Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN TARAPOTO - PERU

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú.
Vea una copia de esta licencia en http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/

Obra publicada con autorización del autor

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN -TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

Método de trinchera para mejorar la disposición final de residuos sólidos en el botadero municipal de Soritor, provincia de Moyobamba

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario

AUTOR:

Gian Marco Zarria Rubio

ASESOR:

Ing. M. Sc. Gerardo Cáceres Bardález

Código N° 60510719

Moyobamba – Perú

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN -TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

Método de trinchera para mejorar la disposición final de residuos sólidos en el botadero municipal de Soritor, provincia de Moyobamba

AUTOR:

Gian Marco Zarria Rubio

Sustentada y aprobada el 11 de junio del 2021, por los siguientes jurados:

…….. **Lic. Dr. Fabián Centurión Tapia** **Presidente**	…… **Ing. Angel Tuesta Casique** **Secretario**
…… **Econ. Wilhelm Cachay Ortiz** **Miembro**	…… **Ing. M. Sc. Gerardo Cáceres Bardález** **Asesor**

Declaratoria de autenticidad

Gian Marco Zarria Rubio, con DNI N° 71302257, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ecología de la de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, autor de la tesis titulada: **Método de trinchera para mejorar la disposición final de residuos sólidos en el botadero municipal de Soritor, provincia de Moyobamba.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Moyobamba, 11 de junio del 2021.

.....

Bach. Gian Marco Zarria Rubio

DNI N° 71302257

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: ZARRIA RUBIO GIAN MARCO	
Código de alumno : 71302257	**Teléfono:** 923585219
Correo electrónico : gmzarriar@alumno.unsm.edu.pe	**DNI:** 71302257

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de: ECOLOGIA.
Escuela Profesional de: INGENIERIA SANITARIA.

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

4. Datos del Trabajo de investigación

Titulo : "METODO DE TRINCHERA PARA MEJORAR LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL BOTADERO MUNICIPAL DE SORITOR, PROVINCIA DE MOYOBAMBA".
Año de publicación: 2021

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI **"Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus *repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales* serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA"**.

.....

Firma y huella del Autor

8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

18 / 06 / 2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – T.
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto – UNSM-T.

.....

Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea
Responsable

***Acceso abierto**: uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios quien es mi guía en toda mi vida; a mis padres por sus apoyos constantes, incondicionales e interminables; y a todas las personas que me han apoyado y me siguen apoyando en el logro de mis metas en mi formación profesional.

Agradecimiento

- ✓ A dios por darme la vida y la oportunidad de poder cumplir una meta más en mi vida.

- ✓ A mis padres que incondicionalmente confiaron en mí, y que me apoyaron en los momentos difíciles durante esta etapa como estudiante universitario.

- ✓ A los docentes de la Facultad de-Ecología, por darme la oportunidad de adquirir sus conocimientos académicamente para poder desenvolverme profesionalmente en el campo laboral.

- ✓ Al Ing. M.Sc. Gerardo Cáceres Bardález, por su apoyo como asesor, lo cual hicieron posible la realización y culminación del presente trabajo de investigación.

Índice General

Pág.
Dedicatoria vi
Agradecimiento vii
Índice general viii
Índice de tablas x
Índice de figuras xii
Resumen xiii
Abstract xiv

Introducción 1

CAPÍTULO I
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la investigación 3
1.2. Marco teórico 4
1.3. Definición de términos básicos 7

CAPÍTULO II
MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales 9
2.2. Métodos 11

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Cuantificación de residuos sólidos. 18
3.1.1. Resultados de cálculo poblacional 18
3.1.2. Resultados de datos de generación de residuos sólidos 19
3.1.3. Volumen mínimo útil 27
3.2. Aplicación del método de trinchera 29
3.2.1. Resultados del cálculo de celda diaria 30
3.2.2. Cálculo de trinchera 31
3.2.3. Resultados de generación de lixiviados 33

3.3. Análisis de la eficiencia del método de trinchera 36
3.3.1. Análisis de crecimiento poblacional 37
3.3.2. Análisis de generación per cápita..... 39
3.3.3. Análisis de capacidad de diseño..... 41
3.3.4. Análisis de producción de gases 42
3.3.5. Análisis de área de utilización 44
3.3.6. Análisis de generación de lixiviados..... 46
3.3.7. Análisis de presencia de gallinazos..... 47
3.3.8. Análisis de presencia de moscas 49
3.4. Discusión de resultados 51

CONCLUSIONES..... 52

RECOMENDACIONES 53

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 54

ANEXOS 57
Anexo 1: Monitoreo y obtención de datos en el botadero municipal de soritor..... 58
Anexo 2: Medición del área de construcción 59
Anexo 3: Proceso de construcción de la trinchera de residuos sólidos 60
Anexo 4: Excavación de la maquinaria 61
Anexo 5: Trinchera construida 62

Índice de tablas

Tabla 1. Área del terreno del botadero Municipal de Soritor……..11
Tabla 2. Generación de lixiviados…..……..12
Tabla 3. Basura acumulada 13
Tabla 4. Presencia de Gallinazos 14
Tabla 5. Presencia de moscas..... 15
Tabla 6. Población del distrito de Soritor …….……16
Tabla 7. Tasa de crecimiento del distrito de Soritor 16
Tabla 8. Generación Per cápita 16
Tabla 9. Cálculo poblacional 18
Tabla 10. Datos básicos de generación de residuos municipales..... 20
Tabla 11. Cálculo de generación domiciliaria 21
Tabla 12. Cálculo de generación no domiciliaria 22
Tabla 13. Cálculo de generación total..... 23
Tabla 14. Población a ser atendida de los residuos sólidos 24
Tabla 15. Composición física de los residuos sólidos 25
Tabla 16. Composición física total de los residuos sólidos 26
Tabla 17. Cálculo del volumen útil de los residuos sólidos..... 28
Tabla 18. Cálculo final del volumen útil de los residuos sólidos 28
Tabla 19. Cálculo final por área del volumen útil de los residuos sólidos 29
Tabla 20. Cálculo de celda diaria..... 30
Tabla 21. Cálculo de trinchera de residuos sólidos..... 31
Tabla 22. Cálculo producción de agua lixiviadas 35
Tabla 23. Cálculo producción de agua lixiviadas en función del porcentaje de precipitación..... 35
Tabla 24. Cálculo producción de agua lixiviadas en función del factor de generación 36
Tabla 25. Comparación del crecimiento poblacional..... 37
Tabla 26. Crecimiento de generación per cápita..... 39
Tabla 27. Capidad de diseño..... 41
Tabla 28. Producción de gases..... 43
Tabla 29. Área de utilización antes de la construcción de trinchera 44

Tabla 30. Área de utilización después de la construcción de trinchera 45
Tabla 31.Generación de lixiviados antes de la construcción de trinchera de residuos sólidos 46
Tabla 32. Generación de lixiviados después de la construcción de trinchera de residuos sólidos 46
Tabla 33. Presencia de gallinazos antes de la construcción de la trinchera de residuos sólidos 47
Tabla 34. Presencia de gallinazos después de la construcción de la trinchera de residuos sólidos 48

Índice de figuras

Figura 1. Área del botadero municipal de Soritor 11
Figura 2. Lixiviados en el botadero Municipal de Soritor..... 12
Figura 3. Basura acumulada en el botadero municipal de Soritor…….13
Figura 4. Gallinazos en el botadero municipal de Soritor 14
Figura 5. Moscas en el botadero municipal de Soritor…….15
Figura 6. Trinchera de residuos sólidos..... 17
Figura 7. Zanja de trinchera de residuos sólidos 17
Figura 8. Residuos domiciliarios..... 21
Figura 9. Total de residuos generados..... 23
Figura 10. Resultados de composición física de residuos sólidos..... 26
Figura 11. Trinchera de residuos sólidos..... 30
Figura 12. Celda diaria 31
Figura 13. Trinchera 1 de residuos sólidos construida 32
Figura 14. Trinchera 2 de residuos sólidos construida 33
Figura 15. Datos de generación de lixiviados de acuerdo guía de diseño cepis..... 34
Figura 16. Datos de generación de lixiviados en función de precipitaciones 34
Figura 17. Datos de generación de lixiviados en función de generación 34
Figura 18. Lixiviados en la trinchera del botadero municipal..... 36
Figura 19. Comparación del crecimiento poblacional al 2025..... 38
Figura 20. Comparación del crecimiento poblacional al 2030..... 38
Figura 21. Comparación de generación per cápita al 2025 40
Figura 22. Comparación de generación per cápita al 2030 40
Figura 23. Crecimiento de capacidad de diseño al 2025 42
Figura 24. Crecimiento de capacidad de diseño al 2030 42
Figura 25. Crecimiento de producción de gases al 2025..... 43
Figura 26. Crecimiento de producción de gases al 2030..... 44
Figura 27. Optimización de la utilización del área..... 45
Figura 28. Comparación de generación de lixiviados 47
Figura 29. Comparación de presencia de gallinazos 48
Figura 30. Comparación de presencia de moscas..... 50

Resumen

La investigación se desarrolló en el distrito de Soritor en el cual se realizó la construcción del método de trinchera en el botadero municipal, se contempla como objetivo principal "Evaluar el método de trinchera para la mejora de la disposición final de residuos sólidos" en el botadero municipal del Distrito de Soritor. El tipo de la investigación es de tipo aplicada, porque mediante la propuesta del método de trinchera se busca solucionar inmediatamente transformando las condiciones actuales de la disposición final, con nivel de investigación correlacionar porque mediante la propuesta del método de trinchera se busca verificar la eficiencia en la mejora de la disposición final y el diseño de investigación no experimental. Dentro de los instrumentos principales que se utilizaron para determinar la eficiencia de la mejora están, la observación directa en campo para la determinación de fuentes directas e indirecta, la ficha técnica, ficha bibliográfica. Todos estos instrumentos mencionados fueron importantes y esenciales para cumplir con los objetivos propuestos. La hipótesis de investigación indicaba que, si mejora o no el método de trinchera la disposición final, para lo cual era necesario contar con datos reales acerca de la generación per cápita de residuos sólidos y la población, teniendo en cuenta que los residuos sólidos exceden actualmente a la capacidad del terreno que se tiene. Buscando mitigar la contaminación por la presencia de vectores y optimizar el área existente.

Palabras clave: método de trinchera, residuos sólidos, disposición final.

Abstract

The research was developed in the district of Soritor in which the construction of the trench method was carried out in the municipal dump. The main objective was to “Evaluate the trench method for the improvement of the final disposal of solid waste" in the municipal dump of the district of Soritor. The type of research is applied, because the trench method proposal seeks to solve immediately transforming the current conditions of the final disposal, with correlation research level because the trench method proposal seeks to verify the efficiency in the improvement of the final disposal and the non-experimental research design. Among the main instruments used to determine the efficiency of the improvement are: direct observation in the field to determine direct and indirect sources, the technical file, and the bibliographic file. All these instruments were important and essential to meet the proposed objectives. The research hypothesis indicated that, whether or not the trench method improves the final disposal, for which it was necessary to have real data about the per capita generation of solid waste and the population, taking into account that solid waste currently exceeds the capacity of the land that is available. The aim was to mitigate contamination due to the presence of vectors and to optimize the existing area.

Key words: trench method, solid waste, final disposal.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
COORDINACIÓN
CENTRO DE IDIOMAS

Introducción

La disposición final consiste en los procesos u operaciones que se realizan para tratar o disponer en un determinado lugar los residuos sólidos, como última etapa de su manejo, en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura. La disposición final se debe realizar en infraestructuras habilitadas, es decir en instalaciones debidamente equipadas y operadas. Nunca en botaderos clandestinos a cielo abierto. Es la instalación destinada a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los residuos sólidos en la superficie o bajo tierra. Guía cepis, (2002)

En el aspecto ambiental el presente trabajo de investigación está enfocado a evitar el colapso del espacio y maximizar la disposición final de los residuos sólidos, recuperando la fertilidad de los terrenos adyacentes para cultivos. En el aspecto social podrán disponer de un lugar adecuado para los residuos sólidos. En el aspecto económico la construcción y funcionamiento de la trinchera no requiere de excesivos gastos de esta manera es factible el proyecto. Mejorando la disposición final de los residuos sólidos se beneficia a la población soritorina con un botadero en las condiciones requeridas. De esta manera se disminuyendo las enfermedades respiratorias y la presencia de vectores, en este contexto el objetivo principal de esta investigación fue “valuar el método de trinchera para la mejora de la disposición final de residuos sólidos”; cuyos objetivos específicos se enfocan en, 1ro: Cuantificar la generación de residuos sólidos; 2do: Aplicar el método de trinchera y; 3ro: Analizar la eficiencia de la trinchera en la mejora de la disposición final.

En el capítulo I, se presentan los antecedentes de la investigación, donde se detalla un histórico de las investigaciones realizadas respecto a la temática, así mismo se muestran las bases teóricas del proyecto de investigación, y la definición de términos.

En el capítulo II, encontramos la descripción de los materiales utilizados para la obtención de los datos y desarrollo de la investigación, además se especifica los métodos utilizados, en el que se detalla todo el procedimiento realizado para cumplir con cada objetivo específico planteado y objetivo general.

