



Elección de sitio para rellenos sanitarios de residuos sólidos usando SIG:  
un estudio de caso en la provincia de Lampa.  
Ponce Flores Y. J.  
Revista de Arquitectura y Urbanismo Taypi. Vol. 1, N° 3 / Pag. 69 - 78  
Doi: 10.5281/zenodo.7686544

Recibido 07/09/2022

Aceptado 16/02/2023

Artículo Original

# ELECCIÓN DE SITIO PARA RELLENOS SANITARIOS DE RESIDUOS SÓLIDOS USANDO SIG: UN ESTUDIO DE CASO EN LA PROVINCIA DE LAMPA. SITE SELECTION FOR SOLID WASTE LANDFILLS USING GIS: A CASE STUDY IN LAMPA.

**Ponce Flores Y. J.**

 Ministerio de Vivienda, Programa Nacional de Vivienda Rural, Perú.

 <https://orcid.org/0000-0003-4950-5344>

 [yponce@unap.edu.pe](mailto:yponce@unap.edu.pe)

Cita este artículo:

Ponce Flores Y. J. (2023). Elección de sitio para rellenos sanitarios de residuos sólidos usando SIG: un estudio de caso en la provincia de Lampa. *Revista de Arquitectura y Urbanismo Taypi*, 1(3), 69 - 78. Doi: 10.5281/zenodo.7686544

## Resumen

El manejo adecuado de los residuos sólidos domésticos (RSD) puede ofrecer opciones sustentables para su aprovechamiento, lo que requiere conocer sus cantidades y tipos en el relleno sanitario. De esta forma, los residuos de cualquier localidad pueden convertirse en insumos para otros procesos. En la ciudad de Lampa, el gran volumen de RSD generados en las actividades cotidianas de su población, que incluyen plásticos, palillos de helados, servilletas, platos, cucharas desechables, papeles, cartones, entre otros, son frecuentemente arrojados en las calles, plazas, parques y ríos, produciendo olores desagradables e impactando negativamente en la imagen de la ciudad. Además, la mayoría de municipios de equipos modernos y suficientes para una recolección óptima de residuos carecen de sólidos, lo que aumenta el riesgo de enfermedades asociadas a la acumulación de estos desechos en las calles. Por lo tanto, es esencial establecer una gestión adecuada de los RSD en la ciudad de Lampa, que permita identificar y separar los residuos para su posterior tratamiento y aprovechamiento, contribuyendo a la reducción de su impacto ambiental y mejorando la imagen de la ciudad. Esta investigación busca analizar la cantidad y tipos de RSD depositados en el relleno sanitario de Lampa, con el fin de proponer opciones sustentables para su gestión. Los resultados de este pueden ser de gran utilidad para la planificación de políticas públicas que prometen un manejo adecuado de los residuos sólidos en la ciudad de Lampa y en otras localidades con problemas similares.

## Palabras clave

Contaminación urbana, recolección de residuos y residuos sólidos domésticos

## Abstract

The proper management of solid domestic waste (MSW) can offer sustainable options for its use, which requires knowledge of its quantities and types in the landfill. In this way, waste from any locality can be converted into inputs for other processes. In the city of Lampa, the large volume of MSW generated in the daily activities of its population, including plastics, popsicle sticks, napkins, plates, disposable spoons, paper, and cardboard, among others, are frequently dumped in the streets, squares, parks, and rivers producing unpleasant odors and negatively impacting the city's image. In addition, most municipalities lack modern and sufficient equipment for optimal waste collection, which increases the risk of diseases associated with the accumulation of this waste in the streets. Therefore, it is essential to establish adequate management of MSW in the city of Lampa, which allows the identification and separation of waste for its subsequent treatment and use, contributing to the reduction of its environmental impact and improving the image of the city. This research seeks to analyze the amount and types of MSW deposited in the Lampa landfill to propose sustainable options for its management. The results of this research can be very useful for the planning of public policies that promise adequate management of solid waste in the city of Lampa and other localities with similar problems.

