

ACTUALIZAR EL SISTEMA DE RUTAS DE BARRIDO Y RECOLECCIÓN DE
RESIDUOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO FORTUL-ARAUCA PARA LA EMPRESA

EMCOAAAFOR E.S.P.

DEYNA TATIANA ARDILA CHAVARRO

Código: 1094282193

DIRECTOR: PHD. FIDEL ANTONIO CARVAJAL SUAREZ



INGENIERIA AMBIENTAL
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA NORTE DE SANTANDER
2021

Contenido

Dedicatoria	7
Introducción.....	8
1. PROLOGO.....	8
1.1 Planteamiento del Problema.....	8
1.2 Objetivos	10
1.2.1 Objetivo General.....	10
1.2.2 Objetivo Especificos	10
1.3 Justificación.....	11
2. Generalidades	12
2.1 Marco Teórico.....	12
2.1.1 Diseño de Sistemas Sin Aprovechamiento.	14
2.2 Marco Conceptual	22
2.3 Marco Contextual.....	24
2.3.1 Localización.	24
2.3.2 Reseña histórica de la empresa de servicios públicos de Fortul-Arauca	25
2.4 Marco Legal.....	26
2.4.1 Antecedentes.	28
3. Diseño metodológico	30
3.1 Metodología.	30

3.1.1 Etapa 1. Caracterización del sistema de recolección de residuos del municipio del Fortul.....	31
3.1.2 Etapa 2. Medición de variables para aplicación del SIG	32
3.1.3 Etapa 3: Aplicación de la herramienta SIG Network Analyst y la extensión Vehicle Routing Problem (VRP).....	34
3.1.4 Etapa 4: Creación cartográfica de rutas y micro-rutas mejoradas	35
Fase 2. Actividad XII.	36
4. Resultados y discusión	38
4.1 Diagnóstico del sistema de rutas de recolección y barrido implementadas actualmente en el municipio de Fortul.....	38
4.2 Actualización de las rutas de recolección de residuos sólidos mediante la herramienta SIG Network Analyst y la extensión Vehicle Routing Problem(VRP).....	47
4.3 Formulación del sistema operativo de barrido de vías y áreas públicas en el municipio de Fortul-Arauca.....	53
4.4 Actividades relacionadas con la prestación de servicio de aseo con la EMPRESA EMCOAAAFOR ESP	62
4.4.1 Implementación de estrategias de información, educación y comunicación para fomentar el adecuado manejo de residuos sólidos en el espacio público en el municipio de Fortul.....	62
4.4.2 Mantenimiento y limpieza de cestas públicas.	63
4.4.3 Actividades con el Club Defensores del agua de EMCOAAAFOR ESP.....	63

5 Conclusiones y Recomendaciones	63
5.1 Conclusiones	63
5.2 Recomendaciones	64
6 Bibliografía	65

Índice de Tablas

Tabla 1. Normativa	26
Tabla 2. Monitoreo Ruta 1, recolección de residuos.	38
Tabla 3. Tiempos de recolección de residuos sólidos ruta 1	40
Tabla 4. Monitoreo Ruta 2, recolección de residuos.	40
Tabla 5. Tiempos de recolección de residuos sólidos ruta 2	43
Tabla 6. Monitoreo Ruta 3 Nuevo Fortul, recolección de residuos.	43
Tabla 7. Tiempos de recolección de residuos sólidos ruta 3 Nuevo Fortul	44
Tabla 8. Monitoreo Ruta 3 Palmarito de recolección de residuos sólidos.	44
Tabla 9. Tiempos de recolección de residuos sólidos ruta 3 Palmarito	45
Tabla 10. Monitoreo Ruta 3 Nuevo Caranal de recolección de residuos sólidos.	45
Tabla 11. Tiempos de recolección de residuos sólidos ruta 3 Nuevo Caranal	47
Tabla 12. Tiempos optimizados de recolección de residuos sólidos de las cinco rutas de	

Tabla 13. Tiempo de las ocho microrrutas de barrido en la zona urbana mediante la herramienta SIG	62
---	----

Índice de Figuras

Figura 1. Localizacion de Fortul	25
Figura 2. Metodología, fase 1.....	31
Figura 3. Registro de datos	32
Figura 4. Tabla de atributos	33
Figura 5. Vehículos recolectores	34
Figura 6. Vías Fortul.....	35
Fuente: propia, 2021	35
Figura 7. Geodatabase en SIG.....	36
Figura 8. Actividades en EMCOAAAFOR ESP.....	36
Figura 9. Club Defensores del Agua Residuos Solidos	37
Figura 10. Trabajo social	37
Figura 11. Mapa Ruta 1 de Residuos Solidos	48
Figura 12. Mapa Ruta 2 de Residuos Solidos	49
Figura 13. Mapa Ruta 3 Residuos Sólidos de Nuevo Fortul.....	50
Figura 14. Mapa Ruta 3 Residuos Sólidos Palmarito	51
Figura 15. Mapa Ruta 3 Residuos Sólidos Nuevo Caranal.....	52
Figura 16. Microrruta 1 Barrido zona urbana	54

Figura 17.	Microrruta 2 Barrido zona urbana	55
Figura 18.	Microrruta 3 Barrido zona urbana	56
Figura 19.	Microrruta 4 Barrido zona urbana	57
Figura 20.	Microrruta 5 Barrido zona urbana	58
Figura 21.	Microrruta 6 Barrido zona urbana	59
Figura 22.	Microrruta 7 Barrido zona urbana	60
Figura 23.	Microrruta 8 Barrido zona urbana	61
Figura 24.	Nuevo Código de Colores	62

Dedicatoria

A mi hermosa madre por su perseverante esfuerzo de apoyarme siempre de seguir adelante en esta etapa de mi vida, por su amor que me brinda incondicionalmente ya que con sus sacrificios y dedicación he logrado este apreciado sueño y meta.

A mis hermanos por brindarme apoyo, por compartir conmigo sus experiencias, motivarme a seguir en mi sueño que debo cumplir sin duda alguna.

A todas las personas que me brindaron su gentil ayuda, especialmente a Olga Lucia Rincón, que, en momentos tan críticos me apoyo para poder seguir persiguiendo mi meta, dándome consejos, cariño y apoyándome económicamente, muchas gracias.

A mis amigos por su amistad, también a mi pareja por apoyarme y brindarme confianza y comprensión durante mi carrera universitaria, gracias.

Deyna Tatiana Ardila Chavarro

Introducción

Esta práctica realizó la actualización de rutas de recolección de residuos sólidos mediante la herramienta de sig network analyst – vehicle routing problem (vrp) en el municipio de Fortul-Arauca para EMCOAAAFOR E.S.P, este programa utiliza algoritmos para encontrar trayectorias más cortas y por ende reducir los tiempos de viaje, con ello reduciendo costos operativos de la prestación de servicio de aseo.

Seguidamente, se ejecutó el proyecto en 4 etapas con sus respectivas acciones, en la primera etapa se desarrolló la identificación del estado actual de la composición de los residuos sólidos del municipio, mediante datos recolectados e información secundaria, se utilizó GPS para referenciar las rutas de cada uno de los vehículos de transporte de residuos, en la segunda etapa se establecen las variables como velocidad del vehículo recolector, tipo de vías, longitud de vías, capacidad del carro recolector y horario de trabajo para la aplicación del software SIG y la herramienta network analyst, en la tercera etapa se cartografió el sistema de transporte y la red vial, finalmente se crean los mapas de las macro rutas y micro rutas necesarias para la recolección de residuos, adicionalmente la practica contempla el apoyo a las actividades de funcionamiento de la oficina de prestación de servicio de aseo, para las cuales se elaborara un informe.

1. PROLOGO

1.1 Planteamiento del Problema

“En la actualidad, el país genera más de 12 millones de toneladas de residuos sólidos al año, de las cuales, tan solo el 17% es reciclado, y aunque no existen cifras de cuántas compañías en Colombia han empezado a implementar la gestión ambiental, programas como WasteWatch da un enfoque revolucionario para el sector de alimentos” (Soto, 2020)

“Se estima que entre el 60% y 70% de los residuos sólidos del país se pueden aprovechar por medio del compostaje. Además, según indica el informe, esta práctica es útil para los hogares, pues se estima que 40% de la basura diaria que se genera es materia orgánica” (Soto, 2020).

Además, Soto (2020), menciona "Cada vez se avanza y realizan esfuerzos que conlleven a resultados reales y tangibles en materia de control y gestión de los residuos, es necesario el trabajo y participación de todos. La implementación de programas e iniciativas que aporten a disminuir los volúmenes de residuos generados en las actividades diarias de las compañías"

“Mientras, un consenso en la comunidad científica relacionado con las crecientes preocupaciones por los problemas ambientales que genera la producción de residuos sólidos urbanos (OPS, 1991) (A. & Sánchez, 2007) (OCDE, 2007) (Rojas, 2014) . Estos últimos se han incrementado a nivel global como resultado del aumento de la población, cambios en el estilo de vida, perfiles de consumo, edad de integrantes de las familias, así como por tendencias industriales y comerciales que promueven el consumo de una mayor cantidad de productos manufacturados” (OECD, 2004).

“Es importante, la gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU) es un tema sensible para la sociedad en la medida que representa un servicio indispensable para la población dadas sus repercusiones en la salud pública, pero a la vez es considerado un objeto de rechazo. En el caso de los rellenos sanitarios o de las unidades de transferencia, estos sitios son percibidos por la población como infraestructura poco aceptada” (Corona, 2013).

En el municipio de Fortul no se presenta recolección selectiva en la fuente, se cuenta con una asociación independiente de recicladores ASORECFOR, los cuales colectan residuos sólidos reciclables y aprovechables minutos antes de que pasen los vehículos recolectores de la empresa EMCOAAAFOR.

Esta situación, implica una menor cantidad de residuos aprovechados y por ende un mayor volumen de residuos para disponer en el Relleno Regional del Piedemonte Araucano, ubicado en el municipio de Arauquita, lo que implica una menor vida útil del relleno.

El municipio de Fortul tiene un sistema de recolección de residuos el cual no se conoce su funcionamiento ya que no existe un diagnostico donde se determinen la eficiencia de recolección en cuanto a tiempo y uso de recursos e insumos.

