

Solid waste collection route proposal using ArcGIS Network Analyst in the town of Huaycán in the Ate district, 2023

Jerald Benys Dipas-Aliaga, Estudiante¹ ,
Aureliano Sánchez-García, Mg.² ,
Luis Enrique Wong-Jo, Mg.³ 

¹Universidad Tecnológica del Perú, U18210787@utp.edu.pe

²Universidad Tecnológica del Perú, C26533@utp.edu.pe

³Universidad Tecnológica del Perú, C27349@utp.edu.pe

Abstract– The purpose of the research work is to "Propose a solid waste collection system using ArcGIS Network Analyst in the town of Huaycán in the Ate district, 2023." For this, ArcGIS software will be used. The study is non-experimental, cross-sectional and at a causal-correlational descriptive level. For the analysis of the results, data from the sources was administered as an instrument technique to determine the distances traveled, collection time, fuel consumption, benefited population, directions of transportation routes, hierarchy of roads, gates.

Keywords - Georeferencing, Geographic Information Systems, Global Positioning System, Solid waste, Municipal waste.

Propuesta de ruta de recolección de residuos sólidos mediante ArcGIS Network Analyst en la localidad de Huaycán del distrito de Ate, 2023

Jerald Benys Dipas-Aliaga, Estudiante¹ ,
Aureliano Sánchez-García, Mg.² ,
Luis Enrique Wong-Jo, Mg.³ 

¹Universidad Tecnológica del Perú, U18210787@utp.edu.pe

²Universidad Tecnológica del Perú, C26533@utp.edu.pe

³Universidad Tecnológica del Perú, C27349@utp.edu.pe

Resumen– *El trabajo de investigación tiene como objetivo “Proponer un sistema de recolección de residuos sólidos utilizando ArcGIS Network Analyst en la localidad de Huaycán del distrito de Ate, 2023”. Para ello se utilizará el software ArcGIS. El estudio es no experimental, transversal y de nivel descriptivo causal-correlacional. Para el análisis de los resultados se administró como instrumento técnico datos de las fuentes para determinar las distancias recorridas, tiempo de recolección, consumo de combustible, población beneficiada, sentidos de rutas de transporte, jerarquía de caminos, puertas.*

Palabras clave - *Georreferenciación, Sistemas de Información Geográfica, Sistema de Posicionamiento Global, Residuos sólidos, Residuos municipales.*

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad los seres humanos generamos residuos orgánicos o inorgánicos en cada actividad que realizamos, por la característica de la actividad se clasifican en doméstico, industrial, minero, de salud. Es una situación que enfrentan los países actualmente a nivel mundial y con el pasar del tiempo se va agravando por varios factores como el crecimiento poblacional, el aumento de las industrias, el avance tecnológico.

La investigación sobre la optimización de rutas de recolección de residuos sólidos resulta estratégica porque es una herramienta que está al alcance de funcionarios público de municipalidades que deseen hacer suyo el proyecto, es preponderante y de vital importancia que todos los municipios tengan su catastro actualizado, porque la información geográfica requerida para su aplicación proviene de un catastro correctamente elaborado.

En líneas resumidas el objetivo del proyecto es diseñar la ruta de un camión de recolección de residuos sólidos domiciliarios empleado Network Analyst de ArcGIS en la ciudad de Huaycán, para reducir el tiempo de recorrido y consumo de combustible, mejorando los procesos en tiempo y costo para la municipalidad de Ate, con el propósito de tener

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

una ciudad limpia y ordenada, cuidando el medio ambiente y la salud de sus vecinos.

II PROBLEMÁTICA

El Perú no es ajeno a la problemática de residuos sólidos, de acuerdo al Instituto Nacional de Estadísticas e Informática, en la categoría Medioambiente–Residuos, registra la evolución anual en producción a nivel departamental del país y a nivel municipal en Lima, de estos datos obtenidos el distrito de Ate se ubica tercer puesto en cuanto a generación total de residuos sólidos, detrás de distritos como San Juan de Lurigancho y San Martín de Porres.

La ciudad de Huaycán según los datos del Instituto Nacional de Estadísticas e Informática, se materializa la presencia de múltiples botaderos en las avenidas principales, faldas de los cerros, mercados y cerca de instituciones educativas, si bien es cierto existe el servicio de recolección con un cronograma establecido, muchas veces esto no supe la cantidad producida, ni la producción fuera del horario establecido.

La investigación plantea una solución al problema de la contaminación por residuos sólidos y reforzar la gestión, mediante la reducción de costos operativos, minimizar los tiempos de recojo y traslado erradicando botaderos, sensibilización de los contribuyentes.