## Keywords

Urban pollution, waste collection and household solid waste

## **Introducción**

El crecimiento de la población en la zona urbana ha causado un incremento en la generación de residuos sólidos domésticos como también industriales y otros tipos de residuos sólidos. El aumento de la población en las zonas urbanas ha generado un incremento en la producción de residuos sólidos, tanto domésticos como industriales, así como otros tipos de residuos. Estos residuos se acumulan en sitios de disposición final, que, si no son manejados adecuadamente, pueden producir problemas de contaminación del aire, agua y suelo, así como de la salud pública (Baldé, Wang, Kuehr, Huisman, 2017). En la actualidad, uno de los problemas más importantes es la gestión de los residuos sólidos para mejorar la calidad de vida y el entorno natural (Cointreau, 2006). La cantidad de basura generada depende de factores como el número de habitantes, el nivel de vida, las costumbres, el consumo y la educación de los ciudadanos (Cointreau, 2006). Por ejemplo, se estima que en los Estados Unidos se generan alrededor de 236 millones de toneladas de basura al año, mientras que en Japón se producen 52 millones de toneladas anuales (World Bank, 2018).

Los residuos sólidos que se generan en las ciudades suelen terminar en vertederos o basurales, que pueden poner en riesgo la salud de las personas que viven en sus alrededores y contaminar el medio ambiente (Larson et al., 2013). En Perú, según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), la mayoría de los residuos sólidos terminan en alguno de los 195 botaderos que existen a nivel nacional, espacios informales que no cumplen con los estándares ambientales adecuados para el manejo de los desechos (OEFA, 2019). La ciudad de Lampa, ubicada en el departamento de Puno, presenta una problemática similar. Con una población de alrededor de 14 500 a 15 000 habitantes, la provincia necesita contar con un manual sanitario para la disposición de los residuos sólidos y evitar así los efectos negativos que la falta de una gestión adecuada puede ocasionar en la salud y el bienestar de sus habitantes (Fuentes et al., 2019). El manejo adecuado de los residuos sólidos es un problema de gran importancia en la actualidad y requiere de la implementación de políticas y estrategias efectivas para su gestión, tanto a nivel local como global. La problemática en Lampa y en Perú es una muestra de la necesidad de abordar esta problemática de manera seria y sostenible para asegurar un futuro más saludable y sostenible.

## **Metodología**

El presente estudio tiene como objetivo analizar la gestión de residuos sólidos municipales (RSM) en zonas urbanas de países en vías de desarrollo. Los RSM son aquellos que provienen de las actividades domésticas, comerciales, industriales, institucionales, de mercados, y los resultados del barrido y limpieza de vías y áreas públicas de un conglomerado urbano, y cuya gestión está a cargo de las autoridades municipales (Cointreau, 2006). Para llevar a cabo este estudio se realizó una revisión bibliográfica de publicaciones científicas y técnicas relacionadas con la gestión de RSM en países en vías de desarrollo. Se seleccionarán artículos de revistas científicas, informes técnicos y documentos de organizaciones internacionales, incluyendo la Organización Mundial de la Salud, el Banco Mundial y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.

