



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"Año de la recuperación y consolidación de la Economía Peruana"

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA

Nº 872-2025-UNF/CO

Sullana, 10 de octubre de 2025.

VISTOS:

Oficio Nº 1309-2025-UNF-VPAC/FCEA, de fecha 19 de septiembre de 2025; Oficio Nº 4000-2024-UNF-VPAC, de fecha 30 de septiembre de 2025; y,

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 18º de la Constitución Política del Perú, prescribe que la Universidad es autónoma en su régimen normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico: Las Universidades se rigen por sus propios estatutos en el marco de la Constitución y de las leyes.

Que, mediante Ley Nº 29568 del 26 de julio de 2010 se crea la Universidad Nacional de Frontera en el distrito y provincia de Sullana, departamento de Piura, con fines de fomentar el desarrollo sostenible de la Subregión Luciano Castillo Colonna, en armonía con la preservación del medio ambiente y el desarrollo económico sostenible; y, contribuir al crecimiento y desarrollo estratégico de la región fronteriza noroeste del país.

Que, el artículo 8º de la Ley Universitaria, establece que la autonomía inherente a las Universidades se ejerce de conformidad con la Constitución y las Leyes de la República e implica los derechos de aprobar su propio estatuto y gobernarse de acuerdo con él, organizar su sistema académico, económico y administrativo.

Que, mediante Resolución Viceministerial Nº 244-2021-MINEDU, de fecha 27 de julio del 2021, se aprueba el Documento Normativo denominado "Disposiciones para la constitución y funcionamiento de las comisiones organizadoras de las universidades públicas en proceso de constitución", en el numeral 6.1.4., señala que son funciones de la Comisión Organizadora, literal g) "Concordar y ratificar los planes de estudios y de trabajo propuestos por las unidades académicas."

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora Nº 461-2021-UNF/CO de fecha 29 de noviembre de 2021, se resuelve aprobar el Estatuto de la Universidad Nacional de Frontera.

Que, en el Estatuto en mención, en su TÍTULO III se establece las DISPOSICIONES TRANSITORIAS, FINALES Y DEROGATORIAS:

A. DISPOSICIONES TRANSITORIAS

PRIMERA. POTESTAD DE LA COMISIÓN ORGANIZADORA

Página | 1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"Año de la recuperación y consolidación de la Economía Peruana"

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA



En base al artículo 29 de la Ley Universitaria, la Comisión Organizadora de la UNF tiene a su cargo la aprobación del presente Estatuto, reglamentos y documentos de gestión académica, de investigación y administrativa, formulados en los instrumentos de planeamiento, así como su conducción y dirección hasta que se constituyan los órganos de gobierno que de acuerdo a ley corresponda.



SEGUNDA. PROCESO DE CONSTITUCIÓN

Durante el proceso de constitución de la Universidad, los artículos del presente Estatuto, que se opongan, contradigan o no puedan implementarse de acuerdo a lo establecido en la normativa de la SUNEDU y MINEDU, respecto a garantizar las condiciones básicas de calidad, quedan en suspenso hasta que se constituyan los órganos de gobierno de la universidad. Encontrándose la Comisión organizadora facultada a emitir resoluciones que permitan el adecuado funcionamiento de la universidad hasta culminar el proceso de constitución.

CUARTA. GOBIERNO DE LA UNF

Durante el proceso de constitución de la Universidad, el gobierno de ésta se ejerce por:

- a) La Comisión Organizadora, tiene atribuciones administrativas que competen a la Asamblea Universitaria, al Consejo Universitario y al Consejo de Facultad.
- b) El Presidente de la Comisión Organizadora de la UNF, tiene atribuciones propias del Rector.
- c) Los Coordinadores de Facultad tiene atribuciones de Decano.

QUINTA. ÓRGANOS DE ALTA DIRECCIÓN

Durante el proceso de constitución de la UNF, los Órganos de Alta Dirección de ésta, lo constituyen:

- a) La Presidencia de Comisión Organizadora, que cumple funciones asignadas al Rectorado.
- b) La Vicepresidencia Académica de Comisión Organizadora, que cumple funciones asignadas al Vicerrectorado Académico.
- c) La Vicepresidencia de Investigación de Comisión Organizadora, que cumple funciones asignadas al Vicerrectorado de Investigación.

SEXTA. ÓRGANOS DE LÍNEA:

(...)

06.2. Decanato.

06.2.1. Departamento Académico.

06.2.2. Escuela Profesional.

06.2.3. Unidad de Investigación.

06.2.4. Unidad de Posgrado.

(...)

Página | 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"Año de la recuperación y consolidación de la Economía Peruana"

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA

Que, el Artículo 22° literal f) del Estatuto de la Universidad de Frontera establece que el Consejo Universitario tiene como atribución: Concordar y ratificar los planes de estudios y de trabajo propuestos por las unidades académicas.

Que, el citado Estatuto, en su artículo 53° denominado "Escuelas profesionales de la UNF" prescribe que: La Escuela Profesional es la unidad orgánica de línea que depende del Decanato. Las Escuelas Profesionales son unidades de formación académica, profesional y de gestión, encargadas del diseño y actualización curricular de los programas de estudio; dirigen su aplicación, para la formación y capacitación pertinente, hasta la obtención del grado académico y título profesional correspondiente. Las Escuelas Profesionales están dirigidas por un Director de Escuela, designado por el Decano entre los docentes principales de la Facultad con doctorado en la especialidad, correspondiente a la Escuela de la que será Director. Las Escuelas Profesionales de la UNF son:

(...)

Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales

- a) Escuela Profesional de Ingeniería Económica
- b) Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental
- c) Escuela Profesional de Ingeniería Forestal

(...)

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora N° 640-2025-UNF/CO, de fecha 22 de agosto de 2025, se aprobó con eficacia anticipada, el Plan de Trabajo de Investigación Formativa: "Localización óptima de puntos de recolección de residuos sólidos urbanos usando SIG en la provincia de Sullana", presentado por los docentes Dr. Reyder Ovidio Lopez Guayanay, Mgter. Cecilia Lizeth Risco Ipanaqué y estudiantes de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales de la Universidad Nacional de Frontera, el mismo que como anexo forma parte integrante de la presente resolución.

Página | 3

Que, con Oficio N° 1309-2025-UNF-VPAC/FCEA, de fecha 19 de septiembre de 2025, el Coordinador de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales solicitó al Vicepresidente Académico, la aprobación del informe final del Plan de Trabajo de Investigación Formativa, para su aprobación y posterior certificación.

Que, con Oficio N° 4000-2024-UNF-VPAC, de fecha 30 de septiembre de 2025, la Vicepresidencia Académica eleva el informe final del Plan de Trabajo de Investigación Formativa, para su aprobación en Sesión de Comisión Organizadora.

Que, respecto al Artículo IV el Título Preliminar del Texto Único Ordenado de la Ley de Procedimiento Administrativo General, aprobada mediante Decreto Supremo número 004-2019-JUS, recoge como uno de los Principios del Procedimiento Administrativo, el Principio de Legalidad por el cual queda sentado que las autoridades administrativas deben actuar con respeto a la constitución, la ley y al derecho, dentro de las facultades que le estén atribuidas y de acuerdo con los fines para los que les fueron conferidas.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"Año de la recuperación y consolidación de la Economía Peruana"

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA

Que, con ACTA N° 060-2025-SO-CO, de fecha 09 de octubre de 2025, en Sesión Ordinaria de Comisión Organizadora de la Universidad Nacional de Frontera, luego de analizar la documentación presentada y de revisar los informes técnicos y legales indicados en los considerandos de la presente Resolución, por unanimidad se acordó: **APROBAR** el Informe Final del Plan de Trabajo de Investigación Formativa: "Localización óptima de puntos de recolección de residuos sólidos urbanos usando SIG en la provincia de Sullana", presentado por los docentes Dr. Reyder Ovidio Lopez Guayanay, Mgter. Cecilia Lizeth Risco Ipanaqué y estudiantes de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales de la Universidad Nacional de Frontera, que como anexo forma parte integrante de la presente resolución. **AUTORIZAR** la emisión de certificados del Plan de Trabajo de Investigación Formativa: "Localización óptima de puntos de recolección de residuos sólidos urbanos usando SIG en la provincia de Sullana", en mérito a lo aprobado en el artículo precedente.

Estando a lo expuesto y en uso de las atribuciones conferidas por la Ley Universitaria – Ley N° 30220 y por la Resolución Viceministerial N° 045-2023-MINEDU y Acta de Acuerdos de Sesión Ordinaria de Comisión Organizadora N° 060-2025-SO-CO, de fecha 09 de octubre de 2025.

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - APROBAR el Informe Final del Plan de Trabajo de Investigación Formativa: "Localización óptima de puntos de recolección de residuos sólidos urbanos usando SIG en la provincia de Sullana", presentado por los docentes Dr. Reyder Ovidio Lopez Guayanay, Mgter. Cecilia Lizeth Risco Ipanaqué y estudiantes de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales de la Universidad Nacional de Frontera, que como anexo forma parte integrante de la presente resolución.

