatambo el año 2020 y publicado ese mismo año, a partir del cual se hicieron las proyecciones de generación per cápita para los siguientes 10 años. Asimismo, se revisó algunos documentos, datos y avances preliminares respecto a un probable relleno sanitario efectuado por la propia municipalidad de Limatambo el año 2022, y sobre los cuales se han propuesto algunas características estructurales para el diseño de un relleno sanitario manual a nivel de pre-perfil, sin entrar en detalles o exámenes específicos.

3.4.3. Estudio topográfico básico

Esta técnica fue utilizada para caracterizar la posición territorial del predio que serviría para el nuevo relleno sanitario, para lo cual se utilizaron algunos instrumentos, mapas, fotografías de la zona de intervención y la ayuda de algunos especialistas y dispositivos de GPS. La municipalidad realizó una investigación preliminar, pero, generando una información propia a partir de las estimaciones, proyecciones y cálculos de disposición final.

3.5. Procedimientos

3.5.1. Para la proyección de la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios

Se utilizó el método de tasas de crecimiento anual para 10 años, considerando los siguientes criterios:

- a) Para la población se tomó el dato publicado por el INEI, el cual señala que en la Región del Cusco la tasa de crecimiento poblacional es del 0.3%;
- b) Para la evolución de la tasa de crecimiento per cápita de los residuos se utilizó el cálculo aritmético en función de los datos de GPC publicados por la municipalidad de Limatambo que asciende a 0.52 kg/hab/día, así como la documentación de la tasa de variación de la GPC para la Región del Cusco publicado en la página web del SINIA del MINAM, el mismo que alcanza a 0.05% anual. En consecuencia, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Proyección de la GPC} = \text{GPC} + (\text{GPC} * \text{TVGPC} / 100)$$

Dónde:

GPC: Generación per cápita anual (dato conocido)

TVGPC: Tasa de variación regional anual de la GPC (0.05 de acuerdo al SINIA)

3.5.2. Para la caracterización de los residuos sólidos no domiciliarios

Para este objetivo se procedió de acuerdo a los criterios establecidos por la Guía de caracterización de residuos no domiciliarios establecidos por el MINAM, el mismo que establece 3 etapas: planificación, trabajo de campo y operación, análisis de información.

3.5.3. Para la propuesta del diseño de relleno sanitario manual

Para este objetivo se procedió de acuerdo a la Guía para el diseño y construcción de infraestructuras para disposición final de residuos sólidos municipales establecido por el MINAM, donde señala un conjunto de ítems. En el presente estudio y para efectos de la propuesta a nivel de pre-perfil solamente se ha tomado en cuenta: a) Generalidades, b) ubicación del área para el relleno sanitario, c) estudios básicos, d) diseño del relleno sanitario.

3.6. Método de análisis de datos

Los datos acopiados mediante la observación fueron abordados y analizados de acuerdo a la Guía de Diseño y construcción de infraestructuras de disposición final de residuos municipales, aprobado por el MINAM mediante Res. N°459-2018-MINAM. Las evidencias provenientes de la revisión documental fueron analizadas de manera crítica, tomando exclusivamente aquellos datos que se consideró importante para efectos del estudio. Los datos provenientes del estudio topográfico fueron analizados de manera general sin ingresar en procesos de análisis técnico especializados, toda vez que se trata solamente de un estudio a nivel de pre-perfil y que serán materia de profundización en estudios posteriores.

3.7. Aspectos éticos

Fue ajustado a los requerimientos de la Universidad. Igualmente, se tomó en cuenta los dispositivos, guías y normas relativas a la disposición de residuos municipales establecidos por el Ministerio del Ambiente. De igual modo, se solicitó los permisos correspondientes a la Municipalidad Distrital de Limatambo para tener acceso a su información. La redacción del marco teórico fue tomando en cuenta las fuentes bibliográficas utilizadas con la debida utilización de las citas correspondientes.

IV. RESULTADOS

4.1. Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios del Distrito de Limatambo

4.1.1. Cantidad de residuos sólidos

De acuerdo a las evidencias publicados el año 2020 por la Municipalidad distrital de Limatambo, los residuos de los domicilios tenían las siguientes características específicas:

Tabla 1

Características de los residuos domiciliarios del Distrito de Limatambo, 2020

Dimensiones	Descripción
Generación per cápita	0.52 kg.
Densidad	178.98 kg/m ³
Humedad	44.60%
Composición	43% bolsas de plástico; 35% residuos de papeles; 17% material orgánico

Nota. Municipalidad de Limatambo, Caracterización de RS del Distrito de Limatambo, 2020

4.1.2. Proyección de población del Distrito de Limatambo 2020–2032

Con base en los datos del Censo de Población y Vivienda realizado el año 2017 por el Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (INEI, 2018b), se estimó el incremento de la población para los siguientes 15 años. Hay que considerar que la tasa promedio de crecimiento poblacional que fue publicada por el mismo INEI para la región del Cusco alcanza a 0.3%, publicada en “Perú Perfil Sociodemográfico, Informe Nacional” (INEI, 2018a)

Tabla 2

Proyección de la población del distrito de Limatambo 2017-2032

Nº	Años	Total Habitantes	84% de la población que cuenta con servicio de limpieza pública
----	------	------------------	---

1	2017	8051	6763
2	2018	8075	6783
3	2019	8099	6803
4	2020	8124	6824
5	2021	8148	6844
6	2022	8172	6865
7	2023	8197	6885
8	2024	8222	6906
9	2025	8246	6927
10	2026	8271	6948
11	2027	8296	6968
12	2028	8321	6989
13	2029	8346	7010
14	2030	8371	7031
15	2031	8396	7052
16	2032	8421	7074

Nota. Proyección con base en datos del INEI (INEI, 2018b) y (INEI, 2018a) y de la MD de Limatambo

4.1.3. Proyección de la GPC de residuos sólidos 2020 – 2032

Conforme a los datos publicados por la Municipalidad de Limatambo el año 2020, la GPC de residuos en el distrito de Limatambo para el año 2020 fue de 0.52 kilos/habitante/día. Este dato puede variar anualmente de acuerdo a varios factores, el crecimiento poblacional, los cambios del estilo de vida, las actividades comerciales en la zona de estudio etc. Para efectos del presente estudio, se consideró un incremento anual del 0.05% anual en la generación per cápita (GPC) lo que conllevaría a pasar de una GPC de 0.52 kg/hab/día en 2020 a 0.55 kg/hab/día en el 2032¹.

En consecuencia, la GPC de Limatambo tendría la siguiente evolución durante los años 2020-2022.

¹ De acuerdo al SINIA, la GPC de residuos sólidos en la Región del Cusco durante los años 2018-2021 se incrementó solamente en una décima (0.01), por tanto, se considera que al cabo de 15 años podría incrementarse en 3 décimas (0.03), lo que equivaldría más o menos a 0.005% anual.

Tabla 3

Proyección de la GPC/habitante/día distrito de Limatambo, 2020-2032

Años	GPC kg/hab/día
2020	0.52
2021	0.52
2022	0.53
2023	0.53
2024	0.53
2025	0.53
2026	0.54
2027	0.54
2028	0.54
2029	0.54
2030	0.55
2031	0.55
2032	0.55

Nota. Proyección con base en los datos de la Municipalidad Distrital de Limatambo 2020

4.1.4. Proyección de la cantidad de residuos sólidos del distrito de Limatambo, 2020 – 2032

Si, por un lado, consideramos que la GPC no es una cifra estática sino evolutiva según los modos de vida y costumbres de la población y, por otro lado, tomamos en cuenta, que la población del distrito irá creciendo con un promedio aproximada del 0.03% anual, entonces, concluimos que la cuantía de residuos que se recogerán en los próximos 12 años en el distrito de Limatambo alcanzarán las siguientes cifras.

Tabla 4

Proyección de la cantidad de residuos domiciliarios en el distrito de Limatambo, 2020-2032

Años	GPC kg/hab/día	Población	Total/kg/día	Total/tn/día	Total/tn/año	Total/tn/acumulado
2020	0.52	6824	3548	3.55	1295	1295
2021	0.52	6844	3577	3.58	1306	2601
2022	0.53	6865	3606	3.61	1316	3917
2023	0.53	6885	3634	3.63	1327	5243
2024	0.53	6906	3664	3.66	1337	6581
2025	0.53	6927	3693	3.69	1348	7928

2026	0.54	6948	3723	3.72	1359	9287
2027	0.54	6968	3752	3.75	1370	10657
2028	0.54	6989	3782	3.78	1381	12037
2029	0.54	7010	3813	3.81	1392	13429
2030	0.55	7031	3843	3.84	1403	14832
2031	0.55	7052	3874	3.87	1414	16246
2032	0.55	7074	3905	3.91	1425	17671

Nota. Elaboración propia con base en los datos de la Municipalidad Distrital de Limatambo 2020 y del INEI

Podemos observar que la GPC del distrito de Limatambo experimentaría un crecimiento de 0.52 kg/hab/día en el 2020 a 0.55 kg/hab/día en el 2032. A su vez la población que recibe servicios de limpieza pública crecería de 6,824 habitantes en el año 2020 a 7,074 en el año 2032, tomando en cuenta un crecimiento poblacional de 0.03% anual conforme señala el INEI (2018a).

Realizando proyecciones estadísticas para los 12 años de estudio se concluiría que, si en el año 2020 se recogía 3.55 toneladas diarias, en el 2032 se pasaría a recoger 3.91 toneladas diarias de desechos sólidos domiciliarios, es decir, el año 2020 se habría recogido un total de 1295 toneladas y el año 2032 se recogería un total de 1425 tn al año, haciendo un acumulado durante los 12 años se alcanzaría a 17,671 toneladas. Este dato se tomó en cuenta para establecer la gestión del nuevo relleno sanitario manual.

4.1.5. Densidad de residuos sólidos domiciliarios

De acuerdo al MINAM (2019), la densidad es el peso de un material por unidad de volumen (Kg/m^3) y señala que dicho parámetro es importante a la hora de determinar, aprobar o descartar tecnologías referidas a la suficiencia de los equipos de recolección, provisión y disposición final.

Existe un protocolo para la decisión o valorización de la densidad de los desperdicios sólidos, el mismo que implica la utilización de cilindros de 200 litros de capacidad, winchas y otros elementos, así como determinados procedimientos físicos y estadísticos para su estimación según generadores y fuentes de generación.

La Municipalidad de Limatambo durante el año 2020 determinó que la densidad promedio de los residuos sólidos era de 178.98 kg/m³. Esta cifra puede variar en el tiempo, de acuerdo a muchos factores, no obstante, constituye un dato base sobre el cual podemos establecer proyecciones a fin de calcular la disposición final de desperdicios en el distrito.

4.1.6. Composición física de los residuos sólidos domiciliarios

De acuerdo al MINAM (2019) es la proporción relativa de componentes que se encuentran dentro de una cantidad específica de residuos sólidos. La determinación de la composición física sigue también un conjunto de procedimientos establecidos por el MINAM, y constituye básicamente un proceso de segregación de residuos sólidos. Dicha composición determina tanto el peso promedio y el porcentaje de desperdicios aprovechables (orgánicos e inorgánicos) y no aprovechables.

Entre los residuos orgánicos aprovechables se encuentran los residuos alimenticios y los desechos de maleza y poda de plantas. Los desperdicios aprovechables inorgánicos están compuestos por: papel, cartón, vidrio, plástico, tetra brik, metales, textiles, caucho, cuero, jebe. etc.

Entre los desperdicios sólidos no aprovechables se encuentran: las bolsas plásticas de un solo uso, los residuos sanitarios, restos de medicamentos, pilas, tecnopor, residuos inertes, envolturas de snacks, galletas, caramelos y otros residuos.