Por lo anterior, se requiere determinar ¿Cuál es el estado actual del sistema de recolección de residuos, su eficiencia y eficacia?, y de ¿qué manera se puede apoyar las actividades de la oficina de prestación de servicio de la empresa EMCOAAAFOR ESP?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Actualizar el Sistema de Rutas de Barrido y Recolección de Residuos Sólidos del Municipio de Fortul-Arauca para la Empresa Emcoaaafor E.S.P

1.2.2 Objetivo Especificos

- Diagnóstico del sistema de rutas de recolección y barrido implementadas actualmente en el municipio de Fortul
- Actualizar las rutas de recolección de residuos sólidos mediante la herramienta SIG Network Analyst y la extensión Vehicle Routing Problem
- Formular el sistema operativo de barrido de vías y áreas públicas en el municipio de Fortul-Arauca
- Ejecutar actividades relacionada con la prestación de servicio de aseo con la EMPRESA EMCOAAAFOR ESP

1.3 Justificación.

“La gestión de residuos sólidos urbanos es una tarea compleja que tiene implicaciones sociales, económicas, tecnológicas y ambientales para la sociedad y para las administraciones locales. La fase de recolección domiciliaria llega a representar entre el 70 y el 85 % de los costos totales de la gestión de los residuos sólidos, por lo que es un aspecto crítico dentro de la prestación del servicio” (OCDE, 2014).

“Desde el punto de vista ambiental este trabajo tiene que ver con la importancia de un adecuado sistema de recolección, ya que un incremento en su eficiencia supone grandes efectos sobre el éxito en el manejo integral en su conjunto” (OCDE, 2014). Por ejemplo, se estima que, dentro de la operación de las rutas de recolección, “el mayor desperdicio de combustible se lleva a cabo mientras los camiones dan vueltas a la colonia a muy baja velocidad, lo cual también está asociado con la producción de mayores emisiones de gases contaminantes, ruido y congestión del tránsito vehicular” (Cherrett, 2008).

“En cuanto al factor económico, la gestión integral de los RSU constituye un servicio público que necesita recursos económicos para cubrir la adquisición de vehículos especializados, la operación de la flota (combustibles y mantenimiento), así como los salarios del personal involucrado, buscando el mínimo costo” (SEDESOL, 2001a).

En el municipio de Fortul no se cuenta con sistema de aprovechamiento de residuos, que garantice el cumplimiento del capítulo VII del decreto 1713 de 2000, artículo 67 al 82. Así mismo, Fortul es uno de los 1.122 Municipios de Colombia, ubicado en el departamento de Arauca. Según el censo realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, DANE, Fortul tiene una población de 21447 habitantes, de los cuales 13 081 son de la cabecera municipal.

2. Generalidades

2.1 Marco Teórico

Se dará, a conocer los diferentes pensamientos he ideas relacionados con el tema de estudio.

“El problema común es la generación de rutas para vehículos (VRP). Cada organización necesita determinar a qué órdenes (domicilios, restaurantes o sitios de inspección) se debería dar servicio en cada ruta (camión o inspector) y en qué secuencia se deberían visitar las órdenes. El objetivo principal consiste dar mejor servicio a las órdenes y minimizar el coste total de funcionamiento para la flota de vehículos. Así, mientras el solucionador de rutas de Extensión ArcGIS Network Analyst encuentra la mejor ruta para que un único vehículo visite muchas paradas, el solucionador de VRP encuentra las mejores rutas para que una flota de vehículos atienda muchas órdenes. Además, el solucionador de VRP puede resolver problemas más concretos porque hay disponibles numerosas opciones, como asignar capacidades de vehículos a cantidades de órdenes, proporcionar descansos a los conductores y emparejar órdenes para darles servicio en la misma ruta” (esri, s.f).

Gestión de residuos solidos

“Los residuos sólidos orgánicos urbanos constituyen cerca del 70% del volumen total de desechos generados, por tal motivo es primordial buscar una salida integral que contribuya al manejo adecuado, potenciando los productos finales de éstos procesos y minimizando un gran número de impactos ambientales que conlleven a la sostenibilidad de los recursos naturales” (Liliana, 2008).

“Las problemáticas de los residuos sólidos municipales son planteadas por la generación, separación en la fuente, transporte, almacenamiento, tratamiento, eliminación e inadecuada disposición final principalmente debido a la falta de responsabilidad por parte de las instituciones generadoras de residuos, de las autoridades municipales y sus operadores de aseo en los procesos

de disposición final y de los ciudadanos que no separan los residuos en la fuente, perdiéndose la oportunidad de darles un valor agregado como reutilización, reciclaje, compostaje” (Puerta, 2004).

“Sobre todo, este sistema requiere de una adecuada recolección y transporte de los residuos sólidos residenciales; de esta manera se logra la prevención de impactos al medio ambiente en sus aspectos agua, aire y suelo; y así evitar focos de infecciones, proliferación de vectores (insectos, roedores) que pueden transmitir enfermedades y epidemias, la contaminación de fuentes de agua, deterioro estético del paisaje debido a la acumulación de residuos” (Marquez, s.f)

“La etapa de recolección y transporte es la parte fundamental de un sistema de aseo urbano y tiene como objetivo principal preservar la salud pública mediante la recolección de los desechos en los centros generados y transportarlos al sitio de tratamiento o disposición final en forma eficiente y al menor costo” (Figueroa, 2008).

“Para la formulación de un plan de recolección y transporte, debe abarcar los siguientes aspectos:

Almacenamiento adecuado

Equipamiento para el transporte de los residuos

Rutas de recolección, frecuencia y horarios

Aplicabilidad de una estación de transferencia –ET

Aplicabilidad de la separación de residuos en la fuente” (Manual de recolección y transporte de residuos sólidos, 2017)

Según el (RAS, 2000) título F, “reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, la recolección de residuos debe cumplir con los siguientes requisitos:

La recolección debe efectuarse de modo que se minimicen los efectos ambientales, en especial el ruido y la caída de residuos en la vía pública. En caso de que se viertan residuos durante la recolección es deber del recolector realizar inmediatamente la limpieza correspondiente.

La entidad prestadora del servicio debe contar con equipos de reserva para garantizar la normal prestación del servicio de aseo urbano en caso de averías. El servicio de recolección de residuos sólidos no debe ser interrumpido por fallas mecánicas de los vehículos. Sólo podrá suspenderse por los motivos de fuerza mayor o caso fortuito contemplados en las leyes o decretos vigentes”.

“El servicio de recolección se prestará en las frecuencias y horarios definidos en el contrato de condiciones uniformes” (RAS, 2000)

“En las zonas en las cuales se utilice el sistema de recolección por contenedores, los usuarios o los operadores, deben instalarlos en la cantidad que sea necesaria para que los residuos sólidos depositados no desborden su capacidad y esté acorde con la frecuencia de recolección” (RAS, 2000)

“La operación de compactación debe efectuarse en zonas donde cause la mínima molestia a los residentes. En ningún caso esta operación puede realizarse frente a centros educativos, hospitales, clínicas o cualquier clase de centros asistenciales” (RAS, 2000)

2.1.1 Diseño de Sistemas Sin Aprovechamiento.

“**Aspectos de diseño.** En el sistema de recolección y transporte deben definirse claramente los siguientes aspectos:

1. Tipo de servicio de recolección a proporcionar: En las aceras frente a cada unidad de almacenamiento. Solo debe permitirse la recolección en esquinas cuando haya imposibilidad de

acceso del vehículo recolector porque las calles son muy angostas o porque se trata de vías peatonales. De todas maneras, debe existir un diseño para controlar la recolección por esquinas.

2. Tipo de sistema de recolección y equipos utilizados en la actualidad.
3. Cantidad, tipo y tamaño de los vehículos recolectores.
4. Tamaño de la cuadrilla.
5. Metodología general para la puesta en marcha rutas de recolección” (RAS, 2000)

Tipo de servicio de recolección a proporcionar. “Para el diseño del sistema de recolección, una de las primeras decisiones que debe tomarse, es acerca del método de recolección de residuos. Entre los más comunes se tiene “de parada fija”, “de acera “y “de contenedores”; esta es una decisión importante porque incide en las otras variables de recolección, incluyendo el tipo de recipiente para el almacenamiento, tamaño de la cuadrilla y en la selección de los vehículos recolectores” (Sancho Jaime, s.f)

“La recolección ordinaria debe realizarse utilizando el sistema de acera, las esquinas y/o el de unidades de almacenamiento. Los sistemas de recolección en aceras se recomiendan para residuos sólidos domésticos, al igual que el de esquinas, salvo que este último es funcional en zonas de difícil acceso” (RAS, 2000)

Recipiente para recolección. Basado en el (RAS, 2000), título F, “se tiene en cuenta los siguientes recipientes para la recolección; Canecas doméstica, recipientes desechables, recipientes para residuos sólidos de evacuación por ductos, cajas de almacenamiento, canecas públicas, recipientes para almacenamiento de residuos sólidos con características especiales”

Frecuencia de recolección. Para residuos que contengan material putrescible, la frecuencia del servicio de recolección debe ser, al menos, dos veces por semana. Dependiendo de las características del clima o de la zona, esta frecuencia debe incrementarse para eliminar los

problemas de olores y de infestación de insectos y roedores asociados con la acumulación y putrefacción de tales residuos” (RAS, 2000)

“Para el establecimiento de las frecuencias y los horarios deben tenerse en cuenta en especial los siguientes usos:

Vías del centro de los municipios y de alto tráfico vehicular y peatonal.

Hospitales, clínicas y entidades similares de atención a la salud.

Recolección a industrias.

Zonas de difícil acceso.

Cualquier otro gran generador.

Todo cambio en las rutas, frecuencias y horarios deberá ser notificado con anterioridad a los usuarios atendidos. Si el día propuesto de recolección es festivo y la empresa de recolección no labora en ese día, ésta deberá diseñar un plan de contingencia de modo que la recolección se normalice en los siguientes dos días” (RAS, 2000).

“Rendimiento de la recolección. Los tiempos de recolección serán diseñados de modo que se minimice el costo total de la recolección. La determinación de los diferentes factores de tiempo podrá hacerse a través del monitoreo de los tiempos reales empleados por el sistema de recolección actual - si existiera -, el uso de fórmulas teóricamente válidas o la utilización de las siguientes fórmulas recomendadas” (RAS, 2000):

“Tiempo de recolección. Es el tiempo requerido para llenar el vehículo de recolección. Está determinado por factores como la cantidad de residuos sólidos por parada de recolección, capacidad del vehículo de recolección, densidad de los residuos sólidos” (RAS, 2000).

“Tiempo de transporte. Tiempo comprendido desde el llenado del vehículo de recolección hasta el transporte al sitio de disposición final y regreso al sitio de recolección” (RAS, 2000).