ARTÍCULO SEGUNDO. - AUTORIZAR la emisión de certificados del Plan de Trabajo de Investigación Formativa: "Localización óptima de puntos de recolección de residuos sólidos urbanos usando SIG en la provincia de Sullana", en mérito a lo aprobado en el artículo precedente.

ARTÍCULO TERCERO. - NOTIFICAR a través, de los mecanismos más adecuados y pertinentes, para conocimiento y fines correspondientes.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y EJECÚTESE.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA
Dr. José Florantino Molero López
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ORGANIZADORA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA
Abg. Jorge Rómulo Galloso Torres
SECRETARIO GENERAL

Página | 4

UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA



INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA

Título:

“Localización óptima de puntos de recolección de residuos sólidos urbanos usando SIG en la provincia de Sullana”



Docentes Responsables:

Dr. Reyder Ovidio López Guayanay

Mg. Cecilia Lizeth Risco Ipanaque

Estudiantes Responsables:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CODIGO UNIVERSITARIO
1	Adrianzen Castro Alexander	74967993	2023104001
2	Áto Suarez Adriana	75573115	2023104004
3	Avila Silupú Moisés	71520460	2022204003
4	Carreño Castro Cristhian	72121894	2022204006
5	Castro Espinoza Jhon	75719654	2023104003
6	Correa Arellano Orlando	76539533	2023104011
7	Cordova Rufino Erkin	61512814	2023104009



8	De La Cruz Mogollón Yordan	75107903	2023104015
9	Gonzales Ruiz Amelia	74748685	2023104019
10	Hernandes Herrera Maria Fernanda	76015852	2022204025
11	Lecarnaque Talledo Maria Fernanda	75912973	2023104022
12	Morales Yacila Shellby	74973668	2023104023
13	Neyra Garrido Angel	61262586	2023104026
14	Neyra Jimenez Leonel	79605141	2023104025
15	Núñez Rivera Anghelina	60758199	2023104017
16	Ojeda Chumacero Estefany	74835237	2023104028
17	Ramos Chicoma Erick	75744974	2023104031
18	Ruesta Madrid Lucia	75817892	2022204041
19	Saldarriaga López Boris	75592019	2023104034
20	Sánchez Merino Eileen	72127522	2023104035
21	Siancas Guerrero Ignacio	71884161	2023104036
22	Vargas Vargas Machuca Romel	72222679	2023104040
23	Vasquez velasquez José	71870695	2022204048
24	Villegas Ortiz Gina	75347158	2023104042
25	Flores Aguilar Selva Maria	72230332	2022204019
26	Rosas Herrera, Anderson Miguel	73207429	2023104033
27	Veliz Rodriguez, Odalis Rubhi	75020213	2023104041
28	Chiroque Chiroque, Adriana Andrea	76356585	2023104006
29	Suncion Giron, Alex Damian	73946473	2023104039
30	Reyes Navarro, Diana Steffany Marilu	62034420	2022204039
31	Moran Pinto, Yaritsa Anali	60736780	2023104024
32	Colmenares Abad, Vayor Orlando Del Piero	76186261	2023104008
33	Curay Infante, Jeison Fabian	71539565	2023104013
34	Chavez Aucape, Maria Yeisy Anthonella	71701304	2022204009
35	Peña Pulache, Jordan Alexis	74866532	2023104030
36	Vega Palomino, Cristmer Solymar	74393666	2022204049
37	Bejarano Farias, Franshua Javier Yarish	70701893	2022204004
38	Fuentes Aguilar, Luis Raul	74851469	2022104021
39	Cruz Moreto, Isacc De Jesus	75530324	2023104012
40	Solano Carhuajulca, Isaac	62674545	2023104037
41	Flores Berru, Carlos Eduardo	75117742	2023104016

Ciclo:

V

Sullana – Perú

www.unf.edu.pe

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	5
II.	JUSTIFICACIÓN	6
III.	OBJETIVOS.....	7
3.1.	Objetivo General	7
3.2.	Objetivos Específicos.....	7
IV.	MARCO TEÓRICO	7
4.1.	Antecedentes	7
4.1.1.	Antecedentes Internacionales.....	7
4.1.2.	Antecedentes Nacionales.....	9
4.2.	Bases Teóricas	11
4.3.	Marco Conceptual	11
4.3.1.	Residuos Sólidos Urbanos.....	12
4.3.3.	Gestión integral de los residuos sólidos	12
4.3.4.	Localización Óptima	12
4.3.5.	Sistemas de información Geográfica	13
4.4.	Definiciones operacionales	13
4.4.1.	Área de servicio	13
4.4.2.	Áreas de Restricción.....	13
4.4.3.	Generación de Residuos Per Cápira (GPC)	13
4.4.4.	Demanda de Generación de Residuos por Manzana.....	14
4.4.5.	Costo de Desplazamiento Peatonal	14
V.	METODOLOGÍA.....	14
5.1.	Tipo y diseño de investigación	14
5.2.	Ámbito de estudio.....	14
5.3.	Población y muestra.....	15
5.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
5.5.	Procedimientos de análisis.....	16
VI.	RESULTADOS.....	17
6.1.	Identificación de la ruta	17
6.2.	Fauna encontrada en la ruta.....	25
6.3.	Flora encontrada en la ruta	25
VII.	DISCUSIÓN	26
VIII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	27
IX.	LECCIONES APRENDIDAS	29
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
XI.	ANEXOS.....	31



[Handwritten signature]



RESUMEN

La gestión inadecuada de los residuos sólidos urbanos (RSU) en la provincia de Sullana representa un desafío ambiental y de salud pública significativo, caracterizado por la acumulación de basura en espacios no autorizados y deficiencias en el servicio de recolección. Este estudio tiene como objetivo general determinar la localización óptima de puntos de recolección de RSU en Sullana, utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramienta para mejorar la eficiencia del sistema.

La investigación, de tipo cuantitativa y con un diseño no experimental, se enfoca en analizar variables geoespaciales como la densidad poblacional, la red vial, y la ubicación de zonas sensibles para proponer una solución técnica y sostenible. La metodología se basa en un análisis multicriterio que integra estos factores para generar mapas de aptitud, identificando las áreas más idóneas para la instalación de contenedores. El modelo geoespacial diseñado busca optimizar las rutas de recolección, reducir costos operativos y mejorar la cobertura del servicio para la ciudadanía.

Se espera que los resultados ofrezcan una propuesta validada y georreferenciada que sirva como insumo técnico para las autoridades municipales. Este trabajo no solo busca fortalecer la gestión integral de residuos en la provincia, sino también demostrar el potencial de las herramientas SIG para la planificación urbana y el desarrollo sostenible en contextos similares.



I. INTRODUCCIÓN

La administración de los residuos sólidos urbanos (RSU) se perfila como uno de los retos más significativos en términos de medio ambiente y planificación en las ciudades que están en desarrollo, particularmente en naciones en proceso de crecimiento como Perú. A medida que la población aumenta de manera constante y la expansión urbana se vuelve caótica, la generación de desechos crece de forma considerable, lo que provoca efectos adversos en el entorno, la salud de la comunidad y el bienestar general de los habitantes. En esta situación, la adecuada ubicación de los puntos de recolección de basura emerge como un elemento clave para optimizar el sistema de recolección de residuos, ya que impacta de forma directa en la eficacia operativa del servicio y en la manera en que los ciudadanos perciben la gestión municipal.



La provincia de Sullana, que forma parte del departamento de Piura, enfrenta esta situación problemática. La falta de lugares adecuados para la disposición de basura en espacios públicos, la insuficiencia en los servicios de recolección y la carencia de una planificación efectiva para colocar los contenedores crean situaciones que fomentan la expansión de plagas, el daño al suelo y al agua, y la disminución del atractivo visual de la ciudad. Estas circunstancias no solo impactan negativamente el ambiente, sino que también causan descontento entre la población y perjudican la imagen de la localidad. Por lo tanto, es esencial establecer herramientas que faciliten una planificación más técnica, eficiente y sostenible del sistema de recolección.




En este contexto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas muy efectivas para enfrentar problemas complejos. Su habilidad para integrar, analizar y visualizar datos geoespaciales permite crear modelos de localización óptima que tienen en cuenta varios factores, como la densidad de población, la accesibilidad de las vías, áreas sensibles (como hospitales, escuelas y cuerpos de agua), y características del entorno construido, entre otros. Al incluir estas variables en un análisis de múltiples criterios, se puede no solo identificar las ubicaciones más adecuadas para los puntos de recolección, sino también disminuir costos operativos, mejorar las rutas de transporte y facilitar el acceso a la población que los utiliza.

En suma, esta investigación no solo contribuye al fortalecimiento de la gestión integral de residuos sólidos en Sullana, sino que también promueve el uso de

tecnologías modernas en la toma de decisiones públicas. Asimismo, se espera que los resultados obtenidos sirvan como insumo técnico para las autoridades municipales, gestores ambientales y actores sociales involucrados, facilitando una planificación territorial más eficiente, participativa y orientada al desarrollo sostenible.