La Municipalidad de Limatambo, estableció en el año 2020, que la conformación física de los desperdicios sólidos domiciliarios presenta las siguientes características:

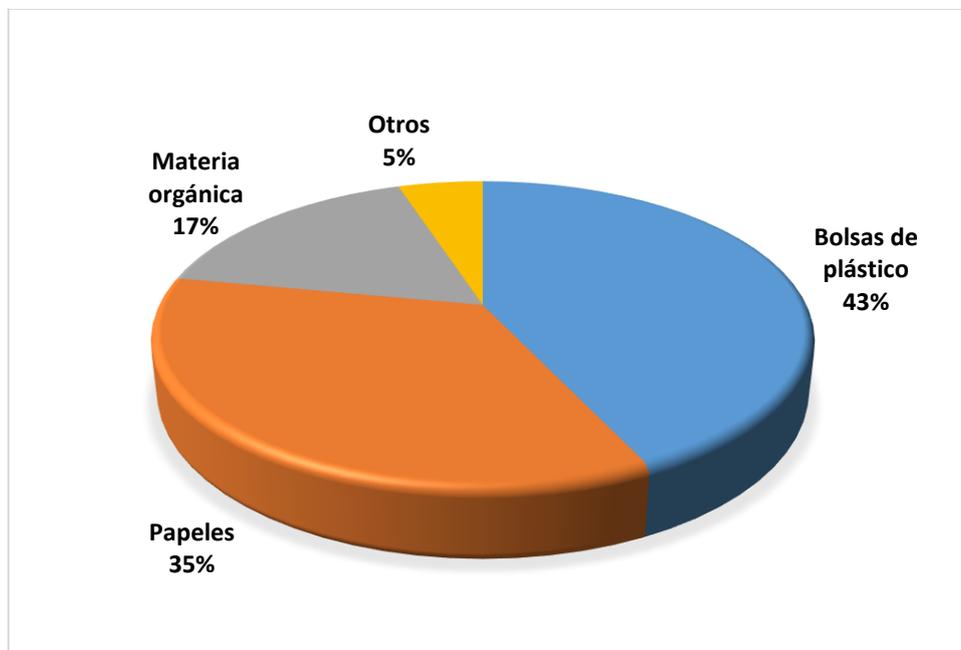
Tabla 5

Composición física de los residuos sólidos

Bolsas de plástico	Papeles	Materia orgánica	Otros
43%	35%	17%	5%

Nota. Municipalidad distrital de Limatambo.

Figura 1
Composición física de los residuos sólidos domiciliarios



Nota. Municipalidad distrital de Limatambo

No se estableció mayores especificaciones, sin embargo, estos datos permiten establecer algunas derivaciones y proyecciones a fin de establecer procesos de reciclado de los desechos inorgánicos y valoración de la humedad de los residuos orgánicos. La existencia de solamente el 17% respecto al total de desperdicios sólidos domiciliarios puede explicarse porque se trata de una población semirrural, es decir, cada propietario dispone de huertos y pequeños terrenos de cultivo en la misma ciudad, de manera es posible que una parte de sus residuos sólidos orgánicos sean destinados a alimentar dichos huertos y otra parte sea eliminada.

La presencia de un alto porcentaje de bolsas plásticas (43%) y papeles (35%) plantea la necesidad de establecer programas de reciclaje que puede impulsarse a través de la propia municipalidad o a través de entidades privadas.

Asimismo, si proyectamos la composición de desperdicios sólidos domiciliarios para los próximos 12 años, se obtendría las siguientes cifras:

Tabla 6

Proyección de la Composición de residuos sólidos domiciliarios del distrito de Limatambo 2020-2032

Años	GPC kg/hab/día	Población	Total/kg/día	Total/tn/día	Total/tn/año	Composición Tn/año			
						Bolsas plástico 43%	Papeles 35%	Mat. Orgánico 17%	Otros 5%
2020	0.52	6824	3548	3.55	1295	556.92	453.31	220.18	64.76
2021	0.52	6844	3577	3.58	1306	561.39	456.94	221.94	65.28
2022	0.53	6865	3606	3.61	1316	565.89	460.61	223.72	65.80
2023	0.53	6885	3634	3.63	1327	570.42	464.30	225.52	66.33
2024	0.53	6906	3664	3.66	1337	575.00	468.02	227.32	66.86
2025	0.53	6927	3693	3.69	1348	579.60	471.77	229.15	67.40
2026	0.54	6948	3723	3.72	1359	584.25	475.55	230.98	67.94
2027	0.54	6968	3752	3.75	1370	588.93	479.36	232.83	68.48
2028	0.54	6989	3782	3.78	1381	593.65	483.21	234.70	69.03
2029	0.54	7010	3813	3.81	1392	598.41	487.08	236.58	69.58
2030	0.55	7031	3843	3.84	1403	603.21	490.98	238.48	70.14
2031	0.55	7052	3874	3.87	1414	608.04	494.92	240.39	70.70
2032	0.55	7074	3905	3.91	1425	612.92	498.88	242.32	71.27

Nota. De acuerdo a los datos de la Municipalidad Distrital de Limatambo, 2020

La tabla anterior hace más evidente la necesidad de impulsar programas o proyectos de reciclaje porque la mayor parte de los residuos son inorgánicos y su reconversión o reciclaje podría reducir significativamente la presión y el volumen de residuos sólidos a disponerse en el relleno sanitario.

4.1.7. Humedad de residuos sólidos domiciliarios

Según el MINAM (2019) la humedad de los residuos sólidos está aludida a la cantidad total de agua que estos contienen, la misma que está generalmente asociada a los residuos orgánicos. Existe un conjunto de procedimientos para la toma de muestras de residuos y su posterior determinación de humedad. La toma de muestras se realiza generalmente utilizando el sistema de cuarteo sucesivo hasta conseguir muestras de 2.0 kg, las mismas que son depositadas y selladas en bolsas herméticas con capacidad de 2 kg., y

transportadas en cajas herméticas o cooler de tecnopor de determinadas medidas y debidamente refrigeradas para su conservación y traslado correspondiente.

El dato de humedad es importante para estimar a su vez la producción de lixiviados y la descomposición de los mismos mediante procesos aeróbicos o anaeróbicos. La decisión de la humedad de los residuos se realiza en un laboratorio especializado de carácter privado o centros de investigación universitarios.

El procedimiento para la determinación de la humedad está en función al peso total de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos recolectados, pero de manera especial en función al peso de los residuos sólidos orgánicos.

El año 2020, la Municipalidad distrital de Limatambo determinó que la humedad aproximada de los desechos sólidos orgánicos es del 44.6%. Hay que tener en cuenta que dicho porcentaje se refiere solamente a los residuos sólidos orgánicos y no a la totalidad de desperdicios sólidos del distrito. Esto implica un proceso de desagregación y proyección correspondiente.

Si se tiene en cuenta que los residuos sólidos orgánicos equivalen al 17% de los residuos sólidos del distrito, entonces obtuvimos las siguientes cifras para los siguientes 12 años.

Tabla 7

Proyección del Porcentaje de residuos sólidos orgánicos domiciliarios del distrito de Limatambo 2020-2032

Años	GPC kg/hab/día	Población	Total/kg/día	Total/tn/día	Total/tn/día material orgánico (17%)	Total/tn/año material orgánico	Total/tn/acumulado material orgánico
2020	0.52	6824	3548	3.55	0.60	220.18	220.18
2021	0.52	6844	3577	3.58	0.61	221.94	442.12
2022	0.53	6865	3606	3.61	0.61	223.72	665.85
2023	0.53	6885	3634	3.63	0.62	225.52	891.36
2024	0.53	6906	3664	3.66	0.62	227.32	1118.69

2025	0.53	6927	3693	3.69	0.63	229.15	1347.83
2026	0.54	6948	3723	3.72	0.63	230.98	1578.82
2027	0.54	6968	3752	3.75	0.64	232.83	1811.65
2028	0.54	6989	3782	3.78	0.64	234.70	2046.35
2029	0.54	7010	3813	3.81	0.65	236.58	2282.93
2030	0.55	7031	3843	3.84	0.65	238.48	2521.41
2031	0.55	7052	3874	3.87	0.66	240.39	2761.80
2032	0.55	7074	3905	3.91	0.66	242.32	3004.11

Nota. Proyección en base a datos de la Municipalidad Distrital de Limatambo, 2020.

Si tomamos en cuenta a su vez que la humedad, en el caso de los residuos sólidos domiciliarios del distrito de Limatambo equivale a un 44.6% de los desechos sólidos orgánicos domiciliarios, podemos proyectar la cifra de humedad de los mismos en los inminentes 12 años:

Tabla 8

Proyección del porcentaje de humedad de desperdicios sólidos domiciliarios del distrito de Limatambo 2020-2032

Años	GPC kg/hab/día	Población	Total/kg/día	Total/tn/día	Total/tn/día material orgánico (17%)	Total/Humedad/ ton/día (44.6%)	Total/humeda d tn/ año	Total/humedad /Tn acumulada
2020	0.52	6824	3548	3.55	0.60	0.27	98.20	98.20
2021	0.52	6844	3577	3.58	0.61	0.27	98.99	197.19
2022	0.53	6865	3606	3.61	0.61	0.27	99.78	296.97
2023	0.53	6885	3634	3.63	0.62	0.28	100.58	397.55
2024	0.53	6906	3664	3.66	0.62	0.28	101.39	498.93
2025	0.53	6927	3693	3.69	0.63	0.28	102.20	601.13
2026	0.54	6948	3723	3.72	0.63	0.28	103.02	704.15
2027	0.54	6968	3752	3.75	0.64	0.28	103.84	808.00
2028	0.54	6989	3782	3.78	0.64	0.29	104.68	912.67
2029	0.54	7010	3813	3.81	0.65	0.29	105.52	1018.19
2030	0.55	7031	3843	3.84	0.65	0.29	106.36	1124.55
2031	0.55	7052	3874	3.87	0.66	0.29	107.21	1231.76
2032	0.55	7074	3905	3.91	0.66	0.30	108.07	1339.83

Nota. Proyección con base en los datos de la Municipalidad Distrital de Limatambo, 2020

4.2. Caracterización de los residuos sólidos no domiciliarios

Para el caso del presente estudio, se tuvo en cuenta a 50 generadores no domiciliarios distribuidos en cuatro grupos de generadores: establecimientos

comerciales, hoteles, restaurantes e instituciones públicas y privadas, habiéndose procedido a la toma de muestras durante 7 días incluido el día cero, arrojando los siguientes resultados:

Tabla 9

Generadores de residuos sólidos no domiciliarios

Tipo de generador	Número de generadores	Promedio kg/día	Tn/día
Establecimientos comerciales	31	44.46	0.044
Restaurantes	8	21.40	0.021
Hoteles	6	8.05	0.008
Instituciones públicas y privadas	5	5.12	0.005
Total	50	79.03	0.079

4.2.1. Cantidad de residuos no domiciliarios

De acuerdo a la toma de muestras realizada por los autores de la investigación (Ver Anexo 1), se ha determinado que la GPC de los desechos sólidos no domiciliarios de la Municipalidad del distrito de Limatambo alcanza a 0.079 tn/día, lo que significa que se recogerá aproximadamente 28.83 tn/año. No obstante, si proyectamos esta cifra hasta el año 2032, tendríamos las siguientes cifras:

Tabla 10

Proyección de cantidad de residuos sólidos domiciliarios 2022-2032

Años	Tn/día	Total/tn/año	Total/tn/acumulado
2022	0.079	28.84	28.84
2023	0.079	28.98	57.81
2024	0.080	29.12	86.94
2025	0.080	29.27	116.21
2026	0.081	29.42	145.62
2027	0.081	29.56	175.19
2028	0.081	29.71	204.90
2029	0.082	29.86	234.76
2030	0.082	30.01	264.77
2031	0.083	30.16	294.93
2032	0.083	30.31	325.23

4.2.2. Densidad de los residuos sólidos no domiciliarios

De acuerdo a los estudios realizados por los autores de la presente investigación, en función a la Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales, se determinó que la densidad de los residuos sólidos no domiciliarios arroja la cantidad promedio de 141.15 kg/m³. Esta cifra fue hallada recurriendo a las fórmulas establecidas por las directivas del MINAM.

$$S = \frac{W}{V_r} = \frac{W}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 (H_f - H_o)}$$

Dónde:

S: Densidad de los residuos sólidos (Kg/m³)

W: Peso de los residuos sólidos (Kg)

V_r: Volumen de residuos sólidos (m³)

D: Diámetro del cilindro (m)

H_f: Altura total del cilindro (m)

H_o: Altura libre del cilindro (m)

π: constante (3.1416)

Aplicando tenemos:

$$S = \frac{W}{V_r} = \frac{28Kg}{3.1416 \left(\frac{0.60m}{2}\right)^2 (0.90m - 0.25m)} = 152.174kg/m^3$$

$$S_1 = 152.174 kg/m^3$$

$$S_2 = 135.42 kg/m^3$$

$$S_3 = 126.26 kg/m^3$$

$$S_4 = 149.73 kg/m^3$$

$$S_5 = 135.42 kg/m^3$$

$$S_6 = 150.00 kg/m^3$$

$$S_7 = 139.04 kg/m^3$$

Volumen:

$$Vr = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 (Hf - Ho)$$

$$Vr1 = 3.1416 \left(\frac{0.60m}{2}\right)^2 (0.90m - 0.25m)$$

Tabla 11

Cálculo del volumen para determinar la densidad

CALCULO DE VOLUMEN					
DIA	D (m)	Hf (m)	Ho (m)	V Residuos (m3)	Peso (kg)
1	0.60	0.90	0.255	0.184	28
2	0.60	0.90	0.235	0.192	26
3	0.60	0.90	0.212	0.198	25
4	0.60	0.90	0.231	0.187	28
5	0.60	0.90	0.201	0.192	26
6	0.60	0.90	0.214	0.18	27
7	0.60	0.90	0.2	0.187	26

Nota. elaboración propia

Tabla 12

Densidad diaria promedio de residuos sólidos no domiciliarios

DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	Promedio
152.17	135.42	126.26	149.73	135.42	150.00	139.04	141.15 kg/m ³

Nota. elaboración propia

En consecuencia, la densidad promedio de los residuos no domiciliarios del distrito de Limatambo asciende a 141.15 kg/m³.

