

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Industrial



**PROPOSAL TO IMPROVE THE REUSABLE
URBAN WASTE MANAGEMENT SYSTEM IN
SANTIAGO DE SURCO, LIMA, PERU TO
INCREASE THE UTILIZATION OF THE
DISTRICT'S TREATMENT PLANT**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Sebastián Alejandro Fernández Villafán

Código 20170559

Lorena Alejandra Torres Bravo

Código 20171550

Asesor

Ezilda Maria Cabrera Gil-Grados

Lima – Perú

Noviembre de 2023

Propuesta Carrera Ingeniería Industrial
Título PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS URBANOS REAPROVECHABLES EN SANTIAGO DE SURCO LIMA, PERÚ, PARA AUMENTAR LA UTILIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO
Autor(es) 20170559@aloe.ulima.edu.pe Universidad de Lima 20171550@aloe.ulima.edu.pe Universidad de Lima
<p>Resumen: Este estudio propone una mejora para el sistema de gestión de residuos reaprovechables en Santiago de Surco, de tal manera que aumente de forma significativa la utilización de la planta de tratamiento, lo que se demuestra en Arena Simulation Software.</p> <p>Primero se realiza un diagnóstico de las condiciones actuales del sistema en cuestión para identificar las oportunidades de mejora seguido de una comparación entre modelos exitosos a nivel mundial. De ellos, se rescatan los elementos que pueden replicarse tomando en cuenta las limitaciones existentes tanto en el distrito, así como al momento de simular.</p> <p>Finamente, se elabora una propuesta de mejora a partir de la combinación de iniciativas extraídas de países con alta tasa de reciclaje para fomentar una mayor participación por parte de la población. Esta propuesta es trasladada a un modelo de simulación para demostrar que se logra una mejora significativa frente al momento inicial.</p> <p>Palabras Clave: reciclaje, simulación, manejo de residuos, generación de residuos reaprovechables, evaluación comparativa</p> <p>Abstract: This study proposes an improvement for the reusable waste management system in Santiago de Surco, in a way that it significantly increases the utilization of the treatment plant, which is demonstrated in Arena Simulation Software.</p> <p>First, a diagnosis of the current conditions of the system is carried out to identify opportunities for improvement, followed by a comparison between successful models worldwide. From them, the elements that can be replicated are rescued considering the existing limitations both in the district, as well as in the simulation.</p> <p>Finally, a proposal is made from the combination of initiatives taken from countries with high recycling rates. This proposal is transferred to a simulation model to demonstrate that a significant improvement is achieved.</p> <p>Keywords: Recycling, Simulation, Waste Management, Generation of Reusable Waste, Benchmarking</p>
Línea de investigación IDIC – ULIMA
Área y Sub-áreas de Investigación: Ingeniería y diseño de sistemas
Objetivo (s) de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionado (s) al tema de investigación. Ciudades y comunidades sostenibles

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La creciente generación de residuos sólidos plantea un desafío para los sistemas de gestión de residuos. Es importante que los sistemas de gestión de residuos sólidos evolucionen para que puedan responder eficazmente al crecimiento de la industria y la población.

En Perú se recicla el 1,9% del total de residuos sólidos urbanos (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2018), gracias a iniciativas ciudadanas y municipios distritales. Sin embargo, el promedio de América Latina y el Caribe es del 4,5% (Kaza et al., 2018), lo que deja al Perú muy por debajo de este punto.

En 1997, el Municipio de Santiago de Surco comenzó a contribuir con el reciclaje de residuos urbanos y en 2016 implementó una nueva planta de tratamiento de residuos con capacidad de 27 toneladas diarias, en la que además fabrica las bolsas de reciclaje de color naranja características de este distrito. La instalación ubicada en el parque “Voces por el Clima” tiene una superficie de 10.000 m² y es la instalación de reciclaje más grande para un municipio del Perú.