II. JUSTIFICACIÓN

La mala gestión de los residuos sólidos urbanos es un problema cada vez más preocupante en muchas ciudades del Perú, y la provincia de Sullana no es la excepción. La acumulación de basura en lugares no autorizados, la poca cobertura del servicio de recolección y la falta de una planificación adecuada afectan la salud de las personas, contaminan el medio ambiente y dañan la imagen de la ciudad. Ante esta situación, es necesario buscar soluciones prácticas, sostenibles y acordes con las condiciones locales.

Frente a este panorama, se vuelve imprescindible implementar estrategias de intervención sostenibles, técnicamente viables. Una de las acciones más importantes para mejorar este problema es ubicar correctamente los puntos donde se recoge la basura. Su correcta ubicación no solo contribuye a una mejor distribución del servicio, sino que también optimiza los recorridos de los vehículos recolectores, reduce los costos operativos y mejora la accesibilidad para los ciudadanos. De igual modo, permite mitigar los riesgos asociados a la acumulación incontrolada de residuos, como la propagación de enfermedades y la contaminación del suelo y del agua.

Sin embargo, llevar a cabo esta tarea requiere una base de análisis técnico que tenga en cuenta varios factores como la cantidad de personas que viven en una zona, la facilidad de acceso por las calles, el tipo de construcción urbana y la cercanía a lugares sensibles como hospitales, colegios o ríos. Es aquí donde el uso de los Sistemas de Información Geográfica cobra especial relevancia. Estos sistemas permiten analizar mapas y datos espaciales para encontrar las mejores ubicaciones de los puntos de recolección. Al combinar distintos criterios, los SIG ayudan a tomar decisiones más informadas y técnicas, que además pueden ser aplicadas en otras ciudades con problemas parecidos.

En este sentido, la presente investigación busca aportar al fortalecimiento de la gestión integral de residuos sólidos en Sullana, proponiendo una metodología basada



[Handwritten signature]



en SIG para la localización estratégica de puntos de recolección. Además, los hallazgos de este estudio pueden ser utilizados por las autoridades locales y otros actores involucrados en el manejo ambiental y servir como modelo para otras ciudades que enfrentan desafíos similares, que buscan hacer sus servicios más limpios, eficientes y sostenibles.

III.OBJETIVOS

3.1.Objetivo General

Determinar la localización óptima de puntos de recolección de residuos sólidos urbanos en la provincia de Sullana utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

3.2.Objetivos Específicos

- Identificar y georreferenciar los puntos actuales de acopio de residuos sólidos urbanos en el centro de la provincia de Sullana mediante trabajo de campo y herramientas SIG.
- Analizar variables espaciales como densidad poblacional, accesibilidad vial y cercanía a zonas sensibles, que influyen en la ubicación de los puntos de recolección.
- Diseñar un modelo geoespacial multicriterio que permita determinar las áreas óptimas para la colocación de nuevos puntos de recolección de residuos sólidos.
- Proponer una ruta optimizada para la recolección de residuos sólidos en Sullana, que reduzca costos operativos y mejore la cobertura del servicio.

IV.MARCO TEÓRICO

4.1.Antecedentes

4.1.1. Antecedentes Internacionales

Cifuentes (2022) tuvo como objetivo proponer una ubicación adecuada para la disposición de residuos sólidos y residuos de construcción y demolición (RCD) en el Valle de San Nicolás, Colombia, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y análisis multicriterio. Con un enfoque aplicativo, se analizó información proveniente de los municipios del valle, incluyendo datos sobre generación de residuos, licencias de construcción y aprovechamiento. Se utilizaron herramientas SIG, análisis de redes y trabajo de campo para seleccionar sitios potenciales, considerando tanto la normativa vigente como criterios técnicos y locales, como la presencia de fallas geológicas. El resultado fue la identificación de cuatro áreas

estratégicas para relleno sanitario, tres de las cuales cubrían el 95 % de la demanda proyectada para 2042, y una cuarta que serviría como reserva ante posibles variaciones en el crecimiento poblacional o cambios en el consumo. En conclusión, el estudio evidenció que el uso de SIG es útil para la planificación territorial ambiental, pero también resaltó la necesidad de mejorar la calidad, actualización y digitalización de la información municipal, a fin de reducir la incertidumbre en futuras proyecciones y fortalecer la gestión sostenible de residuos.

León, et al. (2020), en su trabajo de investigación titulado "Optimización de la recolección de residuos sólidos urbanos bajo un enfoque de Sistemas de Información Geográfica, un estudio de caso", tuvo como objetivo principal diseñar una propuesta eficiente de rutas de recolección de residuos sólidos en el cantón Ibarra mediante el uso de tecnologías SIG. Para ello, los investigadores consolidaron una base de datos geográficos actualizada que incluyó factores como tasas de generación de residuos, frecuencia de recolección y costos operacionales. Con esta información, emplearon el software ArcGIS bajo el enfoque de "arcos capacitados" para generar un modelo espacial óptimo. Se definieron 11 microrutas de recolección, utilizando criterios de distritación territorial que permitieran equilibrar la carga de trabajo entre los camiones recolectores y garantizar acceso equitativo al servicio para todos los habitantes. Los resultados fueron contundentes: el costo medio por tonelada recolectada disminuyó drásticamente, pasando de US\$ 37,53/t a US\$ 8,27/t, además de lograr un balance más eficiente de los costos operacionales. En conclusión, el estudio demuestra que la implementación de SIG, combinada con estrategias de distritación, permite no solo planificar rutas más eficientes, sino también alcanzar una reducción sustancial en los costos por tonelada recolectada, haciendo el sistema de recolección más equitativo, económico y operativo para el cantón Ibarra.

Sierra (2020), tuvo como objetivo principal determinar la localización óptima de contenedores para residuos sólidos urbanos valorizables (RSUV) en la zona metropolitana de Monterrey, México. La investigación se enmarcó en un enfoque cuantitativo, utilizando herramientas de programación lineal entera mixta para modelar el problema y el algoritmo Branch and Bound para resolverlo, integrando además el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el análisis espacial. El diseño

metodológico consideró factores clave como la accesibilidad, la cobertura de manzanas urbanas, la eficiencia de los caminos entre los puntos de generación de residuos y los contenedores, el tiempo de viaje no cubierto, así como el cumplimiento de regulaciones existentes. Estos elementos permitieron construir un modelo matemático capaz de generar soluciones óptimas en menos de 21 minutos para escenarios de hasta 450 ubicaciones posibles y 1500 puntos de demanda. En conclusión, el trabajo demuestra que una correcta planificación de la ubicación de contenedores reciclables, apoyada en SIG y técnicas de optimización matemática, puede mejorar sustancialmente la eficiencia del sistema de recolección selectiva, garantizar el acceso justo de la población a este servicio público y contribuir al fortalecimiento de prácticas sostenibles en la gestión de residuos sólidos urbanos.

4.1.2. Antecedentes Nacionales




Castro y Gonzales (2022), en su tesis “Optimización de rutas para recolección de los residuos sólidos domiciliarios utilizando herramienta SIG en la localidad de Huarín”, tuvo como objetivo optimizar las rutas de recolección de residuos sólidos domiciliarios mediante el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). La metodología empleada fue de tipo aplicada, con un enfoque mixto, diseño no experimental, de corte transversal y nivel descriptivo. Para el desarrollo del análisis se utilizó el módulo Network Analyst del software ArcGIS, aplicando el algoritmo de Dijkstra para hallar los caminos más cortos, además de una metodología que comprendió la recolección de datos, la construcción de redes y el análisis SIG. Como resultados, se obtuvo una disminución del 61.7% en el tiempo de recolección, 27% en la distancia recorrida y 33% en el consumo de combustible, logrando también un incremento del 35% en la cobertura del servicio a la población. En conclusión, el estudio evidenció que la optimización de rutas con herramientas SIG mejora considerablemente la eficiencia del servicio de recolección de residuos sólidos, beneficiando tanto a la población como al entorno ambiental.



Cárdenas y Cuadra (2022) en su estudio “Sistemas de información geográfica para optimizar la ruta de recolección de residuos sólidos municipales, Moche, 2022” tuvo como objetivo optimizar la ruta de recolección de residuos sólidos municipales en el distrito de Moche, utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG). La investigación empleó un diseño de tipo aplicativo, con enfoque cuantitativo y nivel

explicativo. La muestra estuvo conformada por 19 rutas de recolección, distribuidas en diferentes sectores del distrito. Como instrumentos, se utilizaron mapas temáticos, imágenes satelitales y software especializado como ArcGIS, lo que permitió recopilar, analizar y representar espacialmente los datos referentes al recorrido de los camiones recolectores. Entre los principales resultados, se logró identificar puntos críticos de acumulación de residuos, rutas ineficientes y sectores con cobertura limitada del servicio. Gracias a la aplicación del SIG, se propusieron rutas optimizadas que redujeron tiempos de recorrido y consumo de combustible, mejorando así la eficiencia operativa. En conclusión, el estudio demostró que el uso de herramientas geoespaciales permite una planificación más precisa y sostenible de los servicios de limpieza pública, contribuyendo a una mejor gestión ambiental en el ámbito urbano.



