

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**

“OPTIMIZACION DE LAS RUTAS DE RECOJO DE
RESIDUOS SOLIDOS UTILIZANDO SIG EN EL
DISTRITO DE TRUJILLO, REGION LA LIBERTAD,
2021”

Tesis para optar al título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Autoras:

Dadi Lucero Alcantara Noriega

Angie Pierina Garcia Cortijo

Asesor:

Mg. Ing. Ronald Antonio Alvarado Obeso

<https://orcid.org/0000-0001-7264-6490>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1	Margeo Javier Chumán López	45997406
Presidente(a)	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Wilson Vásquez Cerdán	06915885
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Liana Ysabel Cárdenas Gutierrez	40221041
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

TESIS 12VO TALLER DE TITULACION

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	7 %
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
3	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	1 %
4	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	1 %
5	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	1 %
6	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

DEDICATORIA

Esta investigación está dedicada a mis padres por apoyarme y permitirme estudiar esta maravillosa carrera, y al mismo tiempo, a mis hermanas que estuvieron a mi lado constantemente alentándome para que pueda llegar ser una buena profesional.

Alcantara Noriega, Dadi Lucero

Lleno de gratitud y amor, dedico la presente investigación, a mis padres, que son lo más importante que tengo en mi vida y quienes me han apoyado incondicionalmente en cada etapa de mi carrera universitaria, y para mis hermanos, que han sido mi motivación día a día para seguir adelante.

Garcia Cortijo, Angie Pierina

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todos los profesores y amigos, por el apoyo en cada paso de este arduo camino, porque en cada proyecto o trabajo, nos brindaban diversas pautas para seguir mejorando nuestras investigaciones. De la misma manera, a la Universidad Privada del Norte, por la oportunidad de demostrar que podemos llegar a ser buenos estudiantes si nos lo proponemos.

**Alcantara Noriega, Dadi
Lucero.**

Gracias a Dios por permitirme tener vida y salud, gracias a mi familia por siempre creer en mí, gracias a la universidad por ser la casa de estudios en la cual desarrollé todos los conocimientos adquiridos y logré conocer a grandes docentes, compañeros y amigos a lo largo de la carrera universitaria, les agradezco y hago presente mi gran afecto hacia ustedes.

Garcia Cortijo, Angie Pierina

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD.....	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO.....	5
TABLA DE CONTENIDO	6
INDICE DE TABLAS.....	7
INDICE DE FIGURAS.....	8
INDICE DE ECUACIONES	10
RESUMEN	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	12
1.2. ANTECEDENTES	13
1.3. MARCO TEÓRICO.....	15
1.3.1. Bases teóricas.....	15
1.4. JUSTIFICACIÓN	17
1.5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.6. OBJETIVOS	17
1.7. HIPÓTESIS	18
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	19
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	37
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	52
REFERENCIAS	58
ANEXOS	64

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización de las rutas de recolección de residuos sólidos correspondientes a la Zona 1, 2 y 3 del distrito de Trujillo.....	37
Tabla 2. Contenedores para cada sector de la Zona 1, 2 y 3 del distrito de Trujillo necesarios para el análisis	40
Tabla 3. Indicadores correspondientes a la distancia, tiempo, y combustible de las rutas de la Zona 1.....	44
Tabla 4. Indicadores correspondientes a la distancia, tiempo, y combustible de las rutas de la Zona 2.....	45
Tabla 5. Indicadores correspondientes a la distancia, tiempo, y combustible de las rutas de la Zona 3.....	45
Tabla 6. Cálculo de emisiones totales del contaminante CO2 de las rutas actuales de la Zona 1, 2 y 3 del distrito de Trujillo.....	49
Tabla 7. Cálculo de emisiones totales del contaminante CO2 de las nuevas rutas de la Zona 1, 2 y 3 del distrito de Trujillo.....	50

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Herramienta New Topology	25
Figura 2. Herramienta Error Inspector	25
Figura 3. Herramienta Select by Location	26
Figura 4. Programa IDLE Python	27
Figura 5. Programa IDLE Python	28
Figura 6. Herramienta Field Calculator	29
Figura 7. Programa IDLE Python	29
Figura 8. Programa IDLE Python	30
Figura 9. Herramienta Field Calculator	31
Figura 10. Herramienta Buffer	34
Figura 11. Mapa de rutas de recolección de residuos sólidos del turno mañana de la Zona 1, 2 y 3 del distrito de Trujillo.....	38
Figura 12. Territorios Vecinales del Distrito de Trujillo	38
Figura 13. Sectorización de la Zona 1 del distrito de Trujillo	39
Figura 14. Sectorización de la Zona 2 del distrito de Trujillo	39
Figura 15. Sectorización de la Zona 3 del distrito de Trujillo	40
Figura 16. Asignación de paradas con un buffer de 60 m en la Zona 1	41
Figura 17. Asignación de paradas con un buffer de 60 m en la Zona 2.....	41

Figura 18. Asignación de paradas con un buffer de 60 m en la Zona 3.....	42
Figura 19. Mapa de rutas optimizadas de la Zona 1 del distrito de Trujillo	42
Figura 20. Mapa de rutas optimizadas de la Zona 2 del distrito de Trujillo	43
Figura 21. Mapa de rutas optimizadas de la Zona 3 del distrito de Trujillo	44
Figura 22. Comparación de las distancias de recorrido de las rutas actuales y las nuevas rutas del distrito de Trujillo.....	46
Figura 23. Comparación de Tiempo de recorrido (min) de las rutas actuales y las nuevas rutas del distrito de Trujillo.....	47
Figura 24. Comparación de la cantidad de combustible (gal) utilizado en el recorrido de las rutas actuales y las nuevas rutas del distrito de Trujillo.....	47
Figura 25. Comparación de las emisiones de CO2 anuales de las rutas actuales y las nuevas rutas del distrito de Trujillo.....	51

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Calculo de paradas requeridas33

Ecuación 2. Metodología de tecnologías del Intergovernmental Panel on Climate Change.....48

RESUMEN

El objetivo principal del presente estudio es realizar la optimización de rutas de recojo de residuos sólidos utilizando SIG en el distrito de Trujillo, con la finalidad de aportar nuevos mecanismos que modernicen la recolección de residuos sólidos del distrito, evitando la generación de puntos críticos en las vías públicas o focos insalubres en la ciudad. Se consideró como población las 5 zonas del distrito de Trujillo, en las cuales se identificaron 13 rutas del turno mañana, y como muestra, las rutas que pasaban por la Zona 1, 2 y 3, designado a una investigación de tipo aplicada de diseño observacional analítico, y alcance descriptivo, para lo cual se utilizó la herramienta Network Analyst. En consecuencia, las rutas actuales asumen una distancia total de 616.71 km, un tiempo total de 5410 min, con costo de combustible total de S/.10,299.75 y una generación de 934,475.10 kg CO₂/año, luego de realizar la optimización, las nuevas rutas presentaron la disminución de estos indicadores, con un total de 300.14 km de recorrido, en 4582 min, con S/.4,443.73 de costos de combustible y 410,588.10 kg CO₂/año. Concluyéndose que con la optimización de las rutas se disminuirá en promedio 56% en costos y emisiones contaminantes.

PALABRAS CLAVES: Residuos sólidos, optimización de rutas, ruta de recojo, SIG.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Una de las principales problemáticas en el manejo de residuos se da principalmente en la fase funcional de recolección de residuos sólidos. A consecuencia de que, esta etapa no suele cumplir con la cobertura y frecuencia requeridas para satisfacer la demanda de la población, lo cual afecta particularmente al medio ambiente y a la salud de los ciudadanos (Escalon, 2014). Además, otra de las mayores complejidades es la accesibilidad a ciertas zonas debido las condiciones topológicas en las que se encuentran (Aguilera et al., 2021). En otras palabras, al desatender la etapa de recolección consecuentemente se incrementa la generación de malos olores, polvos y ruidos molestos. Produciendo así, que tramos viales de calles, avenidas y/o jirones se conviertan en focos infecciosos, además de, crearse tiraderos clandestinos continuamente. (Rondon et al., 2016)

Tal como, se evidencia en México que una de las causas de contaminación ambiental, es por el aumento de la generación de residuos sólidos, ya que desde los años 50s hasta la actualidad, las cantidades de residuos se han transformado exponencialmente de 8,200 a 109,000 t/d, siendo el motivo de esta contaminación, la complejidad de trabajo que demanda manipular grandes cantidades de residuos sólidos de parte de organismos municipales (Aguilar & Zambrano, 2015). Mientras que, en los países de América Latina y el Caribe, la preservación del medio ambiente no tiene un papel predominante, por lo que entes gubernamentales destinan pocos recursos económicos para su gestión, lo cual trae como consecuencia que los procesos de recolección, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de residuos sólidos sean realizados con tecnologías ineficientes (Sáez & Urdaneta, 2014)

A nivel nacional, del total de la generación de residuos sólidos municipales en el 2014 de 7 497 482 t/año, sólo 3 309 712 toneladas, en otros términos, menos del 50% fueron transportados a un relleno sanitario quedando el porcentaje restante de residuos expuestos al medio ambiente. Ante esta problemática, 12 gobiernos locales desarrollaron diferentes instrumentos técnicos, para el apoyo a la gestión de residuos sólidos, entre ellos, PIGARS, PMRS y Optimización de Rutas. Gracias a ello a finales del 2015, se contaba con un total de 21 instalaciones de disposición final en algunos lugares del país, como, Lima, Callao, Ancash, Cajamarca, Junín, Loreto, Ayacucho, Huancavelica, Huánuco, y Apurímac (Ministerio del Ambiente, 2016), sin embargo, aún falta la implementación de más instalaciones en otros puntos del país.

A nivel de la Provincia de Trujillo, la problemática se origina al carecer de programas de renovación y mantenimiento de vehículos que provocan desperfectos en la etapa de recolección y transporte de residuos sólidos, produciendo que las compactadoras presenten fallas en los neumáticos y frenos, ocasionando el incumplimiento del horario establecido y la paralización continua del servicio. De la misma manera en el distrito de Trujillo, este servicio tiene una capacidad operativa restringida, lo que conlleva a realizar más de dos viajes diarios por vehículo. En consecuencia, la flota se va deteriorando con mayor facilidad y reduce la eficacia del servicio. Por lo cual, es necesario implementar mejoras en el sistema de transporte para la recolección de los residuos sólidos municipales (Municipalidad Provincial de Trujillo, 2016).

1.2. Antecedentes

(Suleman et al., 2018), proponen en un su artículo un modelo de micro ruteo para el cantón Ibarra, Ecuador, utilizando el software ArcGIS y su complemento Network Analyst, en el cual se basaron en la cantidad de residuos que se genera por cuadra. Por lo cual establecen que de esta manera se puede obtener la cantidad de camiones y los recorridos necesarios a utilizar. Asimismo, consideraron como principal indicador el costo por tonelada al comparar el rendimiento del modelo propuesto con el actual. Sin embargo, (Zsigraiova et al., 2013) combinan la optimización de la ruta de vehículos entorno a GIS con la

programación de la recolección de residuos basado en la tasa de llenado de cada contenedor. En el cual, tuvieron como influencia las velocidades de transporte y el peso de carga sobre el consumo de combustible y la cantidad de emisiones contaminantes.

Kinobe et al. (2015) en su artículo se rigieron en optimizar la recogida de los residuos sólidos en Kampala. Por lo que, manifiestan que para mejorar la operación del vehículo se debe realizar el aumento de la capacidad operativa de los camiones, para aumentar su utilización y así reducir el tiempo y la distancia de viaje. Por eso, obtuvieron que del número total de viajes que paso de ser 82 del camión de 6 toneladas métricas, a 48 del camión de 10 toneladas métricas. Además, se redujo aún más a 27 viajes con camiones de 18 toneladas métricas, lo que supone un beneficio porcentual en términos de reducción de la distancia de viaje del 41% y el 44% respectivamente.

Por otro lado, (Alvarado & Cabrera, 2020) realizaron la optimización de las rutas de recolección de residuos sólidos municipales en el distrito Caleta de Carquín, para lo cual mencionan que emplearon una herramienta SIG. Asimismo, para el diseño de las rutas utilizaron el programa ArcGIS y su extensión Network Analyst. Por lo tanto, afirman que lograron reducir la distancia recorrida a 2.03km, con tiempo de recorrido de 84min y consumo de combustible en 1.9gal/día, logrando un ahorro de los costos anuales de 8442.72 soles. De la misma manera, Cusco & Picon (2015) consideran que con la implementación de nuevas rutas optimizadas existen opciones de mejora para reducir el tiempo de recolección, ajustar la carga laboral y reducir el gasto de combustible consiguiendo la disminución de gases de combustión.

1.3. Marco teórico

1.3.1. Bases teóricas

1.3.1.1. Recojo de residuos sólidos (variable dependiente)

Esta actividad abarca las labores de carga y transporte de los residuos a partir de las áreas de aportación hasta las estaciones de transferencia, botadero o lugar de tratamiento para continuar con su posterior manejo. Cabe resaltar, que existen distintos tipos de métodos de recolección, tales como, el método de esquina, el cual es el más económico, y los usuarios solo llevan sus residuos hacia el vehículo recolector. En el método de Acera, el personal operario recoge los recipientes con residuos de la acera que han sido colocados por los usuarios, para luego trasladarlos a las compactadoras. El método de contenedores es el más apto en situaciones de gran cantidad de residuos o de difícil acceso, presentándose estos casos, en su mayoría en, centros comerciales, tiendas, mercados (Vives & Galvéz, 2018).

Por ello, para esta variable independiente consideró como **dimensiones** al recorrido actual de las rutas, costos de operación y emisiones de los vehículos, las cuales ayudaran a determinar los indicadores necesarios para el desarrollo del análisis. Por otro lado, una de las formas para asegurar un mejor desempeño en la recolección de residuos sólidos es optimizar la ruta por la cual circulan los vehículos recolectores.

1.3.1.2. Optimización de rutas (variable independiente)

El optimizar una ruta comprende aquellas acciones que contribuyan a una eficiente gestión de residuos sólidos, en la etapa de recolección y transporte, en base a una planificación y definición de rutas para el servicio de recolección. El enrutamiento de la recolección de residuos es uno de los componentes esenciales en la gestión de residuos, puesto que tiene importantes implicaciones comerciales, sociales y ambientales. Asimismo, repercute tanto en los costos operativos, como en la ciudadanía, a causa de la contaminación en el parque automotor, los impactos negativos sobre la salud y el medio ambiente. Por ello, la optimización de las rutas, amenoran los costos, tiempos, distancias, y parámetros

relevantes relacionados a la contaminación provocada (Carrasco & Díaz, 2017).

Por otro lado, una de las formas para asegurar un mejor desempeño en la recolección de residuos sólidos es optimizar la ruta por la cual circulan los vehículos recolectores. Por ello, para esta variable dependiente se consideró como **dimensiones** a la frecuencia de recolección y cantidad de residuos recolectados, las cuales ayudaran a determinar los indicadores necesarios para el desarrollo del análisis.

1.3.1.3. Sistemas de Información Geográfica

Para la creación de **las rutas de recolección**, se requiere una gran cantidad de datos espaciales que hacen posible el uso de nuevas tecnologías como son los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Este último, es capaz de proveer un manejo, visualización y operación efectiva de información geográfica y espacial. La herramienta SIG, desempeña un papel relevante para resolver distintos tipos de problemas de ingeniería y gestión en la ubicación de los sitios de eliminación de residuos, permitiendo el desarrollo de un modelo multiobjetivo para el enrutamiento y programación de vehículos recolectores para un adecuado sistema de gestión de residuos, como la reducción del tiempo de viaje, el costo de selección del lugar y proporciona un banco de datos para el monitoreo a futuro. (Hoang Son, 2014)

1.3.1.4. Extension Network Analyst - Herramienta New Vehicle Routing Problem

En la mayoría de los casos se precisa el **uso en el software ArcGIS** con la extensión de la herramienta Network Analyst, mediante este software, las rutas se pueden calcular por medio de criterios de distancia y tiempo en los que el tiempo total de viaje es la suma del tiempo de funcionamiento del vehículo más el tiempo de carga/descarga de residuos. La construcción del modelo mediante ArcGIS Network Analyst requiere datos espaciales precisos que incluyan la ubicación de los contenedores de residuos y la información de la red

de transporte, como las direcciones de las calles, las restricciones y los giros (Hatamleh et al., 2020). Mientras que, para otros tipos de procedimientos en los cuales se requiere optimizar más de una ruta con una flota de vehículos amplia, se suele emplear la herramienta New Vehicle Routing Problem procedente de la extensión Network Analyst. Esta herramienta, facilita la reubicación de rutas perfeccionadas para un colectivo de vehículos de transporte, aportando con la disminución de costos financieros de operación, trayecto recorrido y periodo total del servicio. (Segundo & Quinatoa, 2019)

1.4. Justificación

La presente investigación, se realiza principalmente, debido a que, en el distrito de Trujillo se genera la mayor cantidad de residuos sólidos con 171.051 ton/día, y presenta el mayor número de puntos críticos a nivel distrital, esto se atribuye al mal diseño de las rutas de recolección, provocando una deficiencia en el servicio de recolección (Municipalidad Provincial de Trujillo, 2016). Frente a esto, se busca contribuir a una mejora significativa en cuanto al servicio, puesto que, al optimizar la ruta de recojo, se alcanzará una cobertura total del servicio en el distrito de Trujillo, así como, simplificar los puntos críticos y la propagación de tiraderos clandestinos de residuos.