En el capítulo III, se presenta los resultados del trabajo de investigación separándolos por cada objetivo específico a desarrollar, en la cual se puede encontrar los cálculos de la disposición final por método de trinchera el cual se representa mediante tablas y gráficos por aspecto. En este apartado también se presenta las discusiones, donde se analizaron y compararon los resultados obtenidos, en correspondencia con los antecedentes de investigación.

El botadero municipal del distrito de Soritor está próximo a colapsar por la cantidad de residuos sólidos que se acumula y va reduciéndose el espacio destinado como disposición final. Debido a esto la contaminación por medio de vectores como gallinazos y moscas van contaminando al ponerse en contacto con los residuos sólidos. Según la Microred de salud se contagia enfermedades respiratorias en el botadero con mayor índice de 30 personas/año. Mediante el método de trinchera se propone una disposición final óptima en el botadero.

El presente estudio permitió determinar si en el botadero del distrito de Soritor se mejora la disposición final de residuos sólidos utilizando el método de trinchera. El desarrollo de este proyecto de investigación es de gran importancia debido a que los resultados que se lograron contribuyen al mejoramiento del botadero municipal de Soritor.

CAPÍTULO I
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la investigación

1.1.1 Antecedentes internacionales

Pinzón, (2015). En su tesis de doctorado ¨ Análisis de la dinámica sobre la gestión del relleno sanitario de doña Juana (Bogotá, Colombia), como factor de perturbación: una aproximación conceptual desde los sistemas ecológicos emergentes y la resiliencia¨ concluyó que en Colombia la problemática de los residuos sólidos podría empeorar si no se toma conciencia general respecto al consumismo y la separación en la fuente, aspecto que disminuiría los grandes volúmenes que se vienen generando y afectando la capacidad de los rellenos sanitarios, con el concebido efecto sobre el cambio climático. Otro problema que surge especialmente en los países en desarrollo es la actividad de recuperación, donde batallones de personas (recicladores), que viven de la subsistencia se exponen a los peligros que esta actividad encierra, como son la exposición a enfermedades trasmitidas por vectores o accidentes generados por la manipulación de los residuos.

1.1.2 Antecedentes nacionales.

Navarrete, (2016). En su tesis de pregrado ¨ Estudio de prefactibilidad para la instalación de un relleno sanitario para la localidad de tembladera - distrito de yonán¨ concluyó que el terreno de 2.87 has se encuentra a 5.66 Km de la Localidad de Tembladera, el cual tiene: temperatura entre 15 °C y 35 °C de acuerdo a la estación, la demanda del servicio de recolección de residuos sólidos por parte de los habitantes es de 2.41 t/día para el año 2015 y la oferta es de 2.29 t/día siendo la cobertura del 95% del servicio de recolección de los residuos para darle el tratamiento. Con estos datos se conoce que el balance de oferta y demanda es 3.94 t, siendo los servicios que se cubrirán: almacenamiento público 0.24 t/día, barrido de calles 0.22 t/día, recolección y transporte de residuos sólidos 2.26 t/día, disposición final 2.29 t/día. El relleno sanitario que se diseñó para este proyecto se centra en la cantidad de residuos

sólidos recolectados siendo 2.41 t/día. Para dicha cantidad se diseñó un relleno sanitario semi mecanizado y de tipo trinchera, el cual permite la captación de los lixiviados y los gases de metano que este genera. El área destinada para el relleno sanitario es de 2.87 has y tendrá un funcionamiento de 10 años y además contará con 5 celdas durante ese tiempo.

1.1.3 Antecedentes regionales y locales.

Cubas, (2011). En su tesis de pregrado ¨Caracterización de los residuos sólidos de la ciudad de Bellavista- 2010¨ concluyó que la generación per cápita de residuos sólidos Domésticos en la ciudad de Bellavista es de O. 70 kg. /Hab./día. De acuerdo a esto la generación total estimada de residuos sólidos es de 9298.1 kg. /día. La generación per cápita de residuos sólidos de Comercios exteriores y de servicio en la ciudad de Bellavista es de 1.32 Kg/Local/día. De acuerdo a esto la generación total estimada de residuos sólidos es de 860.71 kg. /día. La generación per cápita de residuos sólidos de Mercados y Mercadillos en la ciudad de Bellavista es de 3.88 Kg/Puesto/día. De acuerdo a esto la generación total estimada de residuos sólidos es de 729.93 kg. /día. La generación per cápita de residuos sólidos de las Instituciones en la ciudad de Bellavista es de 4.24 (kg/lnst./día). De acuerdo a esto la generación total estimada de residuos sólidos es de 101.76 kg. /día. La densidad promedio de los residuos sólidos Domésticos es de 230.29 kg/m3. Por lo tanto, el volumen diario de residuos a recolectar y disponer en un relleno sanitario es de 40.38 m3/día. La densidad promedio de los residuos sólidos de Comercios exteriores y de servicio es de 74.08 kg/m3. Por lo tanto, el volumen diario de residuos a recolectar y disponer en un relleno sanitario es de 1.6 m3/día. La densidad promedio de los residuos sólidos de Mercados y Mercadillos es de 320.7 kg/m3. Por lo tanto, el volumen diario de residuos a recolectar y disponer en un relleno sanitario es de 2.37 m3 /día.

1.2. Marco teórico

Residuos Sólidos.

✓ **Proceso de separación de residuos sólidos.**

Según el Manual de Guía de Diseño Cepis. La separación de subproductos de los RSM en ALC se suele realizar en forma manual, ya sea en el sitio de origen, en las aceras,

en el vehículo recolector o en el sitio de disposición final. Este último caso es muy frecuente en casi todos los botaderos de basura de las grandes ciudades y aun de pequeñas poblaciones. Esta actividad la realizan personas de escasos recursos que buscan el sustento diario para sus familias, en condiciones infrahumanas y sin seguridad social. En efecto, debería haber Gestión integral de los residuos sólidos municipales iniciar un proceso de acercamiento, capacitación y apoyo para la organización de estas personas en cooperativas autogestionarias, lo que les permitiría trabajar en condiciones dignas en los sitios de generación e incluso prestar otro tipo de servicios para salir de ese lamentable y degradante estado de marginalidad. Las experiencias obtenidas en países en desarrollo con plantas industriales de separación de RSM han resultado un fracaso, por lo que se recomienda, en lo que concierne a las pequeñas poblaciones, que el municipio apoye los programas de recuperación en el punto de origen (viviendas, comercio, industria, etc.). Guía diseño cepis, (2002), Ley de Gestión integral de residuos sólidos N°1278(2016).

✓ **Disposición final de residuos sólidos.**

La disposición final consiste en los procesos u operaciones que se realizan para tratar o disponer en un determinado lugar los residuos sólidos, como última etapa de su manejo, en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura. La disposición final se debe realizar en infraestructuras habilitadas, es decir en instalaciones debidamente equipadas y operadas. Nunca en botaderos clandestinos a cielo abierto. Es la instalación destinada a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los residuos sólidos en la superficie o bajo tierra. Se basa en los principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental. Un relleno sanitario es una obra de ingeniería destinada a la disposición final de los residuos sólidos domésticos, los cuales se disponen en el suelo, en condiciones controladas que minimizan los efectos adversos sobre el ambiente y el riesgo para la salud de la población. Consiste en preparar un terreno, colocar los residuos, extenderlos en capas delgadas, compactarlos para reducir su volumen y cubrirlos al final de cada día de trabajo, con una capa de tierra de espesor adecuado. Un relleno sanitario planificado, ofrece, una vez terminada su vida útil, excelentes perspectivas de una nueva puesta en valor del sitio, gracias a su eventual utilización en usos distintos al relleno sanitario, tales como áreas verdes y de recreación. El relleno sanitario manual se presenta como una alternativa técnica y

económica, tanto para las poblaciones urbanas y rurales menores de 40,000 habitantes, como para las áreas marginales de algunas ciudades que generan menos de 20 toneladas diarias de residuos sólidos. Si el costo de transporte lo permite, puede resultar ventajosa la utilización de un mismo relleno sanitario manual para dos o más poblaciones.

Mediante la técnica de la operación manual, sólo se requiere equipo pesado para la adecuación del sitio y la construcción de vías internas, así como para la excavación de zanjas o material de cobertura, de acuerdo con el avance y método de relleno.

Método de trinchera

✓ **Método de trinchera**

Según Guía de Relleno Mecanizado. El método de trinchera Consiste en depositar los residuos sólidos sobre el talud inclinado de la trinchera (talud 1:3), donde son esparcidos y compactados con el equipo adecuado, en capas, hasta formar una celda que después será cubierta con el material excavado de la trinchera, con una frecuencia mínima de una vez al día esparciéndolo y compactándolo sobre el residuo. Este método es usado normalmente donde el nivel de aguas freáticas es profundo, las pendientes del terreno son suaves y las trincheras pueden ser excavadas utilizando equipos normales de movimiento de tierras. Guía diseño cepis, (2002), Ley de Gestión integral de residuos sólidos N°1278(2016).

✓ **Proceso Constructivo del método de trinchera.**

Según Guía de diseño cepis. El método de trinchera se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad con una retroexcavadora o un tractor de orugas. Hay experiencias de excavación de trincheras de hasta de 7 metros de profundidad. Los RSM se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra excavada. Se debe tener especial cuidado en periodos de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas. La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Construcción de trincheras se realiza trabajos de movimiento de tierras, ejecutando excavaciones en el terreno hasta llegar a los niveles establecidos en los perfiles. Se nivelará y

compactará el fondo y paredes de la trinchera, dejándolo listo para recibir su impermeabilización, la cual puede ser mediante el uso de geomembranas de HPDE (espesor recomendado 1mm), y una protección con el empleo de geotextiles.

Las geomembranas y geotextiles son empotradas en sus extremos al terreno de fundación en la parte superior de las trincheras medidas anclaje (50x50 cm.aprox.); rellenados con material propio de la zona. Sobre el terreno emparejado se colocarán 0,60 m de material arcilloso. Guía diseño cepis, (2002); Ley de Gestión integral de residuos sólidos N°1278(2016).

1.3. Definición de términos básicos.

- ✓ **Contaminante:** Todo elemento, materia, sustancia, compuesto, así como toda forma de energía térmica, radiación ionizante, vibración o ruido que, al incorporarse o actuar en cualquier elemento del medio físico, altera o modifica su estado y composición o afecta la flora, la fauna o la salud humana. Debe entenderse como medio físico el suelo, el aire y el agua.

- ✓ **Control:** Vigilancia y aplicación de las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones establecidas.

- ✓ **Corte:** Acción de rebajar por medios mecánicos o manuales un material; en este caso, el terreno donde se construirá el relleno sanitario.

- ✓ **Cota:** Marca que indica la elevación de un banco de nivel del terreno.

- ✓ **Cubicación:** Cuantificación del volumen de cualquier material o vacío tomando como unidad el metro cúbico.

- ✓ **Degradable:** Dicho de determinadas sustancias o compuestos, cualidad de descomponerse gradualmente mediante medios físicos, químicos o biológicos.

- ✓ **Densidad:** Masa o cantidad de materia de un determinado RSM contenida en una unidad de volumen.

- ✓ **Diseño:** Trazo o delineación de una obra o figura. Se aplica el término al proyecto básico de la obra.
- ✓ **Disposición final:** Depósito definitivo de los RSM en un sitio en condiciones adecuadas para evitar daños a los ecosistemas.

- ✓ **Dren:** Estructura que sirve para el saneamiento y la eliminación del exceso de humedad en los suelos.

- ✓ **Generador:** Es la persona que producto de su actividad que realiza genera residuos sólidos.

- ✓ **Grava:** Conjunto de piedras pequeñas que proceden de la fragmentación y disgregación de rocas.

- ✓ **Operación:** Ejecución de una acción.

- ✓ **Residuos municipales:** Es la basura doméstica, que está compuesta por materia orgánica restos procedentes de la limpieza o preparación de los alimentos, junto a la comida que sobra y los restos de las podas.

- ✓ **Residuos sólidos:** Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.

- ✓ **Segregar:** Separar una cosa de otra de la que forma parte para que siga existiendo con independencia.

- ✓ **Trinchera:** Es el lugar que está conformado por celdas destinadas a almacenar los residuos sólidos para segregarlos.

- ✓ **Vida útil:** Periodo durante el cual el relleno sanitario estará apto para recibir residuos de manera continua.

CAPÍTULO II
MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Materiales

- **Fichas de registro de campo**. Las fichas de campo recogen datos obtenidos mediante la observación directa y la entrevista Las fichas de campo contiene los datos descriptivos que resultan de la investigación de campo que se realiza mediante la observación de la realidad social o natural.

- **Cinta adhesiva**. Se utiliza para unir objetos de manera temporal, o a veces también permanente.

- **Plumón indeleble**. Se utilizó para delimitar algunos puntos de trabajo.

- **Guía de diseño cepis**. Es una guía reglamentada a nivel nacional para la elaboración de cálculos de construcción de la disposición final de residuos sólidos.