III. MARCO TEÓRICO

A. ESTADO DEL ARTE

El sistema de información geográfica, o SIG se emplea para la implementación u optimización de las rutas de recolección de residuos sólidos, actualmente es ampliamente aplicado y suele ir acompañado por estudios de caracterización de residuos sólidos, métodos heurísticos, propuestas de implementación de contenedores, entre otros métodos que buscan reducir diversos impactos negativos resultantes de la problemática ambiental de los residuos sólidos.

Según [1], el manejo de desechos sólidos y propuestas de rutas optimas, utiliza el SIG para determinar las rutas optimas en san Pedro de Pelileo, se determina la ausencia de información vial en el área de estudio, se registra y georreferencia pocos contenedores que la comuna dispone en la zona dificultando el acopio de los residuos domésticos e industriales existentes.

Por otro lado [2], en la determinación de rutas para la recolección de residuos sólidos, utilizando herramientas computacionales de los sistemas de información geográfica ArcGIS propone establecer una metodología adecuada para el diseño de las rutas, para después integrarlo a un plan integral en Perú PIGARS que es una fuente de información confiable relacionada a las rutas de recolección.

A su vez [3], desarrollo un diseño de una ruta de recolección para optimizar el servicio de recolección de residuos sólidos por contenedores del GAD Municipal de Tulcán con base en mecanismos de resolución de problemas VRP, presentando una metodología cuantitativa porque se tiene registró de la cantidad de contenedores existentes contabilizando distancias, costos y tiempos de recorrido, el estudio manifiesta idea de la importancia de complementar los estudios de rutas de recolección con la propuesta de contenedores ecológico para concentrar el acopio y agilizar el tiempo de parada de los camiones de recolección.

Por su parte [4], complementa la propuesta de rutas optimas mediante el uso de Network Analyst del software ArcGIS, con una metodología de aplicación por etapas, para levantar información en el campo y con la ayuda de herramientas de los sistemas de información geográficas (SIG), generar data con información geo referenciada para determinar rutas óptimas para la recolección, que permitirán a los camiones recolectores no causar tráfico ni malestar a la población, de igual manera su actualización es más rápida y permitirá a los interesados acceder con facilidad a la información.

A su vez [5], propone un diseño optimizado para las rutas de recolección de sólidos empleando la herramienta ArcGIS, utilizando un enfoque descriptivo de registro, análisis e interpretación de las actividades que se encuentran inmersos en los procesos, información que se puede tomar como punto importante para determinar aproximadamente la producción total por día de residuos sólidos, que pueden ser utilizados para cálculos posteriores

Además [6], complementa la optimización de rutas y recojo selectivo de residuos sólidos aplicando sistemas de información geográfica presentando un enfoque mixto con data estadística y descriptiva, analizado con rigurosidad los resultados se optimizaron las rutas resultantes por el software ArcGIS en distancias, costos y tiempos de recorrido, asimismo el estudio es relevante porque emplea métodos estadísticos para demostrar la hipótesis planteada por los investigadores demostrando la eficiencia de emplear los SIG en la optimización de rutas.

Asimismo [7], propone una mejora del sistema de recolección de residuos sólidos urbanos para reducir los impactos ambientales y sociales, para lo cual utilizo una metodología de observación de la zona de trabajo con entrevistas para generar data estadística con la finalidad de describir y resumir los datos que ya tenemos mediante la estadística descriptiva y hacer inferencias y generalizaciones sobre una población a partir de una muestra de datos mediante la estadística inferencial, brindando el estudio nuevas perspectivas y puntos importantes en nuevas investigaciones.

Asimismo [8], propone una mejora de la eficiencia de rutas de recolección de residuos sólidos empleando análisis de redes SIG, aplica una investigación de campo con enfoque cuantitativo no experimental explicativo y correlativo, de su propuesta se obtuvo cambios significativos en la reducción de tiempo de recolección, consumo de combustible, distancia eficiente y población beneficiada por la eficiencia de su aplicación.

También [9], complementa la optimización de rutas para la recolección de residuos sólidos municipales utilizando herramientas SIG, realizando una investigación del tipo experimental con un diseño de investigación descriptivo, explicativo y correlativo, describiendo como resultado los horarios de recolección actual del servicio y el tipo de vehículos que se debe emplear para lograr lo propuesto, maximizando eficientemente el cuidado del medio ambiente y el confort de la comunidad.

[10], adiciona optimizar el sistema de recojo de residuos sólidos domiciliarios con el propósito de disminuir sus efectos ambientales y económicos del mencionado distrito, presentando un diseño de investigación descriptiva, con una visión prospectiva del actual sistema de recolección para ser comparados con los datos arrojados, rescatando los cálculos de emisión de CO2 como un indicador más para determinar la eficiencia del modelado de rutas de recolección mediante el empleo de SIG.