Tabla 1.  
*Actividades generadoras de residuos sólidos municipales.*

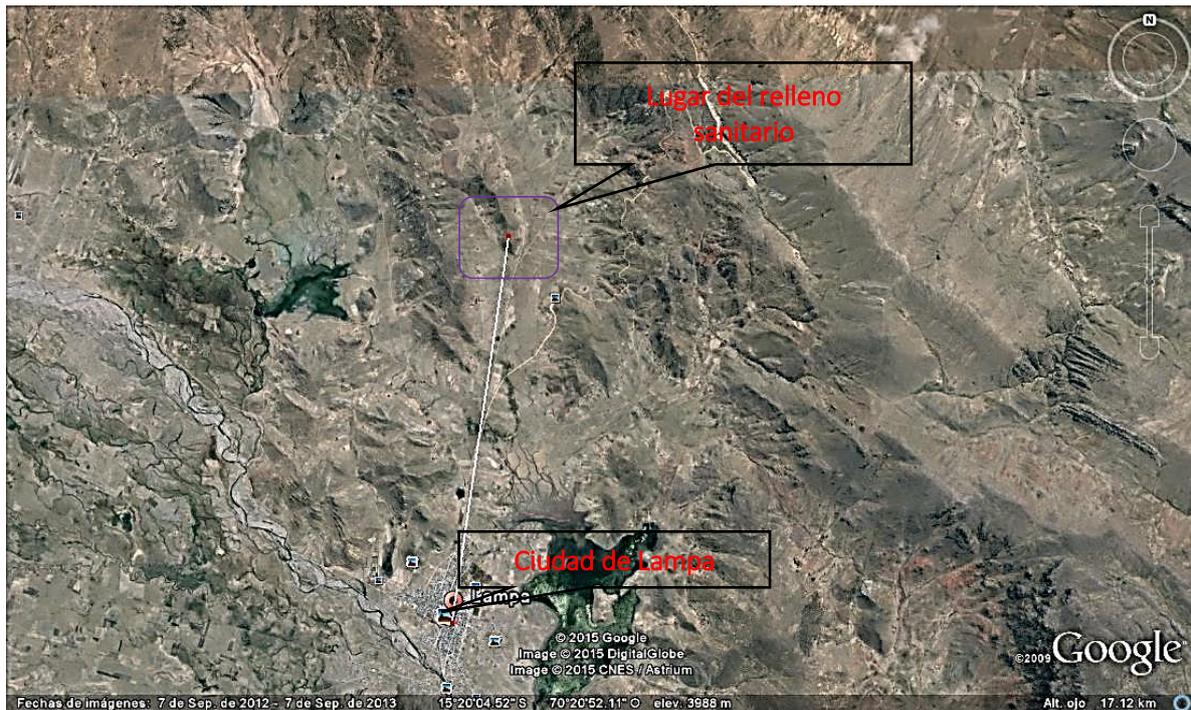
Act. generadoras	Componentes	% total de rsm
Residencial y domiciliario	Desperdicios de cocina, papeles y cartón, plásticos, vidrios, metales, textiles, residuos de jardín, tierra, etc.	50 - 75
Comercial: Almacenes, oficinas, mercados, restaurantes, hoteles y otros	Papel, cartón, plásticos, madera, residuos de comida, vidrios, metales, residuos especiales y peligrosos.	10 - 20
Institucional: Oficinas, escuelas, colegios, universidades, servicios públicos y otros.	Semejantes a los de comercial.	5 - 15
Industrias: (pequeña industria y artesanía) manufacturera, confección de ropa, zapatos, sastrería, carpinterías, etc.	Residuos de proceso industrial, materiales de chatarra, residuos de comida, cenizas, demolición y construcción, especiales y peligrosos.	5 - 30
Barrido de vías y áreas públicas.	Residuos que arrojan los peatones, tierra, hojas, excrementos, etc	10 - 20

En esta investigación se propone implementar un sistema de gestión de residuos sólidos municipales (RSM) en la provincia de Lampa, con énfasis en la disposición final de los mismos a través de la implementación de un relleno sanitario manual.

El objetivo de este estudio es analizar la efectividad de la implementación de un relleno sanitario manual como técnica de disposición final de los residuos sólidos municipales en la provincia de Lampa.

El sistema de gestión de residuos sólidos se divide en tres etapas: generación, barrido y recolección mixta, y disposición final. En el caso de la provincia de Lampa, los residuos urbanos sólidos generados son depositados en lugares inadecuados o incinerados en lugares aledaños a la ciudad. Con el fin de solucionar este problema, se propone implementar un relleno sanitario manual en el sector norte de la ciudad de Lampa, ubicado a unos 5 km de la misma.

Figura 1.  
*Ubicación de la ciudad y el relleno sanitario.*



El relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo que no causa molestias ni peligros para la salud o la seguridad pública, y que tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de su clausura.