4.2.3. Composición de los residuos sólidos no domiciliarios

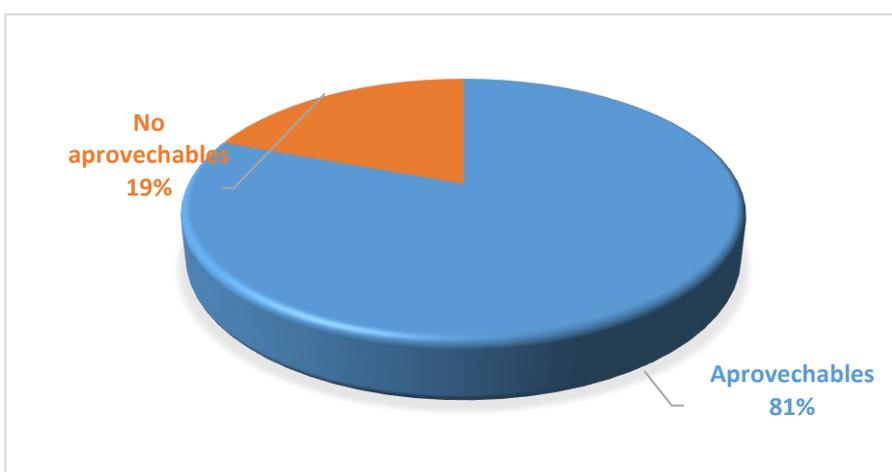
La composición de los residuos sólidos no domiciliarios fue examinada de acuerdo a un proceso de segregación determinada por la Guía para la caracterización de residuos municipales del MINAM. En consecuencia, habiéndose efectuado todos los pasos para su determinación, se llegó a establecer los datos

específicos de la composición de residuos sólidos no domiciliarios que se encuentra en el Anexo 5.

De acuerdo a los resultados del cuadro de composición, los residuos sólidos no domiciliarios de carácter aprovechable ascendencia al 81%, y no aprovechables al 19%, esto significa que la Municipalidad distrital de Limatambo podría establecer algún programa de segregación y reciclaje de sus desperdicios sólidos.

Figura 2

Residuos no domiciliarios aprovechables y no aprovechables

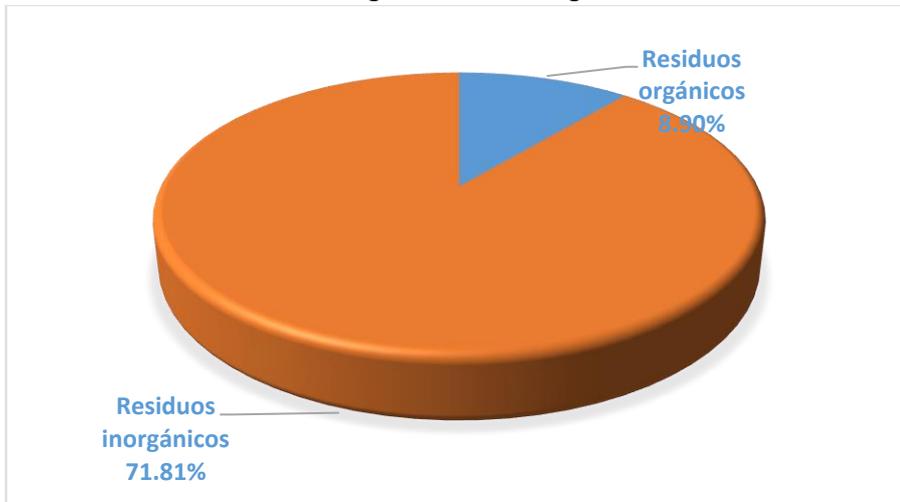


Nota. elaboración propia

Si se aíslan los desechos sólidos no domiciliarios aprovechables, se establece que el 8.9% está constituido por residuos sólidos orgánicos y el 71.81% por residuos sólidos inorgánicos, integrado fundamentalmente por papel, cartón, vidrio, plástico y metales.

Figura 3

Residuos domiciliarios orgánicos e inorgánicos



Nota. elaboración propia

Por otro lado, si se aislara solamente los residuos sólidos no domiciliarios de carácter aprovechable, observamos que está compuesto principalmente por orgánicos (8.9%) papel (8.68%) Cartón (6.82%) Vidrio (29.45%) plástico (9.05%) y metales (17.8%).

Figura 4

Residuos no domiciliarios aprovechables



Nota. elaboración propia

4.2.4. Humedad de los residuos sólidos no domiciliarios

Finalmente, para determinar la humedad de residuos sólidos no domiciliarios del distrito de Limatambo, se recurrió a un laboratorio especializado en ciencias naturales, aguas, suelos, minerales y medio ambiente, a quien se remitió el ejemplar de residuos con un pesaje total de 250 gramos y cuyo informe se encuentra en el Anexo 4. El reporte indica que la muestra presenta un 50.9% de humedad, con base en el método de gravimetría (AOAC 2015,934,01).

En el Anexo 1 se encuentran las fotografías de las distintas fases del proceso de caracterización de los residuos sólidos no domiciliarios realizado por los autores.

4.3. Diseño de las características estructurales del relleno sanitario manual a nivel de pre-perfil

4.3.1. Generalidades

El presente capítulo fue formulado a nivel de pre-perfil, es decir, como un avance respecto al modelo de un relleno sanitario para el distrito de Limatambo, habida cuenta que, de acuerdo a las normativas emitidas por el Ministerio del Ambiente en el Perú, todo esquema de relleno sanitario debe seguir un conjunto de procesos y procedimientos mucho más complejos, amplios y específicos.

Una obra de relleno sanitario es precedida por un proyecto, éste a su vez por un perfil, y este último por un pre-perfil. De manera que, el presente capítulo desarrolla solamente un pre-perfil, orientado básicamente a señalar algunos avances respecto a la ubicación, estudios básicos y diseño del relleno sanitario para la Municipalidad distrital de Limatambo, los mismos que de manera ulterior requerirán ser desarrollados en un perfil y posteriormente en un proyecto de relleno sanitario con todos los elementos estructurales, funcionales y operativos necesarios.

Se parte del hecho que actualmente la Municipalidad Distrital de Limatambo cuenta con la donación de un terreno de dos hectáreas o 20 mil metros cuadrados en la zona denominada “Hacienda La Florida” de la comunidad

campesina de Moyopata del Distrito de Limatambo, Provincia de Anta, Departamento del Cusco. Por otro lado, también es necesario señalar que la Municipalidad distrital de Limatambo, ha efectuado algunos avances o estudios preliminares, pero sin haber logrado desarrollar suficientemente los distintos componentes y exigencias que la Guía del MINAM señala.

Es necesario aclarar que un proyecto de esta naturaleza implica un conjunto de estudios multidisciplinarios y específicos en el cual deben participar profesionales de diversas especialidades durante un tiempo determinado (aproximadamente un año), contar con el suficiente presupuesto y el personal administrativo de apoyo suficiente (aproximadamente 10 personas) para arribar a resultados confiables, viables y ajustados a las normas, a la zona de estudio y el reclamo de eliminación de desechos sólidos de la población.

No obstante, el presente capítulo constituirá una primera aproximación a dichos estudios, sin intentar efectuar un estudio exhaustivo ni agotar las distintas exigencias del MINAM.

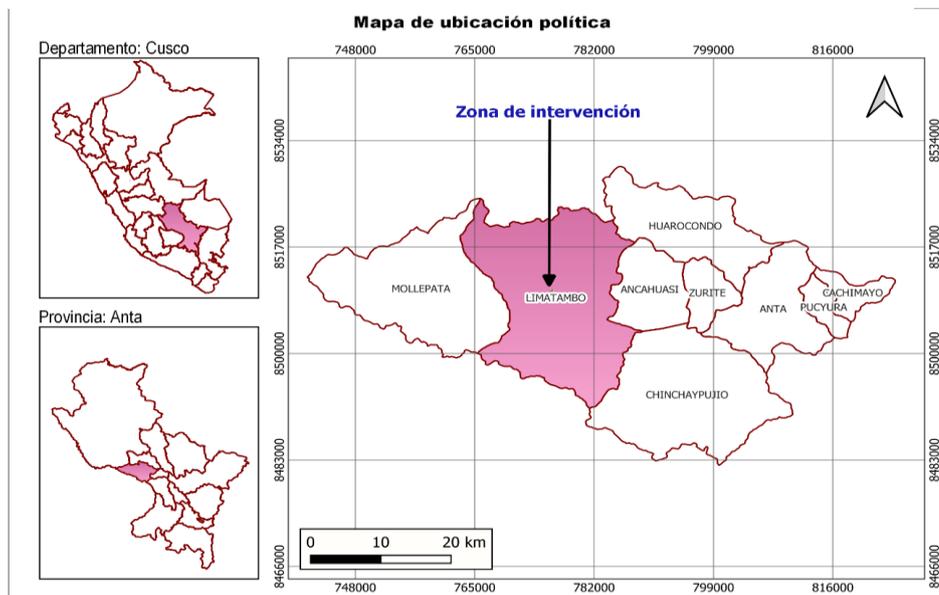
4.3.2. Ubicación del área para el relleno sanitario

4.3.2.1. Ubicación geográfica

a). Ubicación geográfica del distrito

La población de Limatambo está ubicada en la región Cusco, provincia de Anta, distrito de Limatambo. Se encuentra a una altitud de 2557 msnm y limita con el departamento de Apurímac.