Actualmente, la utilización de la planta de tratamiento se estima en un 24,53%. Esta investigación propone la mejora del sistema de gestión de residuos urbanos reutilizables en el distrito de Santiago de Surco, Lima, Perú para aprovechar la capacidad instalada de la planta y también aumentar el volumen de residuos reciclados, tomando como referencia modelos que tienen éxito en otros países.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Proponer una mejora al sistema de gestión de residuos reaprovechables en el distrito de Surco, para aumentar la utilización de sus plantas de tratamiento existentes.

Objetivos Específicos

- Diagnosticar el sistema actual de recolección de residuos de Surco.
- Comparar sistemas exitosos de recolección de residuos a nivel mundial.
- Identificar qué elementos, de los modelos exitosos, pueden aplicarse para mejorar el sistema de gestión de residuos en Surco
- Demostrar el incremento de la utilización de las plantas a través de un modelo de simulación.

JUSTIFICACIÓN

Luego de aplicar las mejoras propuestas al sistema actual de gestión de residuos de la municipalidad de Santiago de Surco se puede ver como la utilización de planta incrementa sustancialmente pasando de 24.53% a 71.12%, casi triplicando.

Sin embargo, para lograr un sistema de reciclaje eficiente, deben intervenir factores socio culturales, legales, institucionales y económicos. Esto se puede apreciar en la presente investigación, ya que, con la misma planta de tratamiento, se pueden obtener mejores resultados al cambiar el modelo de gestión, lo que se ve reflejado en la participación del programa.

Asimismo, estos factores que influyen en el éxito de los sistemas de reciclaje están relacionado entre sí. En el análisis de propuestas, se pudo determinar cuáles eran las características que convertirían un sistema de reciclaje en exitoso. En el caso de Noruega, la motivación de obtener un beneficio económico los llevó a alcanzar mayores niveles de participación y, por otro lado; en Eslovenia, facilitar a los ciudadanos depósitos para sus residuos causó el mismo efecto. Esto se debe al enfoque que toma cada gestión se ajusta a la infraestructura que posee, las regularizaciones y las características de la población para cumplir un objetivo.

Por ello, para determinar la fórmula adecuada para cada ambiente, se deben conocer primero los indicadores de crecimiento social, la predisposición de los ciudadanos frente al reciclaje y el conocimiento que tienen del mismo. Para efectos de la simulación, se tomaron los indicadores atribuidos a las mismas políticas en otros países; no obstante, elementos propios de la cultura de la localidad no están dentro del alcance de la simulación, por lo que el pronóstico para la utilización de planta depende también de la respuesta de la población frente a las iniciativas de las autoridades. Por ejemplo, en el caso de Corea del Sur, la política de la venta de bolsas por parte del municipio para residuos no reaprovechables logró que la tasa de reciclaje pase de 5% en 1990 a 64% en 2019 (OECD, 2021) .

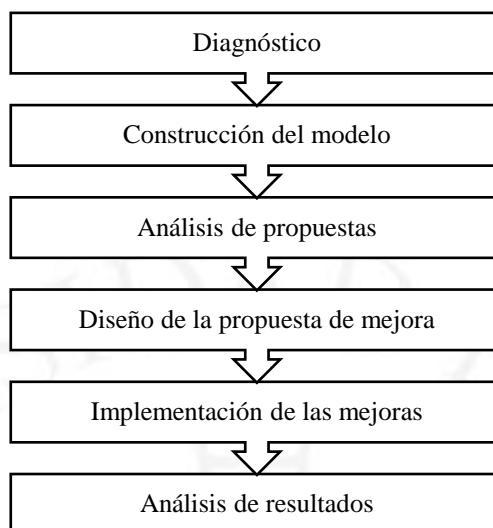
Es importante mencionar que no se ha considerado para el aumento progresivo de la participación, que el crecimiento económico influye no solo en la cantidad de residuos generados, sino también en los segregados. Según el informe What a Waste 2.0 del Banco Mundial (2018), las regiones con bajos ingresos reciclan un promedio de 3,7%, mientras que las de altos ingresos, un 29% del total de residuos generados. Por lo tanto, debido a que solo se consideró el aumento de la participación como resultado de un cambio en el modelo de gestión, se podrían esperar mejores resultados de acuerdo con el crecimiento económico del país.