B. TEORÍAS

Residuos sólidos.

[11] El Ministerio del Ambiente mediante la Ley 1278 “Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos” los define como todo elemento orgánico e inorgánico residual de un servicio o bien consumido, que fue desechado y que será manipulado mediante la disposición final.

Clasificación de los residuos sólidos

[11] En el artículo 31 de la ley mencionada líneas arriba clasifica los residuos en tres grupos: por su origen, su gestión y su peligrosidad.

Residuos municipales

[11] Son todos los residuos cuyo origen se encuentra en las viviendas o los generados por las actividades comerciales e incluye en esta la limpieza de los espacios públicos

Recolección de residuos sólidos municipales.

[11] Cadena de actividades que involucra el traslado de los residuos hasta llegar a parar a un relleno sanitario donde serán tratados adecuadamente. Todo este proceso debe ser llevado cumpliendo con la normativa sanitaria, siendo ordenada y eficiente y procurando generar impactos en el medio ambiente, asimismo esta puede ser convencional o no convencional.

Clases de recolección de residuos sólidos municipales.

Convencional: Es la más empleada por las municipalidades, generalmente emplean el uso de camiones compactadores cuya tara varía entre las 2 y 8 toneladas. En esta categoría se puede distinguir los siguientes tipos:

Recolección por punto fijo: El camión recolector emplea tiempo en puntos fijos hacia donde los usuarios llevan sus residuos.

Recolección casa por casa: Los operarios son los encargados de ir puerta a puerta a recoger los residuos sólidos.

No convencional: Son alternativas alternas para el acopio de residuos sólidos, suelen ser empleados debido a limitantes como la geografía, topografía, etc. Ejemplo de ello son los triciclos recolectores.

Etapas o procesos de los residuos

Barrido y limpieza de espacios públicos, Segregación, Almacenamiento, Recolección, Valorización, Transporte, Transferencia, Tratamiento, Disposición final.

Plan de manejo de residuos sólidos

[11] Instrumento de gestión que busca una adecuada gestión de los residuos sólidos municipales desde su etapa inicial denominada generación, hasta su etapa final denominada disposición final, además incluye los procesos para reducir, reutilizar y reciclar.

Caracterización de residuos sólidos

[11] Herramienta que proporciona información actualizada de las propiedades de los residuos domésticos y no domésticos, gracias a esta herramienta se pueden obtener datos como la densidad, el volumen, la composición, etc. Como resultado se puede tomar decisiones para la mejora del servicio de recolección.

Optimización de rutas

[11] Proceso que ayuda a determinar rutas adecuadas para los vehículos recolectores permitiendo resolver problemas logísticos empleando recursos mínimos, teniendo como resultado reducción en mano de obra, reducción de tiempos de recorrido, reducción del consumo de combustible, reducción de las distancias recorridas, reducción de emisiones contaminantes y ampliando el área de influencia.

C. BASES CONCEPTUALES

Sistemas de coordenadas

Permite establecer la ubicación espacial a entidades cartográficas (puntos, líneas, polígonos). Todos los elementos

existentes en un mapa tienen la especial particularidad de presentar una ubicación geográfica que permiten su fácil ubicación en la Tierra o lo más cercano posible. Un ejemplo de sistema de coordenadas son las latitudes o longitudes que tienen característica de ser globales, otro ejemplo son las coordenadas cartesianas o también denominadas planas las cuales surgen de un sistema global.

Georreferenciación

Hace referencia a la correcta ubicación de elementos cartográficos en un sistema de coordenadas geográfico.

Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Sistema que permite la lectura, edición, almacenamiento y gestión de elementos cartográficos también denominados datos espaciales, seguido permite un análisis simple o uno complejo de dichos datos espaciales, por último, brinda un reporte de los resultados obtenidos los cuales se muestran mediante mapas, informes, gráficos, estadísticas.

Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

Sistema de navegación de los EEUU, el cual depende del trabajo sincrónico de los satélites en órbita de la tierra, estaciones receptoras en tierra que permiten el seguimiento, control de los datos y de los receptores GPS de propiedad de los usuarios.

Base de datos geográfica

Conjunto de datos geográficos correctamente ordenados y organizados, el cual permitirá un análisis y su posterior gestión.

Ruta de Recolección de residuos sólidos

Son líneas proyectadas en un mapa que permiten definir el camino por el cual debe seguir un camión recolector de residuos para cumplir con su objetivo, esta se produce en una determinada área e, inicia tras la partida del vehículo recolector y finaliza en un relleno sanitario.