Figura 5
Ubicación política del distrito



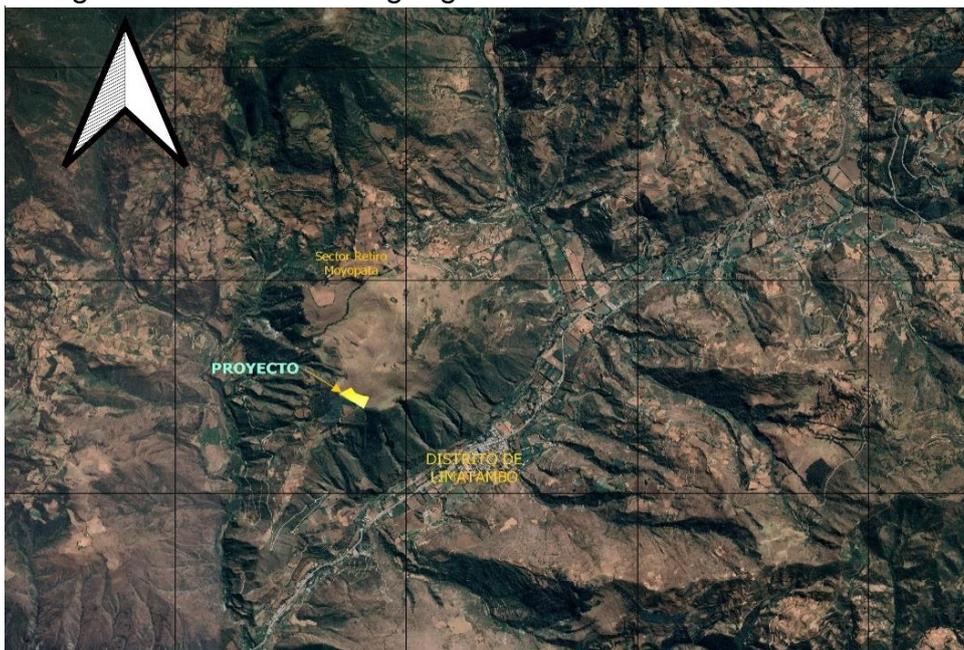
Nota. Municipalidad distrital de Limatambo

b). Ubicación de la zona de intervención

El Proyecto del relleno sanitario se encontraría ubicado en la zona denominada “Hacienda La Florida” de la comunidad campesina de Moyopata del Distrito de Limatambo

Figura 6

Fotografía de la ubicación geográfica de la zona de intervención



Nota. Municipalidad distrital de Limatambo

Figura 7

Fotografía y esquematización de la zona de intervención



Nota. Municipalidad distrital de Limatambo

Figura 8

Fotografía en acercamiento a la zona de intervención



Nota. Fotografía tomada por los autores

Figura 9

Fotografía en acercamiento a la zona de intervención



Nota. Fotografía tomada por los autores

c) Accesibilidad a la zona de intervención

El acceso a la zona del proyecto o zona de intervención es a través de la carretera Cusco-Izcuchaca-Limatambo, realizando un desvío hacia la zona del proyecto de acuerdo a la siguiente descripción de distancia y tiempo:

Tabla 13

Accesibilidad a la zona del proyecto

Ruta	Distancia Km.	Tipo de acceso	Tiempo de transporte	Medio de transporte
Cusco-Izcuchaca-Limatambo	78	Carretera asfaltada	1 hora y 40 minutos	Camioneta
Desvío hacia la Hacienda La Florida, Lugar del Proyecto	6	Trocha Carrozable	20 a 30 minutos	Camioneta

Nota. Municipalidad de Limatambo

4.3.2.2. Consideraciones legales, sociales y técnicas

a) Aspectos legales

Existe un acta de concesión de la Comunidad Retiro Moyopata del Distrito de Limatambo, por el cual se otorga en calidad de donación a la Municipalidad Distrital de Limatambo, un terreno de propiedad de la comunidad, consistente en 20 mil metros cuadrados o dos hectáreas dentro de la propiedad de la comunidad. Este terreno estaría destinado para el nuevo relleno sanitario del Distrito de Limatambo. No obstante, este terreno debe ser saneado de acuerdo a la normatividad correspondiente, es decir, contar con la debida transferencia de propiedad, ser inscrito en los Registro Públicos, etc.

b) Aspectos sociales

Si bien esta donación es positiva para la Municipalidad, legal y socialmente no es suficiente, ya que carece de un acuerdo mayoritario de los miembros de la comunidad a fin de evitar futuros problemas sociales. El acta de donación (Ver Anexo 3), se efectúa en presencia de representantes de la Municipalidad y algunos comuneros de la misma, sin embargo, se desconoce si son todos los comuneros o son solamente sus dirigentes, por tanto, este aspecto debe ser previamente resuelto por ambas partes, la municipalidad y la comunidad, a fin de evitar problemas de carácter social o que determinados comuneros se vean afectados en sus patrimonios o intereses.

c) Consideraciones técnicas

Las consideraciones técnicas serán abordadas a título de pre-perfil en cada uno de los ítems que siguen más adelante, partiendo de la ubicación con sus respectivas restricciones normativas, evaluación de áreas alternativas y selección de área y estudios de impacto ambiental; continuando con los estudios básicos relacionados al tipo de residuos a manejar, cantidad, composición y otros como: la precipitación pluvial existente en la zona, etc., para finalmente acabar con el diseño del relleno propiamente dicho.

4.3.2.3. Restricciones de ubicación

De acuerdo al MINAM, existe un conjunto de condiciones o requisitos que debe acopiar el área, predio o terreno que se destinará al relleno sanitario. A continuación, se señalan cada uno de esos requisitos y se describe si el terreno que dispone actualmente la Municipalidad distrital de Limatambo cumple o no con tales requisitos o condiciones:

Tabla 14

Restricciones generales de ubicación

Requisitos	Observaciones
1 Concordancia con el uso del suelo y los planes de expansión urbana	No existen planificación de proliferación urbana en la zona de intervención y tampoco está destinado actualmente al uso agrícola.
2 Minimización o prevención de los impactos sociales, sanitarios y ambientales negativos por la construcción, operación y cierre de las infraestructuras	Por la ubicación, extensión y altura de la zona de intervención no existen riesgos de impactos sociales, sanitarios o ambientales negativos como consecuencia de su construcción y operación.
3 Factores climáticos, topográficos, geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos.	Existen condiciones climáticas, topográficas, geológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas que posibilitan el uso de la zona de intervención que se detallarán más adelante.
4 Disponibilidad de material de cobertura	La zona de intervención dispone de suficiente material de cobertura debido a las características del suelo y como consecuencia de la construcción de taludes y celdas que serán utilizadas.
5 Conservación del patrimonio cultural	La zona de intervención no afectará al patrimonio cultural al no existir poblaciones, viviendas o comunidades a menos de 500 metros.
6 Preservación de áreas naturales protegidas por el estado.	No existen áreas naturales protegidas por el Estado en la zona de intervención.
7 Vulnerabilidad del área ante desastres naturales	Este ítem debe ser materia de una investigación especializada en función de varios factores que podrían significar un riesgo climatológico o ecológico.
8 Patrimonio nacional forestal y de fauna silvestre, según las normativas de la materia.	Este ítem también requiere una investigación especializada para determinar sus efectos en el patrimonio forestal y de fauna silvestre de la zona.
9 Ubicación a no menos de 500 metros de poblaciones, granjas porcinas, avícolas.	No existen poblaciones, comunidades de vivienda, granjas porcinas, avícolas u otro tipo de granjas en la zona de intervención.
10 Ubicación a no menos de 500 metros de fuentes de aguas superficiales.	No existen fuentes de aguas superficiales a menos de 500 metros de la zona de intervención.
11 No estar ubicada en zonas de pantanos, humedades o recarga de acuíferos en la zona de emplazamiento del proyecto,	No existen pantanos, humedales o acuíferos en la zona de emplazamiento o zona de intervención.
12 No estar ubicada en zonas con presencia de fallas geológicas	Este ítem será materia de explicación en páginas posteriores.
12 No estar ubicada en zonas donde se puedan generar deslizamientos que desestabilicen la integridad de la infraestructura de residuos sólidos.	Este ítem requiere una investigación geológica detallada, aunque se realizan algunas explicaciones preliminares en páginas posteriores.
13 Ubicación a no menos de 13000 metros de distancia respecto a un aeropuerto.	No existe ningún aeropuerto a menos de 13000 metros a la redonda, el aeropuerto más cercano sería el de Cusco a 78 kilómetros.

Nota: elaboración propia con base en la Guía del MINAM

4.3.2.4. Evaluación de áreas alternativas

Actualmente la Municipalidad distrital de Limatambo no dispone de un terreno alternativo diferente al donado por la comunidad de Retiro Moyopata del distrito de Limatambo, lo que no significa que en el futuro pueda contar con otro terreno como alternativa. En caso de disponerse de dos terrenos como mínimo se procedería a efectuar la evaluación de ambas alternativas de acuerdo a los criterios establecidos por el MINAM.

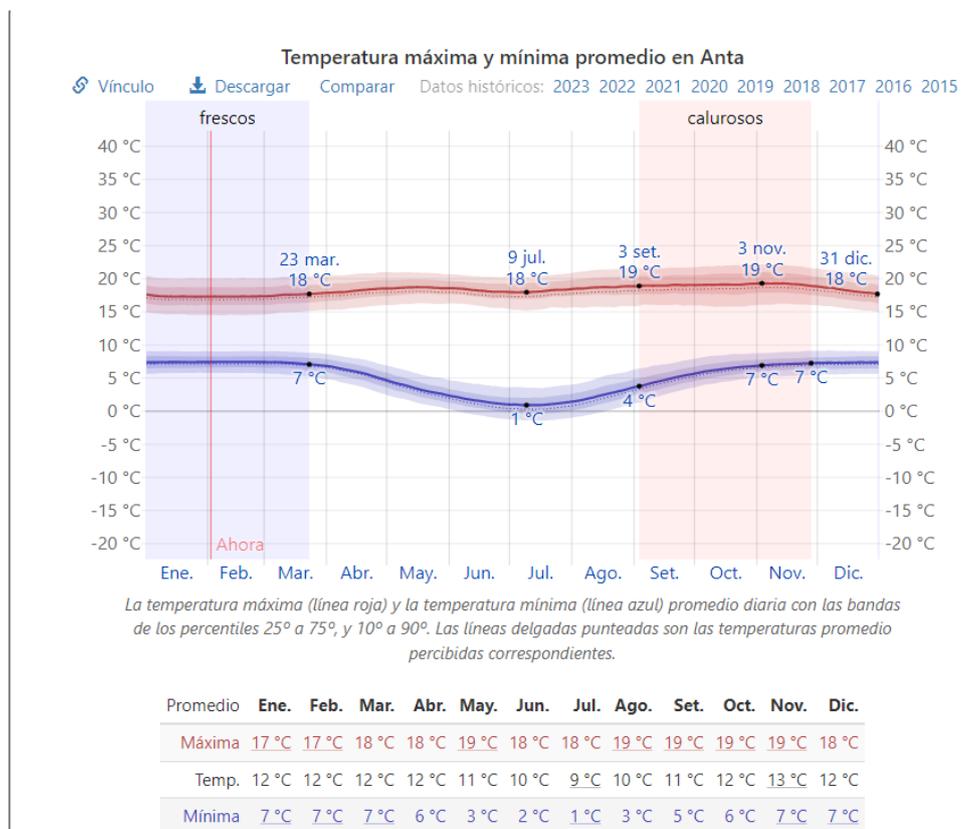
4.3.2.5. Algunos estudios medio ambientales

Si bien, la Guía para la construcción de infraestructuras para disposición final de residuos sólidos municipales establece un conjunto más variado y completo de estudios de impacto ambiental, como: estudios geológicos, geotécnicos, geomorfológicos, hidrológicos, análisis de suelos, etc., en el presente trabajo, que tiene carácter de pre-perfil, solo se consideran algunos aspectos como la situación de la meteorología, la precipitación pluvial, la sismicidad, la preservación de áreas naturales protegidas y la preservación del patrimonio arqueológico.

a) Meteorología

Figura 10

Temperaturas máxima y mínima promedio del distrito de Anta 2022



Nota: <https://es.weatherspark.com>

Como se puede visualizar en la figura que antecede, las temperaturas mínimas en el distrito de Anta, durante todo el año fluctúa entre 1°C y 7°C, mientras que las temperaturas máximas fluctúan entre 17°C y 19°C grados, haciendo una temperatura media anual que fluctúa entre los 10°C y 13° C. No existen datos específicos de temperatura para el distrito de Limatambo, sin embargo, las diferencias no son abismales o significativas respecto a la provincia de Anta. Estos datos son importantes para el esquema y estudio completo de un relleno sanitario, ya que los procesos de disposición final, cobertura, etc, deben tener en cuenta las temperaturas máximas, mínimas y medias para su operatividad y funcionamiento.

b) Precipitación pluvial en la Provincia de Anta.

Según el registro de la Estación de Co-Ancachuro ubicada en el distrito de Anta, la precipitación media anual es de 930 mm, los registros comprenden un período de 17 años que van del año 2000 al 2016, se obtuvieron los promedios mensuales y anuales, observando dos períodos, uno lluvioso que inicia en noviembre y se prolonga hasta abril y el segundo período de estiaje que inicia en el mes de mayo y finaliza en octubre.