1.5. Formulación del problema

¿Cómo el uso de SIG ayudaría en la optimización de las rutas de recojo de residuos sólidos en el distrito de Trujillo en la Zonas 1, 2, 3, Región La Libertad?

1.6. Objetivos

- **Objetivo general**

Determinar la optimización de las rutas de recojo de residuos sólidos utilizando Sistemas de Información Geográfica en las Zonas 1, 2 y 3 del distrito de Trujillo.

- **Objetivos Específicos**

Identificar las rutas actuales de recojo de residuos sólidos en el distrito de Trujillo.

Modelar nuevas rutas de recojo de residuos sólidos mediante el uso de una herramienta de ArcGIS en las Zonas 1, 2 y 3 del distrito de Trujillo.

Realizar la comparación de las rutas actuales y las nuevas rutas, en base a tiempos, distancias, costos de operación y emisiones contaminantes.

1.7. Hipótesis

Por otro lado, la hipótesis planteada señala que, los SIG permiten la optimización de las rutas de recojo de residuos sólidos en las Zonas 1, 2 y 3 del distrito de Trujillo.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Según su nivel

Se consideró que el tipo de estudio es **aplicativo**, ya que esta investigación tuvo como objetivo principal determinar la optimización de la ruta de recojo de residuos sólidos mediante el uso de una herramienta SIG en el distrito de Trujillo en la Zona 1, 2 y 3, es por eso que es considerada útil, al aprovechar diversos conceptos teóricos para dar una solución inmediata a la problemática propuesta, con referencia al sistema de recolección de residuos. (Sánchez et al., 2018). Según la planificación en la recolección de datos se entiende que es de tipo retrospectivo, ya que se solicitó la información sobre los tipos de residuos generados, la ruta actual de recojo de residuos, los tiempos y distancias ya establecidos por la municipalidad. Pues, Dagnino (2014) mencionó que el método de estudio retrospectivo se refiere a que los datos se consideran hechos ya ocurridos. Además, vendría a ser prospectivo dado que a partir de la información obtenida se procedió con el desarrollo del estudio con respecto a la problemática. De la misma manera, el número de mediciones, se consideró de tipo transversal, por lo que, solo necesitó una sola medición en un determinado momento, con el único fin de representar las variables para su posterior análisis (Vega et al., 2021)

2.1.2. Según su enfoque

Esta investigación presentó un enfoque **cuantitativo**, ya que, Hernandez & Mendoza (2018) consideraron que la ruta cuantitativa es el enfoque apropiado cuando se requiere estimar las magnitudes u ocurrencia de sucesos y probar una hipótesis. Por lo que, en este caso, la hipótesis considerada es si la optimización de la ruta de recojo de residuos sólidos con uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) permitirá mejorar la eficiencia en el servicio de recolección en el distrito de Trujillo.

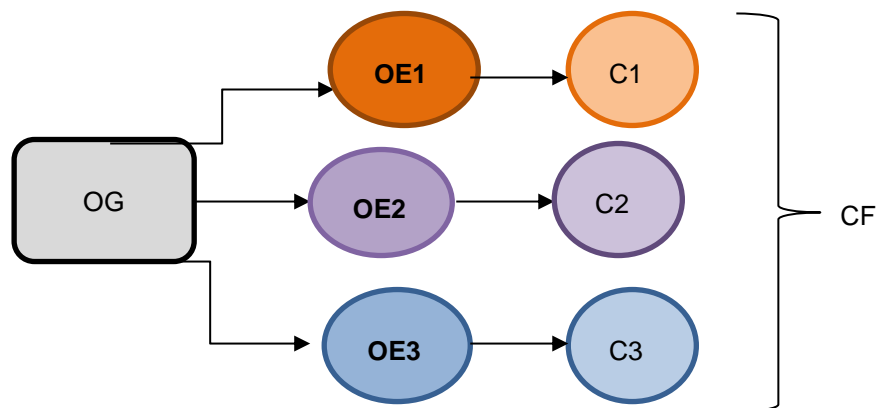
2.1.3. Según el alcance

La presente investigación es de tipo **descriptivo**, ya que se tuvo que identificar y describir la situación actual del servicio de recolección de residuos sólidos del distrito de Trujillo, para lo cual se solicitó la siguiente información. Como, por ejemplo, las rutas actuales del servicio, la distancia y tiempo de recorrido de estas, y el reporte de combustible del mes de agosto 2021, la cual fue solicitada al Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo – SEGAT. Lo que concuerda, Narváez & Villegas (2014) que nos indican que este tipo de investigación se considera cuando se requiere describir una realidad. Además, que, mediante este tipo de investigación, que suele utilizar el método analítico se obtiene la caracterización del objeto de estudio señalando sus características y propiedades.

Asimismo, este estudio presenta un alcance de investigación **explicativo**, porque según Narváez & Villegas (2014), es aquella que tiene una relación causal; la cual no sólo se caracteriza por describir un problema, sino que intenta encontrar las causas de este. Además, mencionan que este tipo de investigación requiere la combinación de los métodos analíticos y sintéticos, que tratan de responder los porqués del objeto que se investiga. Por lo cual, lo que se busca con esta investigación es determinar si existe una relación causal entre la optimización de rutas y la recolección de residuos sólidos del distrito de Trujillo.

2.1.4. Diseño de investigación

Véase el siguiente esquema



Donde:**OG:** Objetivo General**OE:** Objetivo Especifico**C:** Conclusión**OG:** Objetivo**CF:** Conclusión Final**2.2. Población**

Gomez et al. (2016) señalaron que la **población** de estudio es un colectivo de casos, determinado, delimitado y accesible que fue parte del referente para la deliberación de la muestra que desempeña una serie de criterios establecidos. Cabe resaltar, que la población de estudio no solo se relaciona con seres humanos, sino que del mismo modo atañen a animales, expedientes, muestras biológicas, organismos, entre otros. Así pues, en la presente investigación se tomó como población a las 5 zonas del distrito de Trujillo en donde se evidencian las 13 rutas del servicio de recolección de residuos sólidos del turno mañana, proporcionadas por el registro de datos del Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo.

2.3. Muestra

Posteriormente, Hernández et al. (2014) manifestaron que la **muestra** es en esencia un subgrupo de una población. De tal modo, que es seleccionada de acuerdo con la mejor conveniencia para el estudio. Asimismo, el procedimiento no es maquinal, ni se basa en fórmulas de probabilidad. En realidad, depende de la toma de decisiones de un investigador o grupo de investigadores. Por lo que, en esta investigación, se emplearon algunos criterios de inclusión y exclusión para la identificación de la muestra. De los cuales se constituyó a las rutas del turno mañana que se encuentran dentro de las Zonas 1, 2 y 3 del distrito de Trujillo, como muestra de estudio, ya que son las más representativas de ese turno.

2.4. Técnicas y materiales

La técnica empleada para el desarrollo de esta investigación fue el análisis documentario, que permite validar las rutas existentes en el transporte de recolección de desechos, al igual que, verificar la distancia recorrida y los tiempos efectuados. De la misma forma, se utilizó los SIG para plasmar las rutas actuales, e identificar las vías por las que transita el vehículo recolector. Esta técnica, permitió trabajar con la información obtenida, realizando un análisis estadístico de los datos (Peña & Tania, 2022) describiendo los factores que suelen ser complejos durante el recojo de residuos, así como, determinar sus deficiencias en cuanto a tiempos y distancias, tomando en cuenta sus puntos críticos registrados.

Los instrumentos considerados para la investigación fueron el reporte de monitoreo de rutas, el software ArcGIS 10.8.0.12790, la extensión Network Analyst y el Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la provincia de Trujillo (PIGARS), el Microsoft Excel versión 2307. Estos instrumentos fueron claves para realizar la optimización de las rutas de recogida de residuos, estos últimos van a depender del conocimiento de las condiciones y entornos locales y las distancias con sus tiempos empleados en cada recorrido, para que tanto, los operarios, como los camiones recolectores se manejen con eficacia (Malakahmad et al., 2014).

2.5. Procedimiento de tratamiento y análisis de datos

Para el procedimiento de análisis de información, se consideró describir el desarrollo para el análisis de la Zona 1, ya que lo mismo es aplicable para la Zona 2 y 3. Dentro de ello, el primer paso se realizó con la *descarga de redes viales*, mediante la instalación del Software QGIS Versión 3.4 de 64 bits. Una vez realizado, nos dirigimos a la barra de menú para dar clic en “Complementos” y digitalizamos “QuickMapService” así se instalará el primer complemento, lo mismo se ejecuta para añadir el segundo complemento “OSMDownloader” que aparecerá en la barra de herramientas. A su vez en ArcMap se creó un shapefile de tipo polígono llamado “Limite de estudio” que contemple al área de interés demandado. En el

entorno de QGIS se añadió la capa vectorial “Limite de Estudio”, y se cargó el mapa base haciendo clic en la herramienta instalada anteriormente QuickMapService y luego en OSM Estándar.

Para generar las redes viales, se hizo clic en la herramienta “OSMDownloader”, y apareció una herramienta para la creación de un elemento rectangular, haciendo un clic sostenido se cubrió toda el área de interés y se soltó el clic para el cierre, en seguida se guardó el archivo con nombre “OSM”. Esta última capa creada “OSM”, se ingresó al entorno de QGIS, de lo cual surgió una ventana para seleccionar el tipo de elemento requerido, en este caso se seleccionó los elementos de tipo línea, de ello, surgió una nueva capa “OSM lines”. Para el reconocimiento de esta última capa “OSM lines” en Arcmap y la continuación de la data, se exportó como Archivo Shape ESRI, y se le asignó la ruta de salida como “Zona 1”.

A continuación, para la extracción de solo los segmentos viales correspondientes al área de interés delimitada por la capa “Limite de Estudio”, se procedió a hacer clic en menú Vectorial, Herramientas de geoprosesos y luego clic en Cortar, en donde se asignó la capa de entrada “Zona 1”, la capa de superposición “Limite de estudio”, y se guardó el archivo como “Zona 1-1.”. Una vez que se tuvo el archivo recortado, la capa creada se exportó nuevamente como Shape ESRI a nombre de “Vias – Zona1” y se le asignó el sistema de coordenadas del código 32717 para el sistema de referencia WGS_1984_UTM_Zone_17S. De esta manera, obtuvimos las redes viales proyectadas y recortadas correspondientes al área de interés de la Zona 1.

Como segundo paso, se ejecutó la *edición de la capa* “Vias – Zona1”, para ello, se añadió la capa “Vias – Zona1” al entorno de Arcmap, se aperturó la tabla de atributos, corroborando datos innecesarios, los cuales fueron eliminados haciendo uso de Arctoolbox, clic en Data Management Tools, clic en Fields y en la herramienta Delete Field, en la ventana que emerge, se seleccionó la capa “Zona 1-VIAS”, de lo cual se muestran todos los campos, seleccionando para eliminar todo a excepción de los campos “Name” y “Highway”, y se

ejecutó la herramienta. Al instante, se abrió la Tabla de Atributos, e hicimos clic en Select by Atributtes, donde se construyó la expresión “Name” = “ “ AND “Highway” = “ ”, se aplicó y automáticamente se seleccionaron todos los datos que no contienen información. Para eliminar estos datos, seleccionamos la ventana Editor, clic en Start Editing y luego en Delete Select, para guardar lo realizado, hacemos clic en Save Editing y luego Stop Editing.

Nuevamente, en Select by Atributtes, se construyó la expresión, “highway” < > ‘primary’ AND “highway” < > ‘primary-link’ AND “highway” < > ‘secondary AND “highway” < > ‘secondary-link’ AND “highway” < > ‘residential’ AND “highway” < > ‘tertiary’ AND “highway” < > ‘tertiary-link’, se aplicó la selección, y los elementos selectos se eliminan. Asimismo, se visualizó que hay segmentos que sobrepasan el área de estudio para lo cual nos ayudamos de la herramienta Split Tool, para recortar el eje y suprimir los elementos que se encuentran fuera del rango requerido, por último, para guardar lo ejecutado, se dirige a Editor, clic en Save Editing y clic en Stop Editing.

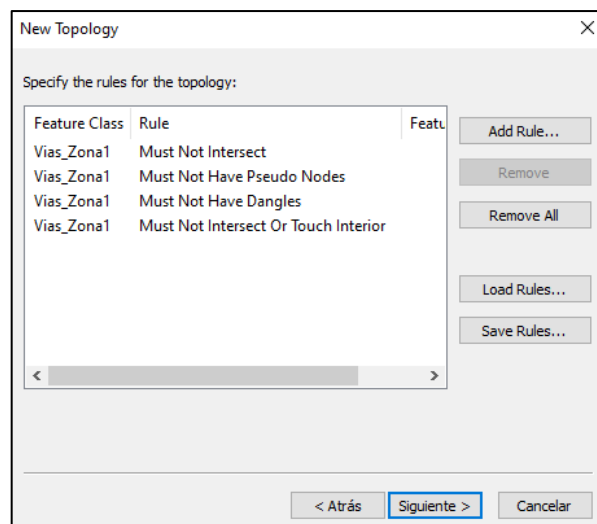
En el tercer paso, se efectuó la *Topología de Redes*, con el propósito de corregir los errores que aparecen en la capa de “Zona 1 – VIAS”, nos dirigimos a la ventana Catalog, creándose un Personal Geodatabase con nombre “VIAS_ZONA 1”, dentro de este, se creó el feature dataset con nombre “ZONA 1” y asignando el sistema de referencia WGS 1984 UTM Zona 17S, luego para importar la capa “Vias – Zona1” como feature class, hicimos clic derecho en el feature dataset “ZONA 1”, clic en Import, y clic en Feature class (single), de cual emergió una ventana para cargar la capa “Vias – Zona1”, y asignar un nombre al feature class creado, el cual se tomó como “Vias – Zona1”. (Ver Anexo 1.)

Después, nos posicionamos sobre el feature dataset, haciendo clic derecho en New y clic en Topology, de donde emergió una ventana para asignarle un nombre, el cual por defecto fue “Zona 1 – Topology”, así también, se cargó la última capa creada a la ventana y se estableció reglas topológicas tales como “Must Not Intersect or Touch Interior”, “Must Not Intersect”, “Must Not Have Pseudo Nodes” y “Must Not Have Dangles”, de lo cual se

creó la capa “Zona 1 – Topology”. De lo resultante, se cargó la capa “Zona 1 – Topology” al entorno de visualización del programa, apareciendo los errores de acuerdo con las reglas aplicadas, con la herramienta Editor, Star Editing se inició la edición, para luego abrir la ventana Error Inspector y corregirse los errores de acuerdo de los segmentos viales respecto al tipo de regla, una vez realizado, con la herramienta Editor, Save Editing se guarda la edición y por último con Stop Editing se detiene la edición.

Figura 1.

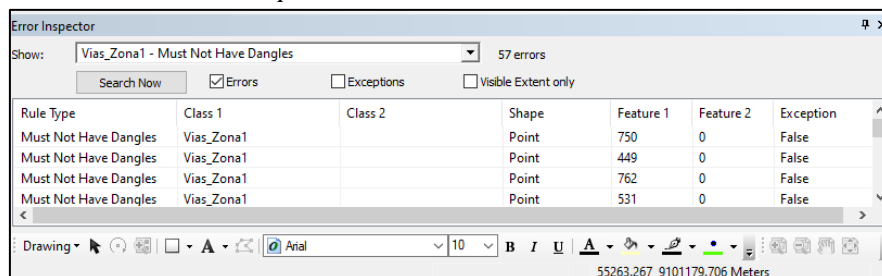
Herramienta New Topology



Nota. Figura obtenida del programa ArcGIS, ventana emergente de la herramienta New Topology.

Figura 2.

Herramienta Error Inspector

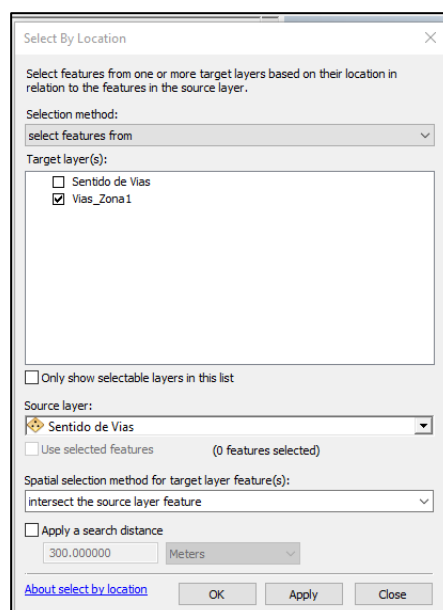


Nota. Figura obtenida del programa ArcGIS, en la ventana se pueden visualizar los errores marcados por la herramienta Error Inspector.