- **Wincha.** Instrumento de medida que consiste en una cinta flexible graduada y se puede enrollar, haciendo que el transporte sea más fácil. También se puede medir líneas y superficies curvas.

- **Capa impermeable.** Es un tipo de ropa de agua. Es una gabardina no permeable al agua, principalmente para proteger de la lluvia.

- **Lapicero.** Es un bolígrafo que sirvió para realizar apuntes observados.

- **Papel bond.** Es un instrumento para realizar la redacción del informe de datos.

-Equipos.

- **Balanza electrónica**. Es un instrumento que sirvió para el respectivo pesaje de los residuos sólidos.

- **Laptop**. Es el instrumento que sirvió para desarrollar los cálculos mediante los softwares.

-Maquinaria.

- **Retroexcavadora.** Es una máquina que se utilizó para realizar excavaciones en terreno del botadero municipal del distrito de Soritor, ésta desempeña su labor enterrando una cuchara o pala con la que extrae tierra o materiales depositados en el suelo, posteriormente los arrastra y los deposita en su interior.

- **Volquete.** Es una máquina que sirvió para llevar todo el material excavado en el botadero.

-Indumentaria de protección.

- **Guantes de látex descartables.** Se utilizó para la protección ante la contaminación del lugar.

- **Mascarilla descartable.** Se utilizó para la protección facial durante trabajo en campo realizado durante el desarrollo de la ejecución del proyecto de tesis.

- **Mandil de laboratorio.** Se utilizó para la protección corporal durante trabajo en campo realizado durante el desarrollo de la ejecución del proyecto de tesis.

- **Zapato de seguridad.** Se utilizó para la protección durante trabajo en campo realizado durante el desarrollo de la ejecución del proyecto de tesis.

2.2. Métodos

a) Métodos para la recolección de datos.

Observación directa.

Tabla 1

Área del Terreno del Botadero Municipal de Soritor.

ÁREA	m2	Ha
BOTADERO MUNICIPAL DE SORITOR	50000	5

Fuente: Unidad de Medio Ambiente -MDS

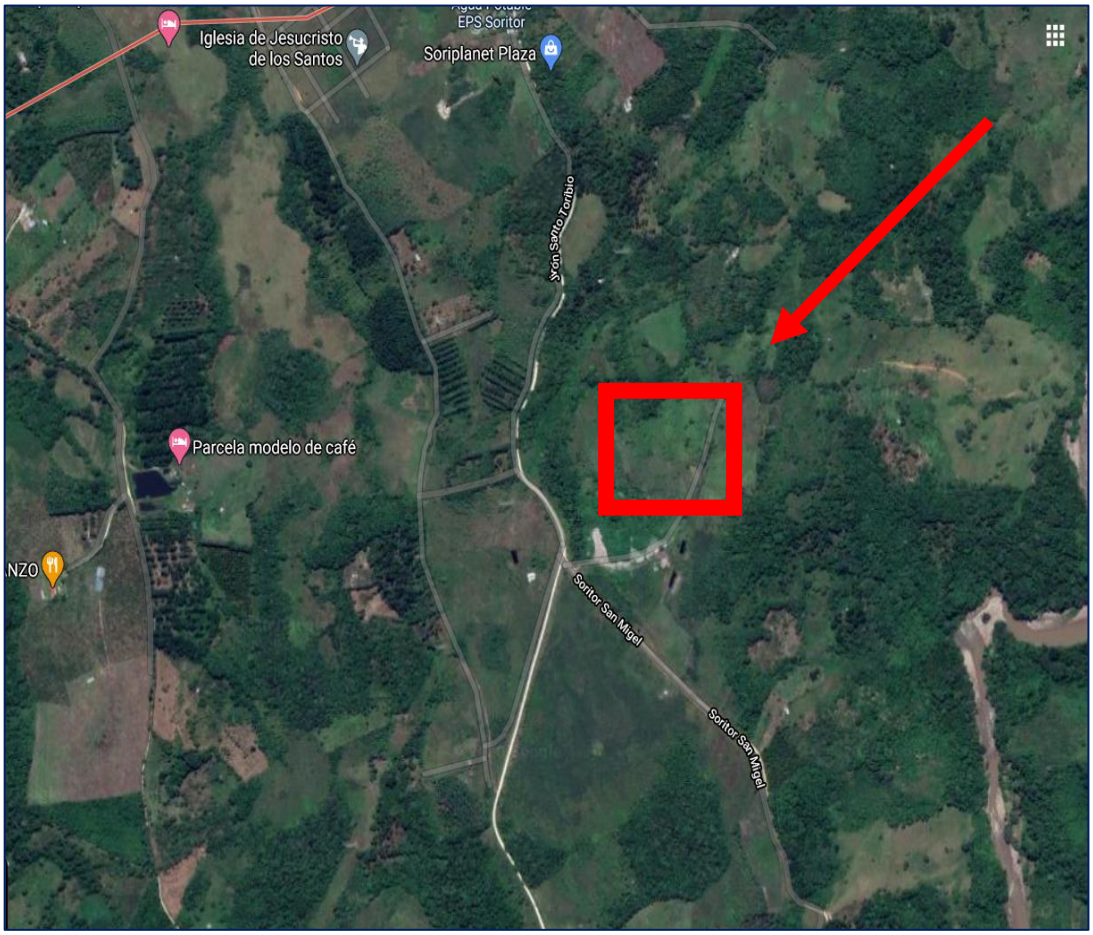


Figura 1: Área del botadero municipal de Soritor.

Tabla 2

Generación de lixiviados.

Indicador	M3/día
Generación de lixiviados	200.30

Fuente: Unidad de Medio Ambiente -MDS

Figura 2: Lixiviados en el botadero Municipal de Soritor.

Tabla 3

Basura acumulada

Tipo	Ocupación de Espacio(m2)	%
Basura	45600	91.20

Fuente: Unidad de Medio Ambiente -MDS

Figura 3: Basura acumulada en el botadero Municipal de Soritor.

Tabla 4

Presencia de Gallinazos.

Vectores	Cantidad
Gallinazos	300

Fuente: Unidad de Medio Ambiente -MDS

Figura 4: Gallinazos en el botadero Municipal de Soritor.

Tabla 5

Presencia de Moscas.

Vectores	Cantidad
Moscas	1000

Fuente: Unidad de Medio Ambiente -MDS

Figura 5: Moscas en el botadero Municipal de Soritor.

Ficha Técnica. Es el instrumento que se usó en campo para poder tener los datos como antecedentes para poder partir de ahí con el cálculo.

Tabla 6

Población del Distrito de Soritor

A. Población

	POBLACIÓN (CENSO 2017)		
AÑO	**URBANA**	**RURAL**	**TOTAL**
2007	6896	5469	12365
2017	11198	9878	21076

Fuente: INEI

Tabla 7

Tasa de crecimiento del Distrito de Soritor

B. Tasa de crecimiento

DISTRITO	**TC**
SORITOR	5.477%

Fuente: INEI 2017.

Tabla 8

Generación Per Cápita

Año	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
Generación per cápita	0.60	0.61	0.61	0.61	0.61

Fuente: Unidad de Medio Ambiente-MDS

b) Método de trinchera o zanja.

Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad con una retroexcavadora o un tractor de orugas. Hay experiencias de excavación de trincheras de hasta de 7 metros de profundidad.

Los RSM se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra excavada. Se debe tener especial cuidado en periodos de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas. De ahí que se deba construir canales

perimétricos para captarlas y desviarlas e incluso proveer a las zanjas de drenajes internos. En casos extremos, se puede construir un techo sobre ellas o bien bombear el agua acumulada. Sus taludes o paredes deben estar cortados de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado.

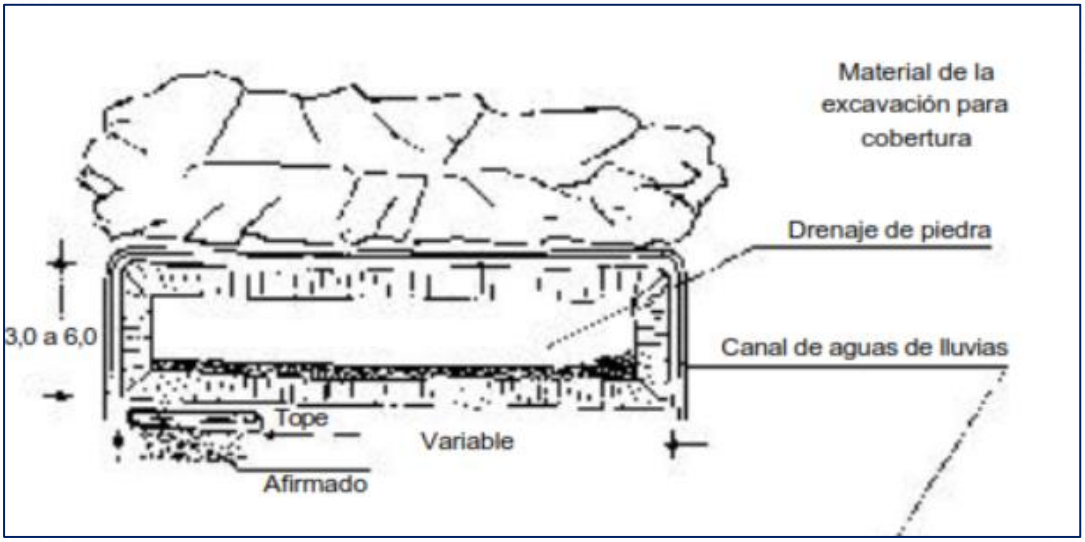


Figura 6: Trinchera de residuos sólidos.

La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero. Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación.

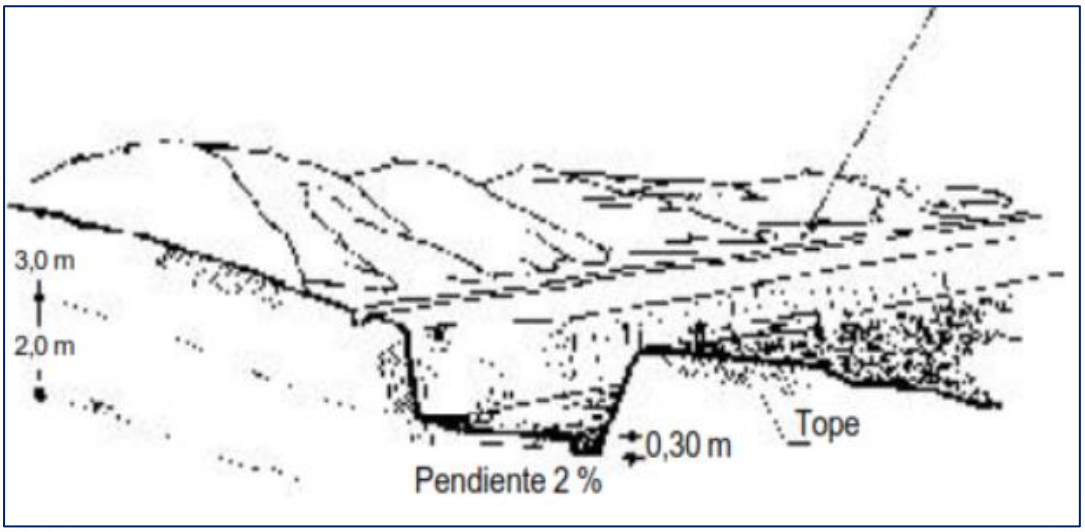


Figura 7: Zanja de la trinchera de residuos sólidos.

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Cuantificación de residuos sólidos

3.1.1. Resultados de cálculo poblacional.

En las siguientes tablas se presentan los resultados cálculo de la población.

Tabla 9

Cálculo poblacional.

AÑO	POBLACIÓN URBANA SORITOR	TOTAL
0	13141	13141
1	13861	13861
2	14620	14620
3	15421	15421
4	16266	16266
5	17157	17157
6	18097	18097
7	19088	19088
8	20133	20133
9	21236	21236
10	22399	22399

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. Resultados de datos de generación de residuos sólidos.

La generación de residuos es la producción secundaria de materia considerada no útil, en un proceso de producción, uso o consumo. Este es un concepto ligado fundamentalmente a la actividad humana, ya que los residuos producidos por animales son parte de ciclos biológicos.
Por el contrario, los residuos humanos, salvo los estrictamente biológicos, son producto de la alteración de ciclos naturales de la materia. Dicha transformación de la materia y energía, es la causa fundamental de la generación de residuos.

Esto ocurre debido a que ningún proceso productivo es cien por ciento eficiente y siempre se generan residuos. Por otro lado, los objetos producidos tienen una vida útil, al término de la cual se transforman en desechos del proceso de uso o consumo. Entre las causas específicas de la generación de residuos están los procesos productivos, el consumo masivo de productos, la obsolescencia y el mercadeo-publicidad.

Algunas actividades generan residuos especialmente peligrosos, como la minería, la producción de energía atómica y las actividades médicas. A su vez, la generación de residuos trae como consecuencia la contaminación de suelos, aguas y aire y el deterioro del paisaje. Asimismo, puede ocasionar enfermedades y afectar la vida silvestre.