Tabla 15

Precipitación pluvial mínima y máxima, provincia de Anta 2000 - 2016

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total Anual
2000	188	211	144	41	2	19	1	5	14	148	44	190	1004
2001	515	186	405	34	11	0	40	37	19	150	89	135	1622
2002	185	297	220	79	26	17	76	10	60	106	115	171	1360
2003	170	180	215	24	7	8	0	31	11	65	39	173	923
2004	252	183	53	48	3	27	26	11	35	52	86	123	898
2005	109	97	89	36	2	0	4	12	9	31	65	130	582
2006	213	144	144	69	0	14	0	2	5	68	101	116	875
2007	121	115	93	95	30	0	1	0	3	71	90	184	803
2008	147	124	90	18	8	2	0	9	15	123	161	118	813
2009	163	173	96	11	15	0	19	0	18	35	289	132	951
2010	289	194	149	26	1	5	3	4	12	90	55	185	1013
2011	140	269	215	79	14	10	11	17	52	89	73	153	1121
2012	136	178	111	48	2	3	4	0	45	27	135	198	886
2013	162	151	76	7		6	0	18	3	105	110	159	797
2014	135	122	71	46	9	0	0	1	12	63	38	161	657
2015	181	101	82	79	3	2	6	7	32	51	75	110	729
2016	147	240	71	25	7	0	3	18		72	88	99	769
P. mínima	109	97	53	7	0	0	0	0	3	27	38	99	582
P. máxima	515	297	405	95	30	27	76	37	60	150	289	198	1622
P. promedio	191	174	137	45	9	7	11	11	21	79	97	149	930

Nota. SENAMHI, Estación de Co-Ancachuro.

c) Precipitación pluvial en el distrito de Limatambo

De manera más específica, los datos de la precipitación pluvial en el distrito de Limatambo se muestran en la siguiente tabla. Se podrá notar que la precipitación pluvial entre la Provincia de Anta y el Distrito de Limatambo no

se diferencian sustancialmente. Ya que mientras la precipitación pluvial promedio en el distrito de Anta es de 930 mm; en el distrito de Limatambo la precipitación pluvial promedio es de 839 mm al año.

Tabla 16

Precipitación pluvial distrito de Limatambo, 1995-2021

Años	PMA	Años	PMA	Años	PMA	Año	PMA	Año	PMA
	mm/año		mm/año		mm/año		mm/año		mm/año
1995	760	2001	890	2007	863	2013	680	2019	792.8
1996	840	2002	711	2008	815	2014	770	2020	675.1
1997	930	2003	850	2009	960	2015	730	2021	864.6
1998	1020	2004	1300	2010	1200	2016	860	Promedio	839.4
1999	720	2005	680	2011	755	2017	689.7		
2000	840	2006	750	2012	930	2018	787.4		

Nota. Senamhi.

d) Sismicidad

De acuerdo al Instituto Geofísico del Perú, las iso-aceleraciones en Perú se concentran principalmente en la costa peruana, particularmente en el sur, pero va disminuyendo paulatinamente hacia el interior del país, especialmente en la zona de la cordillera de los andes. Esto significa, que la probabilidad de acontecimiento de sismos en la zona de intervención es moderada. Aquí se extrae una afirmación del Instituto Geofísico Peruano.

En todo el territorio peruano se observa que los valores de aceleración son menores a lo largo de la Cordillera de los Andes, coincidiendo con el índice o frecuencia de sismos; es decir, menor número de sismos y sobre todo de magnitudes moderadas. (IGP, 2014 pág. 36)

A fin de comprender mejor las iso-aceleraciones en el Perú se presenta a continuación el mapa sísmico del Perú presentado por el propio Instituto Geofísico Peruano el año 2014, el mismo que fue elaborado para un periodo de retorno de 100 años con el 10% de excedencia.

e) Preservación de áreas naturales protegidas

De acuerdo al Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) la zona de intervención no se encontraría dentro de las áreas naturales protegidas en el sur del Perú, que son: el Parque Nacional del Manu, el Santuario Histórico de Machupicchu, la Reserva Nacional de Pampa Galeras, Reserva Nacional Pacaya Samiria, Reserva Nacional de Tambopata, entre otros. La distancia a la reserva natural más próxima (Santuario Histórico de Machupicchu) es de 28 km en línea recta desde el distrito de Limatambo. De manera que la zona de intervención para el relleno sanitario no sería incompatible con la permanencia de las áreas naturales protegidas existentes en la Región del Cusco.

Figura 12
Áreas naturales protegidas del Perú



Nota. SINIA, Sistema Nacional de Información Ambiental, <https://sinia.minam.gob.pe>

f) Preservación del patrimonio arqueológico

No existe ningún parque, resto o conjunto arqueológico cerca de la zona de intervención destinado al relleno sanitario. El único complejo arqueológico de cierta magnitud como es el complejo arqueológico de Tarawasi se encuentra alejado de la zona de intervención.

Figura 13

Complejo Arqueológico de Tarawasi



Nota. Tomado de Expedia.com

El complejo arqueológico de Tarawasi se encuentra a 1.8 kilómetros antes de llegar a la población de Limatambo, en la ruta Cusco-Abancay. De acuerdo a las observaciones realizadas por los autores de la presente investigación, no existe ningún complejo o resto arqueológico cerca de la zona de intervención, de manera que dicho predio podría ser una alternativa adecuada a la disposición final de residuos para el distrito de Limatambo.

4.3.3. Estudios básicos

4.3.3.1. Estudios varios

a) Tipo de relleno sanitario

De conforme a las normas establecidas por el Ministerio del Ambiente, existen 3 tipos de relleno sanitario: manual, semi-mecanizado y mecanizado. El prototipo de relleno sanitario manual puede ser utilizado incluso en tres niveles, con la diferencia que en cada nivel se requerirá maquinaria pesada para el manejo de las excavaciones, cobertura de los desperdicios sólidos, etc. A continuación, se presenta los tres niveles de un relleno sanitario manual de acuerdo al MINAM.

Tabla 17

Prototipo de relleno sanitario manual

Tipo de relleno sanitario	Cantidad de residuos sólidos	Maquinaria requerida
Manual	Hasta 6 tn/día	Maquinaria pesada para eventual acopio de tierra para cobertura según demanda
	Superior a 6 hasta 50 tn/día	Equipo multiusos (por ejemplo, minicargador o retroexcavadora) permanente cuando se dispone de más de 6 hasta 20 tn/día, o tractor de orugas D4 permanente cuando se dispone más de 20 t/día hasta 50 tn/día.
	Superior a 50 hasta 200 tn/día	Cargador frontal sobre neumáticos 930 y camión volquete de tolva de 12 m ³

Nota. Guía para Diseño y Construcción de Infraestructuras para disposición final de RRSS Municipales –MINAM.

En consecuencia, el tipo de relleno sanitario adecuado para el distrito de Limatambo sería el relleno sanitario manual de hasta 6 tn/día. Sin embargo, como la cantidad y el volumen de residuos se irá incrementando con el paso de los años, la Municipalidad Distrital de Limatambo requerirá, aproximadamente a partir del año 2025 en adelante, adquirir equipamiento pesado como minicargadores, retroexcavadoras o tractor de orugas para su uso permanente en el relleno sanitario.

b) Cantidad de residuos a disponer

Para el cálculo de la cantidad de residuos sólidos a distribuir en el relleno sanitario se parte de los siguientes parámetros:

Tabla 18**Parámetros de los residuos sólidos a disponer**

Parámetros	Indicadores
Población del ámbito de estudio al 2020	7390
GPC de residuos sólidos al 2020 (kg/hab.)	0.52 kg/hab.
Tasa de crecimiento anual de la GPC de residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios	0.005%
Tasa de crecimiento anual de la población	0.003%

Nota. Elaboración propia

Tabla 19**Cálculo de la cantidad de residuos sólidos a disponer 2020-2032**

Años	Residuos sólidos domiciliarios Tn/día	Residuos sólidos no domiciliarios Tn/día	Residuos Sólidos Municipales Tn/día	Residuos sólidos Tn/año
2020	3.55	0.077	3.63	1323.28
2021	3.58	0.078	3.65	1334.02
2022	3.61	0.079	3.68	1344.85
2023	3.63	0.079	3.71	1355.55
2024	3.66	0.080	3.74	1366.32
2025	3.69	0.080	3.77	1377.19
2026	3.72	0.081	3.80	1388.14
2027	3.75	0.081	3.83	1399.17
2028	3.78	0.081	3.86	1410.30
2029	3.81	0.082	3.89	1421.51
2030	3.84	0.082	3.93	1432.82
2031	3.87	0.083	3.96	1444.21
2032	3.91	0.083	3.99	1455.69

Nota: elaboración propia

Columna 1: Representa los años calendario para los que se va determinar el área del relleno.

Columna 2: Estimación diaria de residuos sólidos domiciliarios, año base 2020.

Columna 3: Previsión diaria de residuos sólidos no domiciliarios constituidos por los residuos que se generan en instituciones educativas, mercados, instituciones, públicas, bodegas, restaurantes, hoteles y similares, cuyos residuos puedan ser asimilables a un residuo de tipo municipal, año base 2020.

Columna 4: Proyección diaria de residuos sólidos municipales que resulta de sumar las columnas 2 y 3, año base 2020.

Columna 5: Estimación de residuos sólidos municipales por año, calculado como el producto de la columna 4 multiplicado por 365 días.

c) Volumen de residuos sólidos a disponer

Para determinar el volumen de desechos sólidos a disponer (m³) en forma diaria, mensual o anual a lo largo de la vida útil de la infraestructura destinada para la disposición final de residuos sólidos, se toma en cuenta la cantidad de toneladas a disponer (t/año) pero dividida entre la densidad compactada o estabilizada mínima determinada como referencia por el MINAM (0,50; 0,60; 0,70), de acuerdo al método de compactación, que puede ser manual o mecanizado. En este caso, se ha trabajado con la densidad mínima promedio de compactación o estabilización de 0.60, porque se trataría de una compactación manual o semi mecanizada en el mejor de los casos. En consecuencia, el volumen de residuos sólidos a disponer sería el siguiente:

Tabla 20

Volumen de residuos sólidos a disponer 2020-2032

Años	Residuos Sólidos Municipales Tn/día	Residuos sólidos Tn/año	Densidad de RS estabilizados Tn/m ³	Volumen anual de Residuos VAR (m ³)
2020	3.63	1323.28	0.60	2205.47
2021	3.65	1334.02	0.60	2223.37
2022	3.68	1344.85	0.60	2241.42
2023	3.71	1355.55	0.60	2259.24
2024	3.74	1366.32	0.60	2277.21
2025	3.77	1377.19	0.60	2295.31
2026	3.80	1388.14	0.60	2313.56
2027	3.83	1399.17	0.60	2331.96
2028	3.86	1410.30	0.60	2350.50
2029	3.89	1421.51	0.60	2369.19
2030	3.93	1432.82	0.60	2388.03
2031	3.96	1444.21	0.60	2407.02
2032	3.99	1455.69	0.60	2426.16

Nota. elaboración propia con base en los datos de RRSS domiciliarios y no domiciliarios

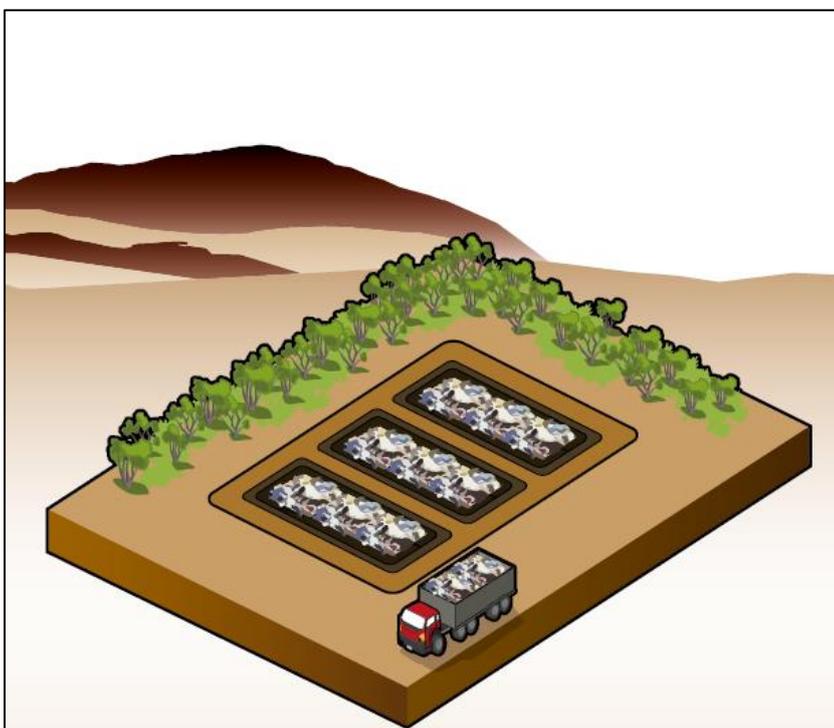
4.3.4. Diseño del Relleno Sanitario

4.3.4.1. Selección del método

Dada las particularidad geográficas y topográficas de la superficie de intervención, el método de relleno sanitario que se considera más apropiado para la zona sería el método mixto, que combina tanto el método de trinchera como el método de área, ello permitiría un mejor aprovechamiento del terreno y material de cobertura. Este método esta recomendado tanto para rellenos sanitarios manuales o mecanizados e implica un proceso de excavación previa de las celdas de disposición final, pudiendo ser utilizados hasta llegar al límite superior de la excavación para proceder a su cobertura respectiva. Se puede ilustrar este método con la siguiente figura.