Alvarado y Cabrera (2020) tuvo como objetivo principal optimizar las rutas de recolección de residuos sólidos municipales en el distrito de Caleta de Carquín, empleando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). La investigación se enmarcó en un diseño de tipo experimental con enfoque cuantitativo, orientado a mejorar la eficiencia operativa del servicio de limpieza pública mediante el análisis y rediseño de rutas. La muestra estuvo constituida por las rutas actuales de recolección y los puntos de acopio de residuos dentro del distrito. Para el desarrollo del estudio, se utilizaron como instrumentos principales el software ArcGIS, específicamente el módulo Network Analyst, así como herramientas complementarias como GPS, Google Earth, AutoCAD y aplicaciones de oficina para el tratamiento de datos. Estas herramientas permitieron georreferenciar los puntos de recolección, mapear la infraestructura vial y simular trayectos más eficientes para los vehículos recolectores. Los resultados mostraron que las rutas optimizadas generadas con SIG lograron reducir considerablemente la distancia total recorrida, el tiempo de operación y los costos logísticos asociados al servicio. Asimismo, se evidenció una mejora en la calidad del servicio prestado a la población, al asegurar una cobertura más equitativa y eficaz. En conclusión, el estudio demostró que el uso de tecnologías SIG, como Network Analyst, es altamente efectivo para el diseño y planificación de rutas de recolección de residuos sólidos, permitiendo una gestión más eficiente, económica y sostenible del servicio en el distrito de Caleta de Carquín.



42. Bases Teóricas

En el Perú se generan 8,455,615 toneladas de residuos sólidos al año, lo que equivale a 23,166 toneladas por día. De la cifra diaria, un 61.75% tiene como destino final los rellenos sanitarios y plantas, mientras que el resto termina en los llamados botaderos, donde no reciben un tratamiento adecuado.

La gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU) es actualmente un tema de gran interés tanto para los planificadores económicos como ambientales, debido a la complejidad que implica coordinar múltiples estrategias de recolección, tratamiento y disposición. Un aspecto clave para lograr sistemas eficientes y rentables radica en la correcta ubicación de los contenedores de almacenamiento de residuos y en la delimitación precisa de sus áreas de gestión. Esta ubicación adecuada no solo facilita la logística de la recogida, sino que también influye directamente en la participación ciudadana en la separación selectiva de residuos y en la integración armónica de los contenedores en el entorno urbano.

Según un estudio realizado en Piura y Castilla, el 63.8% de los residentes perciben la recolección de residuos como deficiente, y el 64.6% considera que la cultura de segregación es solo mediana. Por otro lado, Duran, destaca que solo el 55% de los residuos generados en el país llegan a los rellenos sanitarios, mientras que el resto termina en botaderos, evidenciando deficiencias en la infraestructura y el reciclaje.

Según datos del Ministerio del Ambiente, solo alrededor del 60% de los residuos sólidos generados en el Perú son recogidos de manera formal.

Este artículo presenta una metodología basada en Sistemas de Información Geográfica (SIG) para optimizar la ubicación y el número de contenedores, aplicando un modelo de p-mediana con restricciones. La propuesta considera las directrices indias para las Normas de Residuos Sólidos Municipales como referencia metodológica, y se adapta a las necesidades del contexto urbano Piurano. El algoritmo propuesto determina tanto la localización óptima de los contenedores como las áreas de gestión correspondientes, asignando a cada contenedor los residuos provenientes de la ruta más corta con pendiente descendente, lo que facilita su recolección eficiente.

43. Marco Conceptual



4.3.1. Residuos Sólidos Urbanos

Los residuos sólidos urbanos (RSU) son aquellos desechos generados por actividades humanas en zonas residenciales, comerciales, recreativas y públicas. Estos desechos se caracterizan por ser sólidos y por provenir principalmente de entornos urbanos. Incluyen materiales como papel, cartón, vidrio, plástico, metales, restos de alimentos y productos no reciclables.

4.3.2. Recolección de Residuos Sólidos

La recolección es la actividad consistente en recoger los residuos dispuestos en los sitios indicados y su carga en los vehículos recolectores. La recolección se diferencia de la siguiente manera:

- General: sin discriminar los distintos tipos de residuos.
- Diferenciada: discriminando por tipo de residuo en función de su posterior tratamiento y valoración.

El transporte comprende el traslado de los residuos entre los diferentes sitios comprendidos en la gestión integral.



4.3.3. Gestión integral de los residuos sólidos

La gestión integral y sostenible de los residuos sólidos implica la combinación de distintos flujos de desechos, así como métodos de recolección y tratamiento, lo que genera beneficios tanto ambientales como económicos y sociales, al establecer un sistema de manejo eficiente aplicable a cualquier región (Genial, 2017). En cuanto a los residuos sólidos municipales, su manejo integral sigue una secuencia que comienza con la prevención en la generación, seguida por acciones como el reusó, el reciclaje o el compostaje, luego la incineración con recuperación de energía, la incineración sin aprovechamiento energético, y finalmente, el depósito en rellenos sanitarios como última alternativa (Saralegi, 2015).



4.3.4. Localización Óptima

La localización óptima se refiere al proceso de seleccionar la ubicación más ventajosa para un proyecto, considerando factores económicos, logísticos y estratégicos. La elección de un sitio adecuado puede mejorar el acceso a recursos, reducir costos y maximizar la exposición al mercado.

4.3.5. Sistemas de información Geográfica

Según el Instituto Superior del Medio Ambiente, un sistema de información geográfica (SIG o GIS, por sus siglas en inglés) se define como una herramienta destinada a la gestión, análisis y visualización de datos geoespaciales. Por su parte, Ordoñez y Martínez (2003) lo describen como un conjunto de herramientas diseñado para adquirir, almacenar y representar información espacial.

Los sistemas de información geográfica ofrecen múltiples funciones y aplicaciones, especialmente útiles en labores de planificación urbana y territorial (Fernández y Del Río, 2011). Además, permiten abordar diversos problemas ambientales, tales como:

- **Localización:** Identificación de las condiciones ideales para una ubicación específica.
- **Gestión de información:** Control de datos georreferenciados y apoyo en la toma de decisiones, como el seguimiento de expedientes.
- **Análisis de tendencias:** Comparación de características en distintos momentos o lugares.
- **Cálculo de rutas:** Determinación de recorridos óptimos entre varios puntos, entre otras utilidades.

4.4. Definiciones operacionales

4.4.1. Área de servicio

Es el polígono que delimita la extensión geográfica atendida por un punto de recolección. Se determinará operativamente mediante la herramienta de "Área de Servicio" (Service Area) del análisis de redes en el SIG, calculada a partir de la red vial y una distancia máxima de desplazamiento a pie definida desde el punto de recolección.

4.4.2. Áreas de Restricción

Es una capa vectorial de tipo polígono, denominada "No Apta", que se generará mediante la aplicación de zonas de influencia (buffers) a partir de capas base. Cualquier ubicación candidata que caiga dentro de este polígono será descartada automáticamente.

4.4.3. Generación de Residuos Per Cápita (GPC)

Es el indicador que representa la cantidad promedio de residuos sólidos que un habitante genera por día. Se expresará en kilogramos por habitante por día (kg/hab/día).



Este valor se obtendrá de fuentes oficiales de las Municipalidades o se estimará a partir de muestreos y caracterizaciones previas.

4.4.4. Demanda de Generación de Residuos por Manzana

Es un valor numérico, expresado en kilogramos por día (kg/día), asignado a cada polígono de manzana catastral. Se calculará aplicando la siguiente fórmula en la tabla de atributos de la capa de manzanas:

$$DDDDDDDDDDDD DDDDDDDDDDDD = (NN^{\circ} DDD \text{ vvvvvv } DDDDDDDDD) \times (HHDDHH \text{ EDDDDDEDD} \text{ ppppp } DD0000 \text{ sssvvvvv } DDDDDDDDD) \times (GGGGGG)$$

4.4.5. Costo de Desplazamiento Peatonal

Es el valor numérico que representa el esfuerzo para un ciudadano de llegar a un punto de recolección. Se medirá como la distancia en metros a lo largo de la Red Vial (incluyendo vías peatonales) desde el centroide de un lote o vivienda hasta la ubicación del punto de recolección más cercano.

V. METODOLOGIA

5.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación adopta un enfoque cuantitativo, ya que se fundamenta en el análisis y procesamiento de datos numéricos y geoespaciales con el fin de generar un modelo de optimización aplicable a la recolección de residuos sólidos. El diseño es no experimental, dado que no se manipulan variables de forma deliberada, sino que se analizan condiciones existentes. En cuanto a su tipo, es una investigación descriptiva-explicativa, ya que busca describir el estado actual del sistema de recolección de residuos sólidos urbanos en la provincia de Sullana, así como explicar los factores espaciales, demográficos y ambientales que influyen en la ubicación óptima de puntos de acopio, con el objetivo de proponer mejoras basadas en el análisis geoespacial.