Otro elemento propuesto para aumentar la utilización de la planta de reciclaje de Santiago de Surco fue integrar el acondicionamiento de residuos con los programas de Chorrillos y San Juan de Miraflores. Distritos aledaños que si bien cuentan con un programa de recojo, deben vender los residuos reaprovechables sin darles un valor agregado debido a que no cuentan con la infraestructura. Por ello, se recomienda evaluar la posibilidad de establecer redes de recolección, que contemplen más de un distrito, para crear sinergias y aprovechar la capacidad instalada de uno de ellos, lo que significaría una contribución al Objetivo de Desarrollo Sostenible de Ciudades y Comunidades Sostenibles

DISEÑO METODOLÓGICO

La presente investigación es de tipo cuasi experimental, con un enfoque cuantitativo y alcance correlacional. Se recurrirá al software Arena Simulation Software como herramienta para modelar los escenarios de esta investigación.

Se propone un método de seis etapas, las cuales son recolección y análisis, construcción del modelo de simulación, análisis de propuestas, diseño de la propuesta de mejora, implementación de las mejoras y análisis de resultados.



NOTAS (AGRADECIMIENTOS)

REFERENCIAS

- Azevedo, B. D., Scavarda, L. F., Caiado, R. G. G., & Fuss, M. (2021). Improving urban household solid waste management in developing countries based on the German experience. *Waste Management*, 120, 772–783. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.11.001>
- Carranza Salanitro, L. (2017). La publicidad en el programa “En Surco la basura sirve” y su efecto socio-educativo en la recolección de residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Santiago de Surco (2012-2013). *Correspondencias & Análisis*, 7, 45–62. <https://doi.org/10.24265/cian.2017.n7.03>
- Dakskobler, L. (2019). *From no recycling to zero waste: how Ljubljana rethought its rubbish / Slovenia / The Guardian*. <https://www.theguardian.com/cities/2019/may/23/zero-recycling-to-zero-waste-how-ljubljana-rethought-its-rubbish>
- Ghesla, P. L., Gomes, L. P., Caetano, M. O., Miranda, L. A. S., & Dai-Prá, L. B. (2018). Municipal Solid Waste Management from the Experience of São Leopoldo/Brazil and Zurich/Switzerland. *Sustainability* 2018, Vol. 10, Page 3716, 10(10), 3716. <https://doi.org/10.3390/SU10103716>
- Guerrero, L. A., Maas, G., & Hogland, W. (2013). *Solid waste management challenges for cities in developing countries*. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.008>
- Kaza, S., Yao, L. C., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. In *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington, DC: World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>
- Kelton, D., Sadowski, R., & Sturrock, D. (2008). *Simulación Con Software Arena (4a. Ed.)*.

<https://www.scribd.com/document/424050251/Simulacion-con-software-Arena-4a-ed-pdf>

Lavee, D., & Khatib, M. (2010). Benchmarking in municipal solid waste recycling. *Waste Management*, 30(11), 2204–2208. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.03.032>

Lazo, D. P. L., & Gasparatos, A. (2019). Sustainability transitions in the municipal solid waste management systems of bolivian cities: Evidence from La Paz and Santa Cruz de la Sierra. *Sustainability (Switzerland)*, 11(17). <https://doi.org/10.3390/su11174582>

León-Jácome, J. C., Herrera-Granda, I. D., Lorente-Leyva, L. L., Montero-Santos, Y., Herrera-Granda, E. P., Esparza, D. E. I., & León, J. G. J. (2020). Optimization of urban solid waste collection under a geographic information systems approach, a case study. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, 2020(E29), 479–493.

Ley General del Ambiente N° 28611, (2005) (testimony of CONGRESO DE LA REPUBLICA).

Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos N°1278, (2016) (testimony of CONGRESO DE LA REPÚBLICA). <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-gestion-integral-residuos-solidos>

Marti, L., & Puertas, R. (2021). Influence of environmental policies on waste treatment. *Waste Management*, 126, 191–200. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.03.009>

Meijer, M. W., & Wolk, T. (2021). Policy and practice in Norwegian green transition. 56. <https://norceresearch.braze.unit.no/norceresearch-xmlui/handle/11250/2770504>

Menges, R., Cloos, J., Greiff, M., Wehrle, J., Goldmann, D., & Rabe, L. (2021). Recycling behavior of private households: an empirical investigation of individual preferences in a club good experiment. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 23(3), 843–856. <https://doi.org/10.1007/s10098-020-01929-5>

OECD (2021). *Municipal waste, Generation and Treatment*. <https://stats.oecd.org/index.aspx?DataSetCode=MUNW>

Olofsson, J. (2020). ‘The biggest challenge is that we have to tell people how to sort.’ Waste management and the processes of negotiation of environmental citizenship in Slovenia. *Https://Doi.Org/10.1080/1523908X.2020.1721274*, 22(2), 256–267. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2020.1721274>

Park, S. (2018). Factors influencing the recycling rate under the volume-based waste fee system in South Korea. *Waste Management*, 74, 43–51. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2018.01.008>

Saltzman, C., Duggal, V. G., & Williams, M. L. (1993). Income and the recycling effort: a maximization problem. *Energy Economics*, 15(1), 33–38. [https://doi.org/10.1016/0140-9883\(93\)90040-X](https://doi.org/10.1016/0140-9883(93)90040-X)

Sánchez-Muñoz, M. del P., Cruz-Cerón, J. G., & Maldonado-Espinel, P. C. (2019). Gestión de residuos sólidos urbanos en América Latina : un análisis desde la perspectiva de la generación. *Revista Finanzas y Política Económica*. <https://revfinypolecon.ucatolica.edu.co/article/view/2435/3074>

Schroeder, L., & Jeonghyun, K. (2019). *Germany's Waste Management Policy Development, A Focus on Municipal Solid Waste*.

Xavier, L. H., Ottoni, M., & Lepawsky, J. (2021). Circular economy and e-waste management in the Americas: Brazilian and Canadian frameworks. *Journal of Cleaner Production*, 297, 126570. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126570>

Xiao, S., Dong, H., Geng, Y., Tian, X., Liu, C., & Li, H. (2020). Policy impacts on Municipal Solid Waste