“Tiempo de descarga. Es el tiempo comprendido desde la llegada del vehículo al sitio de disposición final hasta su salida” (RAS, 2000)

“Tiempos muertos. Es la suma de;

a) Tiempos de viaje desde el garaje de recolección hasta la ruta de recolección al comenzar el día de trabajo.

b) Tiempos de viaje desde el sitio de disposición final al sitio de almacenamiento de los vehículos de recolección al terminar el día.

c) Tiempos inherentes a la cuadrilla, como almuerzos, fatigas que afectan la eficiencia del recolector, despacho de vehículos, accidentes” (RAS, 2000)

“Horarios de recolección. La entidad o entidades prestadoras del servicio domiciliario de aseo deben determinar el horario de la recolección de los residuos sólidos teniendo en cuenta las características de cada zona, la jornada de trabajo, el clima, la capacidad de los equipos, las dificultades generadas por el tráfico vehicular o peatonal y cualquier otro elemento que pueda tener influencia en la prestación del servicio” (RAS, 2000).

Cuadrilla. Según el (RAS, 2000), título F, “la entidad prestadora del servicio domiciliario de aseo debe realizar un estudio que optimice los tiempos y movimientos de la cuadrilla; y si el diseño de la cabina del conductor lo permite, éste también formará parte de aquélla.

Complementariamente, la entidad prestadora del servicio de aseo debe ofrecer entrenamiento a su personal de recolección, que cubra al menos los siguientes aspectos:

1. Técnicas de manipulación de residuos sólidos
2. Forma como deberán ser recibidos de los usuarios los recipientes de almacenamiento
3. Técnicas para una recolección eficiente.

4. La entidad prestadora del servicio de aseo debe proveer a su personal de los elementos de seguridad necesarios, tales como gafas de seguridad, mascarillas, guantes u otros elementos apropiados para el desempeño seguro del trabajo.

5. En general, la entidad prestadora del servicio domiciliario de aseo debe tomar todas las medidas de seguridad necesarias a fin de no exponer la seguridad y salud de su personal de recolección”.

“Selección del vehículo de recolección. Los vehículos recolectores de entidades prestadoras del servicio de aseo y en general, cualquier vehículo que realice la recolección deben cumplir con las siguientes características” (RAS, 2000):

“Los vehículos recolectores deben ser estancos, es decir, no permitir el escape de líquidos sólidos o gases concentrados dentro del mismo” (RAS, 2000)

“La salida del exhosto debe estar hacia arriba y por encima de su altura máxima, para cumplir con las normas establecidas por la autoridad ambiental competente y ajustarse a los requerimientos de tránsito” (RAS, 2000)

“Los vehículos con caja compactadora deben tener un sistema de compactación que pueda ser detenido en caso de emergencia” (RAS, 2000)

“Las cajas de los vehículos destinados a la recolección y transporte de los residuos sólidos, deben ser de tipo de compactación cerrada de manera que impidan la pérdida del lixiviado, y contar con un mecanismo automático que permita una rápida acción de descarga” (RAS, 2000)

“Los equipos destinados a la recolección deben tener estribos adecuados para que el personal pueda acceder a la tolva de carga en forma segura; así mismo deben tener superficie antideslizante” (RAS, 2000)

“Los equipos deben efectuar rápidamente la carga y la descarga de los residuos almacenados en las cajas cerradas y abiertas, para evitar al máximo la dispersión de los residuos sólidos y la emisión de polvos” (RAS, 2000)

“Durante el transporte, los residuos deberán estar cubiertos dentro de los vehículos, de modo que se reduzca al mínimo al contacto con la lluvia y el viento, y se disminuya el impacto visual.

Las dimensiones de los vehículos deben corresponder a la capacidad y dimensión de las vías públicas” (RAS, 2000)

“Deben garantizar la seguridad ocupacional de los conductores y operarios” (RAS, 2000)

“Deben estar dotados con equipos contra incendios y accidentes” (RAS, 2000)

“Deben estar dotados de dispositivos que minimicen el ruido, especialmente aquellos utilizados en la recolección de los residuos sólidos en zonas residenciales y en las vecindades de hoteles, hospitales, centros asistenciales e instituciones similares” (RAS, 2000)

“Deben estar provistos de un equipo de radiocomunicaciones que, se utilizarán para la operación en los diferentes componentes del servicio” (RAS, 2000)

“Deben estar claramente identificados (color, logotipos, número de identificación, etc.)

Se recomienda que cuenten con equipos de compactación de residuos sólidos. Podrán exceptuarse aquellos que se destinen a la recolección de escombros, de residuos peligrosos, de residuos hospitalarios o infecciosos y aquellos objetos del servicio especial que no sean susceptibles de ser compactado” (RAS, 2000)

“Los vehículos de recolección y transporte de residuos sólidos deben lavarse al final de la jornada diaria. El lavado no puede efectuarse en áreas públicas y está sometido a las reglamentaciones que al respecto fije la autoridad competente” (RAS, 2000).

“**Ruteo.** Las entidades prestadoras del servicio deben establecer las macrorrutas y microrrutas que deben seguir cada uno de los vehículos recolectores en la prestación del servicio, de acuerdo

con las normas de tránsito y las características físicas del municipio. Estas rutas deben cumplir con la eficiencia en la asignación de recursos físicos y humanos para lograr la productividad de un servicio competitivo” (RAS, 2000).

“Macro rutas. Para el diseño de las macrorrutas, se recomienda seguir las siguientes metodologías” (RAS, 2000):

“Definir plan métricamente la zona a servir, teniendo en cuenta los planes de desarrollo de cada municipio. Deben definirse también las redes de servicio público existentes” (RAS, 2000)

“Incluir en el plano las toneladas diarias de residuos sólidos para cada vivienda ó contenedor, de acuerdo con el sistema de recolección previamente escogido.

Subdividir el área en zonas que tengan el mismo uso, por ejemplo: residencial, comercial, industrial” (RAS, 2000)

“Asignar a cada subárea una o más micro rutas. Esta asignación debe en lo posible limitar el paso por cada calle a una vez y en general deben considerarse las recomendaciones para el diseño de microrrutas” (RAS, 2000)

“Micro rutas. Para el diseño de microrrutas deben tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones” (RAS, 2000):

“El diseño de la microrruta debe comenzar en el punto más cercano al garaje del vehículo y terminar en el punto más cercano al sitio de disposición final de éstos” (RAS, 2000)

“Los residuos localizados en zonas de congestión vial se deben recogerse a una hora del día tal que no haya congestiones de tráfico que retrasen el recorrido” (RAS, 2000).

“El diseño de la microrruta debe minimizar los giros en U y los giros a la izquierda.

La microrruta debe promover que el recorrido de las calles sea en el sentido de las manecillas del reloj” (RAS, 2000)

“La microrruta debe ser continua, es decir que contenga una serie de calles sin zonas muertas o traslapadas con calles correspondientes a otras rutas” (RAS, 2000)

“Las microrrutas correspondientes a una misma zona de servicio deben en lo posible recolectar un mismo número de cargas diarias lo que le da flexibilidad al servicio” (RAS, 2000)

“Las vías cerradas deben ser recolectadas así: desplazamiento en reversa y recolección en marcha adelante” (RAS, 2000)

“En lo posible las microrrutas deben diseñarse para que empiecen y terminen cerca de calles de tráfico alto. Utilizando las barreras topográficas y físicas como bordes de la macrorruta” (RAS, 2000)

“En zonas de cerros, la recolección debe empezar en la parte más alta y continuar cuesta abajo mientras se cargan los vehículos” (RAS, 2000)

“En calles empinadas, la recolección empezará en la parte más alta y, si se deben recoger ambas aceras, el conductor viajará cuesta abajo mientras el personal recolector carga el camión.

En caso de recolección en ambas aceras deben preferirse rutas derechas, con pocos giros” (RAS, 2000)

“El conductor o jefe de cuadrilla debe contar con una carta de recorrido o microrruta preestablecida al momento de iniciar los servicios; ésta debe ser susceptible de adaptar a medida que la cuadrilla descubra mejores formas de realizar el servicio (reducción de tiempo y consumo de combustible)” (RAS, 2000)

“Debe minimizarse los tiempos muertos y recorridos improductivos” (RAS, 2000)

“Tránsito real y futuro” (RAS, 2000)

“Censo de grandes generadores de basura” (RAS, 2000)

“Usos del suelo” (RAS, 2000)

“Alturas permisibles en puentes Cuando el sistema de transporte se encuentre en operación, la ruta diseñada debe ser rectificadas en conjunto con el conductor del vehículo de recolección” (RAS, 2000)

“**Barrido de calles.** El barrido de calles debe realizarse de acuerdo a lo establecido en el Decreto 605 de 1996 del Ministerio de Desarrollo Económico o aquel que lo modifique o sustituya” (RAS, 2000).

“Además, se tuvo en cuenta el decreto 1713 de 2002, capítulo III, basado en el tema de recolección, teniendo en cuenta el artículo 31 hasta el artículo 60 del presente decreto” (Decreto 1713, 2002)

2.2 Marco Conceptual

A continuación, se expone el marco referencial conceptual relacionado con el tema de gestión de residuos sólidos urbanos, específicamente lo relacionado con el sistema de recolección y barridos:

“Un sistema integral de gestión de residuos es el Conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a las basuras y residuos sólidos, el destino global más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos de tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final” (Ministerio de Ambiente, 2004).

“Un sistema de rutas bien diseñado, trae como consecuencia que el servicio de recolección y transporte de los residuos sólidos municipales sea eficiente” (Edgar Pérez Arriaga, 2007).

“Los residuos sólidos, puede ser cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido que se abandona, bota o rechaza después de haber sido consumido o usado en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios e instituciones de salud y que es

susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico. Se dividen en aprovechables y no aprovechables” (RAS, 2000).

“Se considera también que los residuos sólidos pueden ser, residuos peligrosos o no peligrosos, los residuos peligrosos son aquellos que por sus características infecciosas, combustibles, inflamables, explosivas, radiactivas, volátiles, corrosivas, reactivas o tóxicas pueden causar daño a la salud humana o al medio ambiente” (RAS, 2000). “Así mismo, se consideran residuos peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos y por último los residuos no peligrosos es aquel que no experimenta transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas” (RESPEL, 2018)

“Una de las bases fundamentales en la gestión de residuos sólidos es la segregación en la fuente da la adecuada gestión de residuos y consiste en la clasificación y disposición de los residuos en las canecas y contenedores adecuados, de acuerdo con el código de color adoptado por la legislación vigente” (Casas, 2010).