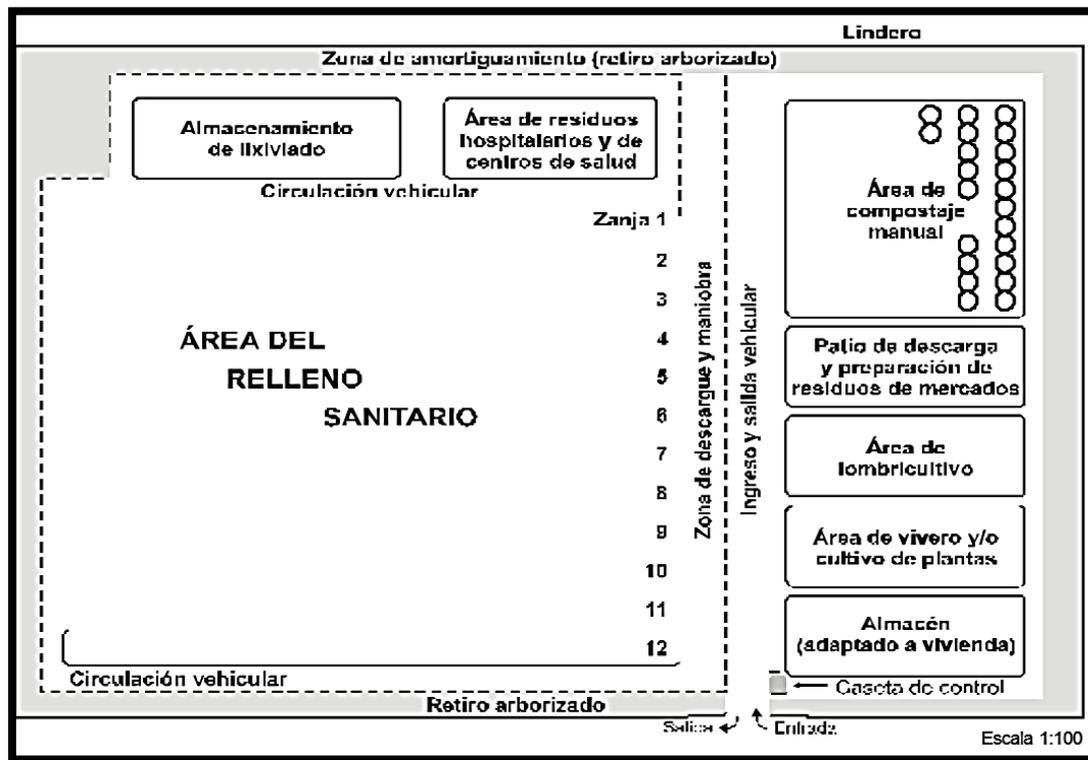
Se trata de una técnica que utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más estrecha posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, se prevén los problemas que pueden causar los líquidos y gases producidos por la destrucción de la materia orgánica.

El relleno sanitario moderno se refiere a una instalación diseñada y operada como una obra de saneamiento básico, que cuenta con elementos de control lo suficientemente seguros, y cuyo éxito radica en la adecuada selección del sitio, en su diseño y, por supuesto,

El relleno sanitario manual es una adaptación del concepto de relleno sanitario para pequeñas poblaciones que, por la cantidad y el tipo de residuos que producen, además de sus condiciones económicas, no están en capacidad de adquirir el equipo pesado debido a sus altos costos de operación y mantenimiento.

En este caso, la operación de compactación y confinamiento de los residuos puede ser ejecutada con el apoyo de una cuadrilla de hombres y el empleo de algunas herramientas (Cortés et al., 2017).

Figura 2.  
*Diagrama de función de relleno sanitario.*



Para la implementación del manual de relleno sanitario en la provincia de Lampa, se seguirán los lineamientos y las recomendaciones de la normativa nacional y local, en cuanto a la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo y control del mismo. Además, se realizará un seguimiento y evaluación constante de la implementación del sistema de gestión de residuos sólidos municipales en la provincia de Lampa, con el fin de identificar posibles problemas y proponer soluciones adecuadas.