IV. METODOLOGÍA

Diseño de Investigación

Posee un diseño no experimental de tipo transversal y de nivel descriptivo correlacional causal, no experimental porque no se manipulan las variables y de tipo transversal porque se realiza la medición de los datos una sola vez y descriptivo correlacional causal, porque con información obtenida de las fuentes, se describe las características actuales de las rutas de recolección y correlacional porque con los datos recabados se comparará la información existente con los datos arrojados por el modelado en el software ArcGIS.

Enfoque de la investigación

Tiene un enfoque cuantitativo porque se busca determinar las distancias recorridas, el tiempo de recolección, consumo de

combustible, población beneficiada y cualitativa por los sentidos de vías de transporte, jerarquía de vías, tranqueras.

Tipo de investigación

Es de tipo aplicada porque tiene como objetivo solucionar un problema latente mediante el empleo de una metodología específica, que tendrá como resultado información útil para la sociedad y para la toma de decisiones de la comuna

V. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Fase 1

Situación actual de la gestión de residuos sólidos en la municipalidad de ATE.

Para determinar el estado situacional respecto a los residuos sólidos en la municipalidad de ATE se consultó el Plan distrital de manejo de residuos sólidos (PMRS) del distrito de ATE 2021-2025, lo cual se presentó 4 situaciones:

Situación presupuestal.

Para el año 2019 la municipalidad de Ate presentó 4 actividades ligadas a la buena disposición de los residuos sólidos.

TABLA 1

Actividades presupuestales municipalidad de ATE

| Actividades | Presupuesto (Soles) |
|--|---------------------|
| Educación y sensibilización a la población en materia de residuos sólidos. | 1,286,892.00 |
| Almacenamiento, barrido de calles y limpieza de espacios públicos. | 12,367,698.00 |
| Recolección y transporte de residuos sólidos municipales. | 31,991,686.00 |
| Valorización de residuos sólidos municipales | 1,529,835.00 |

Fuente: Plan distrital de manejo de residuos sólidos del distrito de ATE 2021-2025.

Generación de residuos sólidos

Por otro lado, la generación per cápita de residuos sólidos, es decir cuántos kilogramos de residuos es producido por cada ciudadano de Ate, para el año 2025 será de 0.739.

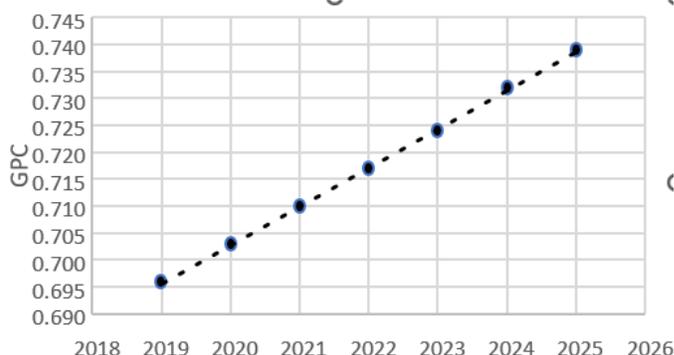


Fig. 1 Proyección de generación per cápita de residuos sólidos en el distrito de ATE. Fuente, PMRS ATE

Composición física de los residuos sólidos domiciliarios

En el distrito de Ate presenta como principal residuo producido con un 41.09% de materia orgánica la cual se encuentra compuesta por restos de alimentos, cascara de vegetales, frutas y excretas de animales. Seguido se tiene como segundo elemento desechado más común la madera y restos de follaje en un 12.10%. En tercer lugar, se tiene los residuos sanitarios con un 11.68%, el cuarto lugar con un 10.76% es de los residuos inertes. El resto de componentes se muestra en el siguiente gráfico