“Los factores importantes a tratar en el tema de rutas es poder diferenciar cuales son las macrorrutas y microrrutas a tratar basado en la zona de estudio. La primera hace referencia a la división geográfica de la zona para la distribución de los recursos y equipos de recolección y la segunda es la descripción detallada a nivel de las calles y manzanas del trayecto de un vehículo o cuadrilla, para la prestación del servicio de recolección o del barrido manual o mecánico” (RAS, 2000).

Es de vital importancia, la herramienta SIG, ya que abarca las áreas del conocimiento, lo han ido implementando y transformando según sus necesidades y sus objetivos, la información espacial ha tomado una gran importancia lo cual ha hecho que se convierta en un factor indispensable para la toma de decisiones. Una de las herramientas SIG más conocida y utilizada en el modelamiento de información geográfica es ARCGIS, que además de ser una de las

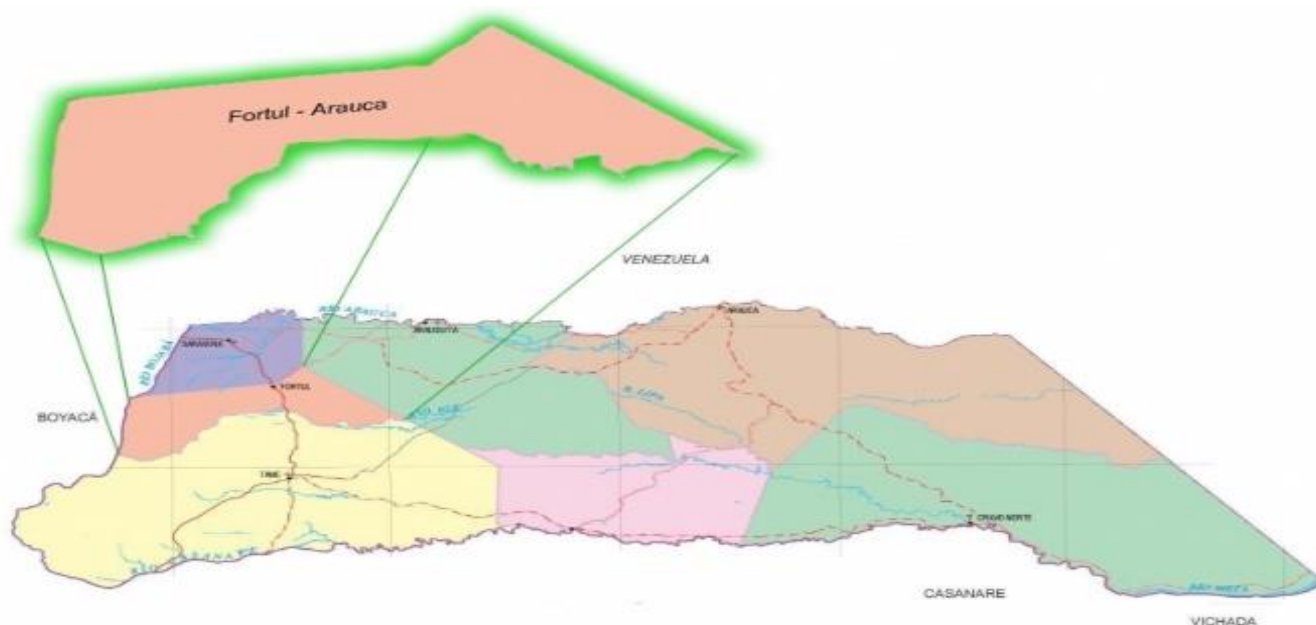
herramientas más completas, posee extensiones para el análisis de rutas, que es lo que específicamente se hace énfasis en este proyecto. El Network Analyst es una de esas extensiones creadas para el análisis de rutas y de tiempos de respuesta y nos ayuda a aclarar preguntas como; la ruta para llegar más rápido de un punto a otro, los lugares que se encuentran más cerca o a determinado tiempo, la cobertura de lugares y en caso de emergencia que ruta debe tomar una ambulancia para llegar más rápido a un incidente (GIRALDO & LÓPEZ, 2015).

2.3 Marco Contextual

2.3.1 Localización.

“Fortul se localiza en el piedemonte, al costado occidental del departamento de Arauca, tiene un área de 1.125 KM² y una población total de 21.447 habitantes, limita por el occidente con el departamento de Boyacá, por el norte con el municipio de Saravena, por el oriente con el municipio de Arauquita y por el sur, con el municipio de Tame” (PBOT, 2010). “La población es un centro urbano; tres centros poblados rurales, El Mordisco, Nuevo Caranal y Palmarito; y tres resguardos indígenas, Valles del Sol, Cibariza y Los Iguanitos” (PBOT, 2010). “Fortul posee activos ambientales de especial importancia por su papel ecológico y paisajístico, cuenta en su territorio con áreas productivas que permiten un aprovechamiento agropecuario y agroindustrial de significativa importancia regional, nacional, además gran parte de su territorio coincide con la jurisdicción del Parque Nacional Natural de El Cocuy” (PBOT, 2010).

Figura 1. Localizacion de Fortul



Fuente: <https://lavozdelcinaruco.com/?id=10888#.YcmXPWgzbiU>

2.3.2 Reseña histórica de la empresa de servicios públicos de Fortul-Arauca

“EMCOAAAFOR ESP, surge de la necesidad de la población. En 1980 existe el acueducto de Fortul cuando aún no era municipio. En la colonización las comunidades transportaban el agua en burros por medio de pimpinas entre otros recipientes, tomada de caño Salibón, Caño Rojo y el Río Cusay, para el caserío y para algunas fincas” (EMCOAAAFOR, 2020).

“El 15 de diciembre de 2007 se comenzó a suministrar a los Fortuleños, Agua Potable. Estando como operador el señor JUAN EVANGELISTA ROCHA. Es de anotar que el primero de octubre de 2010, se conformó el CONSORCIO, ECAAS-EMCOAAAFOR-E.S. P, así fue como se inició a operar los tres servicios, acueducto, aseo, alcantarillado. En 2009 se realizó una asamblea, donde, JUAN EVANGELISTA ROCHA (presidente), CEFERINO LEON CAMACHO (Vice-presidente), CARLOS ALBERTO ACOSTA RAMIREZ (Tesorero), YOBANY CAMARGO MENESES (Secretario), AMPARA GLVIZ (Vocal 1), ARTURO DE JESUS SOSA (Vocal 2), ROQUE RINCONADA (Vocal 3). Como jefe de control Interno fue

elegido el señor: EDUARDO PARDO TORRES y como Revisor Fiscal la Doctora BETSABE MORENO PEÑALÓZ” (EMCOAAAFOR, 2020).

2.4 Marco Legal

Seguidamente se observará la respectiva normativa relacionada con el tema de gestión de residuos sólidos.

Tabla 1. Normativa

Norma	Descripción
Decreto 1713 de 2000	Según el decreto 1713 de 2002 se entiende por; rutas de recolección, horarios, barridos de calles, transporte, en este decreto se da la información necesaria para que las empresas de servicio público cumplan con los requisitos exigidos.
Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio de Ambiente y Sistema Nacional Ambiental SINA
Constitución Política 1991	Se presenta cuarenta y nueve artículos referentes al medio ambiente, donde hace referencia que el estado debe preservar la variedad e integridad del ambiente, prevenir, controlar los componentes que deterioran el ambiente, además de que cualquier persona tiene el derecho a vivir en un ambiente sano.
Decreto 2811 de 1974	“Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente” (Decreto 2811, 1974)
Ley 09 de 1979	Hace referencia a la defensa del medio ambiente basada en medidas sanitarias, ya que es un compromiso que se opta por la generación de residuos sólidos durante la recolección, ,

	transporte y disposición final, además, ante los daños que se efectúan sobre la salud y el ambiente.
Ley 689 de 2001	“Por la cual se modifica parcialmente la Ley 142 de 1994, donde se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones” (Ley 689, 2001)
Ley 632 de 2000	Por la cual se modifican parcialmente las Leyes 142, 143 de 1994, 223 de 1995 y 286 de 1996, reglamenta los subsidios y contribuciones para los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo.
COMPES 3874 de 2016	Política Nacional para la Gestión integral de Residuos Sólidos
Resolución 472 de 2017	Por la cual se reglamenta la Gestión Integral de los Residuos Generados en las actividades de Construcción y Demolición – RCD
Decreto 2981 de 2013	por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo.
Decreto 1425 de 2019	Relación a los Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento
Decreto 1753 de 1994	“Por el cual se reglamentan parcialmente los Títulos VIII y XII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales” (Decreto 1753, 1994)
Decreto 2104 de 1983	“Hace referencia a la normativa sanitaria para la aplicación al almacenamiento, presentación, recolección, transporte, transferencia, transformación y disposición sanitaria de los residuos sólidos” (Decreto 2104, 1983)
Decreto 605 de 1996	Reglamenta la ley 142/1994, referida a los servicios públicos domiciliarios. Señala el manejo que debe darse a los residuos sólidos en su componente de presentación, almacenamiento, recolección, transporte y disposición final.
Resolución 909 de 2008	Se dicta la normativa y modelos de las emisiones permitidas de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas.

Ley 9 de 1979 Código Sanitario Nacional	Establece las normas sanitarias en lo que se relaciona a la salud humana y los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de las descargas de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del Ambiente.
Resolución 2184 de 2019	El nuevo código de colores se empezó a regir el 1 enero del 2021, teniendo en cuenta el color blanco para residuos aprovechables, verde para residuos orgánicos y el negro para los no aprovechables.
Resolución 1096 de 2000	“Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS” (RAS, 2000)

Fuente: Propia, 2021

2.4.1 Antecedentes.

A continuación, se citan algunos antecedentes relacionados con el tema de estudio.

En la tesis “Optimización de rutas de recolección de desechos sólidos domiciliarios mediante uso de herramientas SIG” de Jorge Willan Cusco Tenesaca y Kristoffer Efraín Picón Aguirre en el año 2015, se emplea la herramienta SIG para optimizar las rutas de recolección (RSM) creados en el cantón Cuenca. El sistema planteado se basó en recomendaciones técnicas, herramienta SIG, información del parque automotor existente, análisis de redes viales de la ciudad para la generación de rutas optimizadas. Se utilizó un software de enrutamiento disponible en el mercado, la extensión Network Analyst (NA) de ESRI’s ArcGIS® ArcMap 9.3.