El cuarto paso, se basó en la *creación del campo de sentido de vías*, para identificar

las direcciones de recorrido que se realiza en cada segmento de red. Esto se trabajó con el feature class “Vias – Zona1”, se cargó el mapa base, se creó un shapefile de tipo point con nombre “Sentido de vías”, ubicados en cada red de doble sentido. Luego, se añadió el campo de tipo text ONEWAY en la tabla de atributos de la capa “Vias – Zona1”. Después, se utilizó la herramienta Select by Location, en la cual seleccionamos la capa “Zona 1_Vias FC y asignamos en source layer “Sentido de vías”, de lo cual destacaron todos los segmentos de red que se pueden transitar en ambas direcciones. Por tanto, se inició con la edición en el Campo Oneway, inscribiéndose “BI” para los elementos seleccionados, luego se invirtió la selección con la herramienta Switch Selection, ingresando FT en los restantes, que fueron los segmentos que se pueden transitar en una sola dirección, teniendo el campo Oneway rellenado en su totalidad.

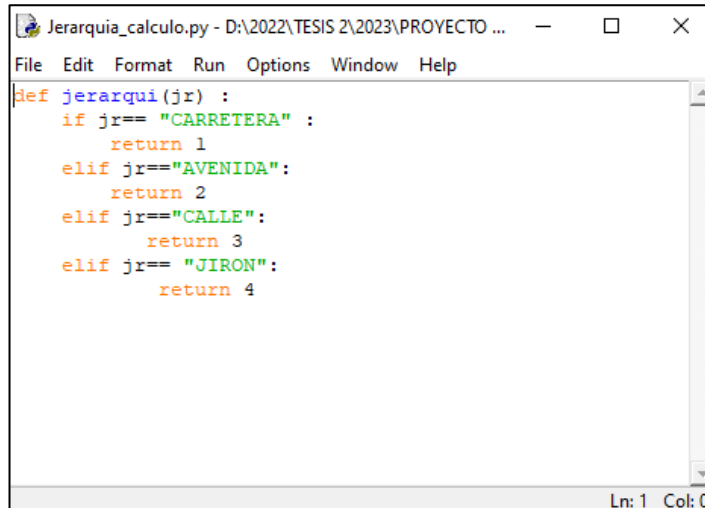
Figura 3.
Herramienta Select by Location



Nota. Elementos seleccionados a partir de la Herramienta Select by Location.

En la misma capa “Vias – Zona1”, se adiciona el campo CATEGORIA, de tipo Text, y longitud de 20, este campo se rellenó a partir del campo Name, utilizando la expresión [name] LIKE “Avenida*” en Select by Attributes, seleccionándose todas las filas que cuenten con este término preliminar, inmediatamente se inició con la edición de la capa, y en el campo CATEGORIA se hizo uso de la herramienta Field Calculator para que en los elementos marcados se inserte “Avenida”. Seguido de esto, para insertar la expresión “Calle”, se aplicó la misma sistemática, al igual que para la expresión “Jirones”, cambiando el enunciado según el término que se deseó ingresar, habiendo rellenado el campo CATEGORIA en su totalidad, se guardó y detuvo la edición.

En el quinto paso, se hizo el *calculó del campo Jerarquía y Minutos* del feature class “Vias – Zona1” **Figura 4.** utilizando Python. *Programa IDLE Python* Primero, se abrió el entorno de Arcmap, se agregó el campo JERARQUIA, de tipo Double, se inició la edición y con la herramienta Field Calculator, se activó Python, para generar el código se hizo uso del programa IDLE Python que ya viene instalado con el software ArcGis 10.8, una vez allí, en File se abrió una nueva ventana, y se definió la siguiente función mostrada en la Figura 4, y se guardó con nombre “Jerarquía_calculo”.



```

def jerarquía(jr) :
    if jr== "CARRETERA" :
        return 1
    elif jr=="AVENIDA":
        return 2
    elif jr=="CALLE":
        return 3
    elif jr== "JIRON":
        return 4

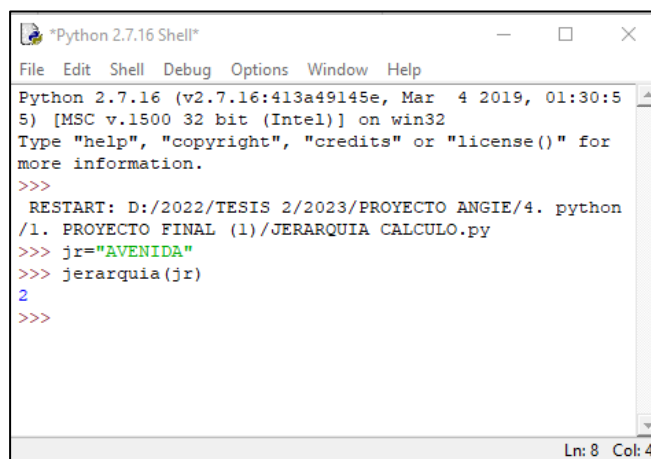
```

Nota. Fórmula creada para el cálculo de Jerarquía en el Programa IDLE Python.

Para la verificación del código generado, nos dirigimos a la opción Run, Run Module y se abrió una nueva ventana en la que se digitalizó la función jr = "AVENIDA" jerarquía (jr), luego clic en Enter y si retorna el valor de jerarquía respectivo a la función digitalizada anteriormente , entonces, es válido decir que el código generado es correcto y puede ser utilizado para el cálculo del campo JERARQUIA.

Figura 5.

Programa IDLE Python



```

Python 2.7.16 Shell
File Edit Shell Debug Options Window Help
Python 2.7.16 (v2.7.16:413a49145e, Mar  4 2019, 01:30:5
5) [MSC v.1500 32 bit (Intel)] on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license()" for
more information.
>>>
RESTART: D:/2022/TESIS 2/2023/PROYECTO ANGIE/4. python
/1. PROYECTO FINAL (1)/JERARQUIA CALCULO.py
>>> jr="AVENIDA"
>>> jerarquía(jr)
2
>>>

```

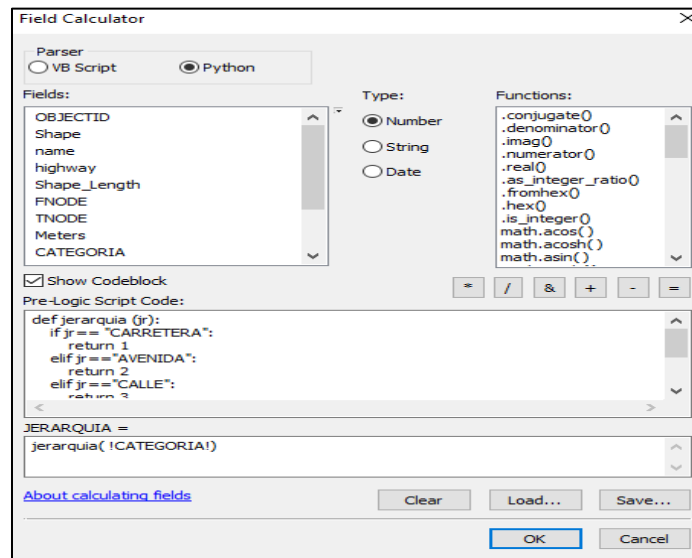
Nota. Fórmula creada para la comprobación del correcto cálculo de Jerarquía en el Programa IDLE Python.

Ahora bien, en la Herramienta Field Calculator, activamos la opción Show Code Block, procedemos a copiar y pegar el código anterior en la sección Pre-Logic Script Code

y en la otra sección de JERARQUIA se asignó la función “jerarquía (!CATEGORIA!)”, generándose automáticamente el número de Jerarquía en cada segmento de red, luego guardamos la edición y se detuvo para finalizar.

Figura 6.

Herramienta Field Calculator

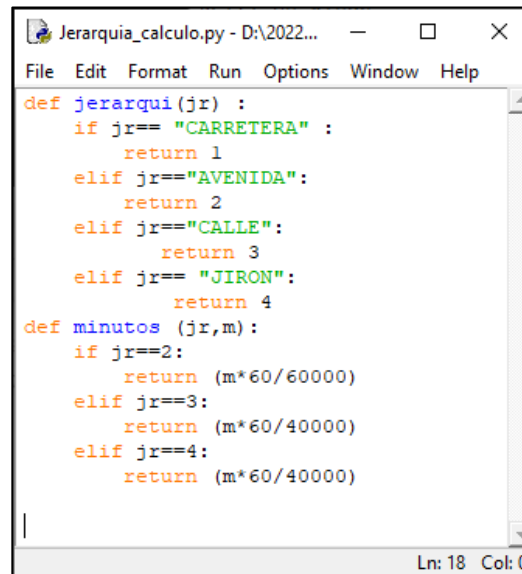


Nota. Fórmula creada en IDLE Python insertada en Field Calculator para el cálculo de Jerarquía.

Segundo, para calcular el campo minutos trabajamos con la misma sistemática de Python, primero creamos 2 campos de tipo Double, siendo estos “FT_MINUTES” y “TF_MINUTES”, y en Field Calculator, activamos la opción de python, seguidamente abrimos el archivo generado en la sección anterior “Jerarquía_calculo” en IDLE Python, en el cual procedemos a añadir el siguiente código mostrado en la Figura 7.

Figura 7.

Programa IDLE Python



```

def jerarqui(jr) :
    if jr=="CARRETERA" :
        return 1
    elif jr=="AVENIDA":
        return 2
    elif jr=="CALLE":
        return 3
    elif jr=="JIRON":
        return 4
def minutos (jr,m):
    if jr==2:
        return (m*60/60000)
    elif jr==3:
        return (m*60/40000)
    elif jr==4:
        return (m*60/40000)

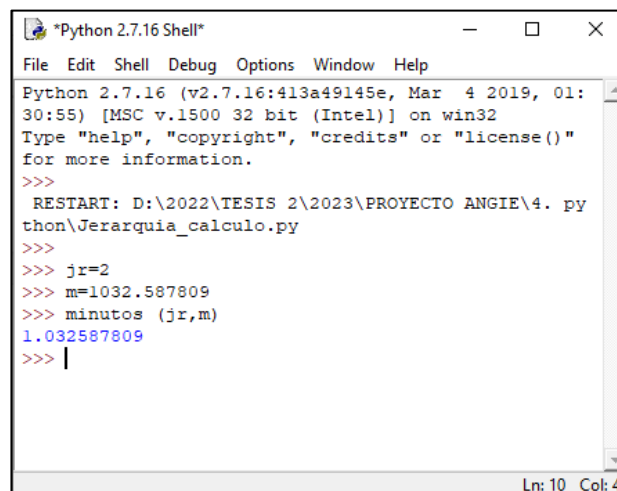
```

Nota. Fórmula creada para el cálculo de Minutos en el Programa IDLE Python.

Para la siguiente verificación del nuevo código generado, nos dirigimos a la opción Run, Run Module y abrimos una nueva ventana en la que se registró la función mostrada en la Figura 8. Luego damos un Enter y arrojó un dato numérico, el cual comprobamos que era correcto de acuerdo con la formula digitalizada, entonces, es conveniente decir que el código generado fue correcto, por lo tanto, el mismo fue empleado para el cálculo del campo FT_MINUTES y TF MINUTES.

Figura 8.

Programa IDLE Python



```

Python 2.7.16 Shell
File Edit Shell Debug Options Window Help
Python 2.7.16 (v2.7.16:413a49145e, Mar 4 2019, 01:30:55) [MSC v.1500 32 bit (Intel)] on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>>
RESTART: D:\2022\TESIS 2\2023\PROYECTO ANGIE\4. py
thon\Jerarquia_calculo.py
>>>
>>> jr=2
>>> m=1032.587809
>>> minutos (jr,m)
1.032587809
>>> |

```

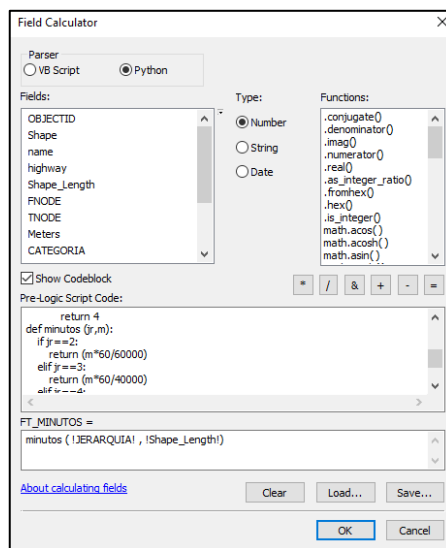
Nota. Fórmula creada para la comprobación del correcto cálculo de Minutos en el Programa IDLE Python.

Para finalizar, en el campo FT_MINUTES, con la herramienta Field Calculator

copiamos y pegamos el código validado correctamente, y en la sección FT_MINUTES añadimos la expresión “minutos (!JERARQUIA!, !Shape Lenght!)” , así automáticamente se generarán los cálculos de los minutos para cada segmento de red del campo FT_MINUTES, se guardó y detuvo la edición. Lo mismo ejecutamos para el campo de TF_MINUTES, para obtener los datos numéricos de las redes en su totalidad

Figura 9.

Herramienta Field Calculator



Nota. Fórmula creada en IDLE Python insertada en Field Calculator para el cálculo de Minutos.

Teniendo el feature class “Vias – Zonal”, con todos los atributos necesarios, continuamos con el sexto paso de la *creación del Network Dataset*. Para ello, primero se verificó si la herramienta Network Analyst se encontraba activa, una vez confirmado esto nos dirigimos a la ventana de Catalog, al feature dataset “ZONA 1”, clic derecho en New, New Network Dataset, de lo cual nos emergió una ventana, en la cual solicitó colocar el nombre de la capa, colocando “Zona 1_ND”, en la siguiente ventana seleccionamos la capa involucrada “Vias – Zonal1” . Sucesivamente en la posterior ventana emergente, examinó si requerimos formar los giros prohibidos, a lo cual se seleccionó que sí, clic en siguiente y en conectividad, aquí seleccionamos que las uniones se aparezcan al final (EndPoint) de cada segmento de línea establecido, le damos clic en aceptar y en continuar.

Luego para la modelación de elevación de entidades de la red, procedimos a colocarle los campos de FNODE Y TNODE que se crearon en la capa involucrada. En la consecutiva ventana observamos los campos instituidos y añadimos una nueva opción de análisis, haciendo clic en Add y en Name escribimos “Hierarchy” y en tipo de uso seleccionamos Hierarchy le damos en aceptar y seleccionamos el campo creado y fuimos a la opción “Evaluators”, nos emergió una ventana en la cual nos pidió colocar el Tipo y Valor de la fuente, en la cual primero se asignó Field y “JERARQUIA” respectivamente, le damos aplicar y aceptamos.

Dejamos la siguiente ventana por defecto, y apareció otra ventana, le damos clic en Indicaciones, nos emergió otra ventana con las propiedades de la red, en configuraciones cambiamos las unidades de “muestra unidades de Longitud” por metros y en la sección de “campos de nombre de calle”, en el campo Nombre y seleccionamos “Name”, le dimos clic en aplicar y aceptar. En la siguiente ventana lo dejamos por defecto y en la última ventana que aparece le dimos en finalizar, creando así, el Network Dataset “Zona_1_ND”.

El séptimo paso, se centró en la *creación de la capa de giros prohibidos*, esto nos ayuda a modelar un movimiento de elemento de un borde a otro, en el cual podemos modelar giros en U, giros a la derecha y giros a la izquierda. Para esto, cargamos al entorno de Arcmap, la capa “Zona_1_ND”, en seguida, nos dirigimos a ArcToolbox, damos clic a la sección Network Analyst Tools, Turn Feature Class y utilizamos la herramienta Create Turn Feature Class, de lo cual emerge una ventana, en la cual asignamos como ruta de salida el feature dataset “ZONA 1”, lo nombramos “Giros_Prohibidos”, ingresamos el número máximo de bordes 5, en la siguiente opción fijamos el Network Dataset “Zona_1_ND”, luego asignamos el sistema de coordenadas WGS_1984_UTM_Zone_18S y por último ejecutamos la herramienta. (Ver Anexo 2)

Habiéndose creado la capa “Giros_Prohibidos”, lo añadimos al entorno de Arcmap

el feature class “Vías – Zona1”, simbolizamos esta capa por categoría a partir del campo Oneway, determinando los segmentos de red BI de un color verde y los segmentos de red FT una simbología de tipo Arrow at End, damos clic en aplicar y aceptar. Ahora, en la capa de “Giros_prohibidos”, asignamos una simbología de tipo Arrow at End de color rojo, para iniciar con la creación de los elementos de giro, damos clic en iniciar edición y establecemos los giros prohibidos en los segmentos de red que se cruzan, luego de fijar todos los giros, procedemos a guardar y finalizar la edición. Después, visualizamos la tabla de atributos de la capa, y verificamos los datos llenados gracias a la herramienta previamente utilizada.

Los elementos de giro creados defienden una función dentro del Network Dataset “Zona_1_ND”, para lo cual, damos clic derecho en la capa, Propiedades, en la pestaña de Atributos agregamos una nueva opción de análisis, llamado Giros_Prohibidos, de tipo Restricción y damos clic en Aceptar, seguidamente, seleccionamos la opción de Evaluators y en la capa de giros establecemos el tipo Constante y el valor Usar Restricción, aplicamos y presionamos en aceptar. Para adaptar el cambio realizado, hacemos clic derecho en el Network Dataset y seleccionamos la opción de Build, de esta manera, la capa “Zona_1_ND”, ya contiene las restricciones de giros en los segmentos de red digitalizados.