5.2. Ámbito de estudio

El estudio se desarrolla en la provincia de Sullana, departamento de Piura, Perú. Para el análisis se tomó como área de referencia el centro de Sullana, por concentrar la mayor densidad poblacional, generación de residuos y presencia de puntos de acopio formales e informales. En esta zona se registraron, mediante trabajo de campo, los puntos de acopio localizados a lo largo de las rutas por donde pasa el carro recolector de basura, lo que permitió evaluar su distribución, accesibilidad y cobertura.

La selección del ámbito considera criterios como accesibilidad vial, expansión urbana, cobertura del servicio de limpieza pública y vulnerabilidad ambiental.

5.3. Población y muestra

La población objeto de estudio está conformada por las áreas urbanas de la provincia de Sullana, específicamente aquellas que generan mayor cantidad de residuos sólidos domiciliarios.

La muestra corresponde a sectores del centro de Sullana que forman parte de la ruta actual del carro recolector de residuos. La selección se realizó mediante un muestreo geoespacial, tomando en cuenta:

- Árboles presentes en las vías de recolección.
- Ubicación de puntos de acopio existentes.
- Presencia de zonas críticas como Espinar, Ugarte, Grau, Eduardo Vásquez, Leoncio Prado, María Auxiliadora, Santa Julia, Sucre, Av. San Rosa, San Martín, Bolívar, Córdoba y Plaza de Armas.
- Accesibilidad vial (calles principales y secundarias).
- Información oficial obtenida del INEI, catastro municipal y cartografía urbana.

Las unidades muestrales son manzanas, sectores o cuadrantes urbanos, según el nivel de detalle disponible.

5.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se emplearán diversas técnicas e instrumentos para recopilar información relevante:

- Revisión documental y bibliográfica: Análisis de normativas, estudios previos y criterios técnicos y ambientales para la ubicación de puntos de acopio.
- Recolección de datos geoespaciales: Imágenes satelitales (Google Earth)
- Trabajo de campo: Levantamiento y verificación de coordenadas de los puntos de acopio y rutas de recolección mediante el aplicativo QFIELD, registrando información georreferenciada en tiempo real y validando la accesibilidad y condiciones físicas de cada punto.
- Procesamiento y análisis geoespacial: Utilización de QGIS para la integración, depuración y análisis de la información recolectada, generando mapas temáticos y

capas con criterios definidos para la evaluación de la ubicación óptima de puntos de acopio.

5.5. Procedimientos de análisis

El procesamiento de datos se realizó con el apoyo de Sistemas de Información Geográfica (SIG) siguiendo estas etapas:

- Digitalización y georreferenciación: Integración y estandarización de datos en QGIS y Google Earth Pro, incorporando capas temáticas.
- Validación en campo: Confirmación de la ubicación y condiciones de los puntos de acopio mediante datos levantados con QFIELD, asegurando coherencia entre la información digital y la realidad observada.



VI.RESULTADOS

6.1.IDENTIFICACION DE LARUTA

Para encontrar la mejor ruta de recolección óptima y que quede cerca de nuestras viviendas, primero investigamos en distintos lugares hasta que, en una página de Facebook, hallamos todas las rutas del camión recolector: de mañana, tarde y noche, con diferentes días, horarios y trayectos. De todas esas opciones, seleccionamos una ruta central que estuviera más próxima a nuestras casas. A partir de ahí, comenzamos a examinarla y analizarla con mayor detalle.

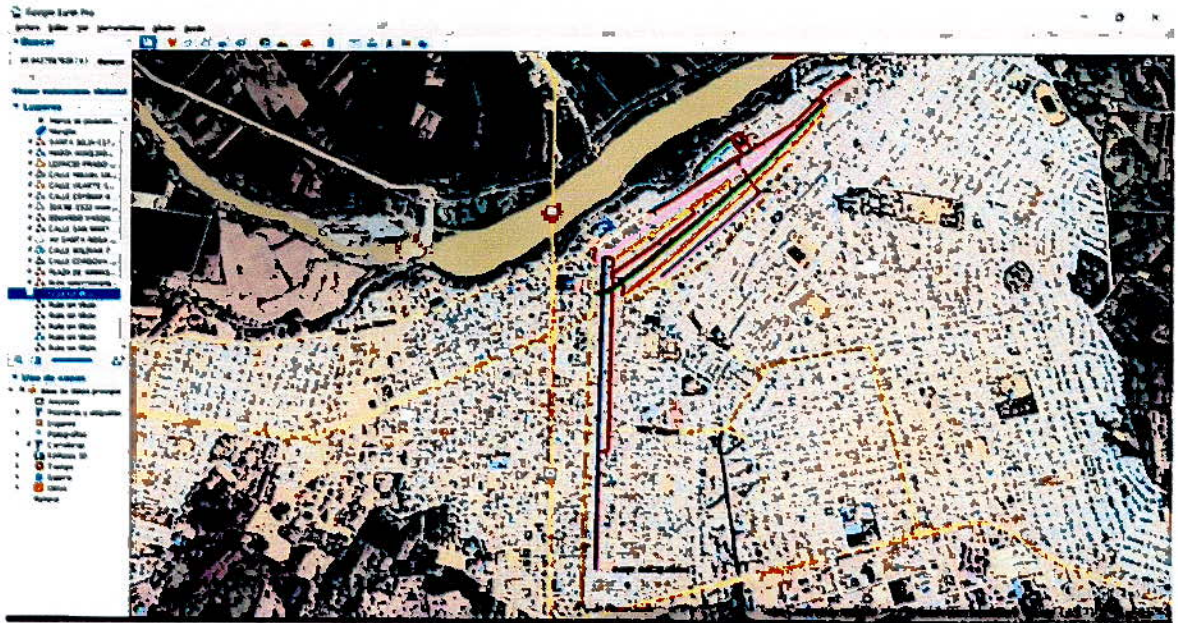




SECTORES DE RECOLECCIÓN		
HORARIO NOCHE		
ZONA	FRECUENCIA	DÍA
Mariano Santos, Urb. Jardín y Urb. Santa Rosa	Diario	Lunes a sábado
Leticia	Diario	Lunes a sábado
Buenos Aires	Diario	Lunes a sábado
Canal Vía	Diario	Lunes a sábado
Centro: Espiñar, Ugarte, Grau, Eduardo Vázquez, Leoncio Prado, María Auxiliadora, Santa Julia, Sucre, Av. Santa Rosa, San Martín, Bolívar, Córdoba, Plaza de Armas, Barrio Norte: La Mar, José Gálvez, Independencia, Ugarteche, San Juan San Pedro y Calle Salaverry.	Diario	Lunes a sábado



Luego de seleccionar la ruta central, procedimos a plasmarla en Google Earth como referencia geoespacial. Para facilitar su análisis visual, se asignaron diferentes colores a las calles del recorrido. Además, se elaboró un cuadro estimativo con las distancias de cada tramo de calle por donde circula el camión recolector, lo que permitió tener una idea más precisa del trayecto y su cobertura.

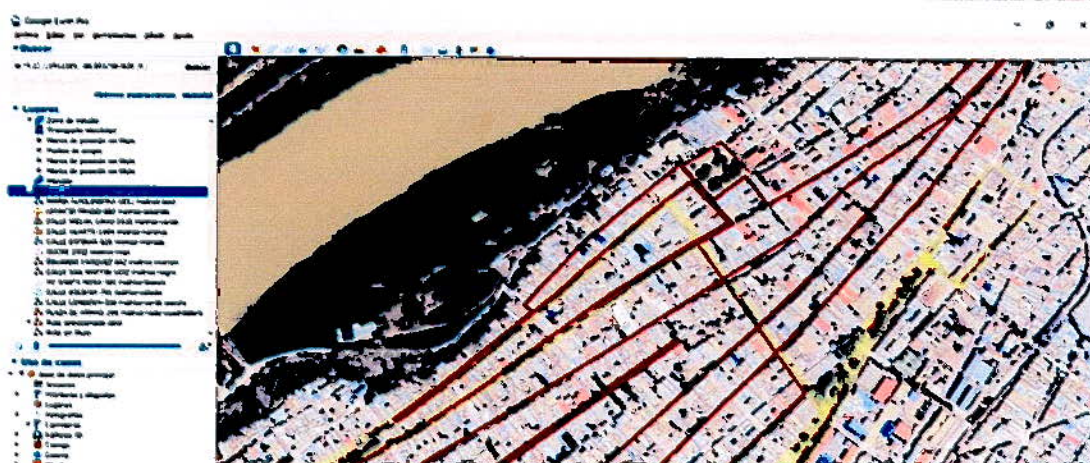


La tabla presenta un resumen ordenado de las calles y avenidas que conforman la ruta del camión recolector de residuos sólidos, indicando la distancia aproximada que recorre en cada una. Se incluyen un total de 13 tramos, con distancias que varían entre 295 y 1,935 metros. La suma total del recorrido estimado es de aproximadamente 13.99 kilómetros, lo que permite tener una visión clara de la extensión de la ruta y facilita su análisis logístico.