Simultáneamente se utilizó el algoritmo Dijkstra (también llamado algoritmo de caminos mínimos) para determinar la ruta más corta de la red vial y meta-heurísticos como método de resolución de problemas. “Se concluyó que, si se utiliza la ruta optimizada resultante hay reducciones de 49% y 62% para el tiempo total gastado mediante el recorrido de la distancia más

corta. A su vez, para las emisiones contaminantes, las reducciones varían entre 27% y 30% cuando los camiones recolectores realizan su recorrido. En cuanto al tiempo empleado por los vehículos recolectores se puede disminuir alrededor de 25% y el consumo de combustible podría reducirse en un 28% en relación al recorrido de la distancia optimizada”**Fuente especificada no válida..**

En el trabajo “Optimización de rutas para la recolección de residuos sólidos municipales utilizando herramienta SIG en el distrito de Caleta de Carquín” de Alvarado Prado, Luis Fernando; Cabrera Tocas, Jhoshi Brayer. La presente investigación se basa en recopilación y análisis de datos, el objeto de estudio por lo tanto es una investigación del tipo experimental, para establecer un esquema de rutas optimizadas para la recolección de residuos sólidos. La metodología de investigación del presente trabajo de investigación es cuantitativa, dado que se realizarán estimaciones, mediciones y cálculos para los procesamientos de los datos en un proceso ordenado para optimizar la mejor ruta de recolección de residuos sólidos. Las rutas optimizadas, reducen los costos operativos de recolección, mejoran el servicio a los usuarios ya que se acortarán los viajes que realizarán los camiones recolectores desde su salida hasta su llegada al relleno sanitario. Se pudo llegar a la conclusión que mediante la herramienta Network Analyst de ArcGIS se puede diseñar las rutas optimizadas de recolección de residuos sólidos para lo cual el objetivo es encontrar las mejores rutas para el camión recolector y así brindar un buen servicio para la población del Distrito de Caleta de Carquín, procurando minimizar el coste total de operación, distancia recorrida, el tiempo de transporte. Logrando así maximizar el beneficio para el Distrito Caleta de Carquín”**Fuente especificada no válida..**

En el proyecto “diseño de una herramienta SIG para la recogida selectiva de residuos urbanos. aplicación a castellón de la plana” de Antonio Gallardo Izquierdo David Bernad Beltrán María

Dolores Bovea Edo Francisco J. Colomer Mendoza Mar Carlos Alberola en 2010. “La Ley 10/2008 establece que la recogida selectiva se ha de hacer al menos en dos fracciones

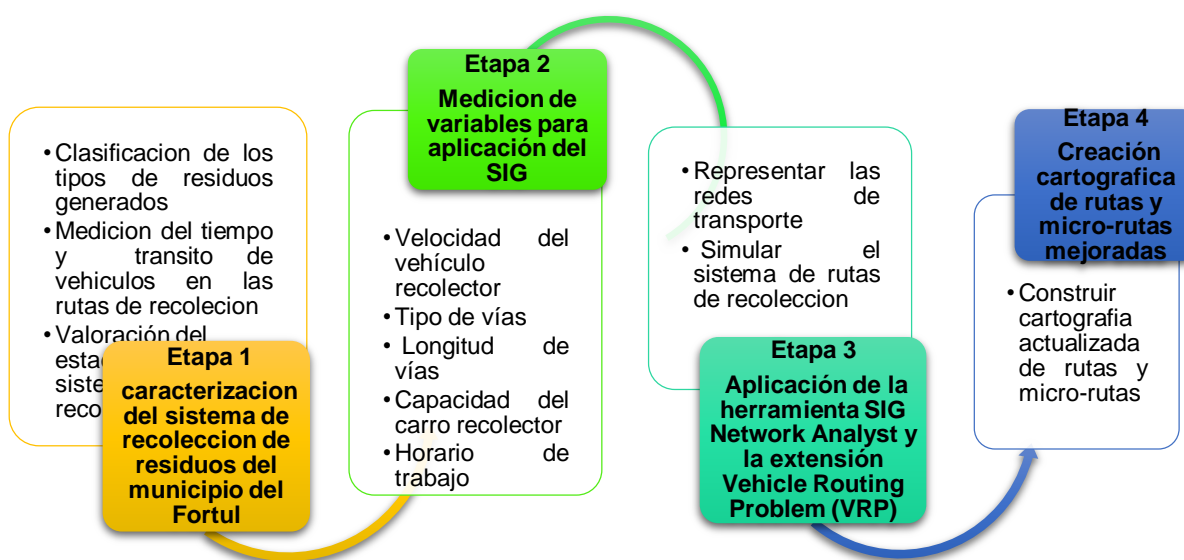
(fermentables y restos), los ayuntamientos españoles han optado en su mayoría por separar los residuos en más de esas dos fracciones. En este trabajo se presenta una herramienta informática, basada en un sistema de información geográfica, con la que se puede diseñar el modelo de recogida de residuos más adecuado para una ciudad, en cada momento y en las mejores condiciones posibles. La herramienta funciona como una extensión para ArcView 9.2, empleándose para su elaboración la aplicación Model Builder de ArcGIS. Para su validación se ha realizado una aplicación práctica en la localidad de Castellón. El empleo de software que opera con SIG en el ámbito de la gestión de residuos muestra la amplitud y utilidad que tienen este tipo de programas informáticos, capaces de aportar soluciones a muy diversos campos en el entorno de la ingeniería, el diseño de Modelos de Recogida Selectiva, ofrece al técnico encargado del diseño y gestión de la recogida de RS la posibilidad de generar, en poco tiempo, distintas alternativas con las que poder decidir, en función de factores económicos, técnicos y legales, cuál de ellas es la más conveniente”**Fuente especificada no válida..**

3. Diseño metodológico

3.1 Metodología.

Para la actualización del programa de aseo del municipio de Fortul-Arauca, se consideraron las siguientes etapas y actividades representadas en el siguiente diagrama.

Figura 2. Metodología, fase 1



Fuente: Propia, 2021

3.1.1 Etapa 1. Caracterización del sistema de recolección de residuos del municipio del Fortul

Actividad I. Clasificación de los tipos de residuos generados

Se recopiló información secundaria de la caracterización de los residuos sólidos basado en el PGIR del municipio. Los residuos sólidos rurales según la caracterización efectuada durante el monitoreo en los centros poblados Caranal y Palmarito, presentan el presente comportamiento: en el sector residencial rural que más del 50% de los residuos que se generan son orgánicos, seguido de chatarra vidrio y plástico, que presentaron un comportamiento del 6% respectivamente; lo mismo sucede en los usuarios oficiales del área rural estos generan en mayor cantidad residuos orgánicos, seguidos de plásticos, vidrio y cartón.

Actividad II. Medición del tiempo y tránsito de vehículos en las rutas de recolección

Se realizó el trabajo de campo de las diferentes rutas de recolección y barrido de residuos sólidos, el cual inician desde las seis de la mañana hasta las seis de la tarde las rutas de

recoleccion RS, las rutas de barrido inician desde las cuatro de la mañana hasta las nueve de la mañana, teniendo en cuenta los diferentes planos de las rutas, GPS, donde se registró los movimientos de las rutas de recolección, el cual se encontraron puntos críticos y el mayor tiempo de las rutas, debido a problemas de circulación y mal estado de las vías del municipio.

Figura 3. Registro de datos



Fuente: propia, 2021

Actividad III. Valoración del estado real del sistema de recolección

Basado en la información registrada de las actividades I y II, se establece la valoración del estado actual del sistema de recolección de residuos, en el cual no está cumpliendo con el sistema de aprovechamiento de residuos sólidos y con prestar el servicio de una manera óptima en la ruta 3 de Nuevo Fortul.

3.1.2 Etapa 2. Medición de variables para aplicación del SIG

Actividad IV. Velocidad del vehículo recolector

Por medio del GPS se obtuvo la información de las velocidades, características del recorrido de las rutas, permitiendo determinar los tramos donde se hace más lento el proceso.

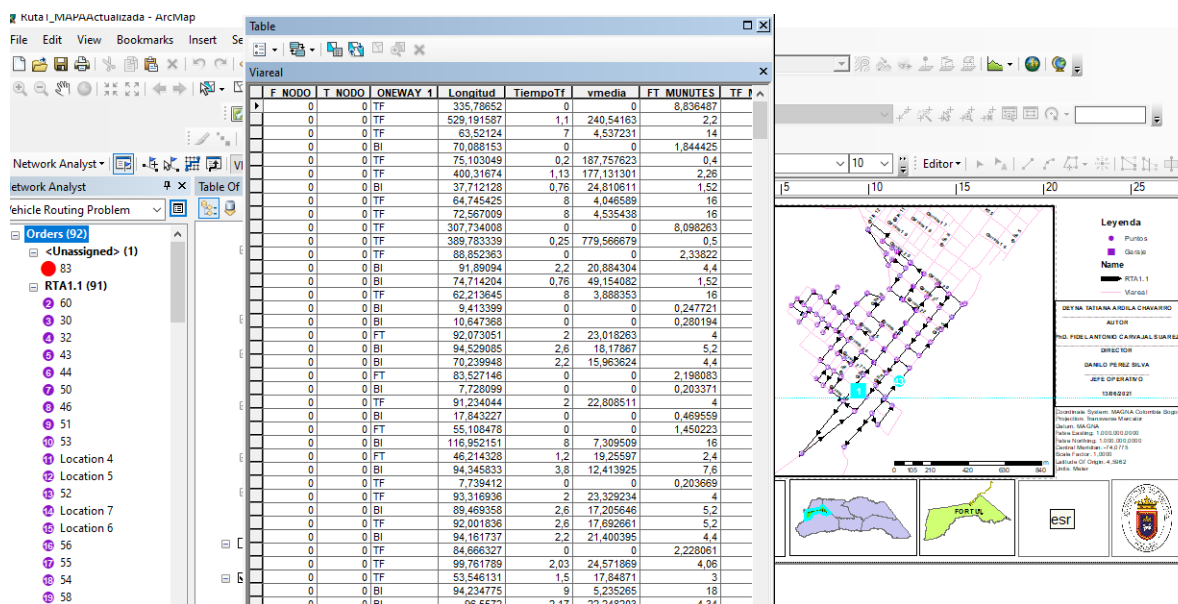
Actividad V. Tipo de vías

Por medio de los mapas de infraestructura vial suministrados por la alcaldía del municipio contemplados en el plan de ordenamiento territorial.