Los residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Soritor son generados a partir de las actividades desarrolladas en casa o pequeñas industrias como parte del emprendimiento de negocios cuyas actividades dejan residuos sólidos.

Tabla 10

Datos básicos de generación de residuos Municipales.

DATOS BÁSICOS DE GENERACIÓN DE RESIDUOS MUNICIPALES

DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDADES	REFERENCIAS
GENERACIÓN PER CAPITA AL 2016	0.61	Kg/hab/día	INEI-SAN MARTIN 2016
TASA DE CRECIMIENTO DE GENERACIÓN	1.00%	%	Guia de residuos Sólidos-MEF
GENERACIÓN NO DOMICILIARIA	5.4	t/día	ECRS Domiciliarioy No domiciliario 2010
GENERACIÓN DE COMERCIO	0.98	t/día	ECRS Domiciliarioy No domiciliario 2010
GENERACIÓN DE RESTAURANTES	0.48	t/día	ECRS Domiciliarioy No domiciliario 2010
GENERACIÓN DE HOTELES	0.09	t/día	ECRS Domiciliarioy No domiciliario 2010
GENERACIÓN DE MERCADOS	2.4	t/día	ECRS Domiciliarioy No domiciliario 2010
GENERACIÓN DE INSTITUCIONES	0.6	t/día	ECRS Domiciliarioy No domiciliario 2010
GENERACIÓN DE BARRIDO	0.85	t/día	ECRS Domiciliarioy No domiciliario 2010

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11

Cálculo de Generación domiciliaria.

CÁLCULO DE LA GENERACIÓN DOMICILIARIA (AÑO BASE)

DESCRIPCIÓN	POBLACIÓN A SER ATENDIDA	UNIDADES
POBLACIÓN AL AÑO BASE	13141	hab
GENERACIÓN PER CÁPITA PROYECTADA AL AÑO BASE	0.63	Kg/hab/día
GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS	8.26	t/día

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8: Residuos domiciliarios.

Tabla 12

Cálculo de Generación no domiciliaria.

CÁLCULO DE LA GENERACIÓN NO DOMICILIARIA (AÑO BASE)

GENERACIÓN / SECTOR	POBLACIÓN A SER ATENDIDA	UNIDADES
GENERACIÓN DE COMERCIO	1.15	t/día
GENERACIÓN DE RESTAURANTES	0.56	t/día
GENERACIÓN DE HOTELES	0.11	t/día
GENERACIÓN DE MERCADOS	2.67	t/día
GENERACIÓN DE INSTITUCIONES	0.70	t/día
GENERACIÓN DE BARRIDO	1.00	t/día
GENERACIÓN DE RESIDUOS MUNICIPALES NO DOMICILIARIOS AL AÑO BASE	6.19	t/día

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13

Cálculo de Generación total.

RESUMEN DE LA GENERACIÓN MUNICIPAL TOTAL (AÑO BASE)

GENERACIÓN / SECTOR	POBLACIÓN A SER ATENDIDA	UNIDADES
GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS	8.26	t/día
GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS NO DOMICILIARIOS	6.19	t/día
GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES	14.45	t/día

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9: Total de residuos generados.

Tabla 14

Población a ser atendida de los residuos sólidos.

POBLACIÓN A SER ATENDIDA						
AÑO	**POBLACIÓN**	**GPC (Kg/día)**	**GENERACIÓN DOMICILIARIA (t/día)**	**GENERACIÓN NO DOMICILIARIA (t/día)**	**GENERACIÓN TOTAL (t/día)**	**GENERACIÓN DE RR.SS MUNICIPALES**
0	13141	0.63	8.26	6.19	14.45	5274.06
1	13861	0.63	8.80	6.53	15.33	5594.79
2	14620	0.64	9.37	6.89	16.26	5935.06
3	15421	0.65	9.99	7.26	17.25	6296.28
4	16266	0.65	10.64	7.66	18.30	6679.67
5	17157	0.66	11.33	8.08	19.42	7086.51
6	18097	0.67	12.07	8.52	20.60	7518.36
7	19088	0.67	12.86	8.99	21.85	7976.59
8	20133	0.68	13.70	9.48	23.19	8462.89
9	21236	0.69	14.60	10.00	24.60	8979.24
10	22399	0.69	15.55	10.55	26.10	9527.22
					19.76	7211.88

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15

Composición física de los residuos sólidos.

COMPOSICIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS	
TIPO DE RESIDUO	**VALOR(%)**
A. RESIDUOS SÓLIDOS REAPROVECHABLES(A1+A2)	**87.19**
A.1. RESIDUO SÓLIDO ORGÁNICO PARA ELABORAR COMPOST	76.99
RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS	76.99
A.2. RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABLES	10.2
PAPEL	2.21
CARTÓN	2.6
VIDRIOS	0.78
PLÁSTICOS	2.73
METALES	1.61
OTROS	0.27
B. RESIDUOS SÓLIDOS INSERVIBLES	**12.81**
RESIDUOS INSERVIBLES	12.81

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16

Composición física Total de los residuos sólidos.

COMPOSICIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS	
DESCRIPCIÓN	**INDICE**
RESIDUOS ORGÁNICOS	76.99%
RECICLABLES	10.20%
NO APROVECHABLES	12.81%
TOTAL	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

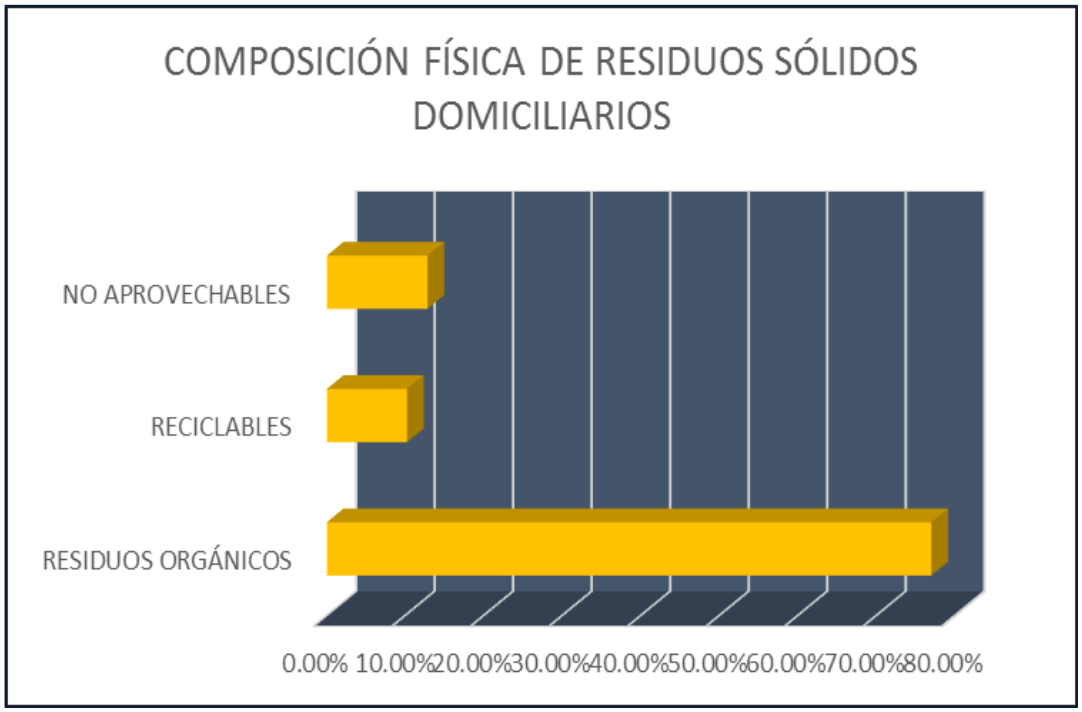


Figura 10: Resultados de composición física de residuos sólidos.

3.1.3. Volumen mínimo útil.

La capacidad del terreno debe ser lo suficiente como para permitir su utilización por un periodo mínimo de cinco (05) años, a fin de que su vida útil se compatibilice con la gestión, los costos de implementación y las obras de infraestructura.

La vida útil estará en función la cantidad de residuos a disponer en el RSM, la densidad de compactación del relleno, el volumen del material de cobertura, la profundidad o altura del relleno y las áreas adicionales para la infraestructura y zonas de seguridad proyectadas. También depende del área del terreno.

Es el valor de tiempo que puede ser expresado en años, meses o días que se proyecta que el relleno podrá recibir residuos sólidos, en función de la capacidad útil de diseño. Para los fines del cálculo, es necesario entonces conocer la capacidad útil de diseño (CUD) y tener los valores de los volúmenes anuales de residuos dispuestos (VARD) para una proyección de varios años.

a). La capacidad útil de diseño.

Es la capacidad útil de diseño (CUD) se obtiene producto del volumen de diseño que se ha establecido para los fines del proyecto. Este tendrá que ser superior al volumen mínimo útil y la forma se definirá en función de la topografía del terreno y método de relleno a utilizar, habiéndose desarrollado varios métodos para el cálculo preciso de estos volúmenes. De los que podemos mencionar entre otros: Para volúmenes de gran longitud y poca anchura: a) el cálculo por la regla de Simpson, b) el cálculo por la regla del Prismoide y c) el cálculo a partir de las áreas externas, así mismo para volúmenes de gran extensión (extensos en ambas direcciones): los métodos de la retícula y a partir de las curvas de nivel, son los más adecuados.

Tabla 17

Cálculo del volumen útil de los residuos sólidos.

AÑOS	GENERACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS(Ton/año)	DENSIDAD DE RESIDUOS ESTABILIZADOS (Ton/m3)	VAR:(m3/Año)	CANTIDAD DE MATERIAL DE COBERTURA %	CANTIDAD DE MATERIAL DE COBERTURA	VARD: (m3/Año)	VMU (m3/Año)
1	5594.79	0.60	9324.65	0.25	2331.16	11655.81	
2	5935.06	0.60	9891.76	0.25	2472.94	12364.70	
							65817.31
3	6296.28	0.60	10493.80	0.25	2623.45	13117.25	
4	6679.67	0.60	11132.79	0.25	2783.20	13915.99	
5	7086.51	0.60	11810.85	0.25	2952.71	14763.57	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18

Cálculo final del volumen útil de los residuos sólidos.

AÑOS	GENERACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS(Ton/año)	DENSIDAD DE RESIDUOS ESTABILIZADOS(Ton/m3)	VAR:(m3/Año)	CANTIDAD DE MATERIAL DE COBERTURA %	CANTIDAD DE MATERIAL DE COBERTURA	VARD: (m3/Año)	VMU (m3/Año)
6	7518.36	0.60	12530.60	25.00	3132.65	15663.25	
7	7976.59	0.60	13294.32	25.00	3323.58	16617.90	
8	8462.89	0.60	14104.81	25.00	3526.20	17631.01	88467.29
9	8979.24	0.60	14965.40	25.00	3741.35	18706.75	
10	9527.22	0.60	15878.70	25.00	3969.68	19848.38	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19

Cálculo final por área del volumen útil de los residuos sólidos.

VMU	ALTURA PROMEDIO	AUM (m)	ÁREA ADICIONAL %	ÁREA TOTAL AL 20%(m2)	ÁREA TOTAL AL 40%(m2)	ÁREA TOTAL AL 20%(Ha)	ÁREA TOTAL AL 40%(ha)
65817.31	8.8	7479.24	20/40	8975.09	10470.94	0.90	1.05
154284.60	8.8	17532.34	20/40	21038.81	24545.28	2.10	2.45

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Aplicación del método de trinchera.

Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad con una retroexcavadora o un tractor de orugas. Hay experiencias de excavación de trincheras de hasta de 7 metros de profundidad.

Los RSM se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra excavada. Se debe tener especial cuidado en periodos de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas. De ahí que se deba construir canales perimétricos para captarlas y desviarlas e incluso proveer a las zanjas de drenajes internos. En casos extremos, se puede construir un techo sobre ellas o bien bombear el agua acumulada. Sus taludes o paredes deben estar cortados de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado.

La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero. Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación.

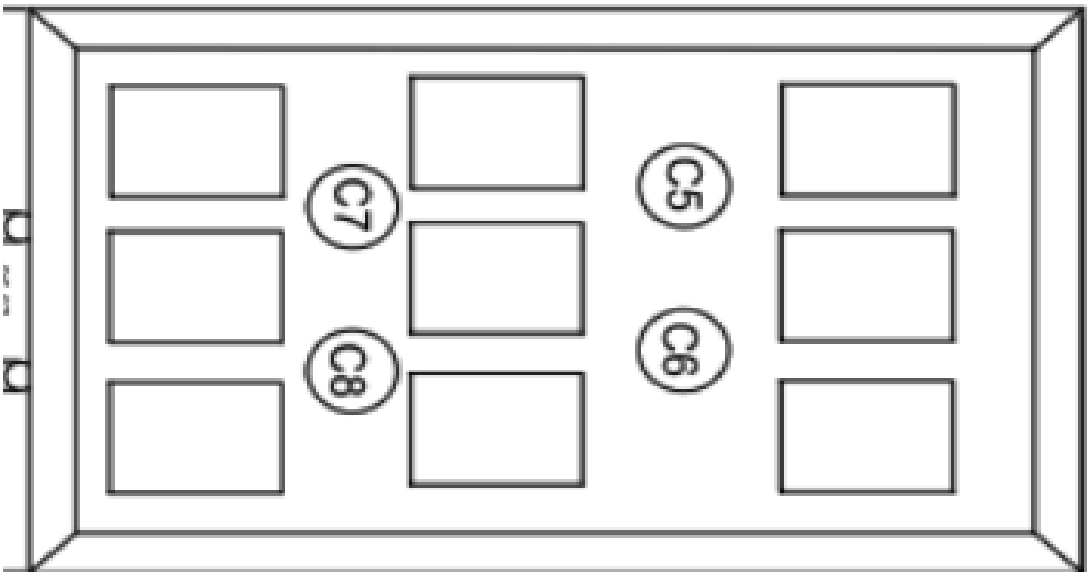


Figura 11: Trinchera de residuos sólidos.