Nº	Nombre de la calle o avenida	Distancia (metros)
1	Santa Julia	1,171 m
2	Madre Axeladora	1,851 m
3	Leóncio Prado	882 m
4	Calle Miguel Grau	1,935 m
5	Calle Ugarte	1,809 m
6	Calle Espinar	828 m
7	Sucre	1,532 m
8	Eduardo Vásquez	642 m
9	Calle San Martín	1,632 m
10	Avenida Santa Rosa	381 m

11	Calle Bolívar	701 m
12	Calle Córdoba	330 m
13	Plaza de Armas	295 m

Posteriormente, se elaboró una ruta hipotética que sirvió como base para diseñar una ruta ideal de recolección de residuos sólidos. Si bien no se trató de una ruta perfecta, su propósito fue acercarse lo más posible a un recorrido eficiente, funcional y adaptado a las necesidades del área evaluada.



Luego, se procedió al trazado de la ruta utilizando la aplicación QField. Para ello, se realizó el recorrido en una moto lineal, siguiendo cuidadosamente la ruta central proporcionada por la municipalidad, que indica el trayecto del camión recolector. Al momento de registrar la ruta en QField, se presentaron diversas características y dificultades que hicieron que el proceso tomara aproximadamente 4 horas, entre ellas destacan:

- **Registro minucioso de cada cruce:** Fue necesario detenerse constantemente en cada intersección de calles y avenidas para asegurar que el trazado fuera exacto, lo cual implicó una atención detallada al momento de georreferenciar los puntos.
- **Precisión en el levantamiento:** El trazado debía seguir con exactitud el recorrido real del camión recolector, por lo que cada tramo fue marcado cuidadosamente para evitar errores de ubicación o trayecto.
- **Limitaciones del entorno:** En algunos sectores, la señal GPS era débil o inestable, lo que obligaba a esperar o reajustar la posición para obtener datos fiables dentro de la aplicación.
- **Coordinación durante el recorrido:** Al ir en moto, fue necesario detenerse en múltiples ocasiones para operar el dispositivo y registrar correctamente la ruta, lo cual hizo el proceso más lento pero más preciso.
- **Verificación constante:** Cada tramo registrado fue revisado inmediatamente después de su marcación, para garantizar que coincidiera con la ruta oficial, lo que aumentó el tiempo total del trabajo pero aseguró mayor fidelidad en los datos recogidos.



Comienzo de la ruta

Una vez finalizado el trazado completo de la ruta a través de QField, tras el tiempo ya indicado, se procedió a transferir la información al software QGIS para realizar los ajustes finales. En esta etapa, se optimizó la visualización del recorrido y se corrigieron pequeños desvíos o imprecisiones. Asimismo, se identificaron los puntos más estratégicos para el acopio de residuos sólidos, considerando factores como accesibilidad, cercanía a las viviendas y facilidad de recolección. Estos puntos fueron posteriormente incorporados al mapa final como parte de la propuesta de optimización del sistema de recolección.



Avance del mapa con la ruta trazada ideal



De manera selectiva, también se identificaron los puntos más adecuados para la colocación de tachos de basura o puntos de acopio. Esta selección respondió a observaciones realizadas durante el recorrido, en donde se detectaron zonas con alta presencia de residuos sólidos. Las razones por las cuales estos lugares fueron priorizados incluyen:

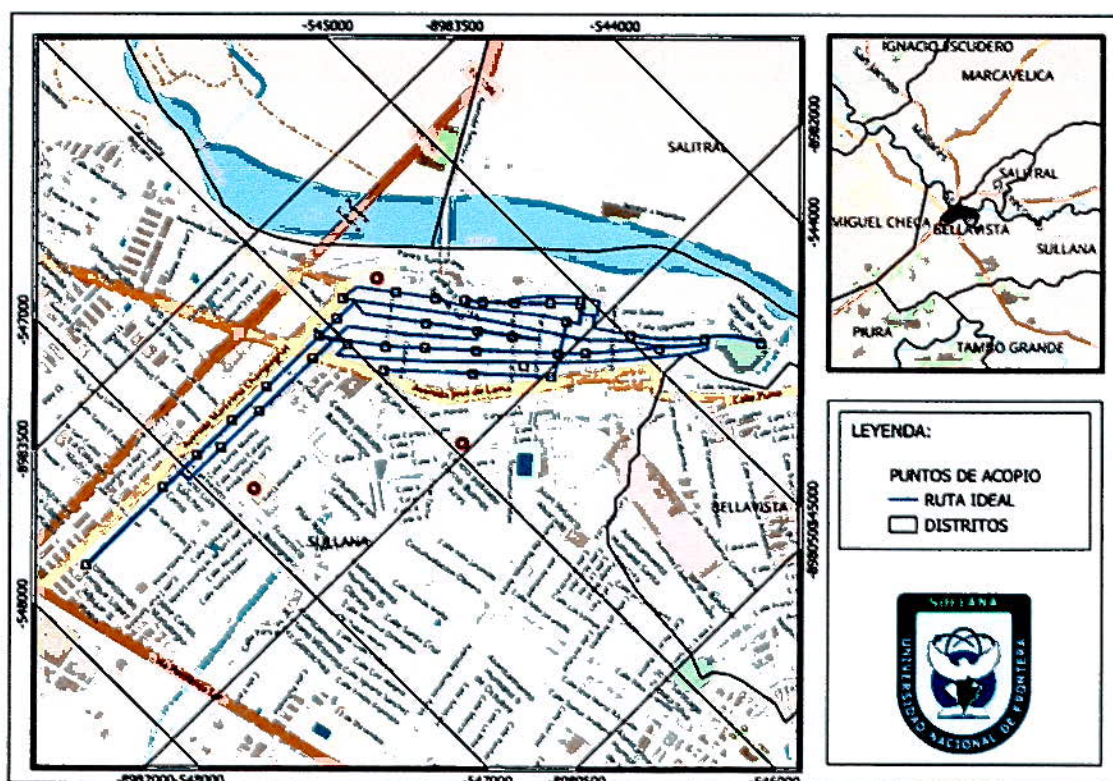
- **Acumulación constante de residuos:** Se observó una presencia significativa y recurrente de basura en ciertos puntos específicos, lo que evidenció la falta de infraestructura adecuada para su disposición.
- **Indicadores negativos de gestión:** La acumulación visible de desechos fue interpretada como un indicador de deficiencia en el sistema actual de recolección, lo que justificaba la intervención.
- **Ubicación estratégica:** Los puntos seleccionados se encontraban en zonas transitadas o cercanas a viviendas, lo que facilitaba el acceso de los vecinos y del camión recolector.
- **Potencial para mejorar el entorno urbano:** La implementación de tachos en estas áreas no solo contribuiría a reducir la contaminación, sino también a mejorar la imagen y salubridad del espacio público.



cercanía y accesibilidad a las viviendas. Gracias a este rediseño, el recorrido total se reduciría a **10 kilómetros aproximadamente**, sin perder cobertura ni eficiencia en el servicio. Esta reducción representa una mejora significativa en términos operativos, permitiendo ahorrar recursos y mejorar los tiempos de recolección.

Concepto	Ruta actual	Ruta propuesta
Distancia total aproximada	15 km	10 km
Herramienta utilizada para trazo	No aplica / desconocido	QField + QGIS + EARTH PRO
Criterio de diseño	Basado en rutas históricas de la municipalidad General	Optimización por cercanía, eficiencia y puntos críticos
Cobertura	General	Focalizada y eficiente
Impacto esperado	Mayor consumo de tiempo y combustible	Ahorro operativo y mayor puntualidad

MAPA TERMINADO



El mapa presenta la **ruta ideal propuesta para la recolección de residuos sólidos** en Sullana, trazada con QField y ajustada en QGIS. La ruta, de aproximadamente 10 km, optimiza el recorrido del camión recolector frente a la ruta actual de 15 km. Además, se señalan **puntos estratégicos de acopio**, ubicados en zonas con alta acumulación de residuos, con el objetivo de mejorar la eficiencia del servicio. También se incluye una vista regional y la delimitación distrital para contextualizar el área de intervención.