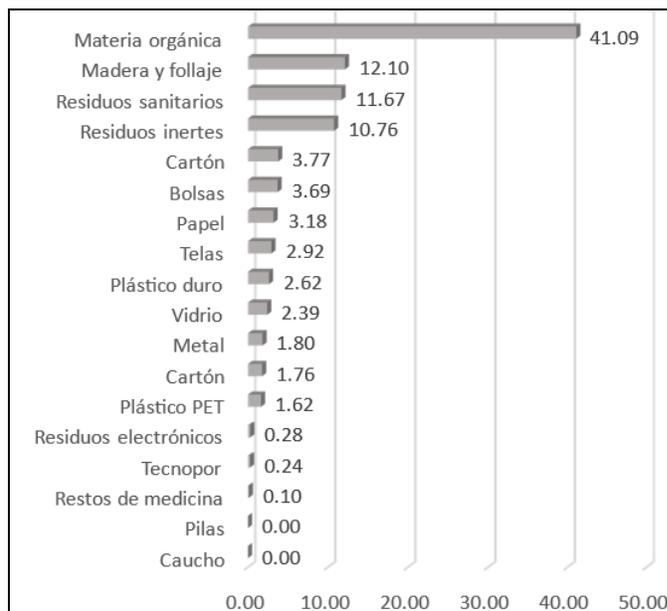


Fig. 2 Composición de RRSS en el distrito de ATE. Fuente: PMRS ATE

Recolección y Transporte de RRSS

Para la recolección y transporte de los RRSS, se determinó que debe ser de administración mixta, es decir un 40% responsabilidad de la municipalidad y el 60% gestionado por la Empresa Prestadora de Servicios de Residuos Sólidos

PETRAMAS S.A.C. Dicha empresa actualmente tiene proyectado la recolección de aproximadamente 390 toneladas diarias. El volumen proyectado será recolectado y transportado mediante el empleo de 27 camiones con una carga promedio de 9 toneladas.

Existen horarios y turnos de recolección ya establecidos, la municipalidad de Ate estableció 3 turnos regulares con horarios comunes la cual se menciona a continuación:

- 1er turno: 06:00 a 14:00
- 2do turno: 14:00 a 22:00
- 3er turno: 16:00 a 00:00

Asimismo, los camiones recolectores realizarán 2 servicios, es decir coparán 02 de los 03 turnos establecidos. Existen 2 tipos de vehículos designados para zonas y tipos de residuos producidos, los camiones de tipo Madrina son los encargados de recolectar los residuos industriales y los camiones Baranda serán empleados para la recolección de RRSS domiciliarios.

Consumo de combustible

La municipalidad de Ate ha determinado el consumo de combustible Diesel D2 de toda la flota vehicular destinada al servicio de recolección de residuos sólidos. En ese sentido los camiones de tipo Baranda consumen por día 10 galones de combustible y aproximadamente 122,640.00 galones al año

TABLA 2

Consumo de combustible por tipo de vehículo

| Tipo de vehículo | Galones/día | Galones/año |
|---------------------|-------------|-------------|
| Camión compactador | 21 | 7665 |
| Tractores | 20 | 7300 |
| Camiones de baranda | 10 | 3650 |

Fuente: Plan distrital de manejo de residuos sólidos del distrito de ATE 2021-2025.

Fase 2

Determinación del software a emplear para el diseño de rutas de recolección.

TABLA 3

Descripción, ventajas y desventajas de softwares

| Software | Descripción | Desarrollador | Ventajas | | | | Desventajas | |
|----------|---|---|----------|----|----|----|-------------|----|
| | | | V1 | V2 | V3 | V4 | D1 | D2 |
| ArcGIS | Sistema que permite la recopilación, organización, administración, análisis y distribución de información geográfica. | ESRI | x | x | x | x | x | x |
| QGis | SI geográfica que permite visualizar, gestionar, editar, analizar datos y diseñar mapas | Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) | x | x | x | | x | x |
| Python | LP para aplicaciones web, desarrollo de software, ciencia de datos y machine learning | Guido Van Rossum | x | x | x | | x | x |
| GMS | Software que permite el modelado matemáticos lineales, no lineales o mixtos | | x | x | | | x | x |

Después de analizar las alternativas existentes se decantó el uso del Software ArcGIS, dado que, el presente investigador ya tiene una base sólida y previo conocimiento en el empleo del mencionado software y su extensión Network Analyst.

Fase 3

Identificación de la ruta de recolección existente

Para la digitalización de la ruta actual se empleó la información brindada por un colaborador de PETRAMAS S.A.C., esta fue contrastada según el Plan distrital de manejo de residuos sólidos del distrito de ATE 2021-2025.