3.2.1. Resultados del cálculo de celda diaria.

Tabla 20

Cálculo de celda diaria.

CELDA DIARIA								
GENERACIÓN DE RESI. SÓLIDOS (Diario)		**VOLUMEN DIARIO(m3)**			**DIMENSIONES DE LA CELDA DIARIA**			
Generación Total (Ton)	Total diario (ton)	RRSS (m3/día)	Mat. Cobertura	Total	Altura de celda(m)	Área sup. De celda(m2)	Largo o avance de la celda l (m)	Ancho de la celda l (m)
19.76	19.76	43.91	10.98	54.88	0.8	68.61	4.20	15.6

Fuente: Elaboración propia.

Figura 12: Celda diaria.

3.2.2. Cálculo de trinchera.

Tabla 21

Cálculo de trinchera de residuos sólidos.

PLATAFORMA											
DESCRIPCIÓN	**DIMENSIONES**							**Volumen(m3)**	**Volumen acumulado (m3)**	**Periodo de vida útil**	
	Ancho ¨a¨ (m)	**Avance ¨l¨ (m)**	**Talud de ancho (m)**	**Talud de avance (m)**	**Altura ¨h¨ (m)**	**Talud H**	**Talud V**			**Dias**	**Años**
Área N°2	94.70	171.60	90.70	159.6	2.00	3.00	1.00	30709.14	154142.92	2808.47	7.69
Área N°1	103.50	190.00	98.70	175.60	2.40	3.00	1.00	44366.60	123433.78	2248.96	6.16
Trinchera N°2	99.50	182.00	103.50	190.00	2.00	2.00	1.00	37763.31	79067.18	1440.60	3.95
Trinchera N°1	94.70	172.40	99.50	182.00	2.40	2.00	1.00	41303.87	41303.87	752.55	2.06

Largo	Ancho	Altura	8.80

Fuente: Elaboración propia.

ÁREA A USAR	19665.00	17532.34
	1.97	1.75
VOLUMEN POR TRINCHERA Y PLATAFORMA	154142.92	154284.60

Figura 13: Trinchera 1 de residuos sólidos construida.

Figura 14: Trinchera 2 de residuos sólidos construida.

3.2.3. Resultados de generación de lixiviados.

Casi todos los residuos sólidos sufren cierto grado de descomposición, pero es la fracción orgánica la que presenta los mayores cambios. Los subproductos de la descomposición están integrados por líquidos, gases y sólidos. La descomposición o putrefacción natural de la basura produce un líquido maloliente de color negro, conocido como lixiviado o percolado, parecido a las aguas residuales domésticas, pero mucho más concentrado.

Para la estimación de la generación de lixiviados se cuenta con dos métodos sencillos, ampliamente aceptado para establecer un rango suficiente mente confiable respecto al volumen de lixiviados a manejar, que se presentan a continuación:

Método Nº 01.- Este método utiliza el cuadro de producción de aguas lixiviadas, en situaciones diferentes, desarrollado por el Servicio Alemán de Cooperación Social - Técnica DED – Deutscher Entwicklungsdienst, este considera que la cantidad de las aguas lixiviadas que se producen en un relleno sanitario depende de los siguientes factores: de La precipitación, el área del relleno, el modo de operación (relleno manual o compactado con maquinaria, sistema de compactación) y el tipo de basura.

Tipo de relleno	Producción de aguas lixiviadas (% de la precipitación)	Producción de aguas lixiviadas (m^3/(ha*día))		
		Precipitación 700 mm/año	Precipitación 1500 mm/año	Precipitación 3000 mm/año
Relleno manual	60	11,51	24,66	49,32
Relleno compactado con maquinaria liviana	40	7,67	16,44	32,88
Relleno compactado con maquinaria pesada	25	4,79	10,27	20,55

Figura 15: Datos de generación de lixiviados de acuerdo guía de diseño cepis.

Pp Anual (mm)	Área del Relleno (Has)*	Modo de Operación (Tipo de relleno)	Tipo de residuo	Producción de Aguas Lixiviadas (% de la Pp)	Producción de Aguas Lixiviadas (m^3/año)	Producción de Aguas Lixiviadas (m^3/día)
738.4	0.0219	Relleno Manual; sistema de compactación: Pisón o rodillo manual.	Doméstico e industrial no peligroso.	**60**	**97.0**	**0.266**

*Avance anual de capa típica: tamaño de celda diaria x 365 días.

Figura 16: Datos de generación de lixiviados en función de precipitaciones.

Modo de Operación (Tipo de relleno)	Pp Anual (mm)	Factor de generación (m^3/ha*día)	Área del Relleno (Has)*	Producción de Aguas Lixiviadas (m^3/día)	Producción de Aguas Lixiviadas (m^3/año)
Relleno Manual	738.4	11.51	0.0219	0.25	92.0

*Avance anual de capa típica: tamaño de celda diaria x 365 días.

Figura 17: Datos de generación de lixiviados en función de generación.

Tabla 22

PRODUCCIÓN DE AGUAS LIXIVIADAS EN UN RELLENO SANITARIO

TIPO DE RELLENO	PRODUCCIÓN DE AGUAS LIXIVIADOS (%de la precipitación)	PRODUCCIÓN DE AGUAS LIXIVIADOS(m3/hab*día)		
		Preciitación 700mm/año	Precipitación 1500mm/año	Precipitación 3000mm/año
Relleno Manual	60%	11.51	24.66	49.32
Relleno compactado con maquinaria liviana	40%	7.67	16.44	32.88
Relleno compactado con maquinaria pesada	25%	4.79	10.27	20.55

Cálculo producción de agua lixiviadas.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23

Cálculo producción de agua lixiviadas en función del porcentaje de precipitación.

PRODUCCIÓN DE AGUAS LIXIVIADAS EN FUNCIÓN DEL PORCENTAJE DE LA PRECIPITACIÓN(PP)							
Pp ANUAL(mm)	ÁREA DE RELLENO (Has)	MODO DE OPERACIÓN(Tipo de relleno)	TIPO DE RESIDUO	PRODUCCIÓN DE AGUAS LIXIVIADOS(% DE LA Pp)	PRODUCCIÓN DE AGUAS LIXIVIADOS(m3/año)	PRODUCCIÓN DE AGUAS LIXIVIADOS(m3/día)	PRODUCCIÓN DE AGUAS LIXIVIADOs(l/s)
1400	2.50	Relleno manual sistema de compac.	Doméstico e industrial no peligroso	60%	21034.65	57.63	0.6670

Tabla 24

Cálculo producción de agua lixiviadas en función del factor de generación.

PRODUCCIÓN DE AGUAS LIXIVIADAS EN FUNCIÓN DEL FACTOR DE GENERACIÓN						
MÉTODO DE OPERACIÓN (Tipo de relleno)	**Pp ANUAL (mm)**	**FACTOR DE GENERACIÓN (m3/hab*día)**	**ÁREA DEL RELLENO (Has)**	**PRODUCCIÓN DE AGUAS LIXIVIADAS (m3/día)**	**PRODUCCIÓN DE AGUAS LIXIVIADAS (m3/año)**	**PRODUCCIÓN DE AGUAS LIXIVIADOs(l/s)**
Relleno Manual	1400	23.016	2.50	57.64	21036.98	0.6671

Fuente: Elaboración propia.

Figura 18: Lixiviados en la trinchera del botadero municipal.

3.3. Análisis de la eficiencia del método de trinchera.

La comparación de los resultados obtenidos en campo con los datos ya establecidos en el botadero municipal sin el método de trinchera con los resultados establecidos después del uso del método de trinchera.

3.3.1. Análisis de Crecimiento poblacional.

En las siguientes tablas y gráficos se presentan las comparaciones de los niveles de crecimiento poblacional.

Tabla 25

Comparación del crecimiento poblacional.

AÑO	POBLACIÓN URBANA SORITOR	TOTAL
0	13141	13141
1	13861	13861
2	14620	14620
3	15421	15421
4	16266	16266
5	17157	17157
6	18097	18097
7	19088	19088
8	20133	20133
9	21236	21236
10	22399	22399

Fuente: Elaboración propia.

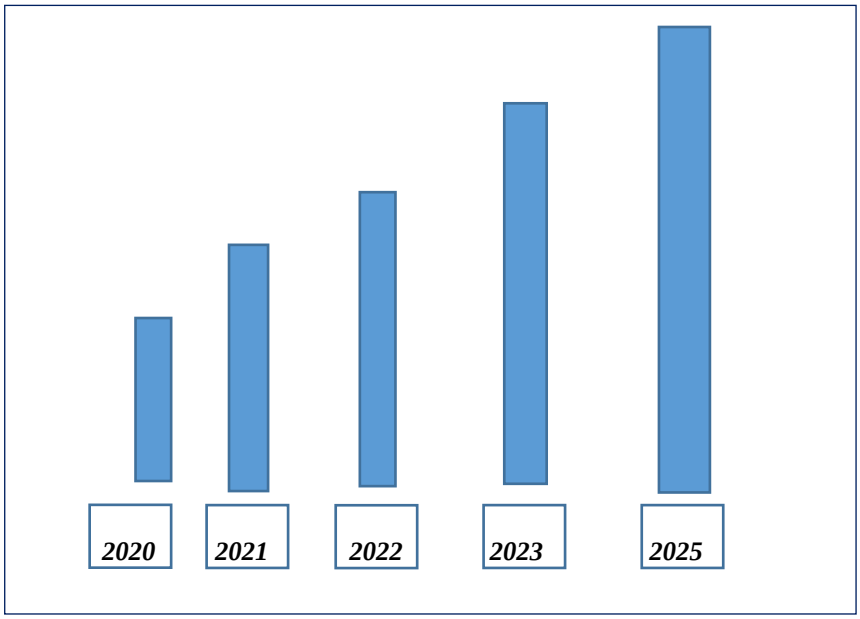


Figura 19: Comparación del crecimiento poblacional al 2025.

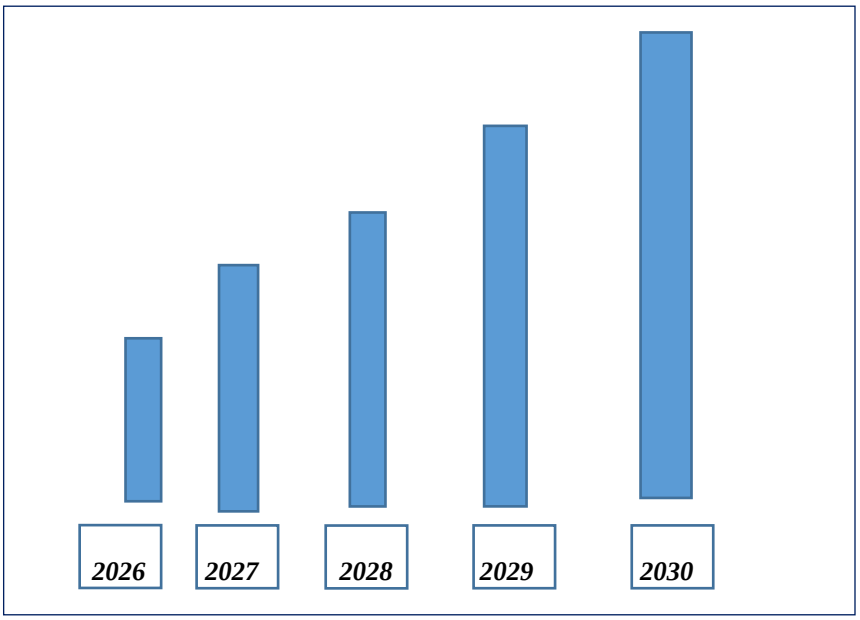


Figura 20: Comparación del crecimiento poblacional al 2030.

3.3.2. Análisis de generación per cápita.

En las siguientes tablas y gráficos se presentan las comparaciones de los niveles de generación per cápita.

Tabla 26

Crecimiento de generación per cápita.

AÑO	GPC (Kg/día)
0	0.63
1	0.63
2	0.64
3	0.65
4	0.65
5	0.66
6	0.67
7	0.67
8	0.68
9	0.69
10	0.69

Fuente: Elaboración propia.