Actividad VI. Longitud de vías

La información se obtuvo del plan de ordenamiento del municipio y procesada en la base de datos en la tabla de atributos del sistema de información geográfica para obtener las respectivas longitudes de las vías.

Figura 4. Tabla de atributos



Fuente: Propia, 2021

Actividad VII. Capacidad del carro recolector

Se consultó las respectivas cualidades de los vehículos de recolección de la empresa, cuenta con compactador FORD modelo 2007 de 16 Yd3 y compactador CHEVROLET modelo 2011 de 16 Yd3 en buen estado.

Figura 5. Vehículos recolectores



Fuente: (PBOT, 2010)

Actividad VIII. Horario de trabajo

Se obtuvo la información de los horarios establecidos por el operador del servicio, los cuales las rutas de recolección de residuos sólidos los días lunes y jueves (ruta1), martes y viernes (ruta2) inician de seis de la mañana hasta las seis de la tarde, miércoles y viernes (ruta3), inician a las cuatro de la mañana hasta las seis de la tarde, consignados en el contrato de condiciones uniformes de la empresa EMCOAAAFOR ESP.

3.1.3 Etapa 3: Aplicación de la herramienta SIG Network Analyst y la extensión Vehicle Routing Problem (VRP)

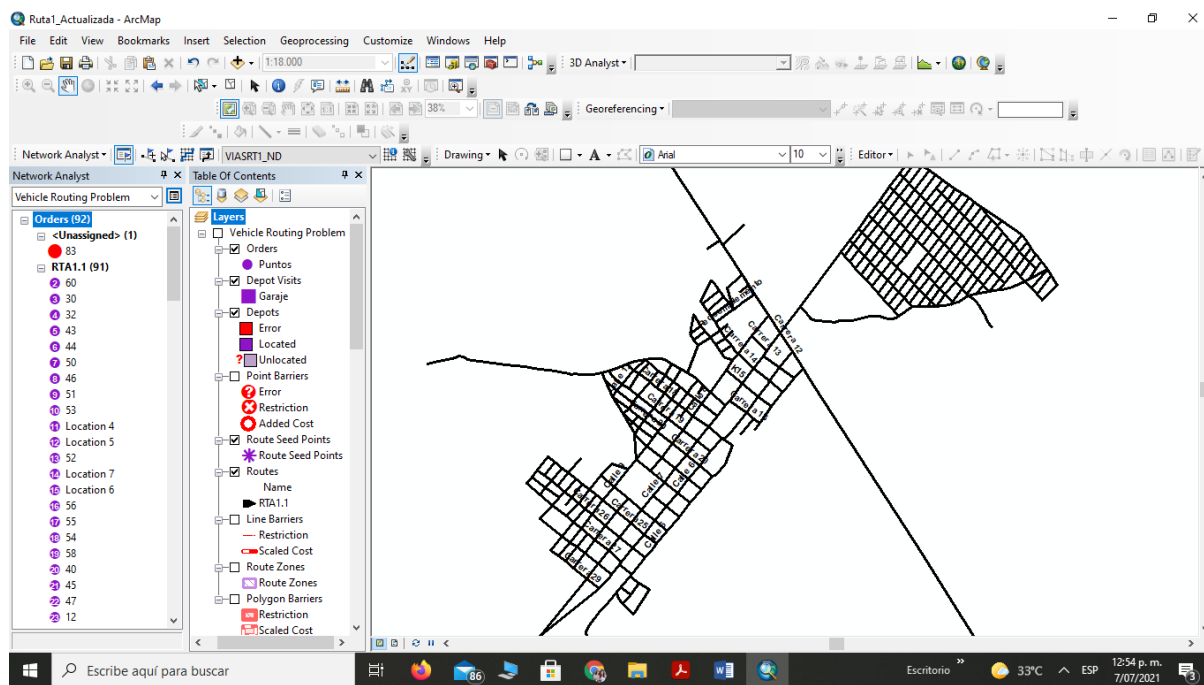
Actividad IX. Representar las redes de transporte de residuos

Para modelar las redes de transporte se desarrolló por medio de la herramienta SIG, Network analyst y por medio de validación manual, utilizando el algoritmo del certero chino.

Actividad X. Simular el sistema de rutas de recolección

Por medio de la herramienta SIG, network analyst, se obtuvo los análisis reales del sistema de rutas de recolección del municipio, donde se tuvo que modificar mejor el tema de las vías ya que se encontraba incompleta.

Figura 6. Vías Fortul



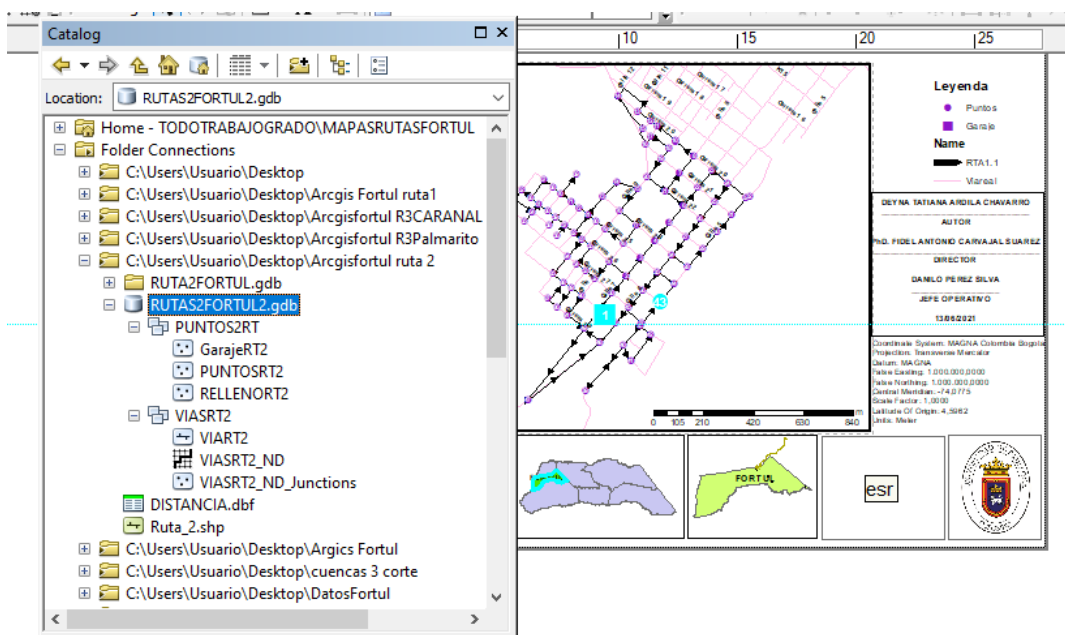
Fuente: Propia, 2021

3.1.4 Etapa 4: Creación cartográfica de rutas y micro-rutas mejoradas

Actividad XI. Construir cartografía actualizada de rutas y micro-rutas

Se creó la cartografía mejorada de las rutas y micro rutas, basada en las actividades realizadas anteriormente, en esta actividad se realizó la geodatabase del sistema de cada ruta, con sus respectivas bases de datos, donde se procesó los diferentes puntos tales como: punto del relleno sanitario del piedemonte araucano, puntos de recolección, punto de garaje y la red vial, para que se ejecutara la herramienta SIG network analyst – vehicle routing problem.

Figura 7. Geodatabase en SIG



Fuente: propia, 2021

Fase 2. Actividad XII. Se ejecutó actividades relacionadas con la unidad de prestación de servicio de aseo, con la EMPRESA EMCOAAA FOR ESP. A continuación, se presenta la respectiva evidencia del trabajo que se operó.

Figura 8. Actividades en EMCOAAA FOR ESP



Fuente: propia,2021

Se realizó trabajo de campo en la zona rural (Nuevo Caranal y Palmarito) del municipio de Fortul, donde se dio la respectiva educación ambiental del nuevo código de colores, enfocado en la importancia del buen manejo de cada residuo sólido.

Figura 9. Club Defensores del Agua Residuos Solidos



Fuente: propia,2021

EMCOAAAFOR ESP, cuenta con el club defensores del agua, se socializo el tema de residuos sólidos dando a conocer las problemáticas, el tratamiento adecuado y disposición final que se debe ejecutar en cuanto RS.

Figura 10. Trabajo social



Fuente: propia, 2021

El municipio de Fortul cuenta con un relleno sanitario propio, pero esta clausurado, se realizó con trabajadores de EMCOAAAFOR ESP y con la alcaldía del municipio, la limpieza de un punto crítico cerca al relleno ya que este presentaba una gran problemática a la comunidad, debido a los malos olores y también al factor paisajístico de la zona.

4. Resultados y discusión

Diagnóstico del sistema de rutas de recolección y barrido implementadas actualmente en el municipio de Fortul

4.1 Diagnóstico del sistema de rutas de recolección y barrido implementadas actualmente en el municipio de Fortul.

Se ejecutó el trabajo de campo del respectivo monitoreo de las cinco rutas de recolección en el municipio de Fortul, teniendo en cuenta los diferentes tiempos como son; los tiempos muertos, tiempos de recorrido, tiempo de descarga y tiempo de transporte.

La Ruta 1 (tabla 2), inicia a las seis de la mañana los días lunes y jueves, donde se pudo obtener el tiempo que realiza la ruta 1, que es de 6 horas, basado en la distancia, velocidad y los tiempos de la (tabla 3).

Tabla 2. Monitoreo Ruta 1, recolección de residuos.