## Resultados

En nuestro estudio, se extenderá que en zonas de terreno plano donde no sea factible la excavación de fosas o trincheras para la disposición de residuos sólidos, una alternativa viable es la de directa sobre el suelo impermeabilizado elevado varios metros por encima del suelo original. En casos, se recomienda utilizar material de cobertura traído desde otros sitios o extraído de la capa superficial. Para garantizar la estabilidad del relleno, se sugiere construir las fosas con una pendiente suave en el talud, lo que ayuda a prevenir deslizamientos y asegurar una mayor estabilidad a medida que el relleno se eleva. Además, se encontró que la construcción de un relleno sanitario manual en la zona norte de la ciudad de Lampa resultó ser una solución viable para la gestión de residuos sólidos en pequeñas poblaciones que producen menos de 15 toneladas de residuos al día y no tienen la capacidad económica para adquirir equipo pesado. El relleno sanitario manual permite la confinación y compactación de residuos con la ayuda de una cuadrilla de hombres y algunas herramientas, siguiendo los mismos principios de confinamiento y cubrimiento que un relleno sanitario convencional.

Los resultados de este estudio muestran que la adecuada selección del sitio, diseño y operación de un relleno sanitario, ya sea convencional o manual, son factores cruciales para garantizar la eficacia y seguridad en la gestión de residuos sólidos municipales.

Tabla 2.  
*Caracterización de residuos sólidos domésticos.*

Tipo	Características
1. Reciclables orgánicos	Cualquier tipo de residuos alimenticios
Residuos alimenticios	Revistas, periódicos, libros, materiales de embalaje, papel de oficina, cajas, cartón, corrugados, otros
Papel y cartón	Algodón, cortinas, nylon, ropa usada, retazos de tela.
Textiles	Madera, cuero, residuos de jardinería.
Otros orgánicos	
2. Reciclables inorgánicos	PET, HDPE, LDPE, PP, entre otros.
Plástico	Vidrios claros, ámbar y verde.
Vidrio	Latas de alimentos procesados y bebidas y materiales ferrosos y no ferrosos.
Metales	Envases de bebidas y alimentos procesados.
Envases tetrapak	Latas de aluminio. Otros tipos de aluminio.
Aluminio	Loza y cerámico, materiales de construcción.
Otros inorgánicos	
3. No reciclables	Pañal desechable de niños y adultos, toallas sanitarias.
Residuos sanitarios	Tierra de jardín, residuos finos que pasan el tamiz.
Residuos finos	Cualquier tipo de residuos electrónicos domésticos.
Residuos electrónicos	Residuos que no se ajustan a las categorías anteriores.
Varios	

Selección del sitio del área en el software ARCGis: La selección adecuada del sitio para la construcción del relleno sanitario es de suma importancia para su éxito y operación efectiva a largo plazo. Se deben preferir aquellos lugares donde la implementación del relleno sanitario puede conducir a una mejora en el terreno limitado, reducir el impacto ambiental y minimizar los problemas operativos futuros. Dado que es poco probable que se encuentre un terreno que cumpla con todas las condiciones ideales para la construcción de un relleno sanitario, se debe elegir el mejor terreno disponible y analizar los inconvenientes en función de los recursos técnicos y económicos disponibles. Para la construcción del relleno sanitario, se debe tener en cuenta la figura 3 que muestra el lugar del relleno sanitario y sus dimensiones.

Figura 3.  
*Resultado de la ubicación del relleno sanitario.*

a.



b.

Area:

5527.272624 square meters

Perimeter:

312.192634 meters

Center:

-7823805.3167 -1704660.0122 meters

Nota: (a) representa la ubicación del relleno sanitario en el sitio seleccionado, mientras que la figura (b) muestra las dimensiones del área, perímetro y centro del relleno sanitario.