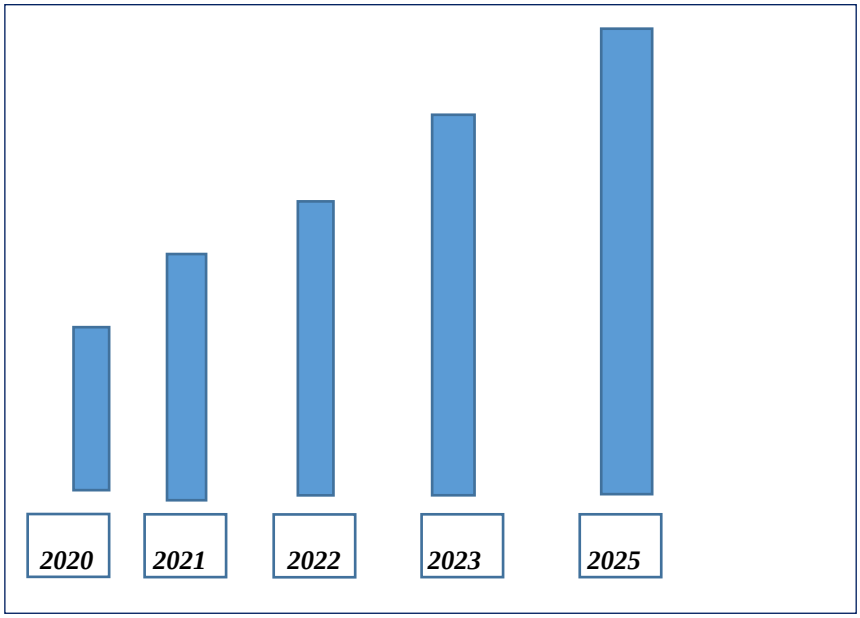


Figura 21: Comparación de generación per cápita al 2025.

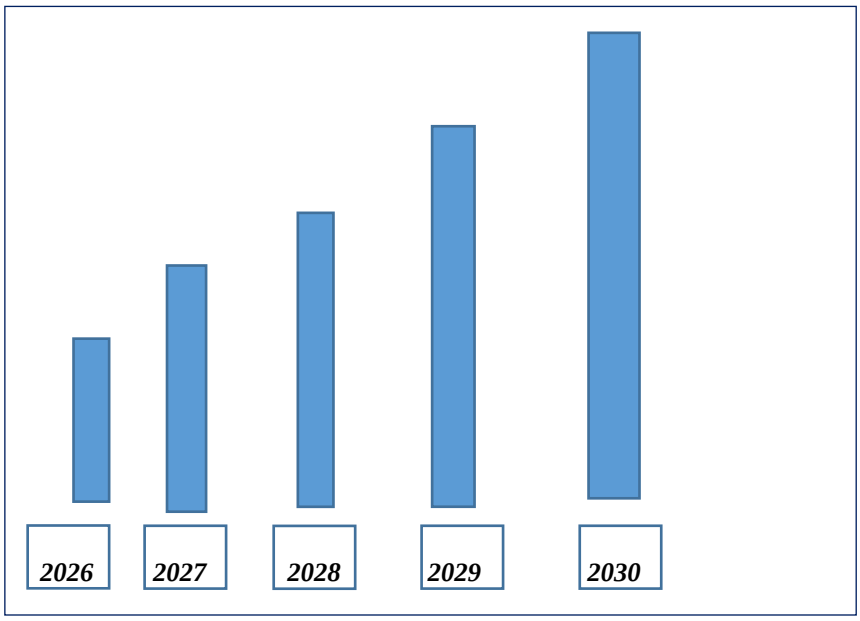


Figura 22: Comparación de generación per cápita al 2030.

3.3.3. Análisis de capacidad de diseño.

En las siguientes tablas y gráficos se presentan las comparaciones de los niveles de crecimiento en la capacidad de diseño.

Tabla 27

Capacidad de diseño.

	PLATAFORMA										
	DIMENSIONES									Periodo de vida útil	
DESCRIPCIÓN	Ancho ¨a¨ (m)	Avance ¨l¨ (m)	Talud de ancho (m)	Talud de avance (m)	Altura ¨h¨ (m)	Talud H	Talud V	Volumen(m3)	Volumen acumulado (m3)	Dias	Años
Área N°2	94.70	171.60	90.70	159.6	2.00	3.00	1.00	30709.14	154142.92	2808.47	7.69
Área N°1	103.50	190.00	98.70	175.60	2.40	3.00	1.00	44366.60	123433.78	2248.96	6.16
Trinchera N°2	99.50	182.00	103.50	190.00	2.00	2.00	1.00	37763.31	79067.18	1440.60	3.95
Trinchera N°1	94.70	172.40	99.50	182.00	2.40	2.00	1.00	41303.87	41303.87	752.55	2.06
	Largo	Ancho		Altura	8.80						

ÁREA A USAR	19665.00	17532.34
	1.97	1.75
VOLUMEN POR TRINCHERA Y PLATAFORMA	154142.92	154284.60

Fuente: Elaboración propia.

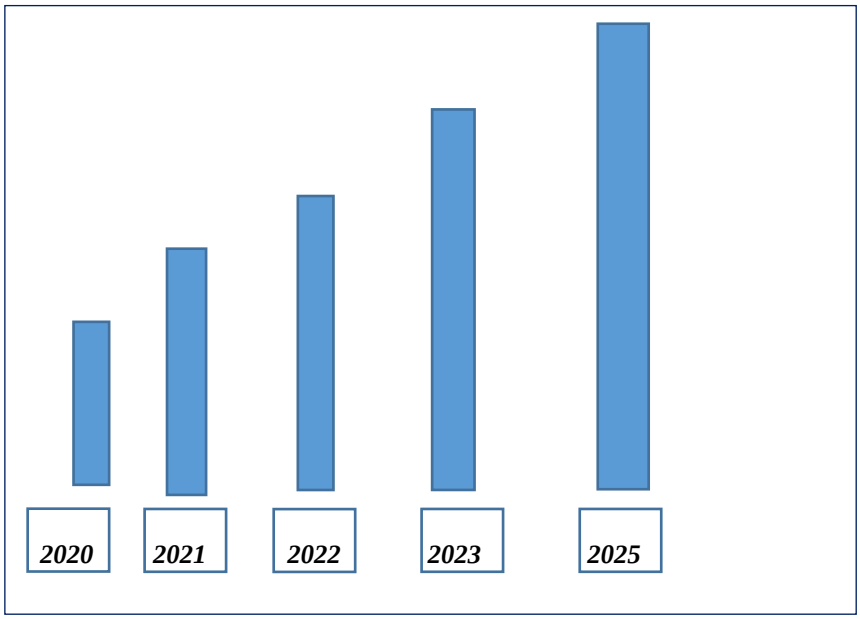


Figura 23: Crecimiento de capacidad de diseño al 2025.

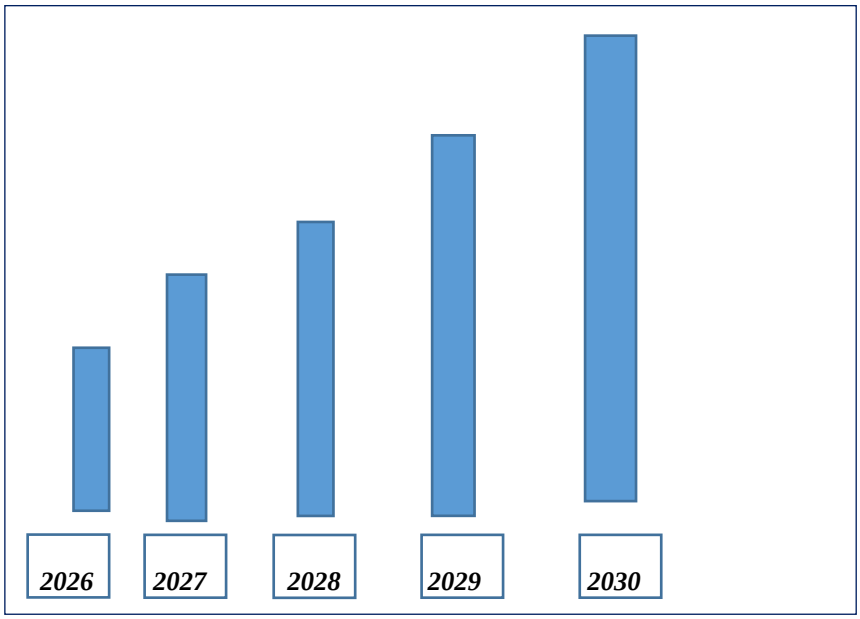


Figura 24: Crecimiento de capacidad de diseño al 2030.

3.3.4. Análisis de producción de gases.

En las siguientes tablas y gráficos se presentan las comparaciones de los niveles de producción de gases.

Tabla 28

Producción de gases.

Sistema de manejo de los desechos sólidos		Recolección de basura mezclada; toda la basura se va al relleno sanitario		
Corg(%)		20%		
	Año	Producción de RR.SS(t/año)	RR.SS en el relleno(t)	Producción de gas(m3/año)
0	2019	5274.06	5274.06	0.00
1	2020	5594.79	10868.85	178.02
2	2021	5935.06	16803.90	529.16
3	2022	6296.28	23100.18	1049.47
4	2023	6679.67	29779.86	1735.96
5	2024	7086.51	36866.37	2586.50
6	2025	7518.36	44384.73	3599.86
7	2026	7976.59	52361.32	4775.62
8	2027	8462.89	60824.20	6114.20
9	2028	8979.24	69803.45	7616.85
10	2029	9527.22	79330.67	9285.57

Fuente: Elaboración propia.

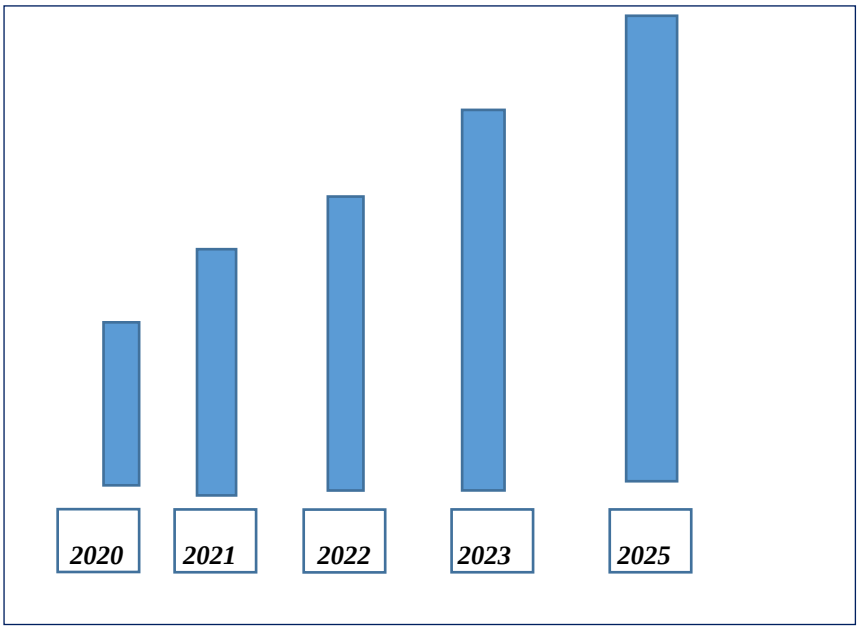


Figura 25: Crecimiento de producción de gases al 2025.

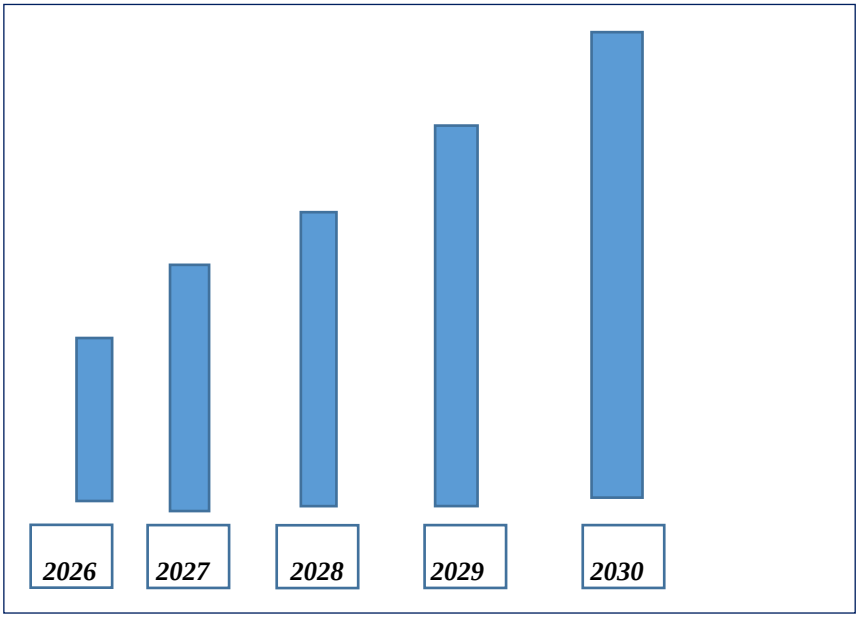


Figura 26: Crecimiento de producción de gases al 2030.