6.2. Fauna encontrada en la ruta

Tabla 1: Fauna

Nº	Nombre común	Nombre científico
1	Gato domestico	Felis catus
2	Paloma bravia	Columba livia

6.3. Flora encontrada en la ruta

Tabla 2: Flora

Nº	Nombre común	Nombre científico
1	Guayaba	Psidium guajava
2	Totumo	Crescentia cujete
3	Palma de manila	Adonidia merrilli
4	Potus	Epipremnum aureum
5	Cacto Candelabro	Cereus hildmannianus
6	Nim	Azadirachta indica
7	Matapalo	Ficus benjamina
8	Drácena	Dracaena reflexa var. angustifolia
9	Achira	Canna indica
10	Yuca pie de elefante	Yucca gigantea
11	Tulipan africano	Spathodea campanulata
12	Euphorbia abyssinica	Euphorbia abyssinica
13	Bignonia amarilla	Tecoma stans
14	Flamboyán	Delonix regia
15	Roble Blanco	Tabebuia heterophylla
16	Ceiba	Ceiba pentandra
17	Geranio aralia	Polyscias guilfoylei
18	Hibisco marítimo	Talipariti tiliaceum
19	Areca	Dypsis lutescens
20	Cirio	Cereus hexagonus
21	Adelfa	Nerium oleander
22	Bugambilia	Bougainvillea glabra
23	Guaje	Leucaena leucocephala
24	Cheflera	Schefflera actinophylla
25	Jipijapa	Carludovica palmata
26	Oreja de elefante	Alocasia macrorrhizos

27	Guanábana	Annona muricata
28	Pervinca rosa	Catharanthus roseus
29	Candelero	Euphorbia lactea
30	Caña de las Indias	Canna x generalis
31	Copey	Clusia Rosea
32	Aloe Vera	Aloe Vera
33	Almendro de la India	Terminalia catappa
34	Mango	Mangifera indica
35	Noni	Morinda citrifolia
36	Euphorbia trigona	Euphorbia trigona
37	Cafeo arabico	Coffea arabica
38	Rosa mística	Zinnia elegans
39	No me olvides	Cordia sebestena
40	Araguaney	Handroanthus chrysanthus

VII. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación revelan la importancia de utilizar herramientas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para mejorar la gestión de residuos sólidos urbanos. A través del análisis geoespacial realizado con QField y QGIS, fue posible identificar deficiencias en la actual ruta de recolección de residuos en la provincia de Sullana, como recorridos innecesarios y puntos críticos con alta acumulación de desechos. Este hallazgo confirma lo expuesto en estudios previos, como el de Castro y Gonzales (2022), donde el uso de SIG permitió reducir tiempos y mejorar la cobertura del servicio.

Además, el trazado de una ruta alternativa optimizada, con una reducción de 15 km a 10 km, demuestra que el rediseño técnico de las rutas puede contribuir significativamente al ahorro de recursos, como el combustible y el tiempo de operación. Esta optimización también puede mejorar la puntualidad del servicio y reducir las emisiones de gases contaminantes, alineándose con los principios de sostenibilidad y eficiencia en la gestión ambiental. En este sentido, el análisis multicriterio basado en variables como accesibilidad vial, densidad poblacional y presencia de zonas sensibles fue clave para proponer ubicaciones más estratégicas de los puntos de acopio.

El estudio también destaca el rol fundamental de la observación directa en el trabajo de campo. La verificación de la ruta y la ubicación de los puntos de acopio permitió identificar zonas desatendidas y condiciones físicas que no son visibles



[Handwritten signature]



únicamente en los mapas. Esta combinación de análisis técnico con observación empírica refuerza la propuesta metodológica de la investigación, proporcionando mayor validez a los resultados obtenidos.

Asimismo, la integración de herramientas como Google Earth, QField y QGIS facilitó el levantamiento, procesamiento y visualización de datos en tiempo real, lo cual es un aporte significativo en contextos urbanos con planificación deficiente. La propuesta de puntos de acopio basada en criterios observados en campo —como acumulación constante de residuos y cercanía a viviendas— ofrece una solución práctica que puede ser replicable en otros distritos de la provincia o regiones similares.

Finalmente, este estudio no solo contribuye a una mejora técnica del servicio de limpieza pública, sino que también evidencia cómo la planificación territorial basada en datos puede ser una herramienta poderosa para los gobiernos locales. La implementación de rutas optimizadas y puntos estratégicos de recolección tiene el potencial de transformar la percepción ciudadana sobre la gestión de residuos, promoviendo una mayor participación y compromiso con la limpieza urbana y el cuidado del medio ambiente.



[Handwritten signature]

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La presente investigación permitió evidenciar que la gestión inadecuada de los residuos sólidos en la provincia de Sullana puede ser abordada de manera más eficiente mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). A través del análisis geoespacial se identificaron deficiencias en la cobertura y distribución de los puntos de acopio existentes, así como rutas ineficientes que generan mayores costos operativos y menor efectividad en el servicio de recolección.

El diseño de una ruta optimizada, con una reducción significativa del recorrido de 15 km a 10 km, demuestra que es posible mejorar la eficiencia del sistema sin afectar la cobertura. Esta mejora no solo implica un ahorro en recursos como tiempo y combustible, sino también un impacto ambiental positivo al disminuir las emisiones y mejorar la puntualidad del servicio.



Asimismo, la identificación de puntos estratégicos para nuevos acopios, basada en criterios técnicos y observaciones de campo, refuerza la importancia de planificar la gestión de residuos de forma integral. Los SIG permitieron integrar variables clave como accesibilidad vial, densidad poblacional y presencia de zonas críticas, ofreciendo así una herramienta poderosa para la toma de decisiones en contextos urbanos.

Recomendaciones

- Implementar el modelo geoespacial propuesto para la localización óptima de puntos de acopio, como insumo técnico para las decisiones municipales.
- Utilizar de manera permanente herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) como QGIS y QField en la planificación de servicios públicos.
- Establecer un sistema de actualización periódica de datos geoespaciales, demográficos y de generación de residuos para mantener vigente el modelo de análisis.
- Rediseñar las rutas del camión recolector en función de los puntos estratégicos identificados, reduciendo distancias, tiempos y costos operativos.
- Incorporar nuevos puntos de recolección en zonas críticas donde se evidenció acumulación recurrente de residuos sólidos.
- Capacitar al personal técnico del área de limpieza pública en el uso de herramientas SIG y en la interpretación de mapas temáticos y modelos espaciales.
- Promover campañas de concientización ciudadana sobre la importancia del uso correcto de los puntos de acopio y la reducción de residuos.
- Fomentar la segregación en la fuente y el reciclaje domiciliario como parte de una gestión integral de residuos sólidos urbanos.



[Handwritten signature]



- Fortalecer la coordinación entre la municipalidad y las instituciones académicas para desarrollar proyectos conjuntos de monitoreo ambiental urbano.
- Realizar evaluaciones periódicas del sistema de recolección implementado, a fin de corregir desviaciones y mejorar continuamente el servicio.

IX. LECCIONES APRENDIDAS

Durante el desarrollo de esta investigación, se aprendió que el uso de tecnologías como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) es fundamental para una planificación territorial eficiente, especialmente en la gestión de residuos sólidos urbanos. Herramientas como QGIS y QField demostraron ser accesibles, versátiles y poderosas para recolectar, procesar y analizar datos geoespaciales en tiempo real, permitiendo identificar problemas concretos y proponer soluciones prácticas.



[Handwritten signature]

Asimismo, se comprendió la importancia del trabajo de campo para validar la información recolectada digitalmente. La experiencia en la recolección de datos con el aplicativo QField reveló que la realidad en muchas ocasiones no coincide con los datos oficiales, por lo que contrastar la información directamente en el terreno es esencial para garantizar la calidad del análisis.

Otra lección importante fue la necesidad de trabajar en equipo de forma organizada y colaborativa. La elaboración de mapas, la toma de coordenadas y el análisis de las rutas exigieron una coordinación constante entre los integrantes, así como compromiso y responsabilidad. Esto permitió no solo cumplir con los objetivos propuestos, sino también fortalecer habilidades prácticas y de comunicación.



Finalmente, se aprendió que una buena planificación técnica basada en datos puede generar un gran impacto ambiental y social. Mejorar la recolección de residuos sólidos no solo optimiza recursos, sino que contribuye a una ciudad más limpia, saludable y sostenible. Este proyecto nos demostró que, con herramientas adecuadas y disposición para aprender, es posible generar propuestas viables que beneficien a la comunidad.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