En la implementación de un relleno sanitario, es crucial tener en cuenta la capa freática, es decir, la acumulación de agua subterránea que se encuentra a una profundidad relativamente pequeña bajo el nivel del suelo. Aunque los acuíferos también pueden encontrarse a mayores profundidades, la capa freática es especialmente relevante para la construcción del relleno sanitario. Es por esta razón que los rellenos sanitarios se encuentran a una profundidad mínima de 3 metros bajo la superficie. Esto asegura que la basura depositada en el relleno no tenga contacto directo con la capa freática, lo que previene la contaminación del agua subterránea y asegura la seguridad ambiental y de la salud pública.

#### **Proyección de la población:**

En el diseño de un relleno sanitario, es crucial realizar una estimación precisa de la población futura de la comunidad para los próximos 5 a 10 años, con el fin de calcular la cantidad de residuos sólidos urbanos que se deberá desechar diariamente y anualmente durante la vida útil del relleno sanitario. Esta información es fundamental para determinar la capacidad necesaria del relleno sanitario y garantizar que la gestión de residuos se realice de manera adecuada y sostenible en el tiempo. Para ello, se deben realizar estudios demográficos y estadísticos que permitan prevenir el crecimiento poblacional y la generación de residuos en el área de influencia del relleno sanitario. Es importante considerar también los cambios en los patrones de consumo y producción de residuos a nivel local y global, y cómo estos pueden influir en la cantidad de residuos que se generen en el futuro.

Calculo para la homologación de la generación de basura:

Generación de basura= Población (hab) \* ppc (kg/hab/día) /1.000= (t/día)

Población A = 250.000 hab \* 0,5 kg/hab/día = 125 t/día

Población B = 30.000 hab \* 0,5 kg/hab/día = 15 t/día

Recolección de basura (6 días a la semana, es decir, de lunes a sábado)

Población A = 125 t/día \* 7/6 = 145,8 t/día

Población B = 15 t/día \* 7/6 = 17,5 t/día

Volumen de basura (para una densidad de 0,6 t/m<sup>3</sup> recién compactada)

Población A = (145,8 t/día)/0,6 t/m<sup>3</sup> = 243,1 m<sup>3</sup>/día

Población B = (17,5 t/día)/0,6 t/m<sup>3</sup> = 29,2 m<sup>3</sup>/día

Material de cobertura (se estima en 20% de la basura recién compactada)

Población A = 243,1 m<sup>3</sup>/día \* 0,2 = 48,6 m<sup>3</sup> de tierra/día

Población B = 29,2 m<sup>3</sup>/día \* 0,2 = 5,8 m<sup>3</sup> de tierra/día

Los cálculos indican que una ciudad de 250.000 habitantes requiere un tractor de orugas que trabaje una jornada completa (8 horas/día), incluso horas extra. Pero de ninguna manera se justifica este equipo para poblaciones de 30.000 habitantes o menos. Por lo tanto, no cabe duda de que el relleno sanitario manual es una solución viable para los casos anteriores. El empleo de la mano de obra puede solucionar de manera económica el problema de la disposición final de basura en estas pequeñas comunidades.

El diseño y construcción de un relleno sanitario manual requiere una buena planificación, desde la concepción hasta la clausura, para prevenir problemas futuros. La evaluación cuidadosa de los criterios para la selección del sitio y las alternativas de terreno son fundamentales para la planificación inicial. Además, se debe considerar el diseño, construcción, operación, mantenimiento y monitoreo del relleno sanitario, así como la información básica sobre la población, la cantidad y calidad de RSM y el uso futuro del terreno. Los recursos financieros y la asesoría de un profesional competente también son importantes para el éxito del proyecto. En resumen, una buena planificación es esencial para garantizar la efectividad y la sostenibilidad del relleno sanitario manual. El relleno sanitario manual se presenta como una alternativa técnica y económicamente factible, tanto en beneficio de las poblaciones urbanas y rurales con menos de 30.000 habitantes que no tienen la forma de adquirir equipo pesado para construir y operar un relleno sanitario convencional como de las áreas marginadas de algunas ciudades.