3.3.5. Análisis de Área de utilización.

En las siguientes tablas y gráficos se presentan las comparaciones de la utilización del área.

El área utilizada antes de la construcción del método de trinchera.

Tabla 29

Área de utilización antes de la construcción de trinchera.

Tipo	***Ocupación de Espacio(m2)***	***%***
Basura	45600	91.20

Fuente: Elaboración propia.

El área utilizada antes de la construcción del método de trinchera.

Tabla 30

Área de utilización después de la construcción de trinchera.

ÁREA A USAR	19665.00 1.97	17532.34 1.75
VOLUMEN POR TRINCHERA Y PLATAFORMA	154142.92	154284.60

Fuente: Elaboración propia.

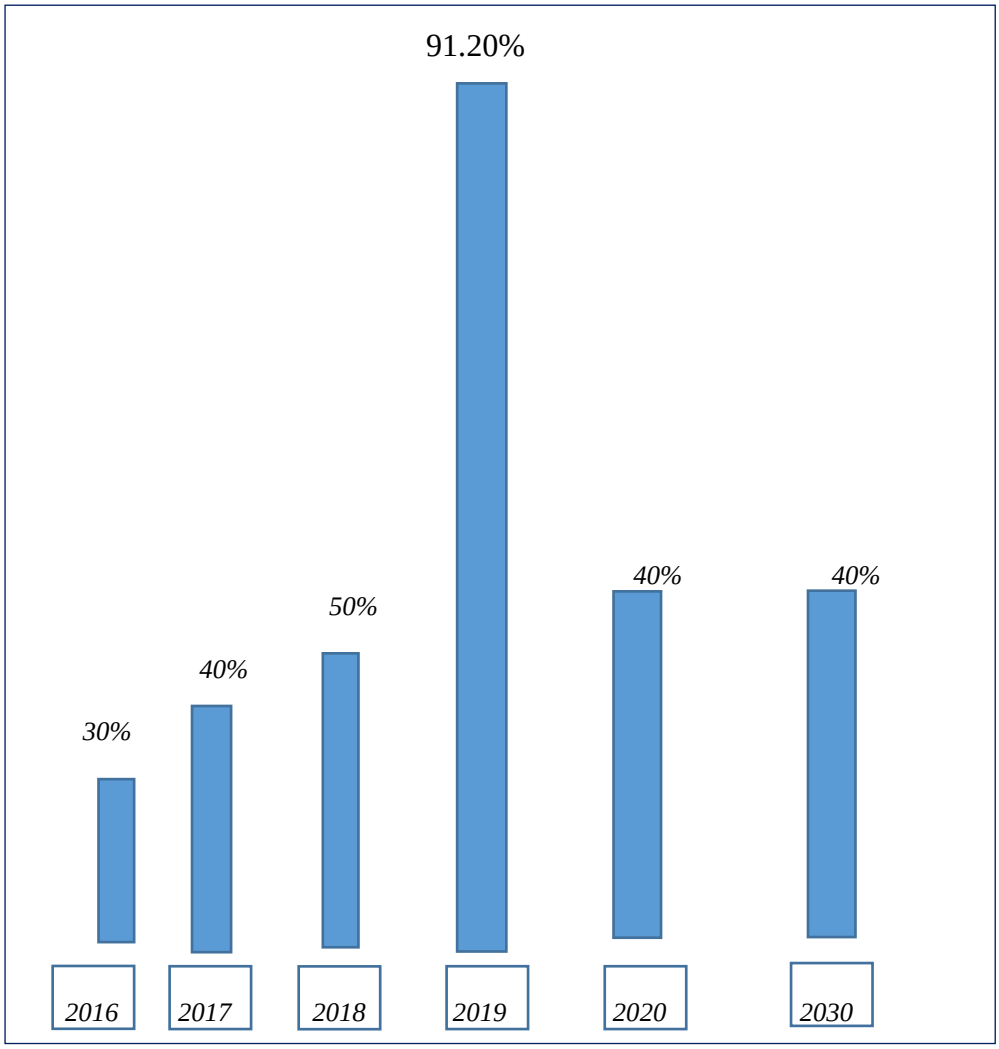


Figura 27: Optimización de la utilización del área.

3.3.6. Análisis de generación de lixiviados.

En las siguientes tablas y gráficos se presentan las comparaciones de la generación de lixiviados.

La generación de lixiviados antes de la construcción del método de trinchera.

Tabla 31

Generación de lixiviados antes de la construcción de trinchera de residuos sólidos.

Indicador	***M3/día***
Generación de lixiviados	200.30

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32

Generación de lixiviados después de la construcción de trinchera de residuos sólidos.

PRODUCCIÓN DE AGUAS LIXIVIADAS EN FUNCIÓN DEL PORCENTAJE DE LA PRECIPITACIÓN(PP)

Pp ANUAL (mm)	ÁREA DE RELLENO (Has)	MODO DE OPERACIÓN (Tipo de relleno)	TIPO DE RESIDUO	PRODUCCIÓN DE AGUAS LIXIVIADOS (% DE LA Pp)	PRODUCCIÓN DE AGUAS LIXIVIADOS (m3/año)	PRODUCCIÓN DE AGUAS LIXIVIADOS (m3/día)	PRODUCCIÓN DE AGUAS LIXIVIADOS (l/s)
1400	2.50	Relleno manual sistema de compac.	Doméstico e industrial no peligroso	60%	21034.65	57.63	0.6670

Fuente: Elaboración propia.

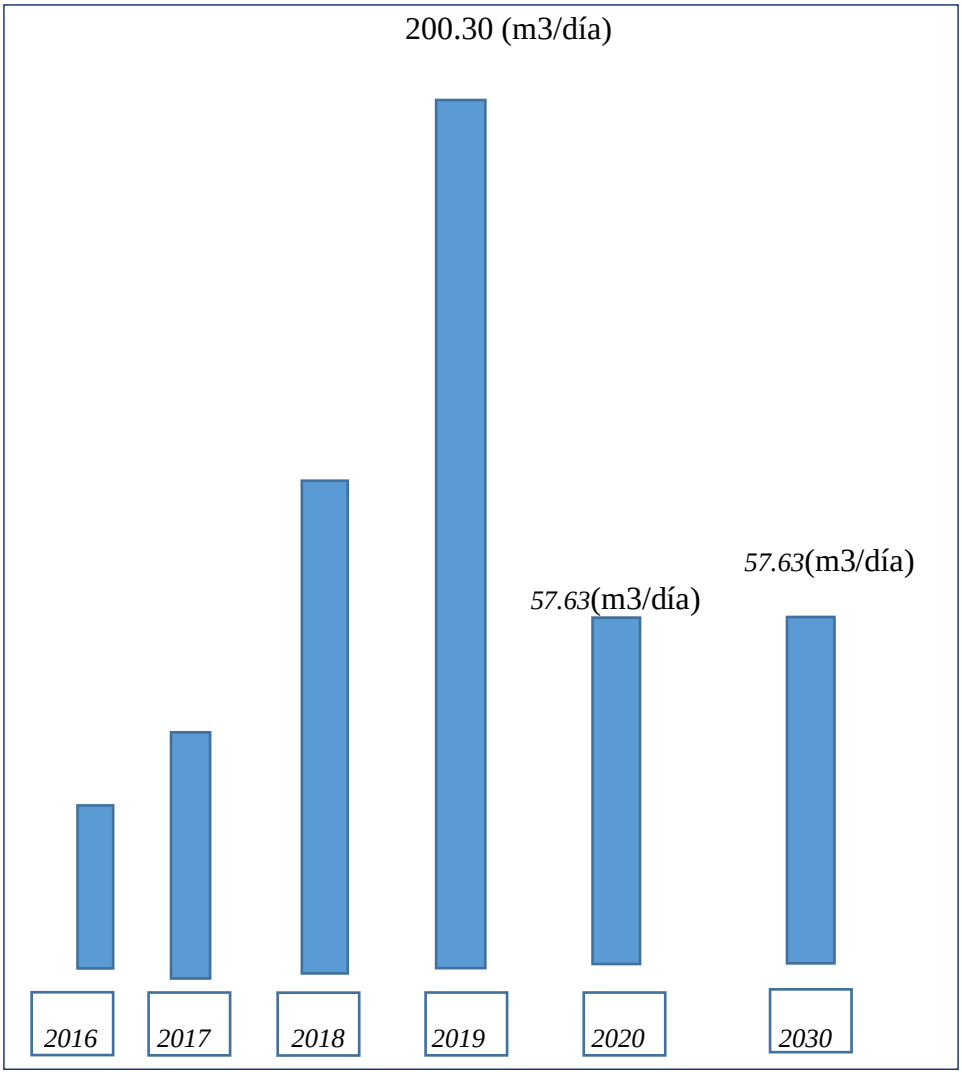


Figura 28: Comparación de generación de lixiviados.

3.3.7. Análisis de presencia de gallinazos.

En las siguientes tablas y gráficos se presentan las comparaciones de la presencia de gallinazos.

Presencia de gallinazos antes de la construcción del método de trinchera.

Tabla 33

Presencia de gallinazos antes de la construcción de trinchera de residuos sólidos.

Vectores	***Cantidad***
Gallinazos	300

Fuente: Elaboración propia.

Presencia de gallinazos después de la construcción del método de trinchera.

Tabla 34

Presencia de gallinazos después de la construcción de trinchera de residuos sólidos.

Vectores	***Cantidad***
Gallinazos	180

Fuente: Elaboración propia.

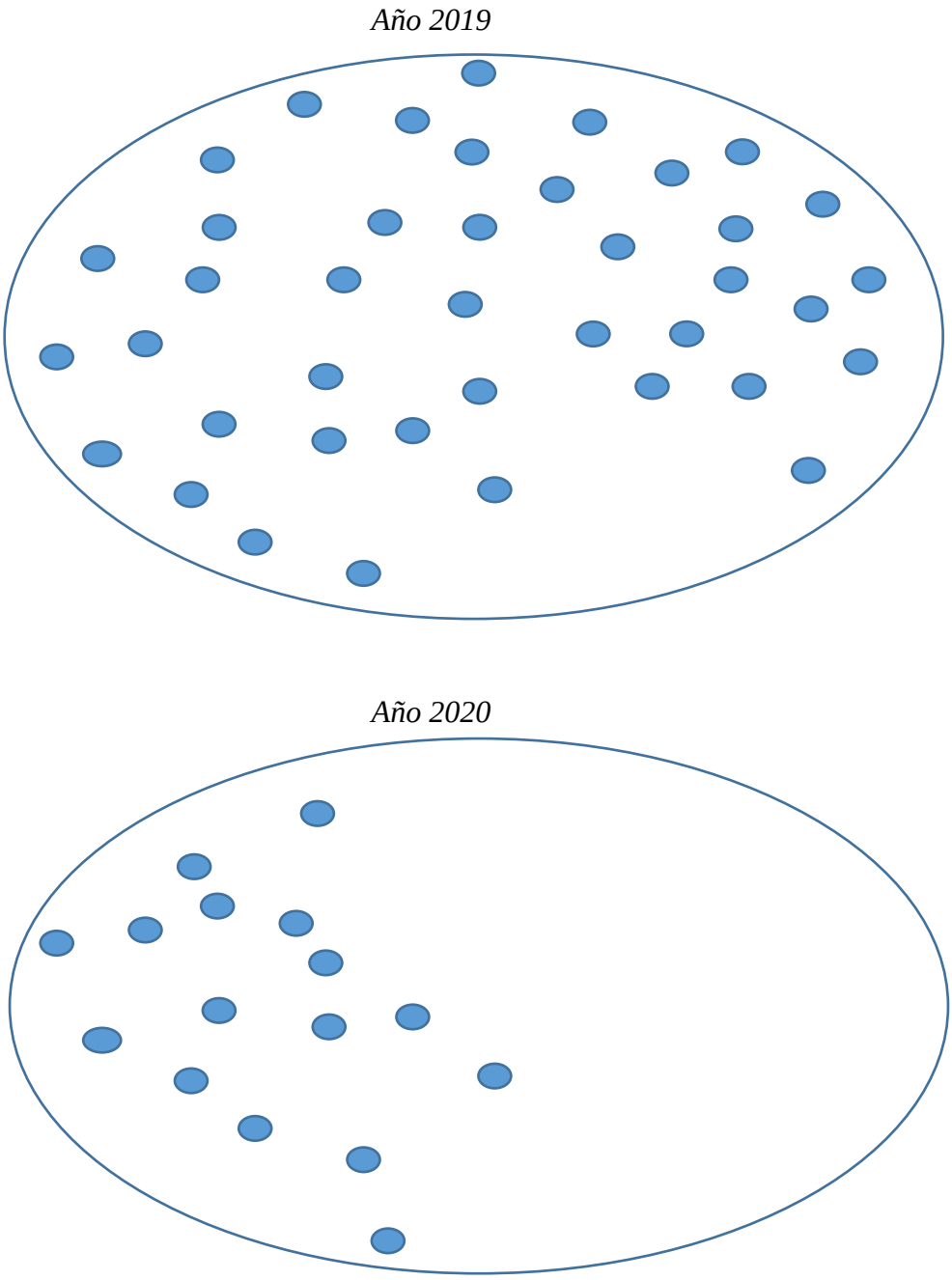


Figura 29: Comparación de presencia de gallinazos.