149

RUTA 43

| | |
|------------|--|
| 6:40 a.m. | AV. A.A. CACERES CON AV. LOS INCAS (FRENTE A BODEGA PRECIO UNO). P. I. |
| 6:44 a.m. | AV. J.C. MARIATEGUI HASTA AV. 15 DE JULIO |
| 6:54 a.m. | AV. 15 DE JULIO ZONA COMERCIAL. |
| 7:05 a.m. | AV. J.C. MARIATEGUI HACIA CALLE 1 EL LUCUMO |
| 7:25 a.m. | CALLE 1 ENTRE EL LUCUMO Y ZONA A HUAYCAN |
| 7:40 a.m. | AV. A.A. CACERES HASTA CUALO STA. ROSA |
| 8:00 a.m. | AV. J.C. MARIATEGUI HASTA ZONA B. |
| 8:47 a.m. | ENTRANDO ZONA B HUAYCAN |
| 10:00 a.m. | AV. 15 DE JULIO ZONA COMERCIAL REPASO / HUAYCAN. |
| 10:15 a.m. | AV. J.C. MARIATEGUI HACIA CALLE 1 REPASO. |
| 10:20 a.m. | CALLE 1 ENTRE EL LUCUMO Y ZONA A HUAYCAN (REPASO). |
| 10:34 a.m. | AV. A.A. CACERES (REPASO) HASTA INGRESO ZONA A HUAYCAN |
| 10:47 a.m. | INGRESANDO A ZONA A HUAYCAN. |
| 11:50 a.m. | INGRESANDO A EL LUCUMO HUAYCAN. |
| 12:20 p.m. | INGRESANDO A VILLA HERMOZA HUAYCAN |
| 12:32 p.m. | INGRESANDO A EL DESCANSO |
| 12:50 p.m. | AV. J.C. MARIATEGUI HASTA AV. 15 DE JULIO ZONA COMERCIAL |
| 1:20 p.m. | REPASO FINAL. P. F. |

P. I. PUNTO INICIO
P. F. " FINAL.

Fig. 3 Ruta de recolección escrita. Fuente, PMRS ATE



Fig. 4 Digitalización de la ruta de recolección existente

Fase 4

Toma de datos de botaderos de residuos sólidos denominados puntos críticos

Para la identificación de los puntos críticos se realizó trabajo de campo, este consistió en la toma de datos geográficos, las cuales fueron posteriormente georreferenciadas y digitalizadas para su posterior uso. En total se identificaron 44 puntos críticos situados en inmediaciones de la ruta de recolección existente.

TABLA 4

Puntos críticos encontrados

| Punto | Coord_X [m] | Coord_Y [m] |
|-------|-------------|-------------|
| PC01 | 300750.108 | 8672119.644 |
| PC02 | 301110.934 | 8671974.122 |
| PC03 | 300935.647 | 8672042.253 |
| PC04 | 301184.025 | 8671948.326 |
| PC05 | 301284.964 | 8671909.057 |
| PC06 | 301350.449 | 8671882.969 |
| PC07 | 301480.227 | 8671816.691 |
| PC08 | 301555.633 | 8671764.700 |
| PC09 | 301712.002 | 8671660.322 |
| PC10 | 301737.006 | 8671636.509 |
| PC11 | 301847.337 | 8671425.371 |
| PC12 | 301878.690 | 8671358.299 |
| PC13 | 301826.699 | 8671416.243 |

| | | |
|-------|-------------|-------------|
| PC14 | 301894.962 | 8671276.543 |
| PC15 | 301864.775 | 8671059.541 |
| PC16 | 301731.425 | 8671037.104 |
| PC17 | 301662.210 | 8671061.870 |
| PC18 | 301611.409 | 8671094.466 |
| PC19 | 301540.713 | 8671143.150 |
| PC20 | 301390.164 | 8671250.068 |
| PC21 | 301463.190 | 8671195.696 |
| PC22 | 301340.149 | 8671336.966 |
| PC23 | 301379.308 | 8671392.529 |
| PC24 | 301420.583 | 8671455.500 |
| PC25 | 301492.020 | 8671552.867 |
| PC26 | 301550.229 | 8671635.946 |
| PC27 | 301428.552 | 8671589.442 |
| PC28 | 301364.609 | 8671492.145 |
| PC29 | 301295.288 | 8671672.591 |
| PC30 | 301164.584 | 8671763.079 |
| Punto | Coord_X [m] | Coord_Y [m] |
| PC31 | 301093.675 | 8671914.950 |
| PC32 | 300841.792 | 8671642.429 |
| PC33 | 300933.867 | 8671576.812 |
| PC34 | 300867.974 | 8671891.523 |
| PC35 | 300485.651 | 8672045.643 |
| PC36 | 300692.687 | 8671992.065 |
| PC37 | 300368.572 | 8672142.216 |
| PC38 | 301798.025 | 8671168.757 |
| PC39 | 301440.175 | 8671318.247 |
| PC40 | 301543.363 | 8671474.352 |
| PC41 | 301614.801 | 8671561.003 |
| PC42 | 301739.817 | 8671406.883 |
| PC43 | 301800.010 | 8671295.096 |
| PC44 | 300366.152 | 8671849.373 |



Fig. 5 Ubicación de puntos críticos

Fase 5

Digitalización de la red vial de la ciudad de Huaycán

Para la digitalización de la red vial de la ciudad de Huaycán se empleó los mapas bases georreferenciados previamente descargados del software SASPlanet.