Punto	Tiempo Recorrido min	Distancia	Velocidad	Tiempo Recorrido seg
1	0	0,0	0	0,00
2	8,54	264,0	0,515	512,40
3	1,52	118,4	1,30	91,20
4	0,49	61,3	125,07	0,49
5	3,05	139,5	0,76	183,00
5_2	0,2	74,0	370,24	0,20
6	11,45	815,5	1,19	687,00
7	1,43	25,2	0,29	85,80
7_6 R	1	25,2	0,42	60,00
8	2,08	92,6	0,74	124,80
9	20,05	954,6	0,79	1203,00
10	1,13	282,2	4,16	67,80

11	0,25	364,1	1456,39	0,25
12	23,37	859,2	0,61	1402,20
13	0,18	12,6	70,15	0,18
14	20	854,6	0,71	1200,00
15	2,01	83,7	0,69	120,60
16	3,51	91,1	0,43	210,60
17	4,05	180,7	0,74	243,00
18	0,47	96,3	204,97	0,47
19	5,42	183,6	0,56	325,20
20	0,39	54,2	138,87	0,39
21	10,27	333,9	0,54	616,20
22	8,43	189,6	0,37	505,80
23	0,3	88,6	295,40	0,30
24	12,51	281,5	0,38	750,60
25	2,09	93,7	0,75	125,40
26	1,06	101,8	1,60	63,60
27	2,59	91,3	0,59	155,40
28	1,25	72,3	0,96	75,00
29	1,32	94,0	1,19	79,20
30	3,01	281,6	1,56	180,60
31	0,35	193,7	553,40	0,35
32	10,18	283,6	0,46	610,80
33	1,46	92,3	1,05	87,60
34	2,41	90,0	0,62	144,60
35 R	3,05	65,9	0,36	183,00
36	2,05	157,3	1,28	123,00
37	0	0,0	0,00	0,00
38	3,05	96,0	0,52	183,00
39	4,38	184,3	0,70	262,80
40	2,42	378,4	2,61	145,20
41	10,23	377,4	0,61	613,80
42	0,48	94,0	195,79	0,48
43	2,44	177,6	1,21	146,40
44	2	98,1	0,82	120,00
45	0,22	90,0	408,99	0,22
46	3,06	187,5	1,02	183,60
47	11,1	179,3	0,27	666,00
48	0,36	93,4	259,50	0,36
49	0,17	93,7	551,27	0,17
50	11,13	278,4	0,42	667,80
51	0,19	86,9	457,11	0,19
52	4,14	300,8	1,21	248,40
53	0,58	199,5	344,02	0,58
54	0,3	53,8	179,19	0,30
55	5,03	92,4	0,31	301,80
56	0,59	46,2	78,37	0,59
57	3,44	154,0	0,75	206,40
58	0,26	56,9	218,97	0,26
59	2,32	574,8	4,13	139,20
60	2,13	90,4	0,71	127,80
61	0,2	44,0	220,05	0,20
62	4,06	188,2	0,77	243,60

63	1,2	55,9	0,78	72,00
64	2,17	92,8	0,71	130,20
65	0,25	45,6	182,47	0,25
66	1,4	191,6	2,28	84,00
67	2,26	86,1	0,63	135,60
68	1,5	92,0	1,02	90,00
69	2,18	46,0	0,35	130,80
70	4,05	118,2	0,49	243,00
70_69 R	1,09	118,2	1,81	65,40
71	3,47	146,2	0,70	208,20
72	0,28	49,0	174,95	0,28
73	1	44,5	0,74	60,00
74	2,03	85,3	0,70	121,80
75	0,44	47,1	107,10	0,44
76	1,29	89,3	1,15	77,40
77	1,01	45,4	0,75	60,60
78	2,4	85,0	0,59	144,00
78_77 R	1,51	85,0	0,94	90,60
79	1,07	93,7	1,46	64,20
80	1,32	49,9	0,63	79,20
81	2,17	84,3	0,65	130,20
82	2,27	30,4	0,22	136,20
83	1,13	28,2	0,42	67,80
84	3,01	129,5	0,72	180,60
	287,7			
	4 horas			

Fuente: Propia, 2021

Tabla 3. Tiempos de recolección de residuos sólidos ruta 1

Tiempo de transporte	Tiempo de descarga	Tiempo muerto	Tiempo Recorrido	Total Ruta
90 minutos	17 minutos	30 minutos	4 horas	6 horas

Fuente: Propia, 2021

En la Ruta 2 (tabla 4), se opera los días martes y viernes, inicia a las seis de la mañana, esta ruta, el tiempo que se obtuvo fue de seis horas con tres minutos, basado en la distancia, velocidad y los tiempos generados en el recorrido de la (tabla 5).

Tabla 4. Monitoreo Ruta 2, recolección de residuos.

Punto	Tiempo Recorrido min	Distancia	Velocidad	Tiempo Recorrido seg
-------	----------------------	-----------	-----------	----------------------

1	0	0,00	0	0
2	0,5	188,13	376,26	0,5
3	2,45	73,17	0,50	147
3_2 R	0,4	73,17	182,94	0,4
4	5,45	192,11	0,59	327
5	1,44	45,85	0,53	86,4
6	3,29	103,10	0,52	197,4
6_5 R	0,44	103,10	234,32	0,44
7	0,33	42,01	127,31	0,33
8	1,42	27,51	0,32	85,2
9	2,42	121,09	0,83	145,2
10	2,12	87,18	0,69	127,2
10_9	1,1	87,18	1,32	66
11	1,15	97,24	1,41	69
12	1,36	88,94	1,09	81,6
13	4,26	194,80	0,76	255,6
14	3,08	96,42	0,52	184,8
15	1,37	97,25	1,18	82,2
16	2,36	93,89	0,66	141,6
16_15 R	0,1	93,89	938,92	0,1
17	3,31	94,19	0,47	198,6
18	5,06	91,43	0,30	303,6
19	1,58	92,85	0,98	94,8
20	3,5	227,58	1,08	210
21	3,55	105,73	0,50	213
22	3,2	161,56	0,84	192
23	0,38	61,77	162,56	0,38
24	2,05	97,35	0,79	123
24_20	0,23	127,63	554,92	0,23
20-25	0,43	21,43	49,85	0,43
26	15,4	806,97	0,87	924
27	0,42	12,77	30,42	0,42
28	10,24	379,13	0,62	614,4
29	0,45	99,51	221,13	0,45
30	1,11	285,21	4,28	66,6
31	5,31	183,03	0,57	318,6
32	3,05	93,31	0,51	183
33	0,24	102,60	427,51	0,24
34	0,57	41,87	73,45	0,57
35	8,4	307,23	0,61	504
36	2,58	205,12	1,33	154,8
37	4,11	183,25	0,74	246,6
38	3,56	209,34	0,98	213,6
39	3,49	167,98	0,80	209,4
40	1,55	68,80	0,74	93
41	2,09	47,32	0,38	125,4
42	5,06	145,18	0,48	303,6
43	1,59	70,08	0,73	95,4
44	1,31	142,47	1,81	78,6
45	0,25	45,44	181,74	0,25
46	6,13	177,93	0,48	367,8
47	2,27	49,30	0,36	136,2
48	4,27	174,83	0,68	256,2

49	0,19	44,66	235,03	0,19
50	2,09	73,71	0,59	125,4
51	3,5	46,33	0,22	210
51_50 R	0,8	46,33	57,91	0,8
52	0,29	47,09	162,38	0,29
53	2,07	76,55	0,62	124,2
54	0,35	38,95	111,29	0,35
55	3,18	123,56	0,65	190,8
55-53	0,4	84,87	212,17	0,4
53_56	1,36	75,27	0,92	81,6
57	3,29	96,77	0,49	197,4
57_56	8,16	287,41	0,59	489,6
56_58	5,52	252,75	0,76	331,2
59	6,51	94,17	0,24	390,6
60	3,29	292,75	1,48	197,4
61	4,3	89,52	0,35	258
62	2,02	95,86	0,79	121,2
63	1,16	280,98	4,04	69,6
64	0	0,00	#iDIV/0!	0
65	6,51	82,37	0,21	390,6
66	2	82,37	0,69	120
66_65	1,1	220,50	3,34	66
65_67	2,17	104,95	0,81	130,2
68	2,16	111,71	0,86	129,6
69	0,24	108,60	452,52	0,24
70	2,09	121,81	0,97	125,4
71	0,36	104,47	290,19	0,36
72	1,39	110,55	1,33	83,4
73	0,24	99,49	414,56	0,24
74	1,29	106,66	1,38	77,4
75	0,28	103,58	369,94	0,28
76	1,34	48,77	0,61	80,4
77	0,23	61,57	267,70	0,23
78	1,21	48,97	0,67	72,6
79	0,35	129,53	370,09	0,35
80	6,54	62,89	0,16	392,4
81	2,05	47,18	0,38	123
82	0,22	45,93	208,77	0,22
83	4,38	190,07	0,72	262,8
84	5,22	81,14	0,26	313,2
85	1,25	74,92	1,00	75
86	2,01	41,58	0,34	120,6
87	0,4	78,66	3,28	24
88	3,06	38,02	0,21	183,6
89	0,42	142,46	339,18	0,42
90	0,33	172,90	523,95	0,33
91	1,31	113,95	1,45	78,6
92	1,51	113,95	1,26	90,6
92_91	0,47	113,95	242,44	0,47
91_93	0,17	14,48	85,18	0,17
94	2,24	122,22	0,91	134,4
95	2,53	37,21	0,25	151,8
96	1,44	126,62	1,47	86,4

97	1,05	82,34	1,31	63
98	3,23	249,39	1,29	193,8
99	1,21	311,74	4,29	72,6
99_100R	5,22	163,05	0,52	313,2
100_99	0,56	163,05	291,16	0,56
99_101	0,19	36,32	191,13	0,19
102	1,49	82,18	0,92	89,4
102_101	0,58	82,18	141,69	0,58
103	0,5	234,07	468,13	0,5
104	2,06	104,81	0,85	123,6
104_103	4,26	104,81	0,41	255,6
105	1,53	296,19	3,23	91,8
	270,65			
	4 horas			

Fuente: Propia, 2021

Tabla 5. Tiempos de recolección de residuos sólidos ruta 2

Tiempo de transporte	Tiempo de descarga	Tiempo muerto	Tiempo Recorrido	Tiempo total
90 minutos	18 minutos	30 minutos	4 horas	6 hora 3 minutos

Fuente: Propia, 2021

El monitoreo de la Ruta 3, abarca la parte rural del municipio, en el cual esta Nuevo Caranal, Palmarito y Nuevo Fortul. Esta ruta opera los días miércoles y sábados, el cual inicia a las cuatro de la mañana.

La ruta de Nuevo Fortul (tabla 6), presenta varias problemáticas generando diez puntos críticos, debido al mal estado de las vías y el vehículo recolector no pasa por varias viviendas. Esta microrruta opera desde las dos de la tarde con un tiempo de recolección de cuatro horas con veinticinco minutos (tabla7).

Tabla 6. Monitoreo Ruta 3 Nuevo Fortul, recolección de residuos.