3.3.8. Análisis de presencia de Moscas.

En las siguientes tablas y gráficos se presentan las comparaciones de la presencia de moscas.

Presencia de moscas antes de la construcción del método de trinchera.

Tabla 33

Presencia de moscas antes de la construcción de trinchera de residuos sólidos.

INDICADOR	CANTIDAD
Moscas	1000 aprox.

Fuente: Elaboración propia.

Presencia de moscas después de la construcción del método de trinchera.

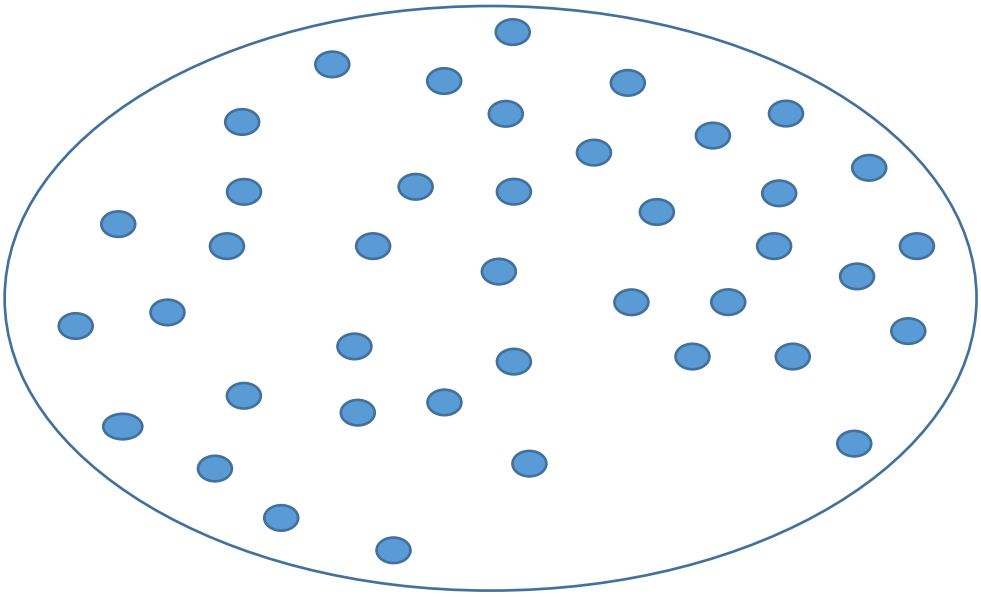
Tabla 33

Presencia de gallinazos después de la construcción de trinchera de residuos sólidos.

INDICADOR	CANTIDAD
Moscas	500 aprox.

Fuente: Elaboración propia.

Año 2019(100%)



Año 2020 (50%)

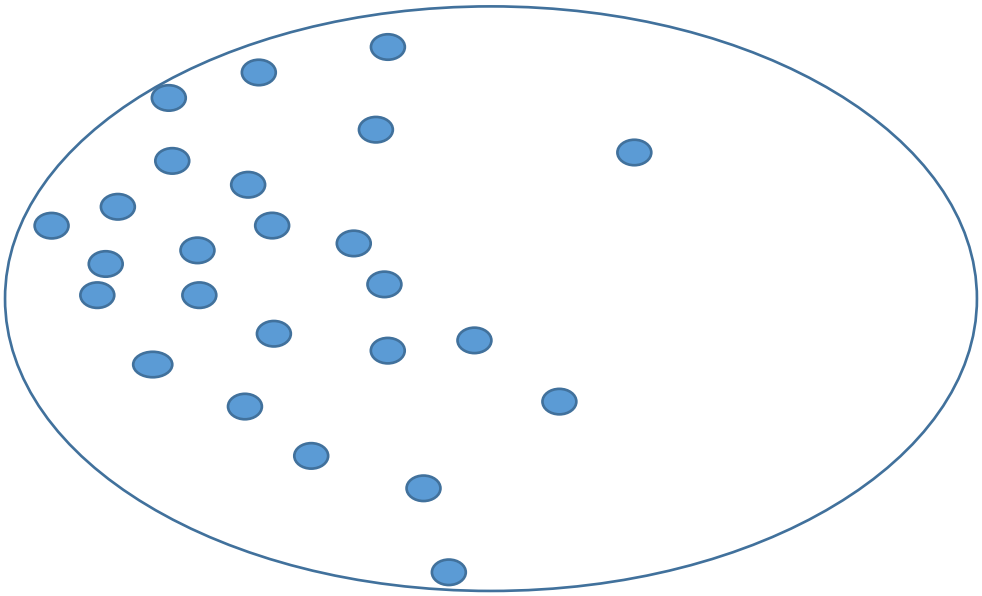


Figura 30: Comparación de presencia de moscas.

3.4. Discusión de resultados

De acuerdo a los resultados finales de la investigación y al desarrollo del objetivo principal se logró determinar que el estado de contaminación ambiental y la vulnerabilidad a contagiarse de alguna enfermedad es extremo. **Pinzón, (2015**) En su tesis de doctorado concluyó que en Colombia la problemática de los residuos sólidos podría empeorar si no se toma conciencia general respecto al consumismo y la separación en la fuente, aspecto que disminuiría los grandes volúmenes que se vienen generando y afectando la capacidad de los rellenos sanitarios, con el concebido efecto sobre el cambio climático. Otro problema que surge especialmente en los países en desarrollo es la actividad de recuperación, donde batallones de personas (recicladores), que viven de la subsistencia se exponen a los peligros que esta actividad encierra, como son la exposición a enfermedades trasmitidas por vectores o accidentes generados por la manipulación de los residuos. Los resultados permiten hacer de conocimiento que con el método de trinchera se logra optimizar el área a utilizar y concordando con la tesis de pinzón debido a la exposición de personas que se dedican al negocio de reciclaje y con riesgo de contraer enfermedades se logra evitar todo eso con la disposición final adecuada con trinchera de residuos sólidos. Además, se evita la presencia de vectores que transmiten enfermedades.

Por otro lado, también se critica la falta de intervención por parte de las autoridades locales para implementar ordenanzas municipales que regulen la adecuada disposición final de los residuos sólidos, ya que se presenció en campo durante todo el tiempo que se realizó el proceso de proyecto de investigación la carencia de un plan de disposición final que resulta perjudicial para las personas que laboran en el recojo y disposición de los residuos.

CONCLUSIONES

Los resultados permiten concluir que, en el distrito de Soritor, el botadero municipal ubicado en el sector san lorenzo durante la aplicación del método de trinchera de residuos sólidos como tecnología de disposición final de residuos sólidos es eficiente su aplicación, ya que mejora la disposición evitando la presencia masiva de vectores transmisibles de enfermedades, reduciendo la cantidad de lixiviación de agua, optimizando el área de operación para la disposición, y por último reduce el riesgo de enfermedades producidas por el foco infeccioso de la acumulación de residuos.

Con respecto a las personas que participan en juntar sus residuos para poder ser recogidos en sus respectivas casas, deben tomar conciencia y segregar adecuadamente sus residuos sólidos y de esa manera evitar el riego de peligro de los trabajadores encargados del recojo de residuos sólidos.

Los involucrados directos identificadas dentro del área del botadero municipal del distrito de Soritor, son las personas dedicadas al recojo de inservibles para su sustento diario, también las personas involucradas son los trabajadores del área de medio ambiente de la municipalidad distrital de Soritor ya que ellos son encargados del recojo de basura domiciliaria y del traslado hasta la disposición en el botadero de los residuos.

Los resultados de la comparación obtenidos antes de aplicar el método de trinchera con lo después de aplicar el método de trinchera para disposición final de residuos sólidos, son muy favorables porque mejora la calidad de disposición final asegurando la salud de los trabajadores municipales encargados del recojo.

RECOMENDACIONES

- A los trabajadores encargados del recojo y traslado de los residuos sólidos, que siempre utilizen sus equipos de protección personal para evitar las enfermedades producidas por los desechos acumulados en botadero municipal.

- Concientizar a la población soritorina para que puedan caracterizar sus residuos sólidos desde sus hogares, y así no dificultar la labor del recolector.

- A las autoridades locales y funcionarios competentes aprobar e implementar normas y/o ordenanzas que exijan la implantación de medidas de mitigación de contaminación mediante vectores, así mismo para el control y manejo de la disposición final de residuos sólidos, así como también aprobar convenios con las diferentes instituciones públicas o privadas para la adecuada gestión integral de los residuos sólidos.

- A los vecinos aledaños al botadero municipal de Soritor, adoptar medidas que contribuyan a su protección contra las enfermedades presentes en el lugar.

- A la comunidad estudiantil y docentes de la escuela profesional de ingeniería sanitaria se les recomienda la realización de prácticas de campo y sobre todo crear planes para mejorar el manejo de residuos sólidos.

- Hacer llegar el informe a los distritos de la provincia de Moyobamba, para extender el trabajo realizado en el distrito de Soritor y sirva como modelo piloto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEMPRI. Contaminación y sus efectos en nuestra salud. Ecuador. 2018

AGUSTÍN, F. Enfermedades por vectores. Monografía en internet. Clínica O.R.L. Madrid- España. 2006.

ALLEN, Webster. Estadística aplicada a los negocios y la economía. Mc Graw Hill. 1999.

ARELLANO, D. "Distribución de Ruido Ambiental en el Campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina en el periodo Enero – Marzo del 2007". Universidad Nacional Agraria La Molina, Departamento de Lima – Perú. 2008

ARMAS, C. Tecnología Ambiental. CONCYTEC. Departamento de Lima – Perú. 2001.

BUNGE, M. La ciencia: Su método y filosofía. Editorial siglo XX. Buenos Aires.1960.

COLOMBIA, Gobierno. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.2007.

CUBAS, E. Caracterización de los residuos sólidos de la ciudad de Bellavista- 2010.

DIGESA. "Plan a Corto Plazo para la Reducción de la Exposición a Contaminantes en la Av. Abancay"; Coordinadora del Área de prevención y Control de la Contaminación Atmosférica. Departamento de Lima – Perú. 2007.

DOMÍNGUEZ, Ana Lidia. Vivir con ruido en la ciudad de México. El proceso de adaptación a los entornos acústicamente hostiles. México. 2014.

El PERUANO. Reglamento de Estancares de Calidad Ambiental para Ruido. Lima. 2003.

EXPÓSITO PAJE. Investigación en Nuevos Conceptos de Carreteras más Seguras y Sostenibles. España. 2007.

Guía diseño Cepis. (2002).

GUTIÉRREZ, M. Proyecto de investigación (Tomo 1y2)-2000.

HARRIS CYTRIL, M. Manual de relleno sanitario, Vol. II. Mac Graw Hill Tercera Edición. 1995.

HERRÁEZ, I. Residuos urbanos y medio ambiente. (Universidad Autónoma. Madrid.).1989

JIMÉNEZ, A. M. Nivel y determinación de la contaminación de residuos de SAC, Pisco. Departamento de Ica – Pisco. 2009.

KIELY, G. Ingeniería Ambiental, Fundamento, Entorno, Tecnologías y Sistemas de Gestión, Mc Graw Hill, Madrid – España. 1999.

LEY GENERAL DEL AMBIENTE, LEY N° 28611. Diario oficial el peruano. Departamento de Lima – Perú. 2005.

LEROY, J. Los desechos y su tratamiento. (Breviarios del Fondo de Cultura Económica 355. México1987.

LÓPEZ, A. Tesis de Pregrado (España)2001.

MOPT. Residuos sólidos urbanos. (Secretaría de Estado para las Políticas del Agua y Medio Ambiente. 198 pág. Madrid-1992).

Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente (MOPTMA) (1995). Medio ambiente en España 1994. (Madrid.)

Ministerio del Agua y Medio Ambiente. Los desechos y su tratamiento. (Breviarios del Fondo de Cultura Económica 355. México-1987.

NAVARRETE, S. Estudio de prefactibilidad para la instalación de un relleno sanitario para la localidad de tembladera - distrito de yonán. (2016).

OEFA. Residuos Sólidos (2018).

PINZÓN, L. Análisis de la dinámica sobre la gestión del relleno sanitario de doña Juana (Bogotá, Colombia), como factor de perturbación: una aproximación conceptual desde los sistemas ecológicos emergentes y la resiliencia (2015).

RIOS, Fidel A (1995). Residuos sólidos en el mundo.

SALAZAR, I. Módulo de Capacitación en Contaminación. MINSA – INAPMAS. Lima – Perú. 1995.

SOLÍZ, M.F. Ecología política y geografía crítica de la basura en el Ecuador. 2015.

ANEXOS

Anexo 1:

Monitoreo y Obtención de datos en el botadero municipal de Soritor.

Anexo 2:

Medición del área de construcción.

Anexo 3:

Proceso de construcción de la trinchera de residuos sólidos.

Anexo 4:

Excavación de la maquinaria.

Anexo 5:

Trinchera Construida.