El octavo paso, constituye en el *cálculo y asignación de las paradas*. De lo cual, el resultado del cálculo de paradas se consideró como un número máximo de paradas que debe realizar cada camión recolector por sector, así también, esta cifra será empleada posteriormente dentro del análisis en ArcMap para indicar el factor de MaxOrderCount. Primero, para ejecutar el cálculo empleamos la fórmula descrita en la metodología de Aguilar & Zambrano (2015), mostrada a continuación, de lo cual nos resulta un valor límite en cada sector de la Zona 1.

Ecuación 1.

Calculo de paradas requeridas

$$N=W_D*D/(V*\rho*\epsilon)$$

Donde:

N: número de contenedores

W_D : cantidad promedio generada en kg/d

D: número de días de generación por semana

V: volumen en m³ del contenedor propuesto (2.5 m³)

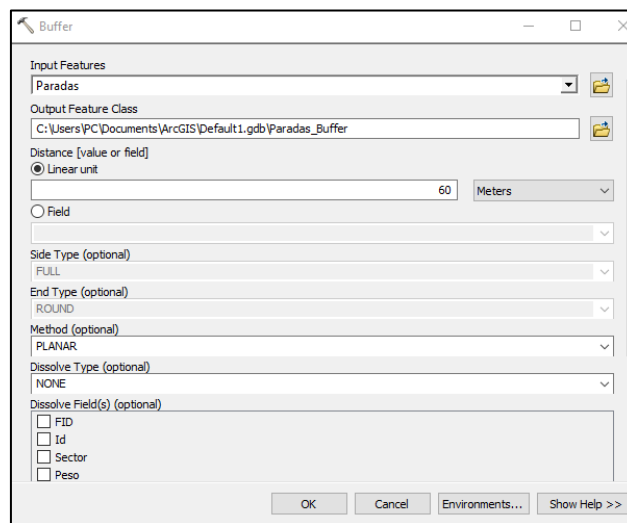
ρ : densidad de los RSU

ϵ : coeficiente de llenado (0.8)

Seguidamente, para la asignación de las paradas, se consideró la metodología de Chalkias & Lasaridi (2009) la cual sugiere el uso de la Herramienta Buffer con un radio de 60 metros, tomándose como una referencia, para reducir el desplazamiento de los ciudadanos y facilitar el depósito sus residuos sólidos. Para ello, en el entorno de Arcmap, cargamos tanto la capa “Vías - Zona1” como el mapa base, acto seguido, creamos un shapefile de tipo punto y lo llamamos “Paradas”, luego iniciamos con la edición y vamos insertando los puntos en cada esquina de las calles preferentemente, terminando la asignación de los puntos, guardamos y detenemos la edición. Luego, utilizamos la Herramienta Geoprocessing y damos clic en Buffer, de lo cual emerge una ventana, cargamos la capa “Paradas”, colocamos una distancia de 60 metros y dejamos el nombre por defecto “Paradas_Buffer”, damos clic en aceptar, y se genera de forma automática el buffer de cada parada colocada.

Figura 10.

Herramienta Buffer



Nota. Creación de los buffers a partir de la capa paradas.

Posteriormente, creamos un shapefile de tipo punto, el cual llamamos “DEPOSITO”, y lo ubicamos en la zona inicial de la salida de los vehículos recolectores, ya creado, lo cargamos al entorno del programa.

El noveno y último paso, se ajusta a la *creación de las rutas*, a esos efectos, nos dirigimos al entorno de ArcMap, a la barra de herramientas Network Analyst y procedemos a cargar la opción New Vehicle Routing Problem, automáticamente los elementos que conforman este análisis se muestran en la tabla de contenido y también en la ventana del Network Analyst. En seguida, en la sección de Orders, damos clic derecho en Load Location, en la ventana que emerge cargamos la capa “Paradas”, en la siguiente sección Name asignamos el campo “Nombre”, en Service Time el campo “T_servicio”, en TimeWindowStar1 digitamos 05:00, en TimeWindowEnd1 digitamos 15:00, siendo el periodo de tiempo que trabaja cada camión recolector, en MaxViolationTime1 digitamos 0 y en DeliveryQuantities asignamos el campo de “Peso”, finalizamos y damos clic en Aceptar.

Para cargar capas en Depots, hacemos clic derecho en el mismo, en Load Location y cargamos la capa “DEPOSITO”, en la sección de Nombre asignamos el campo “Nombre”, en TimeWindowStar1 digitamos 05:00, en TimeWindowEnd1 digitamos 15:00, damos clic en aceptar y tendríamos cargado el depósito.

Ahora para la asignación de las rutas de los vehículos, en la ventana del Network Analyst hacemos clic derecho en Route, clic propiedades, de lo cual emerge una ventana para añadir los parámetros de la ruta, en la opción Name asignamos el nombre de “Ruta_1”, en el punto de inicio y fin fijamos la capa “DEPOSITO”, en tiempo del servicio colocamos 10 min, que será el tiempo necesario para acondicionamiento del personal técnico y el vehículo recolector, en la opción de tiempo de inicio digitamos 05:00, en capacidad ingresamos 15000 que es la capacidad en kg del vehículo, en costo por unidad por tiempo se definió en 0.4, en el costo por unidad por distancia ingresamos 0.1, en MaxOrdenCount, se toma como la cantidad máxima de paradas que puede haber por ruta y por último en MaxTotalTime, se define el número 480, damos clic en aceptar, y tendremos una ruta creada.

De la ruta creada, copiamos y pegamos en la sección Route, de tal manera, que creamos la cantidad de rutas necesarias por los sectores existentes, y cambiamos el nombre según el número de Ruta. Seguidamente, nos dirigimos a las propiedades de la ruta para asignar los parámetros de análisis, en el campo de atributos de tiempo asignamos Minutos y el atributo de distancia será Metros, elegimos un día de la semana, los giros en U dejamos en permitidos, aplicamos, aceptamos y ejecutamos el análisis de ruta mediante la herramienta Solve, finalizando con el resultado una ruta independiente para cada sector.

Por último, con respecto a las consideraciones éticas tomadas en cuenta en el desarrollo de la investigación, para obtener los datos y determinar la validez y la confiabilidad de estos, los datos trabajados fueron brindados por el Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo (SEGAT), encontrándose avalados por la Municipalidad Provincial de Trujillo. Todas las fuentes manejadas a lo largo del estudio fueron citadas correctamente, prevaleciendo el reconocimiento de los diversos investigadores. Los autores se comprometen al uso correcto de la información solamente para fines académicos, cumpliendo con los principios de la investigación científica.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

O1: Identificar las rutas actuales de recojo de residuos sólidos en el distrito de Trujillo. Para esto, tomamos en cuenta la información que nos proporcionó el SEGAT de los monitoreos diarios mediante un GPS, con el cual se realizó el seguimiento a todos los camiones recolectores durante el mes de agosto 2021. Asimismo, en estos reportes se identificaron los tiempos y distancias recorridas durante el servicio, como también algunas dificultades que tuvieron durante el servicio. Según estos reportes, se identificaron 13 rutas en el turno de la mañana. Sin embargo, para el desarrollo de este estudio nos enfocamos en trabajar con solo las rutas que pasan por la Zona 1, 2 y 3, las cuales se muestran en la Tabla 1 y Figura 1.

Tabla 1.

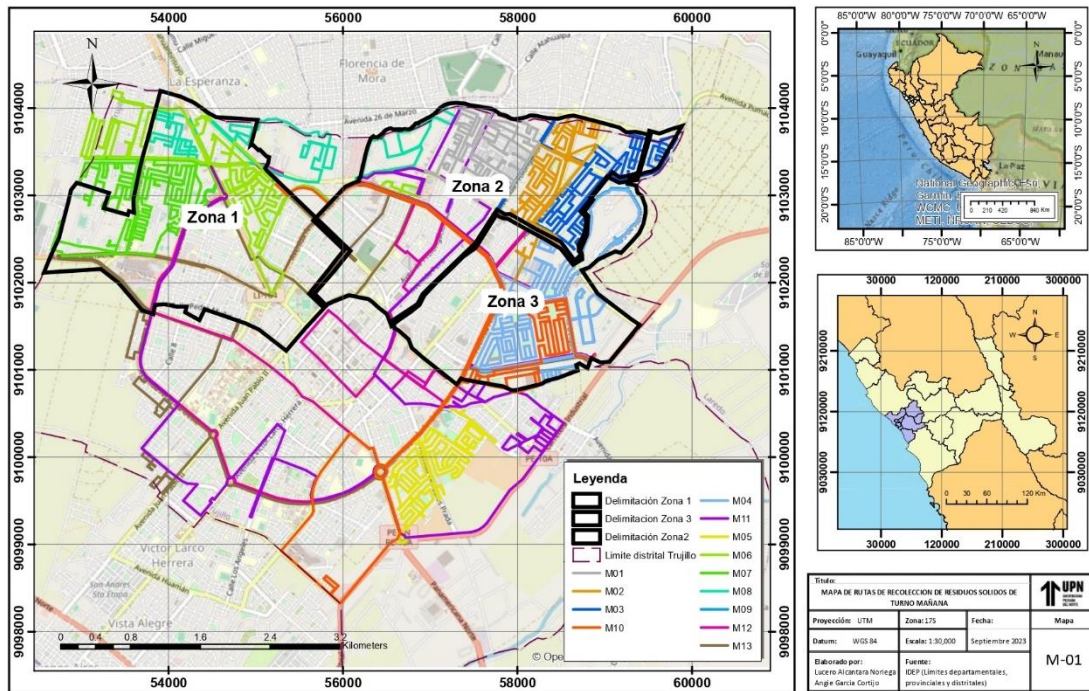
Caracterización de las rutas de recolección de residuos sólidos correspondientes a la Zona 1, 2 y 3 del distrito de Trujillo

N° de Ruta	Distancia del Servicio Promedio Diario (Km)	Tiempo del recorrido Promedio Diario (H)	Cantidad de Combustible Total Mensual (Gal.)
M – 01	53.23	07:36	55.32
M – 02	53.13	07:12	63.06
M – 03	59.45	07:44	58.32
M – 04	55.71	07:16	56.52
M – 06	61.83	07:30	64.46
M – 07	59.65	11:03	58.98
M – 08	51.16	07:11	59.46
M – 09	56.19	10:40	51.17
M – 10	61.00	06:59	60.85
M – 11	62.23	07:10	56.27
M – 12	43.13	07:43	56.89
M – 13	66.59	10:59	59.84

Nota. Datos obtenidos del Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo (SEGAT) – 2021

Figura 11.

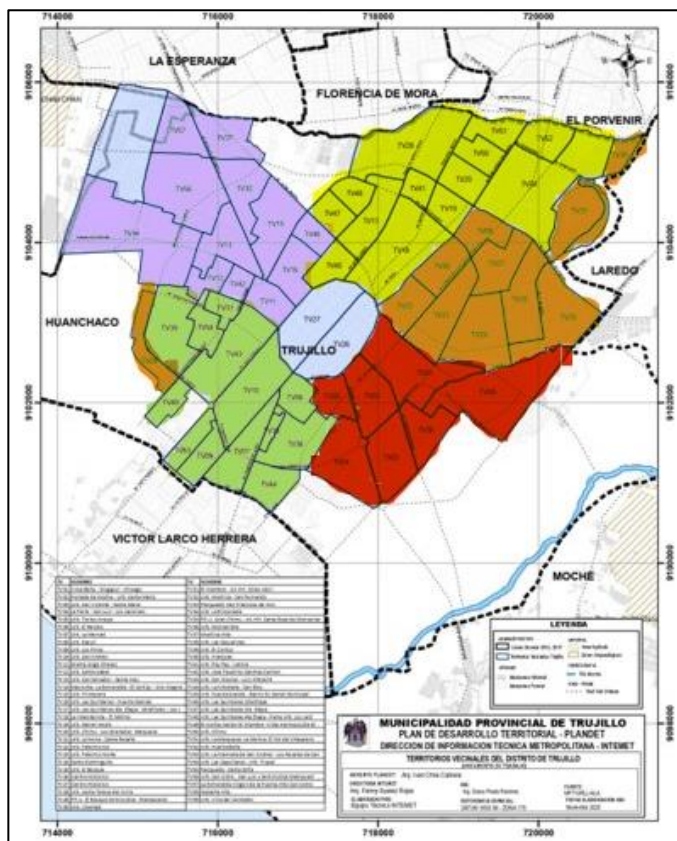
Mapa de rutas de recolección de residuos sólidos del turno mañana de la Zona 1, 2 y 3 del distrito de Trujillo.



Nota. Datos obtenidos del Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo (SEGAT) – 2021

Figura 12.

Territorios Vecinales del Distrito de Trujillo

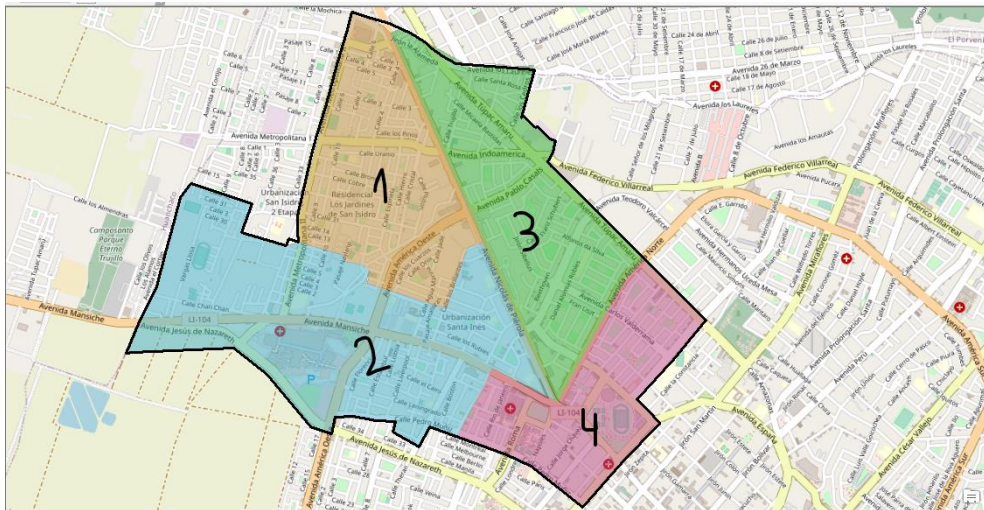


Nota. Datos obtenidos del Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo (SEGAT) – 2021

O2: Modelar nuevas rutas de recojo de residuos sólidos mediante el uso de una herramienta ArcGIS en el distrito de Trujillo en las Zonas 1, 2 y 3. Para este objetivo, se realizó la sectorización de la Zona 1, 2, 3 del distrito de Trujillo y se obtuvo como resultado que en la Zona 1 y 2 son necesarias 4 rutas y para la Zona 3, solo 3 rutas de recolección de residuos sólidos. A continuación, en la figura 13, 14 y 15 se puede apreciar la sectorización de estas zonas, en la cual se consideró que en cada sector no se sobrepase la capacidad del camión recolector 15 toneladas.

Figura 13.

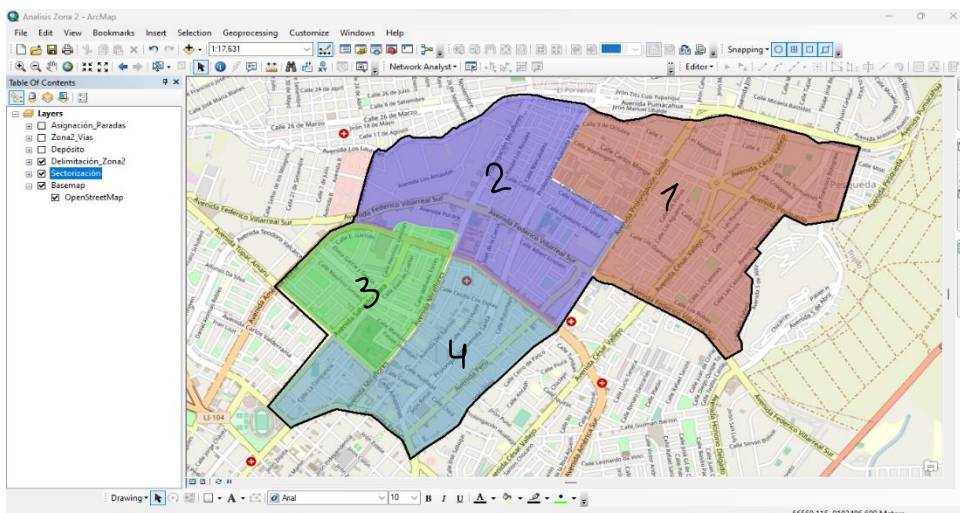
Sectorización de la Zona 1 del distrito de Trujillo



Nota. Datos generados a partir de software ArcGIS

Figura 14.