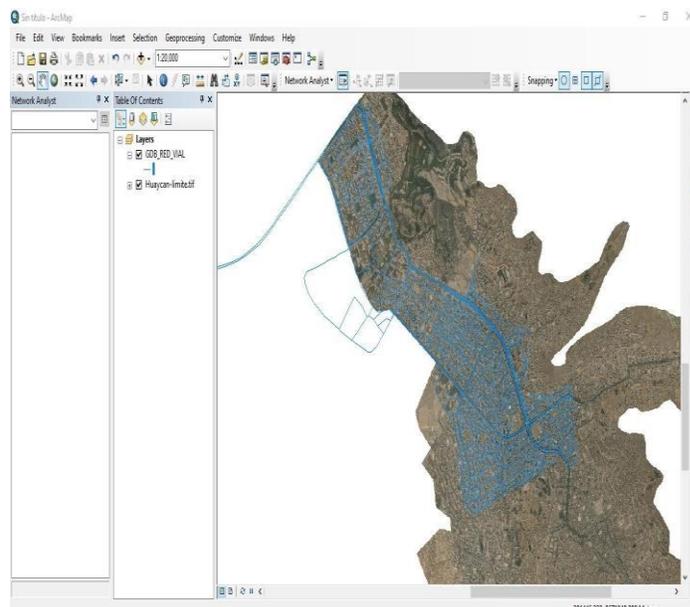


Fig. 6 Resultado de la digitalización de la red vial de la ciudad de Huaycán

Fase 6

Cálculo de la nueva ruta de recolección mediante el empleo de Network Analyst y el Submódulo “New Route”

Con los datos de los puntos críticos se procede a calcular la ruta más óptima que pase por todos los puntos mencionados, partiendo de la identificación del punto inicial

de la ruta y del punto final del mismo. Asimismo, el modelado de las rutas contempla el empleo de la meta data previamente asignada como lo es los sentidos de las vías, la jerarquía de las mismas, la velocidad permitida en la vía, la distancia de las vías y por último el tiempo de demora en recorrer dicha vía a la distancia correspondiente. Se ejecuta el modelo y se obtiene los resultados en una tabla con las calles a tomar y el tiempo respectivo de demora

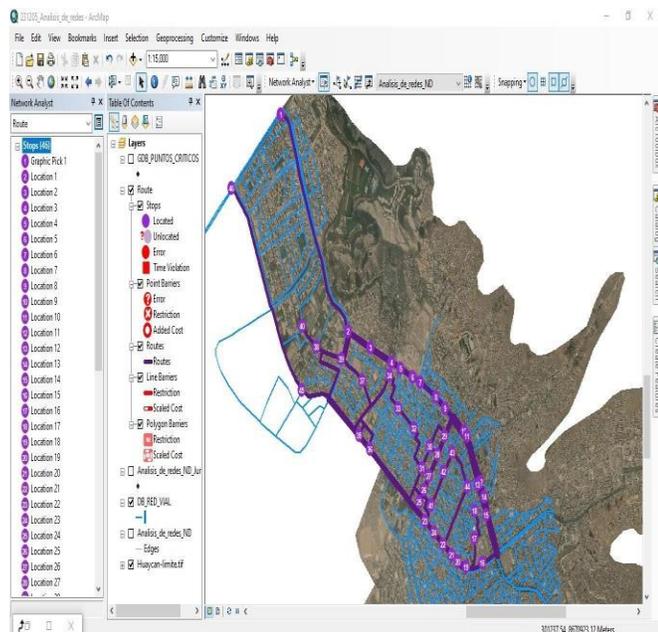


Fig. 7 Resultado de la nueva ruta modelada

Fase 7

Comparación de resultados

Algunos aspectos de gran importancia que se puede discutir respecto a la optimización de rutas de recolección mediante el empleo de software ArcGIS con su módulo Network Analyst relacionado a la metodología empleada, es la misma en la mayoría de investigaciones presentadas en el marco teórico, dividiéndose en trabajo de campo y gabinete, sin embargo, para la captura de datos en campo algunos autores emplearon navegadores GPS de mano ejemplo es el estudio realizado por [12], quien en su metodología emplea el equipo, añadiendo la información de elevación útil para otros tipos de análisis, sin embargo, en la presente investigación no se empleó dado su difícil acceso y su costo elevado. Finalmente, la falta de información catastral libre o de acceso con autorización, limita los posibles cálculos respecto a la población beneficiada como lo hace [13], o en todo caso limita el acceso a la información de posibles zonas restringidas o calles cerradas, lo cual reduce la precisión del modelo resultante