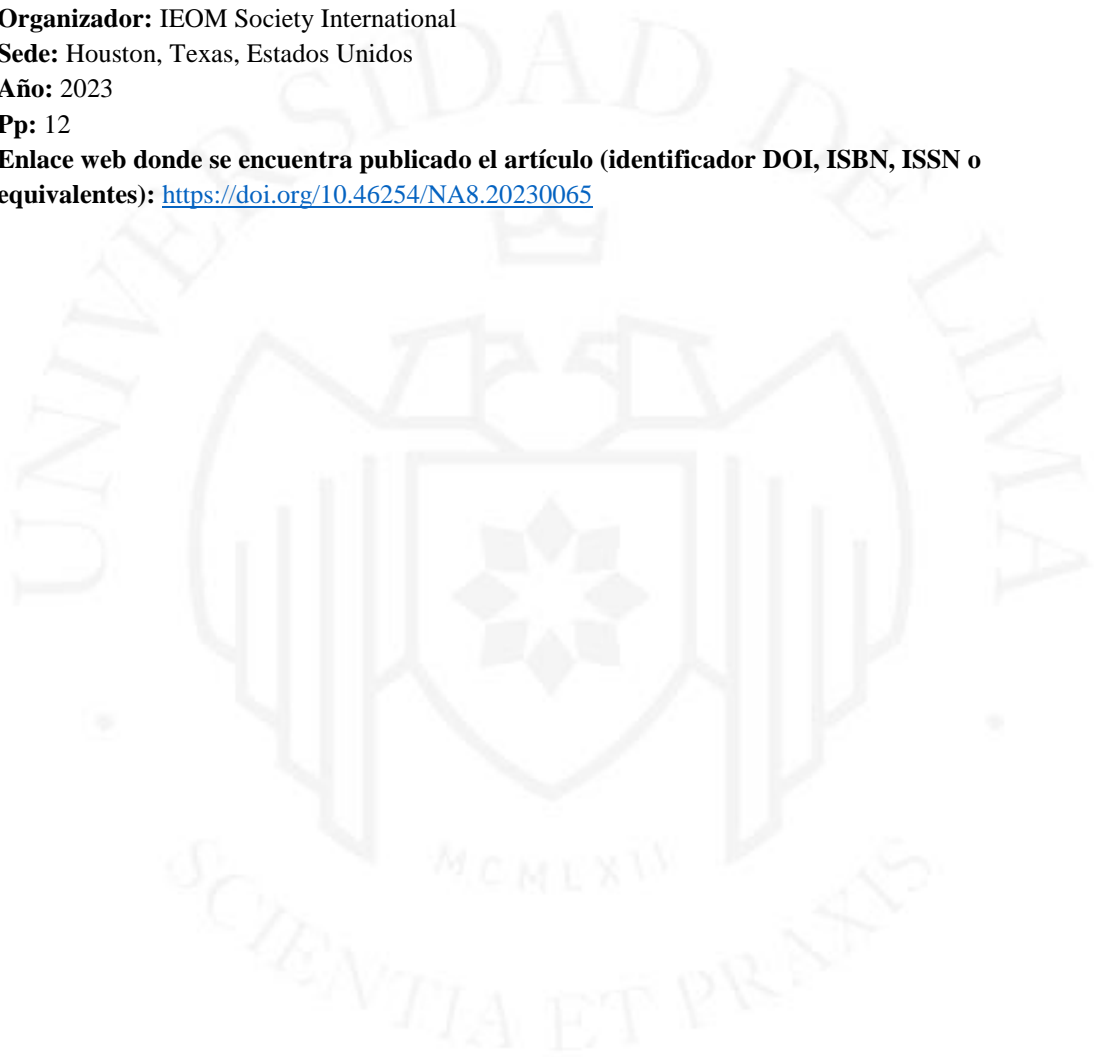
management in Shanghai: A system dynamics model analysis. *Journal of Cleaner Production*, 262, 121366.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121366>

ANEXO. Datos del artículo publicado

- **Nombre del artículo:** Proposal to Improve the Reusable Urban Waste Management System in Santiago De Surco, Lima, Peru to Increase the Utilization of the District's Treatment Plant
- **Autores:** Sebastián Alejandro Fernández Villafán, Lorena Alejandra Torres Bravo
- **Co autor:** Ezilda Maria Cabrera Gil-Grados

Presentación en congreso

- **Nombre del congreso:** 8th North America Conference on Industrial Engineering and Operations Management
- **Organizador:** IEOM Society International
- **Sede:** Houston, Texas, Estados Unidos
- **Año:** 2023
- **Pp:** 12
- **Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI, ISBN, ISSN o equivalentes):** <https://doi.org/10.46254/NA8.20230065>



artículo

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Tarumanagara University

Trabajo del estudiante

4%

2

www.ieomsociety.org

Fuente de Internet

2%

3

renati.sunedu.gob.pe

Fuente de Internet

<1%

4

etalpykla.vilniustech.lt

Fuente de Internet

<1%

5

www.science.gov

Fuente de Internet

<1%

6

Alya Ateeq Alremeithi, Zainab Riaz, Mehmood Khan. "What constitutes citizens' recycling behavior: insights from handling municipal solid waste in the UAE", Smart and Sustainable Built Environment, 2023

Publicación

<1%

7

K. Muralidharan. "Chapter 1 Introduction", Springer Science and Business Media LLC, 2021

Publicación

<1%