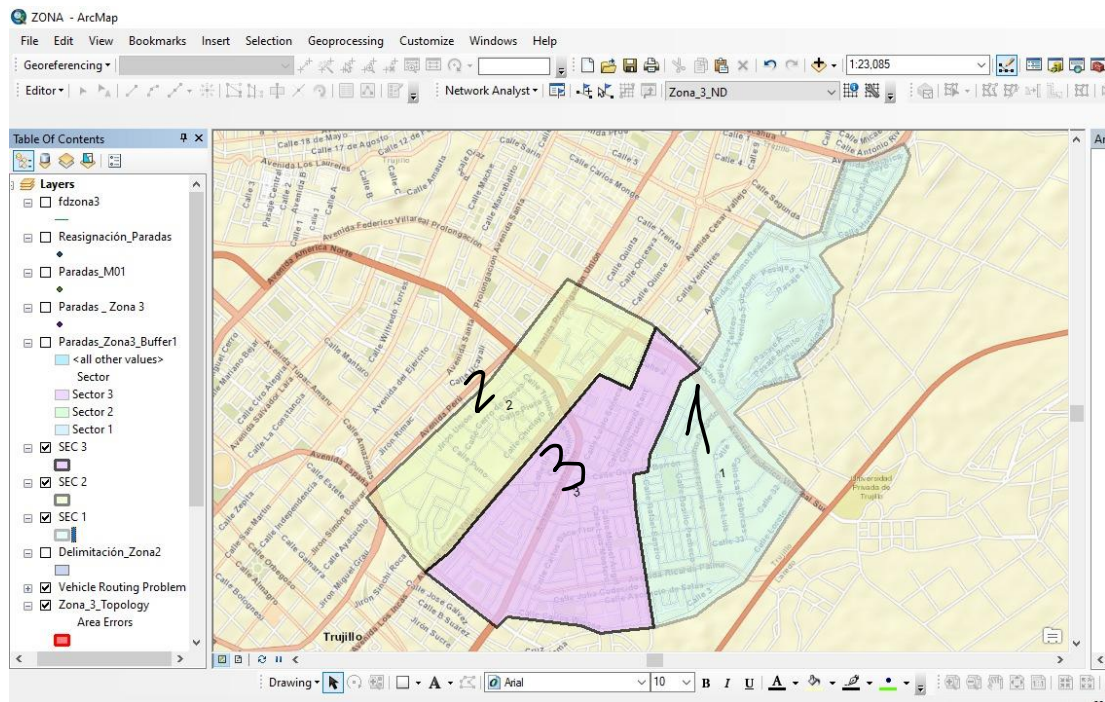
Sectorización de la Zona 2 del distrito de Trujillo



Nota. Datos generados a partir de software ArcGIS

Figura 15.

Sectorización de la Zona 3 del distrito de Trujillo



Nota. Datos generados a partir de software ArcGIS

Asimismo, se calculó el número de paradas necesarias para cada sector, en la cual se utiliza una fórmula para calcular el número de contenedores necesarios, tomando en cuenta la cantidad promedio generada de residuos sólidos, el número de días de generación por semana, el volumen en m³ del contenedor propuesto, entre otros aspectos que se detallaron en el capítulo de metodología. En la siguiente tabla, se muestra el N° de contenedores para cada sector de la Zona 1, 2 y 3, los cuales se consideraron dentro del análisis como el factor de MaxOrderCount, como el máximo de paradas que debe realizar cada camión recolector por sector.

Tabla 2.

Contenedores para cada sector de la Zona 1, 2 y 3 del distrito de Trujillo necesarios para el análisis

Zona	Sector	N° de Contenedores
Zona 1	Sector 1	188
Zona 1	Sector 2	153
Zona 1	Sector 3	132
Zona 1	Sector 4	179
Zona 2	Sector 1	129
Zona 2	Sector 2	161

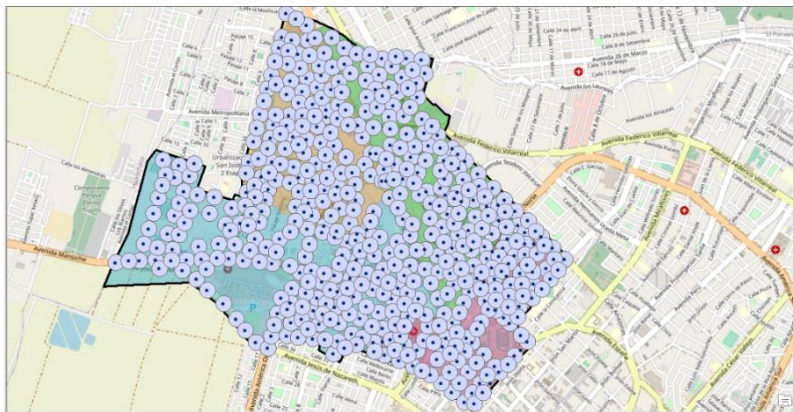
Zona 2	Sector 3	147
Zona 2	Sector 4	180
Zona 3	Sector 1	180
Zona 3	Sector 2	182
Zona 3	Sector 3	213

Nota. Datos obtenidos del cálculo realizado con ayuda de la metodología de Araiza y Zambrano (2015)

Por otro lado, con respecto a la asignación de las paradas en las figuras 16, 17 y 18 se pueden apreciar la generación de la capa Buffer de 60 metros para la Zona 1, 2 y 3. Esta herramienta se usa como referencia, para que los vecinos no tengan que caminar grandes tramos para depositar adecuadamente sus residuos sólidos.

Figura 16.

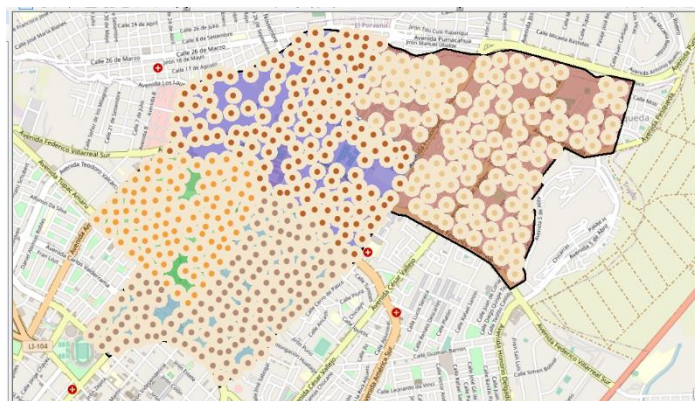
Asignación de paradas con un buffer de 60 m en la Zona 1



Nota. Datos generados a partir de software ArcGIS

Figura 17.

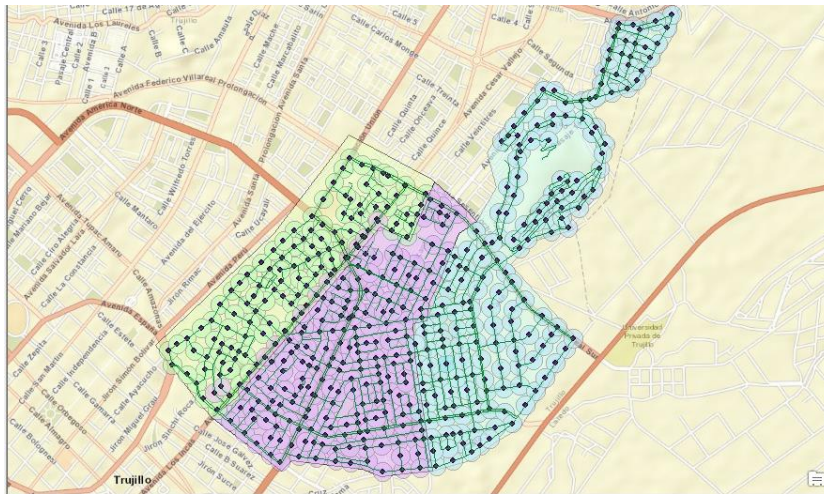
Asignación de paradas con un buffer de 60 m en la Zona 2



Nota. Datos generados a partir de software ArcGIS

Figura 18.

Asignación de paradas con un buffer de 60 m en la Zona 3

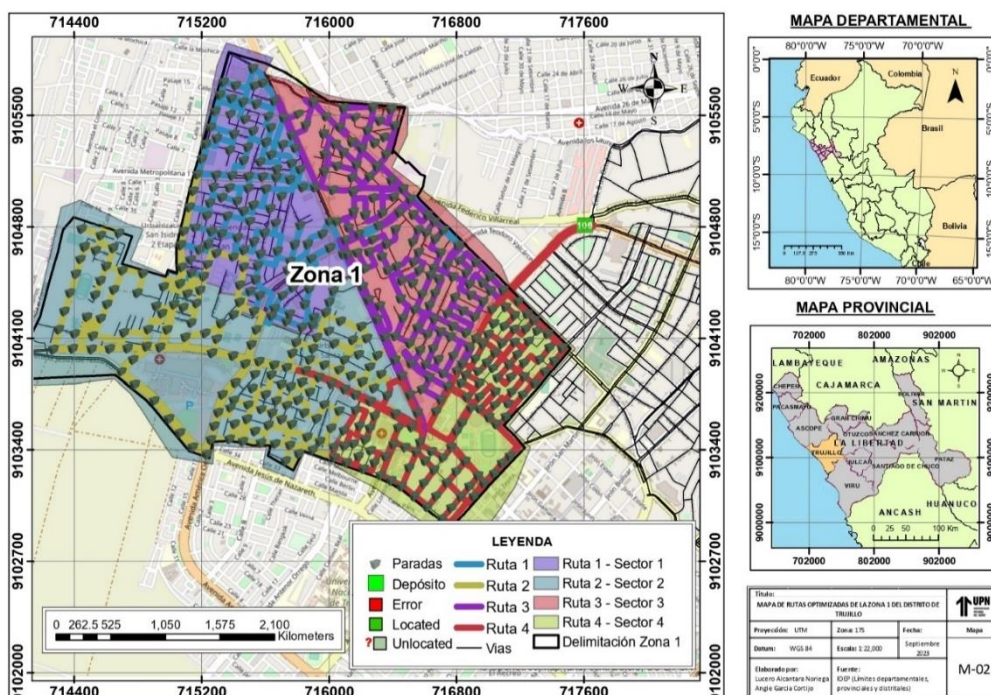


Nota. Datos generados a partir de software ArcGIS

Luego de incluir la sectorización y las paradas en el análisis, ejecutamos la herramienta Network Analyst – Vehicle Routing Problem, el cual es la herramienta adecuada cuando se tiene una flota de vehículos y se desea realizar un análisis y como resultado tenemos el modelamiento de las nuevas rutas para la Zona 1, 2 y 3 del distrito de Trujillo, en las siguientes figuras se pueden apreciar estas rutas.

Figura 19.

Mapa de rutas optimizadas de la Zona 1 del distrito de Trujillo

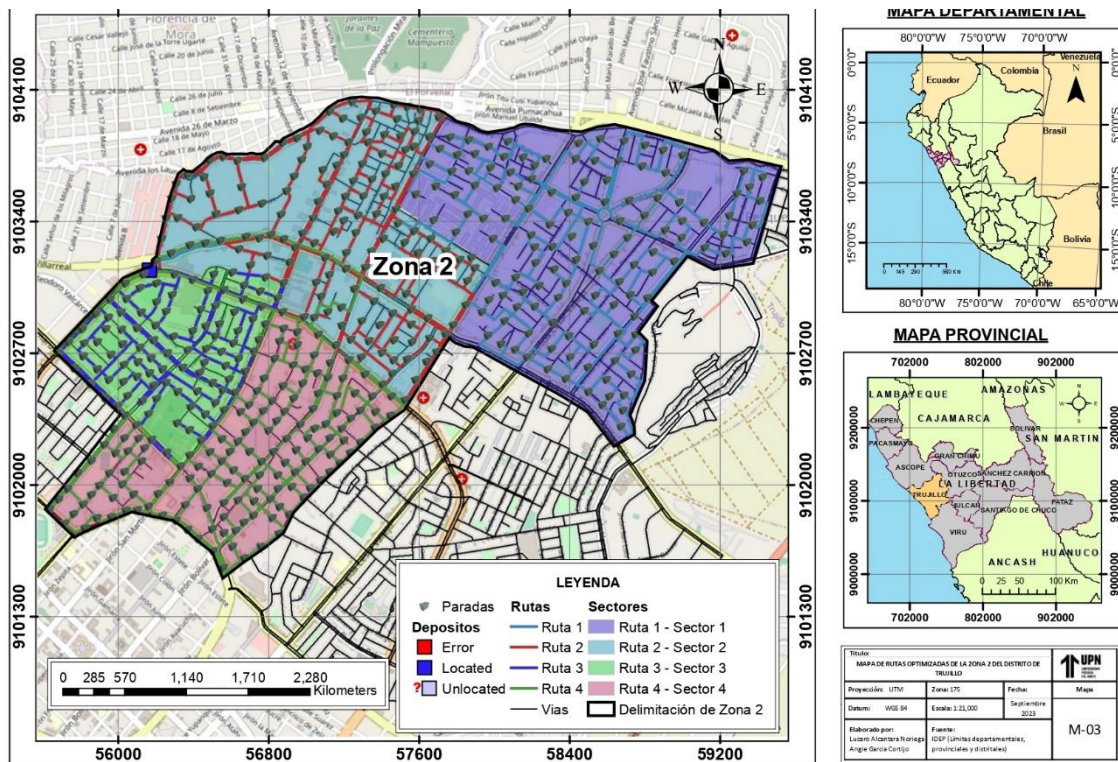


Nota. Datos generados a partir de software ArcGIS

En la siguiente figura se puede observar las 4 rutas generadas dentro de cada sector perteneciente a la Zona 2 del distrito de Trujillo, los cuales están resaltados de color morado, celeste, verde y rosado. Como punto de inicial u final de las rutas se tomó en cuenta el almacén donde se guardan los camiones compactadores, asimismo que estas rutas pasan por cada contenedor de residuos que se estableció anteriormente. En el caso de que hubiera algún error en los depósitos como indica la leyenda se reflejaría con la simbología de un cuadrado rojo, sin embargo, se puede apreciar que todos los contenedores han sido asignados correctamente en cada ruta.

Figura 20.

Mapa de rutas optimizadas de la Zona 2 del distrito de Trujillo

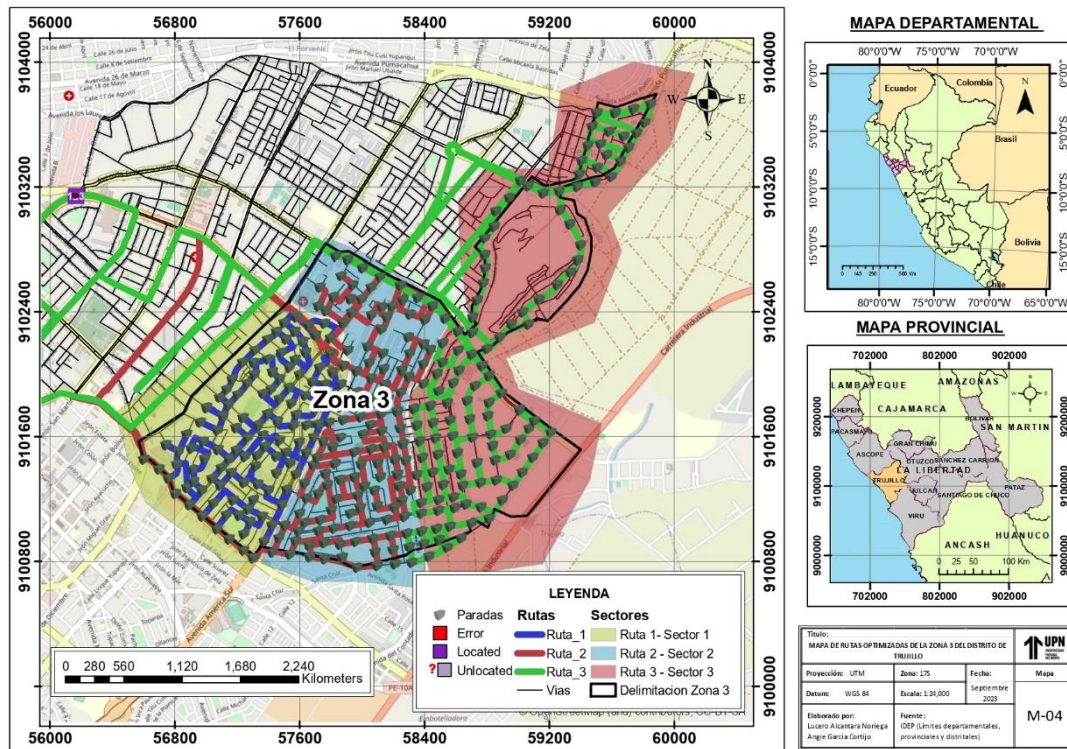


Nota. Datos generados a partir de software ArcGIS

En la siguiente figura se puede identificar las 3 rutas generadas dentro de cada sector perteneciente a la Zona 3 del distrito de Trujillo, los cuales están resaltados de color celeste, verde y rojo. De igual manera que la zona anterior el punto de inicial u final de las rutas se consideró el mismo almacén, asimismo estas rutas pasan por cada contenedor de residuos que se estableció anteriormente. La herramienta que se utilizó busca la forma más óptima en distancia y tiempo de realizar el desplazamiento del vehículo recolector.

Figura 21.