Figura 14

Método de relleno sanitario para la zona de intervención



Nota. Ilustración tomada del MINAM

Una de las razones para la elección del tipo de relleno sanitario es la topografía del terreno. De acuerdo a los estudios topográficos preliminares se aprecia que el terreno que estaría destinado al relleno sanitario es un terreno de ladera con una pendiente promedio de 30% y una pendiente

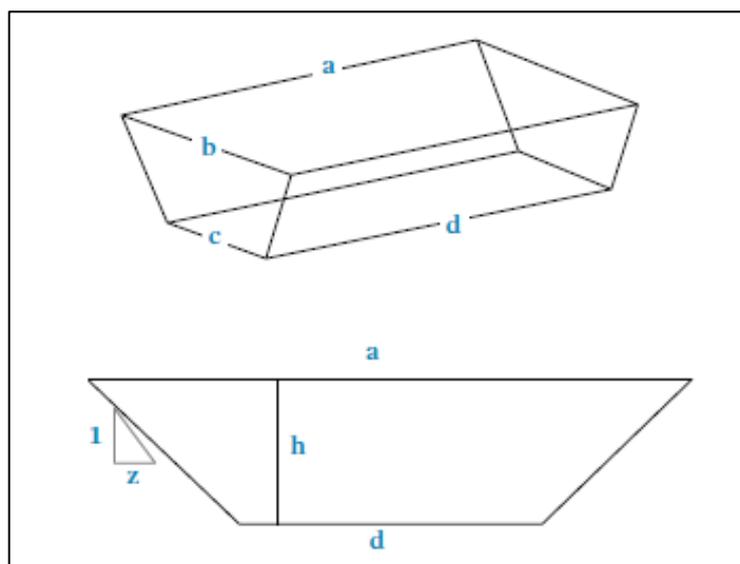
máxima del 42%. En vista de esto se decidió plantear un sistema similar al de una apertura de carretera siguiendo las curvas de nivel y de esa manera evitar taludes de corte demasiado altos.

4.3.4.2. Diseño de trincheras y taludes

Se propone la construcción de trincheras de disposición final, para cuyo efecto existen algunos criterios publicados por el MINAM, cuya longitud, ancho y altura de las mismas está en función del área disponible, el tipo de relleno sanitario, la estructura y características del suelo, la pendiente del terreno, etc. La guía del MINAM establece los siguientes parámetros para la construcción de trincheras.

Figura 15

Parámetros para el cálculo del volumen de recepción de RRSS



Nota. (MINAM, 2020)

Dónde

a = Largo de base mayor

b = Ancho de base mayor

c = Ancho de base menor

d = Largo de base menor

h = Altura

4.3.4.3. Cálculo del volumen anual de residuos dispuestos

La capacidad útil requerida del relleno sanitario se ha calculado en función al volumen anual total de residuos sólidos a preceptuar, la densidad de los residuos sólidos estabilizados de acuerdo a la modalidad de compactación, que puede ser manual o mecánica, la magnitud del material de cobertura que acuerdo al MINAM fluctúa entre el 20 y el 25% del volumen total de residuos sólidos. Con estos datos, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 21

Volumen de residuos sólidos a disponer 2020-2032

Años	Volumen de RRSS a disponer m3/año	Volumen de material de cobertura 20% m3	Volumen de RRSS dispuestos en el relleno m3	Volumen de RRSS acumulado m3
2020	2205.47	441.09	2646.56	2646.56
2021	2223.37	444.67	2668.05	5314.61
2022	2241.42	448.28	2689.71	8004.32
2023	2259.24	451.85	2711.09	10715.41
2024	2277.21	455.44	2732.65	13448.05
2025	2295.31	459.06	2754.37	16202.43
2026	2313.56	462.71	2776.27	18978.70
2027	2331.96	466.39	2798.35	21777.05
2028	2350.50	470.10	2820.60	24597.64
2029	2369.19	473.84	2843.03	27440.67
2030	2388.03	477.61	2865.63	30306.30
2031	2407.02	481.40	2888.42	33194.72
2032	2426.16	485.23	2911.39	36106.11

Nota. Elaboración propia con base en la caracterización de los residuos sólidos

4.3.4.4. Cálculo de la capacidad útil del diseño

Con base en los datos y parámetros establecidos en las tablas anteriores, se efectúa el cálculo aproximado de las trincheras o celdas de disposición final en la zona de intervención para el relleno sanitario.

Tabla 22

Operación de la capacidad útil de diseño

Parámetro/fórmula	Unidad de medida	Cantidad
Largo superior (Is)	m	50
Ancho superior (As)	m	30
Área superior (As) = Is x As)	m ²	1500
Altura = h	m	3
Talud de la trinchera (H)		1
Talud de la trinchera (V)		1
Largo inferior (li) = Is-2xhH	m	44
Ancho inferior (ai) = As – 2 x hH	m	24
Área inferior (Ai) = li x ai	m ²	1056
VUD = (As+Ai)/2*h	m ³	3834 m ³

Nota. Metodología tomada de Lazo et al (2020)

De acuerdo a estos resultados obtenidos, el relleno sanitario debería estar conformado por un total de 9 trincheras de 3834 m³ para un VARD de 36,106.11 m³ de residuos sólidos. El Volumen mínimo útil (VMU) sería equivalente a 36,106.11. No obstante, para hallar el área útil mínima (AUM) procedemos a dividir el Volumen mínimo útil (36,106.11) entre la altura de las celdas o zanjas (3 m). En consecuencia, el área útil mínima alcanzaría a 12,035.37 m², a los cuales habría que agregar áreas adicionales para los aspectos administrativos y otros.

V. DISCUSIÓN

Con respecto a los estudios realizados por **Chambergó (2020)**, se puede señalar que en la presente investigación se ha encontrado una estructura de residuos sólidos en muy diferente proporción, así el material orgánico de residuos sólidos domiciliarios alcanza solamente al 17%, y no domiciliarios al 8.9%, lo que podría explicarse por la condición semiurbana de la localidad de Limatambo, ya que cada vivienda posee generalmente huertos o áreas de cultivo cerca a sus domicilios que absorben una parte significativa del material orgánico que se desecha, siendo el plástico, los papeles, los cartones, los vidrios e incluso los metales los más significativos porcentualmente. Frente a estos resultados se plantea la necesidad de establecer programas o proyectos de reciclaje para disminuir el impacto medio ambiental. Tales programas y proyectos tendrían que empezar con un proceso de clasificación y separación en los puntos de acopio in situ tal como señala Kanaphat et al (2022) para lo cual se requerirá también programas de concienciación pública.

Respecto a los estudios realizados por **Merino (2020)**, en la presente investigación se ha llegado a determinar características diferentes en el diseño de relleno sanitario manual, ya que se ha determinado la necesidad de contar con un relleno sanitario manual para 10 años, con un área de 12,035.37 m², para disponer un VARD de 36,106.11 m³ de residuos sólidos al cabo de los 10 años, con un total de 9 trincheras de 3834 m³ de residuos sólidos en cada una. Estos resultados obviamente difieren bastante de Merino porque el trabajo realizado por este autor está orientado solo pretendía cubrir las necesidades de una población muy pequeña (poblado Morro Sama en Tacna), cuyo volumen de residuos solamente alcanza a 1602 m³, mientras que en el presente estudio se ha determinado un VARD de 36,106 m³. Es decir, la gestión de los residuos, relacionado por el tamaño de los rellenos sanitarios está directamente relacionada al tamaño de los asentamientos humanos y a las características de las empresas generadoras, como señalan Ferial et al (2022).

Respecto a los estudios realizados por **Causa (2019)** se ha llegado a establecer diferentes niveles de GPC de residuos sólidos domiciliarios. En el distrito de

Limatambo, se cuenta con una GPC que alcanza a 0.53/hab/día en el 2023, lo que significa que la cantidad de desperdicios sólidos domiciliarios que se recoge al día alcanza a 3.63 tn/día que agregado a los residuos sólidos no domiciliarios hace una cantidad de 3.71 tn/hab/día y 1355.55 tn/año para el año 2023. Todo ello demanda un relleno sanitario manual para un mínimo de 10 años con una capacidad de disposición final de 36,106.11 m³ de residuos domiciliarios y no domiciliarios. Aunque es necesario aclarar que lo ideal no es precisamente la construcción de rellenos sanitarios sino el reciclaje, la reutilización o la reducción al mínimo posible de desechos sólidos para evitar la contaminación de los suelos, el aire y las capas freáticas de la tierra, tal como lo plantea Gulnihal et al (2021)

Con respecto a la investigación realizada por **Romero y Vásquez (2022)**, en la presente investigación se ha determinado igualmente diferentes niveles de GPC de los residuos sólidos domiciliarios al 2023, el mismo que alcanza a 0.53 kg/hab/día y que la cantidad de residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios alcanza a 3.71 tn/día, dentro de los cuales el material orgánico alcanza solamente al 17% y al 8.9% respectivamente. No se han planteado programas de mejoramiento para el manejo de residuos sólidos, pero sí se propone el diseño de un relleno sanitario para 36106.11 m³ de residuos sólidos acumulados. Sin embargo, ello no significa que la Municipalidad distrital de Limatambo no pueda implementar paralelamente programas de mejoramiento para el manejo de residuos desde las fuentes de generación tal como lo plantean muchos autores, especialmente aquellos que señalan que un relleno sanitario siempre implica una fuente de contaminación y de riesgo para la salud de pequeñas poblaciones que se encuentran a dos o tres kilómetros de distancia, tal como lo hace notar Forastiere et al (2011).