## Conclusión

La planificación de un relleno sanitario es crucial para prevenir problemas futuros y garantizar una operación eficiente. Además, el uso futuro del terreno resultó de diversos factores como su ubicación, extensión y características constructivas. Se debe tener en cuenta que la construcción de edificaciones o infraestructura pesada sobre la superficie del relleno no es recomendable debido a la poca capacidad para soportar estructuras pesadas y los problemas que pueden ocasionar los hundimientos y la generación de gases. Sin embargo, el terreno del relleno clausurado puede transformarse en un espacio para programas de recuperación paisajística y social, como parques y áreas recreativas. Existen experiencias exitosas en diversas ciudades, donde se ha logrado la recuperación del paisaje mediante la siembra de plantas de raíces cortas y césped o grama, lo que permite que el pasto crezca de forma espontánea después de la cobertura final. Es importante considerar estos aspectos en la planificación inicial de un relleno sanitario para garantizar una operación eficiente y un uso futuro sostenible del terreno.

## Referencias Bibliográficas

- Al-Khatib, IA, Arafat, HA, Basheer, T., Shawahneh, H., Salahat, A., Eid, J. y Ali, W. (2007). Tendencias y problemas de la gestión de desechos sólidos en los países en desarrollo: un estudio de caso en siete distritos palestinos. *Gestión de residuos*, 27(12), 1910-1919.
- Ayininuola, GM y Muibi, MA (2008). Un enfoque de ingeniería para el sistema de recolección de residuos sólidos: Ibadan North como estudio de caso. *Gestión de residuos*, 28(9), 1681-1687.
- Baldé, CP, Wang, F., Kuehr, R. y Huisman, J. (2017). El monitor global de desechos electrónicos 2017: cantidades, flujos y recursos. Universidad de las Naciones Unidas, Unión Internacional de Telecomunicaciones y Asociación Internacional de Residuos Sólidos.
- Banco Mundial. (2012). Qué desperdicio: Una revisión global de la gestión de residuos sólidos. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>

Elección de sitio para rellenos sanitarios de residuos sólidos usando SIG: un estudio de caso en la provincia de Lampa. *Ponce Flores Y.J.*

- Banco Mundial. (2018). *Qué desperdicio 2.0: Una instantánea global de la gestión de desechos sólidos hasta 2050*. Grupo del Banco Mundial.
- Buenrostro, O. y Bocco, G. (2003). Manejo de residuos sólidos en municipios de México: Metas y perspectivas. *Recursos, Conservación y Reciclaje*, 39(3), 251-263.
- Cointreau, S. (2006). *Directrices para la gestión de residuos municipales: Manual básico para los responsables de la toma de decisiones en los países en desarrollo*. Publicaciones del Banco Mundial.
- Cointreau, S. (2006). *Gestión de residuos: una revisión del estado del arte en la gestión sostenible de residuos*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Córdoba, J. (2012). *Manual de rellenos sanitarios*. Editorial Universidad de Antioquia.
- Fuentes, M., Vilca, W. y Quispe, R. (2019). *Manual sanitario para la gestión integral de residuos sólidos del Distrito de Lampa*. Universidad Nacional del Altiplano de Puno.
- Larson, RA, Haque, MM, Islam, MR, Zaman, A. y Azam, SM (2013). Gestión de lixiviados en vertederos de países en desarrollo: una visión general. *Revista de Gestión Ambiental*, 115, 53-68.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2019). *Informe de Evaluación de la Gestión de Residuos Sólidos Municipales en el Perú*.
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. (2016). *Perspectiva mundial de la gestión de residuos*. <https://www.unido.org/global-waste-management-outlook>
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Residuo sólido*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/residuos-solidos>
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. y Vigil, S. (1994). *Gestión integral de residuos sólidos*. McGraw-Hill.