Mapa de rutas optimizadas de la Zona 3 del distrito de Trujillo



Nota. Datos generados a partir de software ArcGIS

O3: Realizar la comparación de las rutas actuales y las nuevas rutas, en base a tiempos, distancias, costos de operación y emisiones contaminantes. Para satisfacer este objetivo, realizamos la identificación de los indicadores ya mencionados con respecto a las nuevas rutas obtenidas, luego de ejecutar la herramienta en el programa ArcGIS. A continuación, se muestran dichos valores.

Tabla 3.

Indicadores correspondientes a la distancia, tiempo, y combustible de las rutas de la Zona 1.

Indicadores	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4
Distancia del recorrido (km)	21.18	28.37	26.28	21.09
Tiempo total del recorrido (h)	8h 07min	9h 28min	8h 49min	7h 21min
Cantidad de uso de combustible (gal/día)	21.18	28.06	27.40	18.95

Costo de combustible promedio (S/.)	367.01	419.00	409.43	282.52
Tipo de Combustible	DIESEL B5	DIESEL B5	DIESEL B5	DIESEL B5

Nota. Datos obtenidos a partir del programa ArcGIS y del programa Microsoft Excel

Tabla 4.

Indicadores correspondientes a la distancia, tiempo, y combustible de las rutas de la Zona 2

Indicadores	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3
Distancia del recorrido (km)	24.53	35.14	45.58
Tiempo total del recorrido (h)	8h 46 min	8h 56 min	8h 55 min
Cantidad de uso de combustible (gal/día)	24.89	36.344	41.51
Costo de combustible promedio (S/.)	372.25	523.18	620.38
Tipo de Combustible	DIESEL B5	DIESEL B5	DIESEL B5

Nota. Datos obtenidos a partir del programa ArcGIS y del programa Microsoft Excel

Tabla 5.

Indicadores correspondientes a la distancia, tiempo, y combustible de las rutas de la Zona 3

Indicadores	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4
Distancia del recorrido (km)	27.69	26.44	17.05	26.79
Tiempo total del recorrido (h)	4h	4h	4h	4h
Cantidad de uso de combustible (gal/día)	28.78	31.38	16.73	27.18
Costo de combustible promedio (S/.)	430.84	467.68	249.49	406.544
Tipo de Combustible	DIESEL B5	DIESEL B5	DIESEL B5	DIESEL B5

Nota. Datos obtenidos a partir del programa ArcGIS y del programa Microsoft Excel

Tabla 6.

Comparación de Indicadores correspondientes a la distancia, tiempo, y combustible de las rutas actuales respecto a las rutas optimizadas

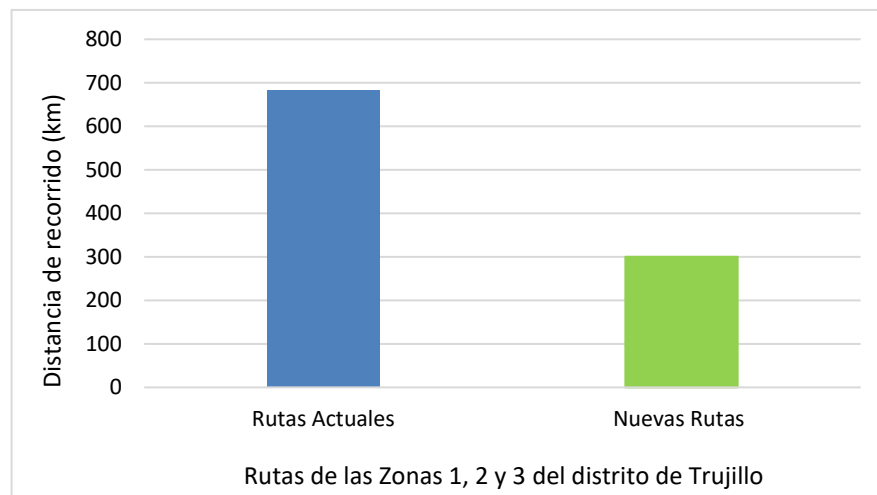
N° de rutas actuales	Tiempo Total (min)	% Reducción de Tiempo	Distancia Total (km)	% Reducción de Distancia	Costo de Combustible Total (Soles)	% Reducción Costo de Combustible
Rutas Actuales	5,410.00		683.3		10,468.85	
Rutas Optimizadas	4,582.00	15.30%	300.14	56.07%	4,503.55	57%

Nota. Datos obtenidos a partir del programa ArcGIS y del programa Microsoft Excel

Por todo lo anterior, se consideró adecuado realizar la comparación entre el actual servicio de recolección, en la cual existen un total de 12 rutas que pasan por la Zona 1, 2 y 3 del distrito de Trujillo, con el propuesto que estaría considerando 11 rutas en estas zonas, las cuales como se puede apreciar en las figuras anteriores, las cuales abarcan mayor territorio en estas zonas a comparación del servicio actual. En la Figura N°22 se puede apreciar la diferencia que existe en función al recorrido total de las rutas actuales, de color azul, y de las nuevas rutas propuestas, de color verde, en función a la Zona 1, 2 y 3, para esta comparación se tomó en cuenta la suma total de la distancia en km de cada ruta. En resumen, la distancia total de las 12 rutas actuales es 683.3 km \approx 683 km y el total de las nuevas rutas 300.14 km \approx 300 km.

Figura 22.

Distancias de recorrido de las rutas actuales y las nuevas rutas del distrito de Trujillo.

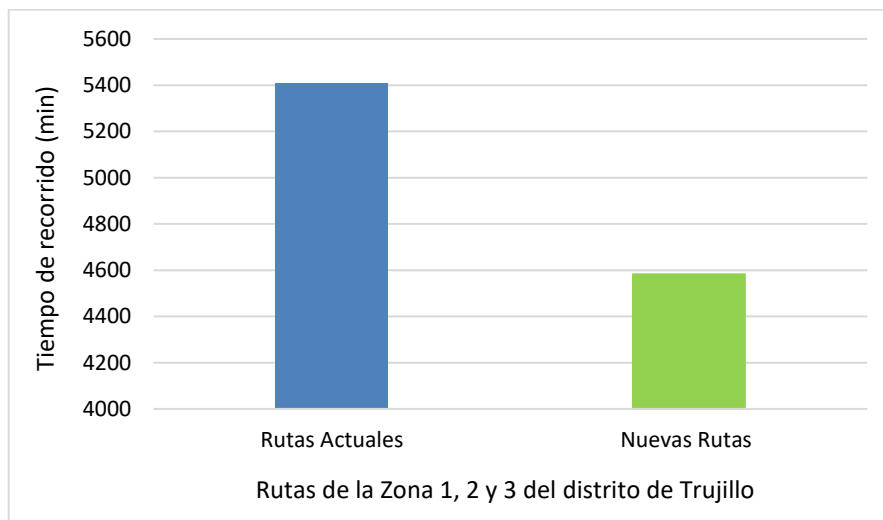


Nota. La figura obtenida a partir del programa Microsoft Excel.

Además, en la figura n°23 se observa el contraste con respecto al tiempo de recorrido total en minutos de las rutas actuales, de color azul, y de las nuevas rutas propuestas, de color verde, en función a la Zona 1, 2 y 3 del distrito. Para esta comparación, se consideró en las rutas actuales la suma total del tiempo desde el lugar donde guardan las compactadoras (almacén), el servicio de recolección hasta el botadero y para las nuevas rutas, desde el mismo almacén, el tiempo de servicio hasta el punto más cercano al relleno sanitario que podría tomarse como una estación de transferencia. En resumen, el tiempo total de las 12 rutas actuales es 5410 minutos y el total, de las nuevas rutas 4582 minutos.

Figura 23.

Tiempo de recorrido (min) de las rutas actuales y las nuevas rutas del distrito de Trujillo



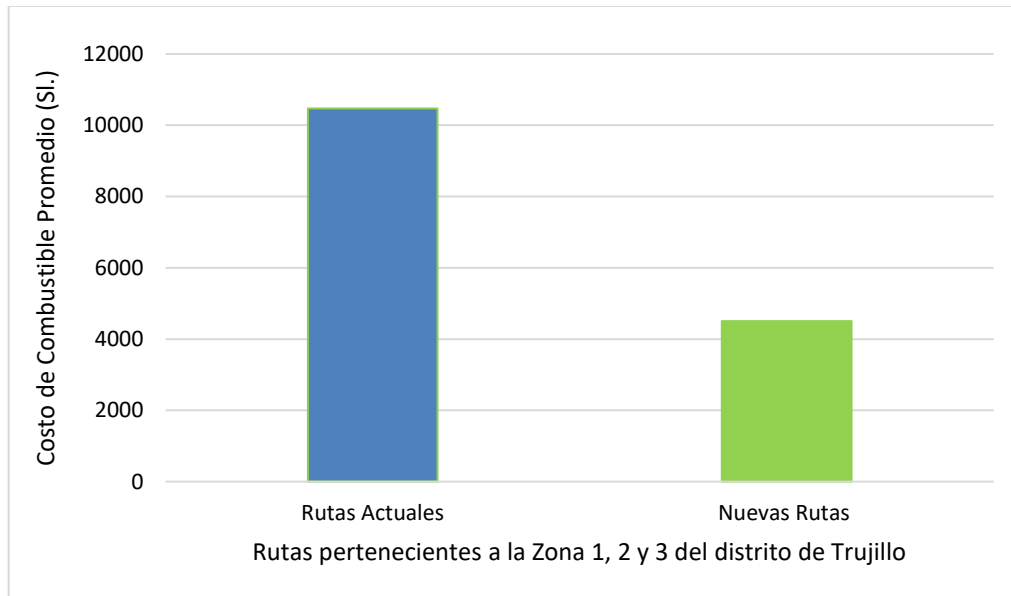
Nota. La figura obtenida a partir del programa Microsoft Excel, en la cual se muestra la diferencia que existe en el tiempo de recorrido (min).

Por otra parte, en la siguiente figura se analiza el costo de combustible necesario para ejecutar el servicio de las rutas actuales, de color azul, y de las nuevas rutas propuestas, de color verde, en función a la Zona 1, 2 y 3. Para esta comparación, se consideró en las rutas actuales la suma total mensual de uso de combustible según el reporte de combustible de agosto (2021), que nos proporcionó el SEGAT y se procedió a multiplicar por el costo por galones utilizados durante dicho mes y para las nuevas rutas, se calculó relacionando el total de distancia recorrida anteriormente mencionado. En resumen, el presupuesto necesario para

realizar adecuadamente el servicio por las 12 rutas actuales es S/. 10,468.85 y para las nuevas rutas sería S/. 4,503.55

Figura 24.

Costo de combustible en soles de las rutas actuales y las nuevas rutas del distrito de Trujillo



Nota. La figura obtenida a partir del programa Microsoft Excel, en la cual se muestra la diferencia que existe en la cantidad de uso de combustible (gal).

Para el comparativo de los contaminantes generados por las rutas actuales y las nuevas rutas de las Zona 1, 2 y 3. En primer lugar, se calcularon de las emisiones generadas por los camiones recolectores, por lo cual, se procedió a ejecutar una ecuación, que relaciona el consumo de combustible y el factor de emisión del contaminante, según la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (2003) estos factores son herramientas que permiten estimar la cantidad de emisiones de un determinado contaminante, generada por una fuente de estudio. Por lo que, se empleó la metodología IPCC (2006), utilizando una ecuación para el cálculo de emisiones de CO₂ en kg, la cual se describe a continuación:

Ecuación 2.

Metodología de tecnologías del Intergovernmental Panel on Climate Change

$$\text{Emisión} = \sum_a [\text{Combustible}_a * EF_aJ]$$

Donde:

Emisión = Emisiones de CO₂ (kg)

Combustible_a = combustible vendido (TJ)

EF_a = factor de emisión (kg/TJ). Es igual al contenido de carbono del combustible multiplicado por 44/12

a = tipo de combustible (p. ej., gasolina, diésel, gas natural, GLP, etc.)

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ anuales, se utilizó la ecuación anteriormente descrita. Con respecto al primer factor, se tomó en cuenta la cantidad promedio anual de combustible que se utilizaría en las rutas actuales y en las nuevas rutas de las Zona 1, 2 y 3, de acuerdo con su kilometraje por recorrido. Para el factor de emisión, se consideró el valor por defecto de 74100 Kg/TJ, ya que este, según la guía metodológica estaba relacionado con el tipo de combustible que en este caso vendría a ser Diesel. En la tabla N°8 y N°9, se puede observar los valores determinados para ambas rutas.

Tabla 7.

Cálculo de emisiones totales del contaminante CO₂ de las rutas actuales de la Zona 1, 2 y 3 del distrito de Trujillo

N° de rutas actuales	Combustible promedio anual (TJ)	Factor de emisión (kg/TJ)	Emisiones de CO ₂ anual (kg)
M – 01	0.972	74100	72,025.20
M – 02	0.887	74100	65,726.70
M – 03	1.025	74100	75,952.50
M – 04	0.993	74100	73,581.30
M – 06	1.133	74100	83,955.30
M – 07	1.023	74100	75,804.30
M – 08	0.940	74100	69,654.00
M – 09	0.989	74100	73,284.90
M – 10	1.283	74100	95,070.30

M – 11	1.088	74100	80,620.80
M – 12	0.700	74100	51,870.00
M – 13	1.578	74100	116,929.80

Nota. Datos obtenidos a partir del desarrollo de la metodología IPCC (2006).

Tabla 8.

Cálculo de emisiones totales del contaminante CO₂ de las nuevas rutas de la Zona 1, 2 y 3 del distrito de Trujillo

Zona	Nº de nuevas rutas	Combustible promedio anual (TJ)	Factor de emisión (kg/TJ)	Emisiones de CO₂ anual (kg)
1	M – 01	0.389	74100	28,824.90
1	M – 02	0.486	74100	36,012.60
1	M – 03	0.481	74100	35,642.10
1	M – 04	0.499	74100	36,975.90
2	M – 01	0.505	74100	37,420.50
2	M – 02	0.441	74100	32,678.10
2	M – 03	0.294	74100	21,785.40
2	M – 04	0.468	74100	34,678.80
3	M – 01	0.437	74100	32,381.70
3	M – 02	0.739	74100	54,759.90
3	M – 03	0.802	74100	59,428.20

Nota. Datos obtenidos a partir del desarrollo de la metodología IPCC (2006).

Tabla 9.

Comparación de Emisiones de CO2 anuales emitidos de todas las rutas actuales con respecto a las rutas optimizadas

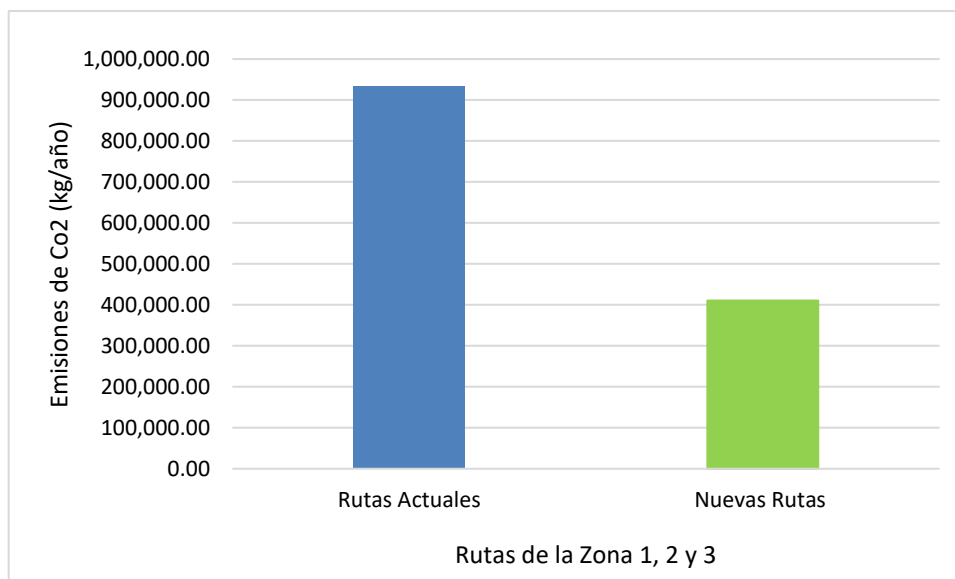
N° de rutas actuales	Total, de Emisiones de CO ₂ anual (kg)	% de Reducción
Rutas Actuales	934,475.10	56.06%
Rutas Optimizadas	410,588.10	

Nota. Datos obtenidos a partir del desarrollo de la metodología IPCC (2006).

Finalmente, en las siguientes figuras se puede observar la diferencia que existe entre la generación de contaminantes de las rutas actuales y las nuevas rutas para el turno de la mañana. Obteniéndose que en las rutas actuales se generaron 934,475.10 kg/año y si la ruta estuviera optimizada hubiera generado, 410,588.10 kg/año, respectivamente, como se puede observar en la Figura N°25.

Figura 25.

Comparación de las emisiones de CO2 anuales de las rutas actuales y las nuevas rutas del distrito de Trujillo.