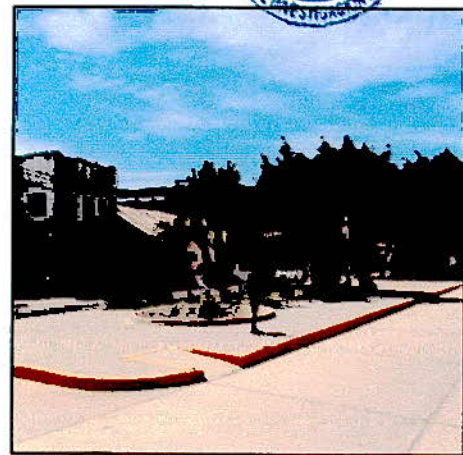
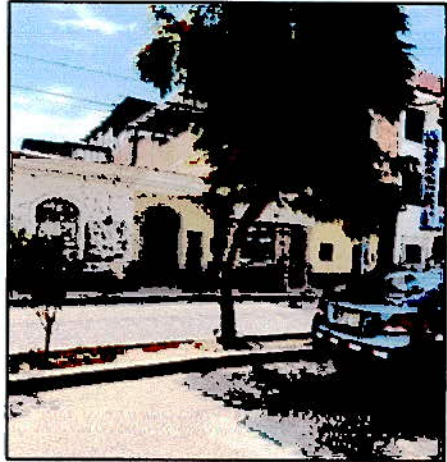
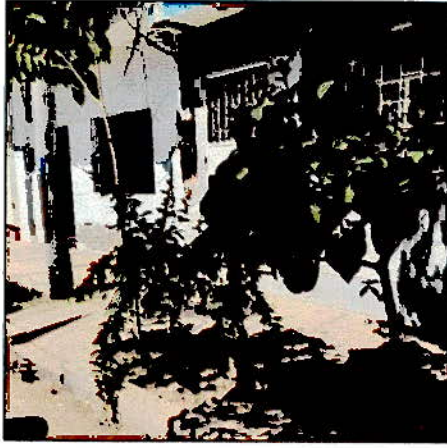
- Alvarado Prado, L. F., & Cabrera Tocas, J. B. (2020). Optimización de rutas para la recolección de residuos sólidos municipales utilizando herramienta SIG en el distrito de Caleta de Carquín. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/4206>
- Castro Berrios, L. T., & Gonzales Pumacayo, D. D. (2022). Optimización de rutas para recolección de los residuos sólidos domiciliarios utilizando herramienta SIG en la localidad de Huarín [Tesis de licenciatura, Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio USIL. <https://repositorio.usil.edu.pe/handle/usil/13292>
- Cardenas Cabrera, C., & Cuadra Arevalo, J. A. (2022). Sistemas de información geográfica para optimizar la ruta de recolección de residuos sólidos municipales, Moche, 2022. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN_dcd6eb34d7ec30d83800b69eca144db5
- Cifuentes Ramírez, D. (2022). Propuesta de ubicación para la disposición de residuos sólidos en el Valle de San Nicolás mediante un análisis basado en SIG [Trabajo de grado, Universidad EIA]. Repositorio Institucional Universidad EIA. <https://repository.eia.edu.co/entities/publication/e7665b34-3b7d-4919-b1fe-f5123215cedd>
- 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). Optimización de la recolección de residuos sólidos urbanos bajo un enfoque de Sistemas de Información Geográfica, un estudio de caso. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação, (E29), 479-493. <https://search.proquest.com/openview/a2803956d6c8a33b6d862dd6708e284b/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>
- Sierra Vélez, D. (2020). Localización óptima de contenedores para residuos sólidos reciclables. Caso de estudio: Monterrey, México (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León). <http://eprints.uanl.mx/24043/1/1080328614.pdf>



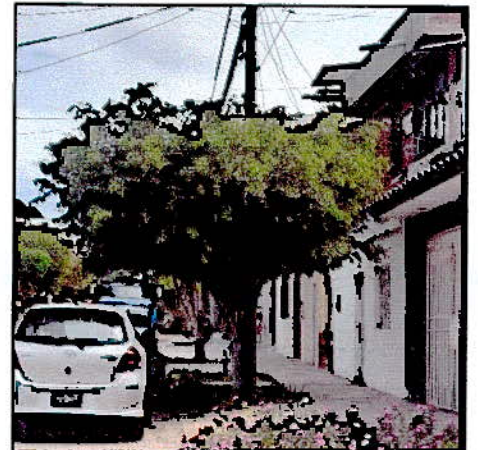
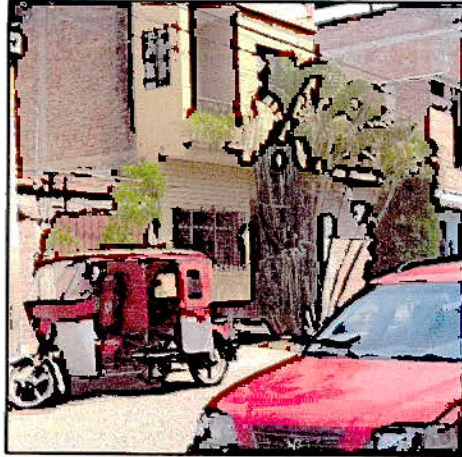
[Handwritten signature]



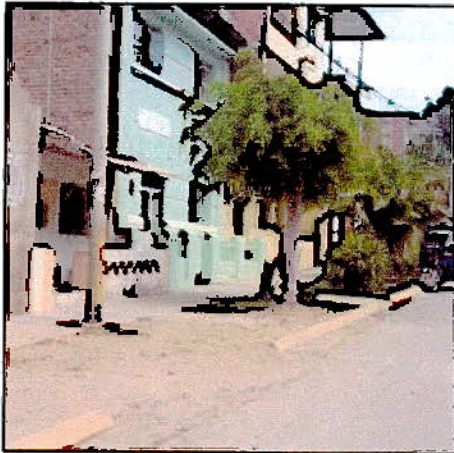
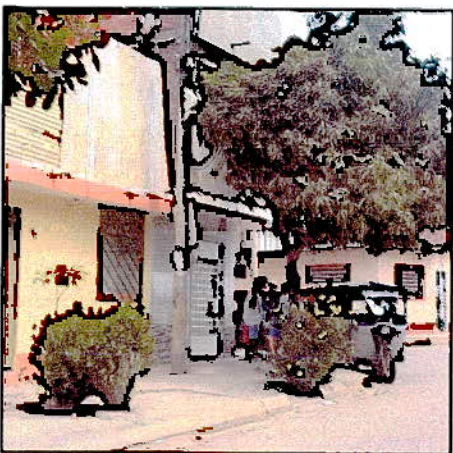
XI. ANEXOS



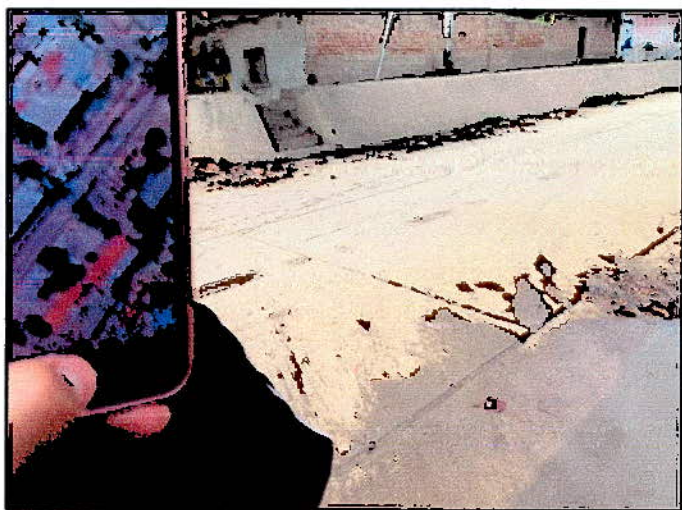
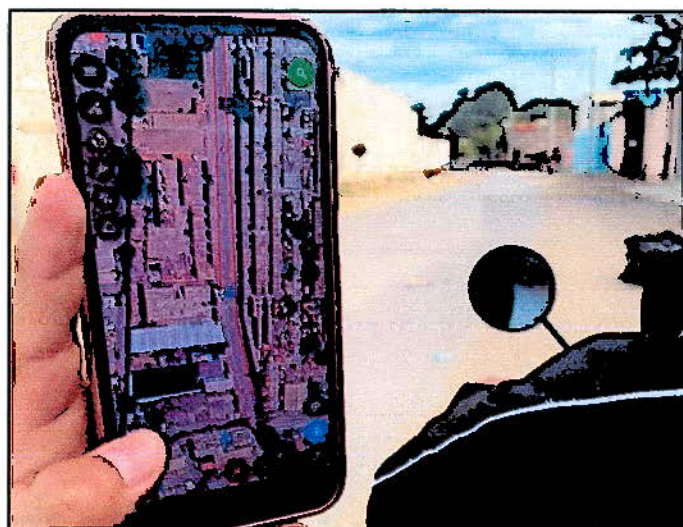
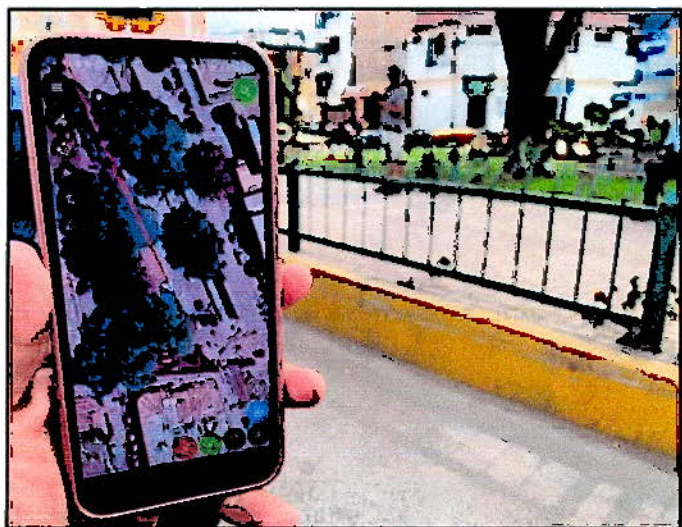
Flora encontrada durante el recorrido



[Handwritten signature]



Flora encontrada durante el recorrido



Uso de QField



Uso de QField