Con respecto a los estudios realizados por **Mendieta y Mendoza (2019)**, igualmente la presente investigación determinó diferentes características de los residuos domiciliarios, los mismos que alcanzan a 0.53 kh/hab/día, los que aunados a los residuos sólidos no domiciliarios alcanza a 3.71 tn/día y 1355.55 tn/año. Una densidad de 178.98 kg/m³ y 141.15 kg/m³ respectivamente para los residuos domiciliarios y no domiciliarios; así como una humedad de 44.6% y 50.9% respectivamente para los residuos domiciliarios y no domiciliarios. Además, se

propone un diseño de relleno sanitario manual para los próximos 10 años, en un área de 12,035.37 m² para un volumen total de residuos sólidos de 36,106.11 m³. No obstante, en el futuro se espera que no solo exista una mejor gestión de los residuos con participación de la municipalidad distrital sino del gobierno central, de las organizaciones en general y de la academia representada por las universidades tal como propone Garbelini et al (2021)

VI. CONCLUSIONES

1. Se ha efectuado la proyección de la caracterización de los desperdicios sólidos domiciliarios con base en la caracterización efectuada por la Municipalidad Distrital de Limatambo el año 2020, el mismo que determinó que la GPC alcanzaba a 0.52 kg/hab/día; la densidad en 178.98 kg/m³; la humedad 44.60%; y la composición integrada por plástico 43%, papeles 35%, materia orgánica 17% y otros 5%. Con base en estos datos y tomando en cuenta la población urbana del distrito de Limatambo, se proyectó la generación per cápita, la cantidad, la densidad, la composición y la humedad de residuos sólidos domiciliarios para los siguientes 12 años (2020-2032). Habiéndose determinado un crecimiento de la GPC de 0.52 kg/hab/día en el año 2020 a 0.55 kh/hab/día en el año 2032 y un crecimiento de la cantidad de residuos sólidos domiciliarios de 3.55 tn/día en el 2020 a 3.91 tn/día en el 2032.
2. Se ha caracterizado los residuos no domiciliarios del distrito de Limatambo, tomando en cuenta una muestra de 50 generadores no domiciliarios distribuidos en cuatro grupos: establecimientos comerciales, restaurantes, hoteles e instituciones públicas y privadas; habiéndose determinado una cantidad de 28.84 tn/día al 2022 y 30.31 tn/día proyectado al año 2032; la densidad promedio es 141.15 kg/m³; la composición es de 81% de residuos no domiciliarios aprovechables y un 19% de residuos no domiciliarios no aprovechables; los residuos sólidos aprovechables están compuestos por: 8.9% orgánicos, 8.68% papel, 6.82% cartón, 29.45% vidrio, 9.05% plástico. Por otro lado, se ha determinado también que la humedad de los residuos sólidos no domiciliarios alcanza al 50.9%.
3. Se ha propuesto el diseño de las características estructurales del relleno sanitario manual a nivel de pre-perfil para el distrito de Limatambo, tomando en cuenta un lapso de 10 años, con una ubicación probable que fue caracterizada en términos de: ubicación geográfica; consideraciones técnicas, legales y sociales; restricciones de ubicación de acuerdo a los criterios establecidos por el MINAM; algunos estudios medio ambientales como la

meteorología, la sismicidad de la zona, la preservación de áreas naturales protegidas y la preservación del patrimonio arqueológico; unos estudios básicos con sus elementos de: determinación del tipo de relleno sanitario, cantidad de residuos a disponer y volumen de residuos sólidos a disponer; y finalmente, el diseño del relleno sanitario propiamente dicho con sus elementos de: selección del método de disposición final, diseño de trincheras y taludes, cálculo del volumen anual de residuos dispuestos y cálculo de la capacidad útil del diseño. Todo lo cual permitió establecer que se requieren 9 trincheras de 3834 m³ para un volumen total acumulado de residuos sólidos a disponer al año 2032 de 36106.11 m³, siendo necesario un área mínima de 12035.37 m².

4. El objetivo general de proponer un relleno sanitario manual para la disposición de residuos sólidos en el distrito de Limatambo, ha sido alcanzada a nivel de pre-perfil, tomando en cuenta las distintas características de los residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios, así como las características estructurales básicas que este relleno sanitario debería tener, no obstante, dicha propuesta está sujeta a estudios específicos, complementarios y especializados posteriores.

VII. RECOMENDACIONES

1. Recomendar a la Municipalidad Distrital de Limatambo, acoger los resultados y proyecciones del presente estudio a fin de ajustar sus procesos de caracterización de residuos sólidos del distrito, habida cuenta que los datos fueron actualizados a la tasa de crecimiento poblacional de la Región del Cusco.
2. Se sugiere a la Municipalidad Distrital de Limatambo tomar en cuenta los resultados de la caracterización de residuos sólidos no domiciliarios efectuados en la presente investigación a fin de contar con una información más actualizada de sus residuos sólidos, toda vez que la caracterización realizada el año 2020 no contenía este tipo de residuos sólidos.
3. Se recomienda igualmente a la Municipalidad Distrital de Limatambo, sanear la actual donación de terreno con el que cuenta en la comunidad de Moyopata del distrito de Limatambo, a fin de realizar los estudios definitivos a nivel de perfil o proyecto, con la finalidad de no incurrir en gastos innecesarios.
4. Dada la composición de los residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios, encontrados, en el que existe porcentajes significativos de papel, cartón, plástico, vidrios y metales, es necesario desarrollar programas y proyectos de reciclaje, además de incorporar en el relleno sanitario manual proyectado áreas destinadas al tratamiento de residuos sólidos orgánicos.

REFERENCIAS

- Canahuire, Abrahan, Endara, Fortunato y Morante, Edward A. 2015. *Como hacer la tesis universitaria, una guía para investigadores*. 1ra. Cusco : Colorgraf S.R.L., 2015. pág. 164. ISBN: 978-612-00-2031-9.
- Caracterización de residuos sólidos y diseño de un relleno sanitario manual para el distrito La Yarada Los Palos*. Lazo, Richard, y otros. 2020. 2, 2020, Ingeniería Investiga, Vol. 2.
- Causa, Yemile. 2019. *Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales y propuesta de diseño de relleno sanitario manual para el distrito de Cairani, Provincia Candarave, Tacna*. Escuela profesioanl de Ingeniería Ambiental, Universidad Privada de Tacna. Tacna : s.n., 2019. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Ambiental.
- Chambergó, Consuelo. 2020. *Propuesta de un diseño de relleno sanitario manual para residuos municipales en el distrito de Zaña, Provincia de Chiclayo, Lambayeque Perú 2019*. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad de Lambayeque. 2020. pág. 89.
- Chandler, Norma. 2017. *Landfills, Environmental impacts, Assessment and Management*. New York : Nova, Scienca Publishers, 2017. pág. 298.
- Characterization and Planning of Household Waste Management: A Case Study from the MENA Region*. Ferial, Kebaili, y otros. 2022. 14, 5461, 2022, Sustainability, págs. 1-13.
- Chula model for sustainable municipal solid waste management in university Canteens*. Palaporn, Sukma, y otros. 2022. Bangkok, Tailandia : s.n., 2022, Heliyon, págs. 1-9.
- Classification and Characterization of Solid Waste – Case Study of Egerton University and its Environs, Kenya*. Nyoti, Mugo, y otros. 2016. 11, 2016, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Vol. 3, págs. 1-8. e-ISSN: 2395 -0056; p-ISSN: 2395-0072.
- D.S. 014-2017 MINAM. 2017. Reglamento del D. Legislativo 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Lima : s.n., 2017.
- Desing and operation of Effective Landfills with Minimal effects on the Environment and Human Health*. Gulnihal, Ozbay, y otros. 2021. Article ID 6921607,

- Delaware State University, Dover, USA : s.n., 2021, *Journal of Environmental and Public Health*, Vol. Volume 2021, págs. 1-13.
- Health impact assessment of waste management facilities in three European Countries*. Forastiere, Francesco, y otros. 2011. 53 (2011), Roma : s.n., 2011, *Environmental Health*, págs. 1-13.
- Hernandez Sampieri, Roberto, Fernandez Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. 2014. *Metodología de la investigación*. 6ta. s.l. : Mc Graw Hill Education, 2014.
- Hernandez, Roberto, y otros. 2017. *Fundamentos de investigación*. 1ra. México : Mc Graw Hill Education, 2017.
- IGP. 2014. *Evaluación de peligro sísmico en el Perú*. Lima : s.n., 2014. pág. 66, Versión Preliminar.
- INEI. 2018b. *Crecimiento y distribución de la población total ,2017, población censada más población omitida*. Lima : INEI, 2018b. pág. 80.
- . 2018. *Perú, crecimiento y distribución de la población total 2017, población censada más población omitida*. Lima : s.n., 2018. pág. 80.
- . 2018a. *Perú: Perfil Sociodemográfico Informe Nacional*. 1ra. Lima : s.n., 2018a. pág. 644.
- Mendieta , Martha y Mendoza, Rosmery. 2019. *Caracterización de residuos sólidos municipales para el diseño de un relleno sanitario manual en el distrito de Pachía, Tacna*. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Universidad Privada de Tacna, Facultad de Ingeniería. Tacna : s.n., 2019. pág. 126, Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Ambiental.
- Merino, Yara María. 2020. *Diseño de un relleno sanitario manual para residuos sólidos generados en el centro poblado de Morro Sama Las Yaras Tacna*. Facultad de Ingeniería, Universidad Privada de Tacna. Tacna : s.n., 2020. pág. 111, Tesis para optar al título profesional de Ingeniería Ambiental.
- MINAM. 2020. *Guía para el diseño y construcción de infraestructuras para disposición final de residuos sólidos municipales*. Lima : s.n., 2020. pág. 116.
- . 2019. *Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales*. Ministerio del Ambiente. Lima : s.n., 2019. pág. 93, Texto de divulgación de la Resolución Ministerial N.º 457-2018-MINAM,.
- Municipal solid waste management for reaching net-zero emissions in ASEAN tourism twin cities: A case study of Nan and Luang Prabang*. Kannaphat,

- Chuenwong, y otros. 2022. Bacgkok, Thailand : s.n., 2022, Heliyon, Vol. 8 e10295, págs. 1-11.
- Municipalidad Distrital de Limatambo. 2020. *Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del Distrito de Limatambo 2020*. Limatambo : s.n., 2020. pág. 206. Gestión 2019-2022.
- Romero, Paulina y Vásquez, Jorge. 2022. *Caracterización de residuos sólidos domiciliarios y elaboración de una propuesta para el manejo adecuado de los mismos en el casco urbano del Cantón Zaruma Provincia del Oro*. Carrera de Ingeniería Ambiental, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Cuenca, Ecuador : s.n., 2022. pág. 158, Tesis para optar al título de Ingeniero Ambiental.
- Sánchez, H., Reyes, C. y Mejía, K. 2018. *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. 1ra. Lima : Universidad Ricardo Palma, 2018.
- SERVINDI. 2022. SERVINDI, Comunicación intercultural para un mundo más humano y diverso. *La realidad de los residuos sólidos en el Perú*. [En línea] 2022. [Citado el: 5 de 5 de 2023.] <https://www.servindi.org/actualidad-noticias/12/07/2022/la-realidad-de-los-residuos-solidos-en-el-peru>.
- SINIA. 2023. Ministerio del Ambiente, Sistema Nacional de Información Ambiental. [En línea] 2023. [Citado el: 10 de 2 de 2023.] <https://sinia.minam.gob.pe/informacion/regiones?region=08&tematica=08>.
- Solid waste and their management*. Rekha, Agarwal. 2021. 7, Jabalpur : s.n., 2021, Van Sangyan, Vol. 8, págs. 32-34. ISSN 2395 - 468X.
- Solid Waste Characterization and Recycling Potential for Decan and Junik Municipality*. Hiseni, Mimoza, Shala, Albona y Panxhaj, Mergim. 2021. 1(87), Kosovo : s.n., 2021, Vol. 32, págs. 1-5.
- UCV. 2020. Guía de Elaboración del Trabajo de Investigación y Tesis para la obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales. *Investiga UCV*. Lima : Universidad César Vallejo, Vicerrectorado de Investigación, 2020. págs. 1-37.