Nota. La figura obtenida a partir del programa Microsoft Excel, en la cual se muestra la diferencia que existe de la generación de contaminantes entre ambas rutas.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Actualmente, el aumento de las actividades económicas a nivel nacional repercute de manera considerable en la gestión de residuos sólidos. Siendo una de las principales complicaciones, la etapa de recolección de residuos, debido a distintos factores, tales como, el alto de costo del combustible, el tiempo de servicio y la generación de emisiones contaminantes. De modo que, se necesitan mecanismos más modernos para su adecuado manejo, uno de estos vendría a ser la optimización de las rutas de recojo de residuos sólidos empleando los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Pues este mecanismo es considerado un método eficaz para reducir los costos de operación y disminución de contaminantes pertenecientes al servicio de recojo de residuos sólidos (Cerna & Gastolomendo, 2022). Por lo que, en esta investigación se planteó como objetivo general el realizar la optimización de la ruta de recojo de residuos sólidos utilizando SIG en el distrito de Trujillo.

Así también, se consideró como primer objetivo específico el identificar las rutas actuales de recojo de residuos sólidos en el distrito de Trujillo, lo cual valió para la identificación del estado actual del servicio. Seguidamente, el modelar nuevas rutas de recojo de residuos sólidos mediante el uso de una herramienta de ArcGIS en las Zonas 1, 2 y 3 del distrito de Trujillo, y por último, realizar la comparación de las rutas actuales y las nuevas rutas, en base a tiempos, distancias, costos de operación y emisiones contaminantes. Se plantearon estos tres objetivos con el único propósito de generar nuevas rutas optimizadas en la fase de recogida de desechos. Al respecto Wijan et al. (2015) coincide, al mencionar que con la optimización de rutas se puede mejorar el desempeño de la recolección de residuos sólidos, garantizando una disminución en las distancias, tiempos y costos que se requieren durante el proceso. Por lo que, afirman que este aspecto vendría a ser el más importante del manejo de residuos sólidos.

De acuerdo con el primer objetivo direccionado a la identificación de las rutas actuales de recojo de residuos sólidos utilizando SIG en el distrito de Trujillo en las Zonas 1,2 y 3, se obtuvo como resultados, que el Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo (SEGAT) consta de 13 rutas en el turno mañana, las cuales pasan por la Zona 1,2 y 3. De estas, se puede verificar que en su totalidad existe un recorrido de 616.71 km/día, un tiempo de 5410 min/día, un costo de combustible diario de S/. 10,299.75 y una generación de 934,475.10 kg CO₂/año. Navarro (2021) planteó lo mismo en su investigación efectuando una identificación inicial de datos para constatar el desarrollo del servicio de recojo de residuos sólidos en Piura – 2021, obteniendo, que, en la Municipalidad de Piura, coexisten 8 microrutas teniendo una distancia total de 239.46 km/día, un tiempo 2760 min/día. Mostrándose esto, como un paso indispensable para el estudio previo del estado actual de la recolección de residuos y verificar si el mismo está siendo óptimo en una localidad.

De los resultados acorde al segundo objetivo, enfocado en modelar nuevas rutas de recojo de residuos sólidos en las Zonas 1,2 y 3, se obtuvo que, para las estas zonas, solo eran necesarias 11 rutas que abarcaban el territorio total, las cuales fueron generadas previamente mediante la sectorización y modeladas posteriormente mediante el Software ArcGis. De la misma forma (Taquiá, 2013) ejecutó la optimización de las rutas en una empresa de recojo de residuos sólidos en los Olivos, en este estudio coincide con la aplicación de la sectorización de rutas, de lo cual inicialmente identificó 11 rutas, las cuales fueron sectorizadas a 9 rutas, empleando variables como distribución actual y la capacidad disponible de la flota de vehículos recolectores. Hallándose este procedimiento, como un posible ahorro de vehículos, distancia, tiempo, combustible, lo cual se refleja dentro del análisis económico y/o financiero para distintas entidades privadas o públicas dedicadas a este rubro.

Esto se ajusta con el estudio realizado por Ahmad & Afendee (2022), los cuales analizaron la optimización de recorridos de transporte en la localidad de Al-Salt en Jordania

empleando la extensión Network Analyst del Software ArcGIS, obteniendo como resultado rutas óptimas para múltiples ubicaciones e incluso validó una reducción tanto en el tiempo como en la distancia, lo que enfatiza a maximizar su eficacia en el momento de determinar la mejor solución o la más cercana. Así también, lo valida Lella et al. (2017) quienes optimizaron rutas de recolección de residuos utilizando el Sistema de Información Geográfica (SIG), obteniendo un 59.12 % de deducción de la red de rutas a recorrer.

De modo que, con la teoría revisada y el análisis de los resultados, se puede verificar que la optimización de las rutas de recojo de residuos sólidos contribuye de manera eficiente al disminuir los costos de operación con respecto al manejo de residuos en la etapa de recolección y transporte. Sin embargo, Lan Vu et al. (2019) evaluaron las características de los residuos y su impacto en la optimización de rutas de recolección de desechos sólidos mediante uso de herramientas SIG en Austin, Texas, EE.UU. , mencionando que es necesario realizar un monitoreo constante adicional de estas variables en las rutas para mantener un equilibrio en el sistema de recolección.

Adicionalmente, como ultimo objetivo específico, se planteó realizar la comparación de la ruta actual y la nueva ruta, en base a tiempos, distancias, costos de operación, y a emisiones contaminantes. Al respecto Nguyen-Trong et al. (2016) mencionan que la optimización de rutas contribuye en los costos operativos del servicio, al disminuir la distancia, tiempo y cantidad de combustible generada por la flota de vehículos recolectores y los impactos de red de tráfico que este pueda generar sobre las entidades dedicadas a este rubro. Lo mismo, se evidenció en su investigación enfatizada en optimización del transporte de residuos sólidos en el país de Vietnam, en la cual obtuvieron que la distancia y el tiempo total de las rutas se reduce al 11.3% y 38 % respectivamente. Asimismo, Cardenas & Cuadra (2022), desarrollaron la optimización de ruta de recojo de residuos sólidos municipales en la ciudad de Moche, obtuvieron datos favorables ya que el tiempo total de rutas se redujo de 105 min/día a 76 min/día, la distancia se acortó de 25 km a 21 km, por último, en los costos

operativos pasaron de S/. 88,574.88 a S/.74,098.50, lograron un ahorro económico anual del 16.31%.

De lo anterior, destacando la reducción de las emisiones contaminantes mediante la optimización de rutas de recojo de residuos empleando ArcGIS, se fundamenta en el estudio de Zsigraiova et al. (2013), en el cual optimizaron un sistema de recogida y transporte de residuos de vidrio de Amarsul SA en Barreiro, Portugal, y observaron una disminución tanto de los contaminantes emitidos como del consumo de combustible del circuito estudiado, del 2,3% al 4% para los diferentes contaminantes, además, de un valor del 3,8% para el consumo de combustible. Por todo lo anterior, se entiende que la optimización de las rutas de recojo de residuos no solo aporta en reducción de costos financieros y factores operativos en la gestión de residuos sólidos municipales, sino también contribuye en la disminución de la contaminación ambiental generada por las unidades recolectoras.

Es preciso mencionar, que esta investigación contribuye a un aporte en el marco del desarrollo sostenible, puesto que, al optimizar la ruta para el recojo de residuos, amenoraría costes operativos, la flota de vehículos recolectores también se vería beneficiada consumir menos combustibles por la reducción de tiempos y distancias, así también, se generarían menos emisiones contaminantes favoreciendo a la salud pública y el medio ambiente, sobre todo, a la calidad de vida de los ciudadanos. De esta forma, se contempla, la interacción y el equilibrio entre los componentes económicos, sociales y ecológicos, desarrollando un papel fundamental para los requerimientos actuales en la gestión de residuos. (Madroñero & Guzmán, 2018)

4.2. Conclusiones

En conclusión, en base al primer objetivo específico encaminado a identificar las rutas actuales de recojo de residuos sólidos de Trujillo, se obtuvo que dentro de las 5 zonas del turno mañana existen un total de 13 rutas, de las cuales se optó por optimizar las rutas que pasan por la Zona 1, 2 y 3 del distrito. Debido a que son las más representativas con respecto a ese turno, realizan constantes giros en u, no abarcan todo el territorio de dichas zonas y retrasos en su servicio. De acuerdo con el reporte de monitoreo de rutas la distancia total de las rutas es de 616.71 km, con un tiempo de servicio de 5410 min, con un costo de combustible total de S/. 10,299.75 y una generación de 934,475.10 kg CO₂/año.

En base el segundo objetivo, enfocado en modelar las rutas de recojo de residuos sólidos mediante el uso de una herramienta de ArcGis en las zonas 1,2 y 3 del distrito de Trujillo, se alcanzó a realizar el cálculo de las paradas necesarias para cada sector de las zonas escogidas para analizar en el presente estudio, para luego ejecutar el modelamiento de las nuevas rutas, en la cual se obtuvieron un total de 11 rutas, de las cuales con respecto a la Zona 1 se generaron 4 rutas, para la Zona 2, igual 4 rutas y para la Zona 3, solo 3 rutas. Asimismo, distancia total de estas rutas vendría a ser 300.14 km, en un tiempo total de servicio de 4582 min, con costos operativos de S/. 4,443.73 y una generación de 410,588.10 kg CO₂/año respectivamente.

Por último, teniendo en cuenta el tercer objetivo específico dirigido a la comparación de las rutas actuales y las nuevas rutas en base a tiempos, distancias, costos de operación y emisiones contaminantes, se corroboró que el tiempo se optimizó en un 15.3 %, la distancia en 56.07 %, las emisiones contaminantes en un 56.06 % y por último hubo un ahorro económico considerable de 57%. Concluyéndose así que la optimización de las rutas actuales del servicio de recolección de residuos sólidos del turno mañana permitió un ahorro financiero significativo y un menor impacto ambiental en el servicio.

4.3. Limitaciones

En la presente investigación se tuvieron algunas dificultades referentes a la obtención de datos, dado que, los mismos requirieron de una constante sistematización de la información para su uso, no obstante, se considera que el presente estudio sirve como base para lograr futuros cambios acorde al ruteo de vehículos que intervienen en el proceso de recojo de residuos sólidos para llevar a cabo un servicio eficiente. Pese a ello, se recomienda realizar aún la optimización de las diferentes rutas de recojo de residuos sólidos del turno tarde y noche del distrito de Trujillo, con el fin de beneficiar a la población e incluso se podría utilizar programas similares como Quantum SIG u otros programas referenciales, el cual enmarca funciones conducentes a redes viales, y perfeccionaría el manejo de un mayor volumen de datos (Sosa et al., 2023).

REFERENCIAS

1. Aguilar, J., & Zambrano, M. (2015). Mejora del servicio de recolección de residuos sólidos urbanos empleando herramientas SIG: un caso de estudio. *Revista Académica de Ingeniería*, 19(2), 118-128.
2. Aguilera, M., Garay, A., Contreras, M., Ávila, V., & Rodríguez, Y. (2021). Diagnóstico de las prácticas comunes del manejo de residuos en localidades marginadas: Un caso de estudio. *Revista de Ciencias Ambientales*, 55(2), 250-270. <https://doi.org/10.15359/rca.55-2.12>
3. Ahmad, D., & Afendee, M. (2022). Evaluación del uso de algoritmos genéticos y ArcGIS para determinar la ruta de tiempo óptima en la optimización de aplicaciones de rutas para vehículos. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022, 20. <https://doi.org/10.1155/2022/7769951>
4. Alvarado, L. F., & Cabrera, J. B. (2020). *OPTIMIZACIÓN DE RUTAS PARA LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES UTILIZANDO HERRAMIENTA SIG EN EL DISTRITO CALETA DE CARQUÍN* [Tesis de Titulación]. UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN.
5. Cardenas, C., & Cuadra, J. (2022). *SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA OPTIMIZAR LA RUTA DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES, MOCHE, 2022* [Tesis de Titulación]. Universidad Privada del Norte.
6. Carrasco, E., & Díaz, G. (2017). *OPTIMIZACIÓN DE LAS RUTAS RECOLECTORAS DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DISTRITO DE CHICLAYO,*

PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL SERVICIO DE LIMPIEZA. CHICLAYO-2017 [Tesis de Titulación]. Universidad Señor de Sipán.

7. Cerna, M., & Gastolomendo, U. (2022). *SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (ARCMAP) PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RUTAS Y RECOJO SELECTIVO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DE LOS SECTORES 07 Y 09 DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA 2022*” [Tesis de Titulación]. Universidad de Cajamarca.
8. Chalkias, C., & Lasaridi, K. (2009). A GIS Based Model for the Optimisation of Municipal Solid Waste Collection: The Case Study of Nikea, Athens, Greece. *Technology*, 5(10), 11-15.
9. Cusco Tenesaca, J. W., & Picon Aguirre, K. E. (2015). *OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS MEDIANTE USO DE HERRAMIENTAS SIG* [Tesis de Titulación]. Universidad de Cuenca.
10. Dagnino, J. (2014). *Tipos de Estudios*. 43, 104-108. <https://doi.org/10.25237/revchilanestv43n02.05>
11. Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., & Tanabe, K. (2006). *Directrices del IPPCC 2006 para los inventarios nacionales de gases de efectos invernadero* (p. 18) [Informe del IPCC]. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
12. Escalon, E. (2014). Daños a la salud por mala disposición de residuales sólidos y líquidos en Dili, Timor Leste. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(2), 270-277.
13. Figueredo, F. (s. f.). POLÍTICA Y GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE NATAL/BRASIL. *Revista Lider*, 25, 70-92.
14. Gomez, J., Villasís, M., & Novales, M. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*, 63(2), 201-206.

15. Hatamleh, R., Jamhawi, M., Al-Kofahi, S., & Hijazi, H. (2020). The Use of a GIS System as a Decision Support Tool for Municipal Solid Waste Management Planning: The Case Study of Al Nuzha District, Irbid, Jordan. *Procedia Manufacturing*, 44, 189-196. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.221>
16. Hernandez, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Editorial McGraw-Hill.
17. Hernandez, S., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodologia de la Investigacion 6ta edición*. Editorial McGraw-Hill.
18. Hoang Son, L. (2014). Optimización de la recolección de residuos sólidos urbanos mediante la optimización del enjambre de partículas caóticas en entornos basados en SIG: un estudio de caso en la ciudad de Danang, Vietnam. *Sistemas Expertos con Aplicaciones*, 41(2014), 8062-8084. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2014.07.020>
19. Kinobe, J., Bosona, T., Gebresenbet, G., Niwagaba, C., & Vinneras, B. (2015). Optimization of waste collection and disposal in Kampala city. *Habitat International*, 49, 126-137. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.05.025>
20. Lan Vu, H., Bolingbroke, D., Tsun Wai, K., & Fallah, B. (2019). Evaluación de las características de los residuos y su impacto en la optimización de las rutas de recogida de vehículos GIS utilizando previsiones de residuos de ANN. *Gestión de residuos*, 88, 118-130. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.03.037>
21. Lella, J., Ravibabu, V., & Zhu, X. (2017). Solid waste collection/transport optimization and vegetation land cover estimation using Geographic Information System (GIS): A case study of a proposed smart-city. *Sustainable Cities and Society*, 35, 336-349. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2017.08.023>

22. Madroñero, S., & Guzmán, T. (2018). Desarrollo sostenible. Aplicabilidad y sus tendencias. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(3), 122-130.
<https://doi.org/10.18845/tm.v31i3.3907>
23. Malakahmad, A., Md Bakri, P., Munirah, M., & Noodiana, K. (2014). Solid waste collection routes optimization via GIS techniques in Ipoh city, Malaysia. *Procedia Engineering*, 77, 20-27.
24. Manterola, C., & Otzen, T. (2014). Estudios Observacionales. Los Diseños Utilizados con Mayor Frecuencia en Investigación Clínica. *International Journal of Morphology*, 32(2), 634-645. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000200042>
25. Ministerio del Ambiente. (2016). *Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-nacional-gestion-integral-residuos-solidos-2016-2024>
26. Municipalidad Provincial de Trujillo. (2016). *PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA PROVINCIA DE TRUJILLO 2016-2020* (p. 93). Servicio de Gestion Ambiental de Trujillo.
<http://sial.segat.gob.pe/documentos/actualizacion-plan-integral-gestion-ambiental-residuos-solidos>
27. Narvaez, O. & Villegas, L. (2014). Introducción a la investigación: guía interactiva. Recuperado de <https://www.uv.mx/apps/bdh/investigacion/unidad1/investigacion-tipos.html>
28. Navarro, E. (2021). *Optimización De Rutas Del Sistema De Recojo De Residuos Sólidos Para Incrementar La Eficiencia, Piura – 2021* [Tesis de Titulación]. Universidad Cesar Vallejo.
29. Nguyen-Trong, K., Nguyen-Thi-Ngoc, A., Nguyen-Ngoc, D., & Dinh-Thi-Hai, V. (2016). Optimization of municipal solid waste transportation by integrating GIS

- analysis, equation-based, and agent-based model. *Waste Management*, 59, 17-22.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.10.048>
30. Peña & Tania. (2022). *Etapas del análisis de la información documental*. 45(3).
<https://doi.org/10.17533/udea.rib.v45n3e340545>
31. Rondon, E., Szantó, M., Francisco, J., Contretas, E., & Galvez, A. (2016). *Guía General para la Gestión de Residuos Sólidos*. Editorial Naciones Unidas.
<http://hdl.handle.net/11362/40407>
32. Sáez, A., & Urdaneta, J. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Revista Omnia*, 2014(3), 212-135.
33. Sánchez, H., Reyes, C., & Mejía, K. (2018). *Manuel de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. Universidad Ricardo Palma.
34. Segundo, A., & Quinatoa, L. (2019). *MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE DE RECOLECCIÓN DE BASURA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA* (p. 212) [Proyecto de Investigación]. Universidad Técnica de Cotopaxi.
35. Sosa, I., Pérez, G., Machado, N., & Ruiz, M. (2023). Método para el procesamiento de consultas en un Sistema de Información Geográfica. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 32(2), 1-9.
36. Suleman, A., Donkor, E., Forkuo, E., & Kwarteng, S. (2018). Optimal Routing of Solid Waste Collection Trucks: A Review of Methods. *Journal of Engineering*, 2018(11), 1-12. <https://doi.org/10.1155/2018/4586376>
37. Taquía, J. (2013). *Optimización de rutas en una empresa de recojo de residuos sólidos en el distrito de los Olivos* [Tesis de Titulación]. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ.