TABLA 5

Comparación entre ruta existente y nueva ruta propuesta

| Comparación entre ruta existente y nueva ruta propuesta | | | | |
|---|---------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Nombre de ruta | Nº de paradas | Distancia recorrida (Km) | Tiempo recorrido (hh:mm:ss) | Consumo de combustible (Gal) |
| Ruta 43 | 60 | 24 | 03:19:00 | 3.98 |
| Nueva ruta | 60 | 24 | -01:41:00 | -2.26 |

VI. CONCLUSIONES

Se pudo establecer que la municipalidad de ATE actualmente destina aproximadamente 31 millones de soles solo para ejecutar la recolección y el transporte de los residuos sólidos, ha proyectado que cada habitante para el año 2025 producirá en promedio 0.739 Kg de residuos sólidos al día.

Se decidió emplear el software ArcGIS, porque el módulo Network Analyst es intuitivo, además los datos recopilados en campo fueron directamente volcados al software lo que facilitó su análisis

Se identificó 44 puntos críticos cercanas a la ruta de recolección existente los cuales fueron empleados en los cálculos de la nueva ruta de recolección.

Se logro reducir el tiempo de recorrido en 1 hora y 41 minutos, asimismo el consumo de combustible también se vio reducido en 2.26 galones o un 63.68% por turno.

REFERENCIAS

- [1] Sánchez Gómez, J. E. (2021). Diseño de rutas para la recolección de residuos sólidos implementando herramientas computacionales del sistema de información geográfica (SIG) ArcGIS en un municipio colombiano. *Universidad de Los Andes*, 1–47. <https://doi.org/https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/55649>
- [2] Zamora Pangay, R. F. (2022). *Propuesta de optimización del sistema de rutas para la recolección de residuos sólidos del Cantón Paltas, Provincia de Loja*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/59672>
- [3] García Quendí, Y. L. (2022). *Diseño de una ruta de recolección para optimizar el servicio de recolección de residuos sólidos por contenedores del GAD Municipal de Tulcán con base en mecanismos de resolución de problemas VRP*. <https://doi.org/http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/1471>
- [4] Endara Aguilar, A. D. (2017). Propuesta de rutas óptimas para la recolección de desechos sólidos en la zona centro norte de la Parroquia Sangolquí mediante la extensión Network Analyst del software ArcGIS. *Pontificia Universidad Católica Del Ecuador*, 1–203. <https://doi.org/http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14439>
- [5] Cárdenas Cabrera, C., & Cuadra Arévalo, J. A. (2022). *Sistemas de Información Geográfica para optimizar la ruta de recolección de residuos sólidos municipales, Moche, 2022*. <https://doi.org/https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/31510>
- [6] Cerna Muñoz, M. S., & Gastolomendo Quispe, 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.
<https://doi.org/http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/2882>
- [7] Correa Tineo, Jhanmarco Edinson, U. (2018). Propuesta de mejora del sistema de recolección de residuos sólidos urbanos en el distrito de Chiclayo para reducir los impactos ambientales.
<http://hdl.handle.net/20.500.12423/1142>
- [8] Antonio Calixto, O. A., & Cashpa Lajo, O. G. (2022). Mejora de la eficiencia de rutas de recolección de residuos sólidos empleando análisis de redes SIG en los sectores 01 y 03 del distrito de Ancón.
<https://doi.org/https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/106570>
- [9] Alvarado Prado, L. F., & Cabrera Tocas, J. B. (2020). Optimización de rutas para la recolección de residuos sólidos municipales utilizando herramientas SIG en el distrito Caleta de Carquín
<https://doi.org/http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/4206>
- [10] Manrique Ortega, F. A. (2020). Sistema de Recojo de residuos sólidos domiciliarios y sus efectos ambientales y económicos en el distrito de Pocollay, 2020.
<https://doi.org/https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1660>
- [11] Ministerio del Ambiente. (2015). Reciclaje y disposición final segura de RESIDUOS SÓLIDOS.
<https://ambides.com/biblioteca-%20digital/?busquedaMain=Reciclaje+y+disposici%C3%B3n+final+segura+de+RESIDUOS+S%C3%93%20LIDOS>
- [12] Zamora Pangay, R. F. (2022). Propuesta de optimización del sistema de rutas para la recolección de residuos sólidos del Cantón Paltas, Provincia de Loja. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/59672>
- [13] Sánchez Gómez, J. E. (2021). Diseño de rutas para la recolección de residuos sólidos implementando herramientas computacionales del sistema de información geográfica (SIG) ArcGIS en un municipio colombiano. Universidad de Los Andes, 1–47.
<https://doi.org/https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/55649>