ANEXOS

ANEXO 1: Fotografías



Llegada al Distrito de Limatambo



Área determinada para la propuesta del desarrollo sanitario - Moyo pata



Comunidad campesina de Moyo pata del distrito de Limatambo



Entrega de las bolsas codificadas a restaurantes



Entrega de bolsas plásticas codificadas en hoteles



Clasificación de los residuos no domiciliarios



Levantamiento del cilindro para comenzar la caracterización



Cuarteo de los residuos sólidos no domiciliarios



Pesaje y registro de cada bolsa codificada

ANEXO 2: Matriz de operacionalización

Variables	Definición conceptual	Definición operativa	Dimensiones	Subdimensiones	Indicadores	Escala de medición
Caracterización de residuos sólidos	Materia o sustancia sólida o semisólida de naturaleza orgánica o inorgánica, provenientes de actividades industriales, domésticas, institucionales y comerciales. (N°1278, 2017)	Las características de los residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios se expresan en su respectiva su cantidad, densidad, composición, humedad y generación per cápita.	Cantidad	Características de los residuos sólidos Proyección de la población del distrito Proyección de la GPC de residuos sólidos Proyección de la cantidad de residuos sólidos	Kg/hab/día Kg/día Tn/día Tn/año	Razón
			Densidad	Peso de los residuos sólidos Volumen de residuos sólidos Diámetro del cilindro Altura total del cilindro Altura libre del cilindro Constante	Kg/m3	Razón
			Composición	Orgánicos - Residuos de alimentos, de maleza y poda Inorgánicos - Plástico, Tetrabrik, Papel, Vidrio, Cartón, Textiles, Metales, Caucho.	Kg/hab/día Kg/día Tn/día Tn/año	Razón
			Humedad	Peso de residuos sólidos orgánicos Peso de residuos sólidos inorgánicos. Fracción de residuos orgánicos. Humedad de residuos sólidos determinados en laboratorio. Humedad en base al peso total de residuos sólidos	Kg/hab/día Kg/día Tn/día Tn/año	Razón
			Generación per cápita	Generación per cápita de residuos domiciliarios Generación per cápita de residuos no domiciliarios	Kg/hab/día	Razón

Variables	Definición conceptual	Definición operativa	Dimensiones	Subdimensiones	Indicadores	Escala de medición
Propuesta del diseño del relleno sanitario	Un relleno sanitario presenta métodos completos y definitivos para la eliminación de todo tipo de residuos sólidos.	El diseño del relleno implica componentes Ubicación, estudios básicos y diseño.	Ubicación del área para el relleno sanitario	Ubicación geográfica	<ul style="list-style-type: none"> Ubicación geográfica del distrito Ubicación de la zona de intervención Accesibilidad a la zona de intervención 	Nominal
				Consideraciones técnicas, legales y sociales	<ul style="list-style-type: none"> Aspectos legales Aspectos sociales Aspectos técnicos 	Nominal
				Restricciones de ubicación	<ul style="list-style-type: none"> Compatibilidad con el uso del suelo y planes de expansión urbana Minimización o prevención de impactos sociales, sanitarios y ambientales negativos por la construcción, operación y cierre de las infraestructuras. Factores climáticos topográficos, geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos Disponibilidad de material de cobertura. Otras restricciones. 	Nominal
				Evaluación de áreas alternativas	<ul style="list-style-type: none"> Matriz de calificación para la selección de área Escala de medición e interpretación de la evaluación de alternativas. 	Ordinal
				Algunos estudios medio ambientales	<ul style="list-style-type: none"> Meteorología Sismicidad Preservación de áreas naturales protegidas Preservación del patrimonio arqueológico 	nominal
			Estudios básicos	Estudios varios	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de relleno sanitario Cantidad de residuos a disponer Volumen de residuos sólidos a disponer 	Nominal Razón.
			Diseño del relleno sanitario	Selección del método	<ul style="list-style-type: none"> Método de trinchera y o zanja Método de área Combinación de ambos métodos 	Nominal
				Diseño de trincheras o taludes	<ul style="list-style-type: none"> Parámetros para el cálculo 	Razón
				Cálculo del volumen anual de residuos dispuestos VARD	<ul style="list-style-type: none"> Generación de residuos Municipales al año Volumen anual de residuos Volumen de material de cobertura Volumen anual de residuos dispuestos (VARD) Volumen de residuos dispuestos acumulado 	Razón
				Cálculo de la capacidad útil del diseño	<ul style="list-style-type: none"> Largo y ancho superior Área superior Altura Largo inferior y ancho inferior Área inferior Vida útil del diseño 	Razón

**ANEXO 3: ACTA DE DONACIÓN DE TERRENO PARA RELLENO SANITARIO
DE LA COMUNIDAD CAMPESINA RETIRO MOYOPATA**

4

82 

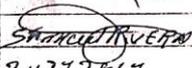
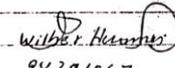
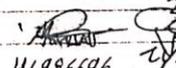
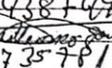
Certifico que la presente copia fotostática es la misma que ha presentado a la vista de la que doy fé: FECHA 30.10.21

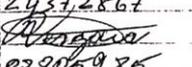
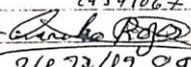
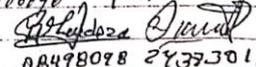
ACTA DE LIBRE DISPONIBILIDAD DE TERRENO DE LA COMUNIDAD CAMPESINA RETIRO MOYOPATA -----
 D.C., distrito de Limatambo provincia de Areca, departamento Cusco. A los veintidos días del mes de Julio del año dos mil veintiuno, siendo las 08:15 AM, presentes todo los Comunes con la única agenda de libre disponibilidad de terreno en una Area de 20.000 mts² (20 Hectaras) para la ejecución de una obra de relleno sanitario de residuos sólidos del distrito de Limatambo. -----

01.- despues de varias intervenciones de varios Comunes se acordo la donación de dicha Area de Terreno por voluntad de la Comunidad acordando amablemente dicha donación -----

02.- no siendo mas puntos que tratar se dio por concluido la Asamblea siendo las 09:30 AM del mismo día mes y año firmando al Pie Todo los Comunes Asistentes para su tramite correspondiente. -----

 24391099  2438749

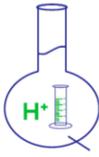
 24372867  24391067  41986696  243735781

 23806985  243774289  08498098 24373012

JUAN DE CRUZ GONZALES 24874349 FELIX VALDES 24373012 FRANCISCO GONZALES 24373385

GUILBERMO GONZALES 24386802 FRANCISCA CASTELLANO VERA 41986695 24372966

ANEXO 4: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE HUMEDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS



MC QUIMICALAB

De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE
RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN Cel: 946887776 - 951562574

INFORME N° LQ 0035-23
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE RESIDUOS SÓLIDOS

SOLICITA :

- JUAN LUIS RODRIGUEZ ALVAREZ.
- LIZ YESHIRA FLOREZ ROMAN.

MUESTRA : MUESTRA N° 01 - RESIDUOS NO DOMICILIARIOS – LIMATAMBO.
PESO TOTAL = 250 GRAMOS

PROYECTO : "PROPUESTA DE UN RELLENO SANITARIO EN EL DISTRITO DE
LIMATAMBO, PROVINCIA DE ANTA, DEPARTAMENTO DE CUSCO 2022"

DISTRITO : LIMATAMBO.

PROVINCIA : ANTA.

DEPARTAMENTO : CUSCO.

FECHA DE INFORME : 01/02/2023

RESULTADOS :

DETERMINACIONES	UNIDAD	M _i	Método
Humedad	%	50.9	Gravimetría (AOAC 2015,934.01)

METODO DE ANALISIS: OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC).

NOTA:

- Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada.
- La muestra fue tomada por el solicitante.



ANEXO 5: COMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS NO DOMICILIARIOS

TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	COMPOSICIÓN							TOTAL Kg	COMPOSICIÓN PORCENTUAL %
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7		
	Kg								
1. Residuos aprovechables	2.39	2.38	1.76	2.54	1.79	1.81	1.87	10.88	80.71%
1.1. Residuos Orgánicos	0.15	0.20	0.18	0.20	0.15	0.14	0.18	1.20	8.90%
Residuos de alimentos (restos de comida, cascaras, restos de frutas, verduras, hortalizas y otros similares)	0.10	0.12	0.09	0.12	0.12	0.08	0.12	0.75	5.56%
Residuos de maleza y poda (restos de flores, hojas, tallos, grass, otros similares)		0.02	0.02	0.02		0.03	0.02	0.11	0.82%
Otros orgánicos (estiércol de animales menores, huesos y similares)	0.05	0.06	0.07	0.06	0.03	0.03	0.04	0.34	2.52%
1.2. Residuos Inorgánicos	2.24	2.18	1.58	2.34	1.64	1.67	1.69	9.68	71.81%
1.2.1. Papel	0.15	0.18	0.15	0.20	0.16	0.18	0.15	1.17	8.68%
Blanco	0.04	0.08	0.15	0.06	0.14	0.13	0.10	0.70	5.19%
Periódico						0.01		0.01	0.07%
Mixto (páginas de cuadernos, revistas, otros similares)	0.11	0.10		0.14	0.02	0.04	0.05	0.46	3.41%
1.2.2. Cartón	0.14	0.10	0.16	0.10	0.12	0.16	0.14	0.92	6.82%
Blanco (liso y cartulina)	0.08	0.08	0.12		0.04	0.10	0.08	0.50	3.71%
Marrón (Corrugado)	0.02		0.02				0.06	0.10	0.74%
Mixto (tapas de cuaderno, revistas, otros similares)	0.04	0.02	0.02	0.10	0.08	0.06		0.32	2.37%
1.2.3. Vidrio	1.00	0.80	0.60	1.00	0.80	0.80	0.60	3.97	29.45%
Transparente	1.00	0.05	0.02	0.90	0.60	0.50	0.40	3.47	25.74%
Otros colores (marrón – ámbar, verde, azul, entre otros)					0.10	0.02		0.12	0.89%
Otros (vidrio de ventana)		0.03	0.04	0.10	0.10	0.01	0.10	0.38	2.82%
1.2.4. Plástico	0.15	0.20	0.18	0.15	0.16	0.18	0.20	1.22	9.05%
PET-Tereftalato de polietileno (1) (aceite y botellas de bebidas y agua, entre otros similares)	0.06		0.04		0.06	0.10	0.10	0.36	2.67%
PEAD-Polietileno de alta densidad (2) (botellas de lácteos, shampoo, detergente líquido, suavizante)	0.04		0.02	0.03	0.02		0.05	0.16	1.19%
PEBD -Polietileno de baja densidad (4) (empaques de alimentos, empaques de plástico de papel higiénico, empaques de detergente, empaque film)		0.02	0.02		0.04	0.04	0.03	0.15	1.11%

PP-polipropileno (5) (baldes, tinas, rafia, estuches negros de CD, tapas de bebidas, tapers)		0.06	0.02	0.02		0.02		0.12	0.89%
PS -Poliestireno (6) (tapas cristalinas de Cds, micas, vasos de yogurt, cubetas de helado, envases de lavavajilla)	0.05	0.12	0.08	0.06	0.04		0.02	0.37	2.74%
PVC-Policloruro de vinilo (3) (Tuberías de agua, desagüe y eléctricas)				0.04		0.02		0.06	0.45%
1.2.5. Tetra brik (envases multicapa)	0.20	0.10	0.00	0.30	0.20	0.00	0.40	0.00	0.00%
1.2.6. Metales	0.40	0.60	0.40	0.40	0.20	0.30	0.10	2.40	17.80%
Latas-hojalata (latas de leche, atún, entre otros)	0.12	0.40	0.16	0.20	0.12	0.12	0.08	1.20	8.90%
Acero		0.10			0.02	0.04		0.16	1.19%
Fierro	0.18		0.12					0.30	2.23%
Aluminio				0.10		0.06		0.16	1.19%
Otros Metales	0.10	0.10	0.12	0.10	0.06	0.08	0.02	0.58	4.30%
1.2.7. Textiles (telas)	0.20	0.10	0.09	0.14	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00%
1.2.8. Caucho, cuero, jebe	0.00	0.10	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00%
2. Residuos no reaprovechables	0.50	0.30	0.40	0.40	0.30	0.40	0.30	2.60	19.29%
Bolsas plásticas de un solo uso	0.20	0.10	0.15	0.10	0.14	0.17	0.10	0.96	7.12%
Residuos sanitarios (Papel higiénico/Pañales/toallas sanitarias, excretas de mascotas.)	0.16	0.05	0.15	0.05	0.08	0.08	0.04	0.61	4.53%
Pilas		0.01		0.01		0.01		0.03	0.22%
Tecnopor (poliestireno expandido)					0.03	0.01	0.02	0.06	0.45%
Residuos inertes (tierra, piedras, cerámicos, ladrillos, entre otros)		0.10	0.04	0.10		0.03	0.04	0.31	2.30%
Restos de medicamentos	0.04							0.04	0.30%
Envolturas de snacks, galletas, caramelos, entre otros	0.10	0.04	0.06	0.14	0.05	0.10	0.10	0.59	4.38%
Otros residuos no categorizados								0.00	0.00%
TOTAL	2.89	2.68	2.16	2.94	2.09	2.21	2.17	13.48	100.00%



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, TELLO ZEVALLOS WILFREDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Propuesta de un Diseño de Relleno Sanitario en el Distrito de Limatambo, Provincia de Anta, Departamento del Cusco, 2022

", cuyos autores son FLOREZ ROMAN LIZ YESHIRA, RODRIGUEZ ALVAREZ JUAN LUIS, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 24.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 06 de Abril del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
TELLO ZEVALLOS WILFREDO DNI: 45571102 ORCID: 0000-0002-8659-1715	Firmado electrónicamente por: TTELLOZE el 17-04- 2023 11:40:10

Código documento Trilce: TRI - 0540833