38. Vega, vetković, Maguiña, J. L., Soto, A., Lama-Valdivia, J., & Correa López, L. E. (2021). Estudios Transversales. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 21(1), 164-170. <https://doi.org/10.25176/RFMH.v21i1.3069>
39. Vives, M., & Galvéz, G. (2018). *EVALUAR LOS TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA MEJORAR EL SISTEMA DE RECOLECCIÓN CONVENCIONAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDAD DE BAGUA, PROVINCIA DE BAGUA, DEPARTAMENTO DE AMAZONAS - 2017* [Tesis de Titulación, UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS]. <https://hdl.handle.net/20.500.14077/1327>
40. Wijan, X., Kai, C., & Wenwen, L. (2015). Optimización de la recogida de residuos sólidos urbanos en Singapur. *Geografía aplicada*, 62(2015), 182-190.
41. Zsigraiova, Z., Semiao, V., & Beijocob, F. (2013). Operation costs and pollutant emissions reduction by definition of new collection scheduling and optimization of MSW collection routes using GIS. The case study of Barreiro, Portugal. *Waste management*, 33(4), 793-806. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.11.015>

ANEXOS

ANEXO N°01. Matriz de Consistencia

Título: Optimización de rutas de recojo de residuos sólidos utilizando SIG en el Distrito de Trujillo. Región La Libertad, 2021

PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
<p>¿Cómo el uso de SIG ayudaría en la optimización de las rutas de recojo de residuos sólidos en el distrito de Trujillo en la Zonas 1, 2, 3, Región La Libertad?</p>	<p>Por otro lado, la hipótesis planteada señala que, los SIG permiten la optimización de las rutas de recojo de residuos sólidos en las Zonas 1, 2 y 3 del distrito de Trujillo.</p>	<p>General:</p> <p>Determinar la optimización de las rutas de recojo de residuos sólidos utilizando Sistemas de Información Geográfica en las Zonas 1, 2 y 3 del distrito de Trujillo.</p>	<p>Variable Independiente: Optimización de rutas</p>	<p>Tipo de Investigación: Descriptiva</p> <p>Diseño: No experimental – Longitudinal</p> <p>Técnica: Análisis documentario</p>	<p>Población: Las 13 rutas de recolección de residuos sólidos del turno mañana que pasan por las 5 zonas del distrito de Trujillo.</p>
		<p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar las rutas actuales de recojo de residuos sólidos en el distrito de Trujillo. • Modelar nuevas rutas de recojo de residuos sólidos mediante el uso de una herramienta de ArcGIS en las Zonas 1, 2 y 3 del distrito de Trujillo. • Realizar la comparación de las rutas actuales y las nuevas rutas, en base a tiempos, distancias, costos de operación y emisiones contaminantes. 	<p>Variable Dependiente: Recojo de residuos sólidos</p>	<p>Sistemas de Información Geográfica.</p> <p>Instrumentos: Software ArcGIS</p> <p>Herramienta Network Analyst</p> <p>Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la provincia de Trujillo (PIGARS)</p>	<p>Muestra: Las rutas de recolección de residuos sólidos del turno mañana que pasan por las Zonas 1, 2 y 3 del distrito de Trujillo.</p>

ANEXO N° 02. Matriz de Operacionalización de Variables

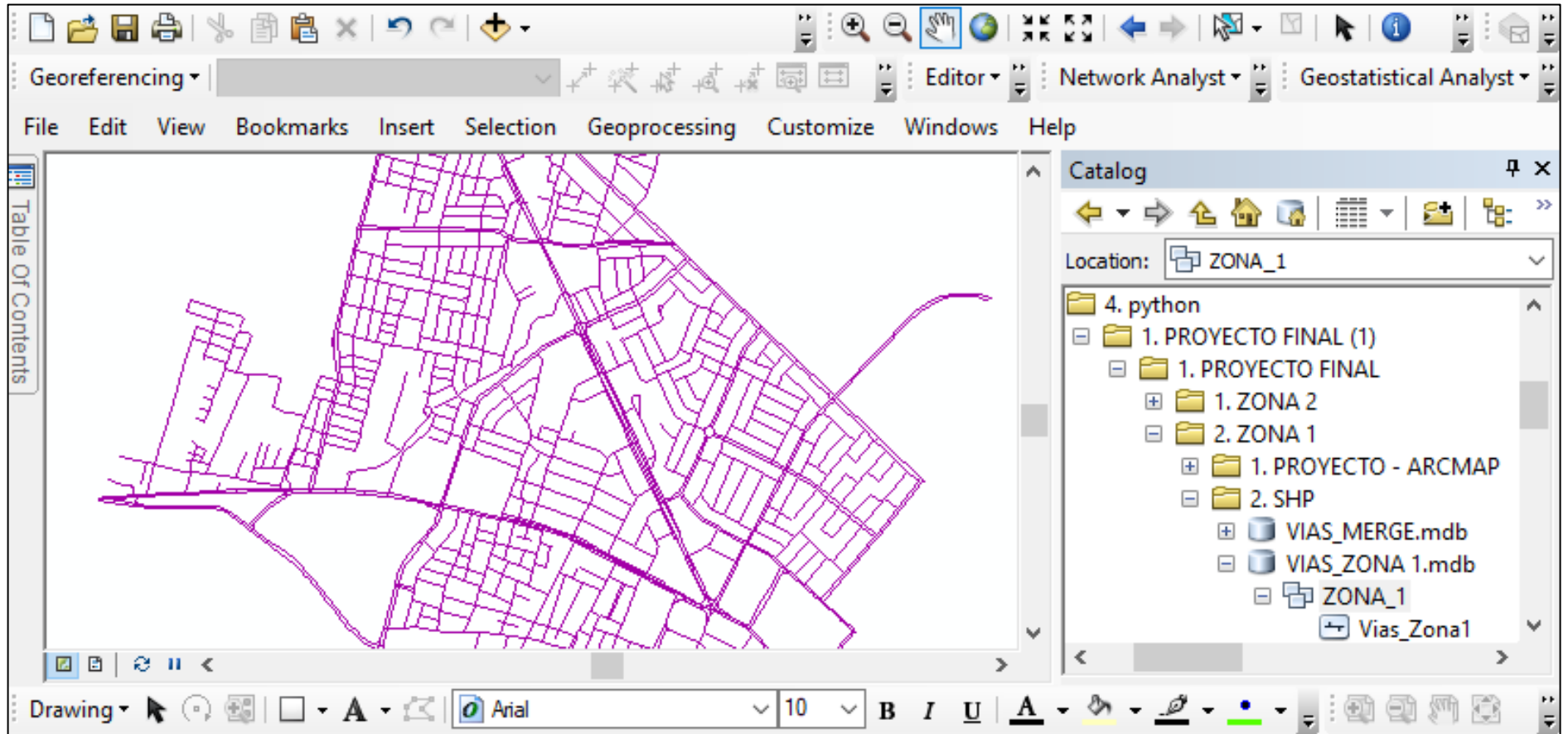
Título: Optimización de rutas de recojo de residuos sólidos utilizando SIG en el Distrito de Trujillo. Región La Libertad, 2021

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE: Optimización de rutas	La optimización de rutas es el proceso para decidir la ruta más eficiente en cuanto a costo. Sin embargo, no solo depende de encontrar el camino más corto entre dos puntos. También, se necesita incluir algunos factores, como la cantidad y la ubicación de todas las paradas requeridas de la ruta, así como los márgenes de tiempo empleadas para el proceso (Verizon Connect, 2021).	Esta operación se realiza mediante el uso de las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica, a través de su extensión Network Analyst, las cuales permitieron reducir el número total de viajes y las distancias de desplazamiento actuales, lo que disminuyó el consumo de combustible y las emisiones de los vehículos (Kinobe et al., 2015).	Recorrido actual de las rutas	Distancia total actual del recorrido <hr/> Tiempo total dispuesto	Nominal
			Costos de operación	Cantidad de consumo del combustible por día <hr/> Costo de combustible utilizado	Nominal Nominal
			Emisiones de los vehículos	Porcentaje de ahorro de combustible <hr/> Porcentaje de disminución de contaminantes	Nominal
VARIABLE DEPENDIENTE: Recojo de residuos sólidos	La recogida y el transporte de residuos es un importante servicio municipal que conlleva elevados costos si no se gestiona con eficacia. Esto quiere decir que, se ha dificultado la gestión de los residuos en muchos países, como por ejemplo, en África subsahariana (Kinobe et al., 2015).	La recolección de los residuos sólidos municipales se realiza por administración directa, por el método “casa por casa”, utilizando unidades móviles de la municipalidad, la frecuencia de recolección es diario. En los puntos críticos, avenidas críticas y especialmente los cercanos a los mercados el recojo se realiza 2 veces por día (Municipalidad Provincial de Trujillo, 2016).	Frecuencia de recolección	Porcentaje de cobertura del servicio <hr/> Capacidad operativa de los vehículos	Nominal Nominal
			Cantidad de residuos recolectados	Volumen de residuos sólidos generados <hr/> Composición de los residuos sólidos	Nominal

ANEXO N° 03. Matriz de Instrumentos

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	TÉCNICA	INSTRUMENTO
VARIABLE INDEPENDIENTE: Optimización de rutas	Recorrido actual de las rutas	Distancia total actual del recorrido	Análisis Documentario Sistemas de Información Geográfica.	Reporte de monitoreo de rutas
		Tiempo total del recorrido		
	Costos de operación	Cantidad de consumo del combustible por día		Reporte de combustible del mes de agosto 2021
		Costo de combustible utilizado		
	Emisiones de los vehículos	Porcentaje de ahorro de combustible		Microsoft Excel versión 2307
		Porcentaje de disminución de contaminantes		
VARIABLE DEPENDIENTE: Recojo de residuos sólidos	Frecuencia de recolección	Porcentaje de cobertura del servicio	Análisis documentario	Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la provincia de Trujillo (PIGARS)
		Capacidad operativa de los vehículos		
	Cantidad de residuos recolectados	Volumen de residuos sólidos generados	Análisis documentario	
		Composición de los residuos sólidos		

ANEXO N° 04. Creación del Network DATASET - Zona 1



ANEXO N° 05. Creación de la capa “Giros Prohibidos”- Zona 1

The screenshot shows the ArcGIS interface with a map of road networks. A table window titled 'giros_prohibidos' is open, displaying the following data:

OBJ	Shape *	Edge1End	Edge1FCID	Edge1FID	Edge1Pos	Edge2FCID	Edge2FID	Edge2Pos	Edge3FCID	Edge3
1	Polyline	Y	4	149	0.275424	4	138	0.905983	<Null>	<Null>
2	Polyline	Y	4	166	0.499996	4	180	0.772615	<Null>	<Null>
3	Polyline	N	4	193	0.155997	4	179	0.675773	4	
4	Polyline	Y	4	178	0.8411	4	179	0.512166	<Null>	<Null>
5	Polyline	Y	4	183	0.704402	4	204	0.897064	<Null>	<Null>

ANEXO N° 06. Recepción de la carta de presentación para solicitar información a la empresa



Trujillo, 30 de julio de 2021.

Carta N° 05-2021/ DPTO.HUM-UPNT

Sr. José Prudencio Ruiz Vega
Alcalde de la Municipalidad Provincial de Trujillo

CC/ Ing. Heyner Ninaquispe Castro
Gerente General del Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo



Presente. -

Es grato dirigirme a su persona para hacerle llegar un cordial saludo y presentar a, **ALCANTARA NORIEGA, DADI LUCERO y GARCIA CORTIJO, ANGIE PIERINA**, estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental, sede Trujillo, de la Universidad Privada del Norte; quienes tienen interés de realizar un trabajo de investigación para obtener su título profesional, con información que solicitarán a su representada.

Cabe mencionar que la Universidad Privada del Norte se encuentra debidamente licenciada, y en cumplimiento de su rol en el ámbito de investigación, ha establecido como líneas y sub-líneas de investigación: (1) Salud pública y poblaciones vulnerables; (2) Urbanismo, saneamiento. Movilidad urbana; las cuales sirven de orientación en los trabajos de investigación que realizan nuestros estudiantes. Asimismo, los resultados del estudio serán comunicados a su entidad a fin de que pueda beneficiar a su organización.

La información requerida para el desarrollo de la investigación está relacionada con el servicio de recolección y transporte de residuos sólidos del distrito de Trujillo. Particularmente, con respecto a los mapas que contengan la ruta actual del servicio, y algunas características como el horario, tiempo y distancia total del recorrido. Asimismo, se requerirá los informes con relación al consumo de combustible que utilizan los vehículos recolectores por día, qué modelos emplean para el servicio y su estado actual. De la misma manera, los reportes de acuerdo con el volumen y composición de residuos sólidos generados por día.


Por lo expuesto y agradeciendo desde ya las facilidades que brinde a nuestros estudiantes, hacemos de su conocimiento que, en cumplimiento de los lineamientos de la ética en la investigación, los cuestionarios incluyen el consentimiento informado que se dará a conocer antes de recabar y/o registrar la información requerida.

Atentamente,



Carlos Diez Arenas
Director Académico
Universidad Privada del Norte - Sede Trujillo

ANEXO N° 07. Carta de Autorización de Uso de Información de Empresa

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA	 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
---	--

Yo JORGE GUILLERMO PEREZ PADILLA.....identificado con DNI 17846918
 en mi calidad de SUPERLENTE.....del área de CALIDAD AMBIENTAL Y PROYECTOS
 de la empresa/institución SERVICIO DE GESTION AMBIENTAL DE TRUJILLO con
 R.U.C N° 20481592063....., ubicada en la ciudad de TRUJILLO.....

OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

A las señoritas Dadi Lucero Alcantara Noriega y Angie Pierina Garcia Cortijo identificadas con DNI N°71914235 y N°77657818 egresadas de la (X)Carrera profesional o () Programa de Postgrado de Ingeniería Ambiental para que utilicen la siguiente información de la empresa:

Con respecto a los mapas con las rutas que realizan las compactadoras para el recojo de residuos, con sus respectivas características como el horario, tiempo y distancia total del recorrido. Asimismo, el reporte de monitoreo del servicio de recolección del turno de la mañana – agosto, como también el reporte de combustible que han utilizado los vehículos recolectores durante el mes de agosto. Y, por último, la generación y composición de residuos sólidos generados por día. Con la finalidad de que puedan desarrollar su () Trabajo de Investigación, (X)Tesis o () Trabajo de suficiencia profesional para optar al grado de ()Bachiller, ()Maestro, ()Doctor o (X)Título Profesional.

Recuerda que para el trámite deberás adjuntar también, el siguiente requisito según tipo de empresa:

- Vigencia de Poder. (para el caso de empresas privadas).
- ROF / MOF / Resolución de designación, u otro documento que evidencie que el firmante está facultado para autorizar el uso de la información de la organización. (para el caso de empresas públicas)
- Copia del DNI del Representante Legal o Representante del área para validar su firma en el formato.

Indicar si el Representante que autoriza la información de la empresa, solicita mantener el nombre o cualquier distintivo de la empresa en reserva, marcando con una "X" la opción seleccionada.

- (X) Mantener en Reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa; o
 (X) Mencionar el nombre de la empresa.

SERVICIO DE GESTION AMBIENTAL DE TRUJILLO
 SEGAT

Ing. Jorge Guillermo Pérez Padilla
 Subgerente de Calidad Ambiental y Proyectos

Firma y sello del Representante Legal o
 Representante del área

DNI:

El Egresado/Bachiller declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Egresado será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.



Firma del Egresado

DNI: 71914235



Firma del Egresado

DNI: 77657818

CÓDIGO DE DOCUMENTO	COR-F-REC-VAC-05.04	NÚMERO VERSIÓN	07	PÁGINA	Página 1 de 1
FECHA DE VIGENCIA	21/09/2020				

ANEXO N° 08. Recolección actual de residuos sólidos de la Ruta M 01 - Zona 2



ANEXO N° 09. Disposición final de residuos sólidos del distrito de Trujillo en el Botadero
El Milagro