Punto	Tiempo Recorrido min	Distancia	Velocidad	Tiempo Recorrido seg
1	0	0	0	0
2	12,44	361	0,4831	746,4
3	2,45	43	0,2904	147
4	5,37	232	0,7200	322,2
5R	1	140	2,3325	60
6	0,9333	41	0,7328	56
7	1,25	91	1,2077	75

8	11	368	0,5571	660
9	0,45	90	3,3257	27
10	12,47	363	0,4854	748,2
11 tRpc	6,54	12	0,0305	392,4
12	4	85	0,3542	240
13	9,48	367	0,6444	568,8
14	2,06	89	0,7190	123,6
15	9,41	365	0,6463	564,6
16	6,05	44	0,1225	363
17	3,33	9	0,0439	199,8
18	1,22	133	1,8156	73,2
19	5,51	43	0,1302	330,6
20R	7,08	291	0,6859	424,8
21	7,05	287	0,6794	423
22	1,42	174	2,0429	85,2
R 22- 21	9,14	275	0,5024	548,4
21-23	2,2	275	2,0871	132
24R	1,05	232	3,6835	63
25	1,56	207	2,2161	93,6
26	9,37	99	0,1758	562,2
27	0,4333	181	6,9787	26
28	1	85	1,4217	60
29	4,34	34	0,1295	260,4
R 29- 28	0,5833	94	2,6870	35
28-30	6,23	94	0,2516	373,8
31	6,47	192	0,4938	388,2
32	2,37	235	1,6558	142,2
33	0,75	115	2,5586	45
34	7,05	46	0,1083	423
35	1	176	2,9374	60
36	8,3	214	0,4300	498
	172,36	439		
	3 horas			

Fuente: Propia, 2021

Tabla 7. Tiempos de recolección de residuos sólidos ruta 3 Nuevo Fortul

Tiempo de transporte	Tiempo de descarga	Tiempo muerto	Tiempo Recorrido	Tiempo total
90 minutos	15 minutos	30 minutos	3 horas	4 horas 25 minutos

Fuente: Propia, 2021

Tabla 8. Monitoreo Ruta 3 Palmarito de recolección de residuos sólidos.

Punto	Tiempo Recorrido min	Distancia	Velocidad	Tiempo Recorrido seg
1	0	0	0	0
2	3,4	173	0,85	204
3	3,07	103	0,56	184,2

4	2,09	158	1,26	125,4
5	2,53	66	0,44	151,8
5_4	0,2	66	330,23	0,2
6	1,04	58	0,93	62,4
7	0,35	43	122,43	0,35
8	1,18	99	1,40	70,8
9	2,39	212	1,48	143,4
	16 minutos			

Fuente: Propia, 2021

Tabla 9. Tiempos de recolección de residuos sólidos ruta 3 Palmarito

Tiempo de transporte	Tiempo de descarga	Tiempo muerto	Tiempo Recorrido	Tiempo total
90 minutos	15 minutos	10 minutos	16 minutos	16 minutos

Fuente: Propia, 2021

Tabla 10. Monitoreo Ruta 3 Nuevo Caranal de recolección de residuos sólidos.

Punto	Tiempo Recorrido min	Distancia	Velocidad	Tiempo Recorrido seg
1	0	0,0	0	0
2	1,2	97,4	1,35	72
3	3	95,4	0,53	180
4	1,15	93,7	1,36	69
4_3	0,16	93,7	585,37	0,16
5	2,23	96,6	0,72	133,8
6	0,42	84,3	200,77	0,42
7	3,32	187,4	0,94	199,2
8	11	583,7	0,88	660
9	1,02	88,2	1,44	61,2
10	0,15	11,1	73,74	0,15
11	2,28	152,3	1,11	136,8
12	1,03	43,0	0,70	61,8
12_11	1,32	43,0	0,54	79,2
13	2,27	251,1	1,84	136,2
14	0,39	26,2	67,22	0,39
15	0,45	196,4	436,36	0,45
16	5,03	90,2	0,30	301,8
17	19,58	389,2	0,33	1174,8
18	2,57	91,8	0,60	154,2
19	0,32	95,8	299,33	0,32

20	2,3	97,1	0,70	138
21	1,07	100,4	1,56	64,2
22	0,34	97,7	287,38	0,34
23	2,04	98,0	0,80	122,4
24	1,57	86,9	0,92	94,2
25	4,48	289,0	1,08	268,8
26	0,17	43,8	257,39	0,17
27	3,24	97,2	0,50	194,4
28	0,58	51,7	89,20	0,58
29	0,55	102,3	185,96	0,55
30	0,18	46,1	256,20	0,18
31	0,2	98,3	491,39	0,2
32	2,18	143,5	1,10	130,8
33	2,2	197,8	1,50	132
34	0,37	101,0	272,90	0,37
35	1,47	91,6	1,04	88,2
36	2,15	96,7	0,75	129
37	2,43	91,0	0,62	145,8
38	1,47	157,4	1,78	88,2
38_37	0,3	157,4	524,74	0,3
37_36	0,29	91,0	313,79	0,29
36_39	2,26	137,4	1,01	135,6
40	0,5	29,4	58,73	0,5
41	1,42	57,2	0,67	85,2
42	0,4	49,1	122,65	0,4
43	2	96,2	0,80	120
44	1,05	295,0	4,68	63
45	2,49	101,5	0,68	149,4
46	1,12	94,9	1,41	67,2
47	2,24	101,3	0,75	134,4
48	1,41	94,5	1,12	84,6
49	1,1	98,1	1,49	66
50	2,2	93,5	0,71	132
51	3,02	92,0	0,51	181,2
52	1,33	92,9	1,16	79,8
53	1,2	92,9	1,29	72
53_52	0,38	92,9	244,39	0,38
54	3,03	189,8	1,04	181,8
55	0,43	84,3	196,15	0,43
56	0,39	46,0	118,01	0,39
57	8,29	185,1	0,37	497,4
58	1,29	103,2	1,33	77,4
59	7,5	188,3	0,42	450
60	1,35	94,0	1,16	81
61	8,29	206,1	0,41	497,4
62	0,45	425,2	944,99	0,45
63	2,12	54,7	0,43	127,2
63_62	0,26	54,7	210,21	0,26
	145,99			
	2 horas			

Fuente: Propia, 2021

Tabla 11. Tiempos de recolección de residuos sólidos ruta 3 Nuevo Caranal

Tiempo de transporte	Tiempo de descarga	Tiempo muerto	Tiempo Recorrido	Tiempo total
90 minutos	16 minutos	30 minutos	2 horas	3 horas

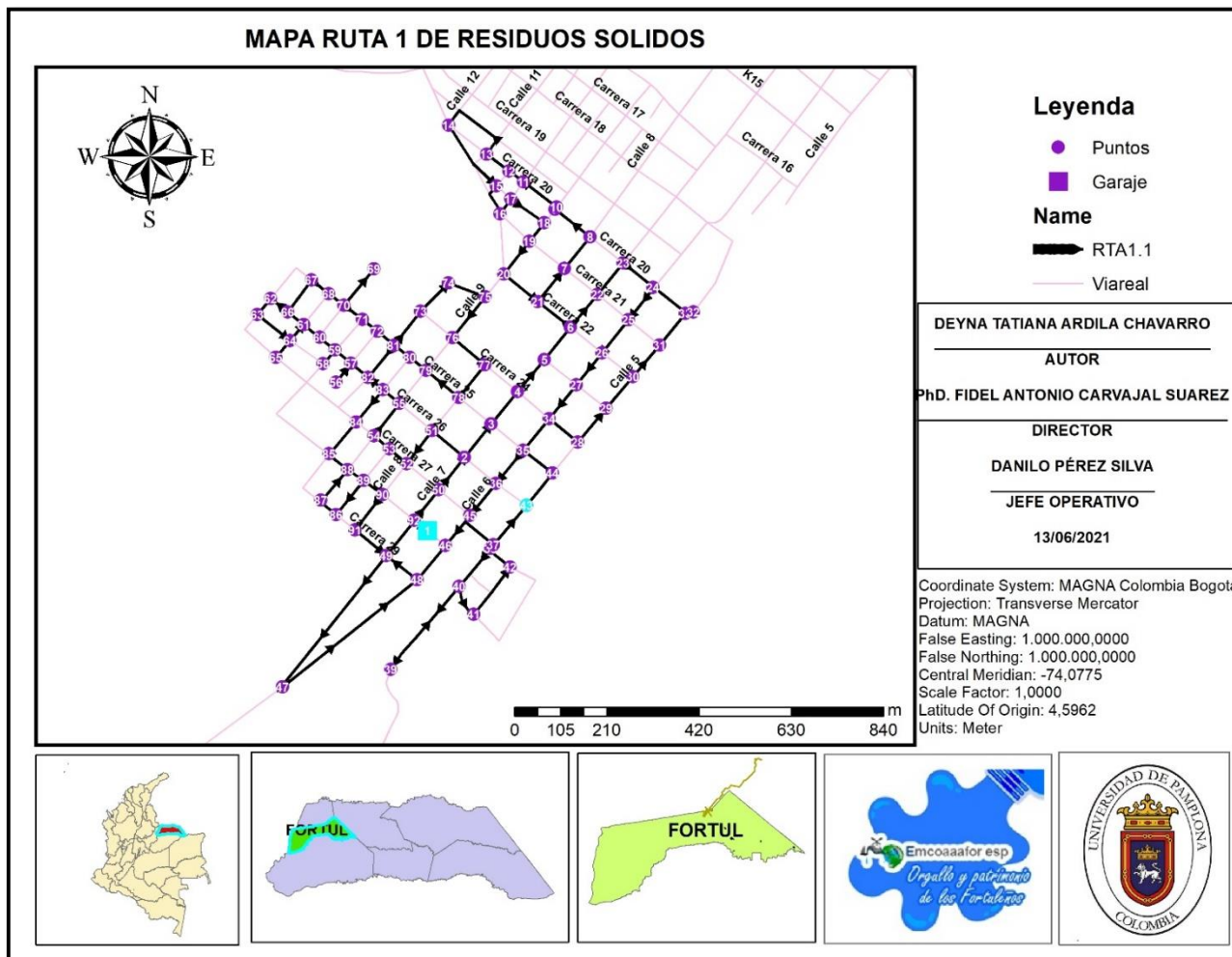
Fuente: Propia, 2021

4.2 Actualización de las rutas de recolección de residuos sólidos mediante la herramienta SIG Network Analyst y la extensión Vehicle Routing Problem(VRP).

Para la elaboración del rediseño de las rutas se utilizó el sistema de información gráfica(SIG), empleando la herramienta Network Analyst – VRP, que accede a crear las redes de transporte, representando un sistema vial de un área determinada con sus respectivas restricciones de circulación.

A continuación, se presenta la actualización de las cinco Rutas de recolección de residuos sólidos del municipio de Fortul-Arauca.

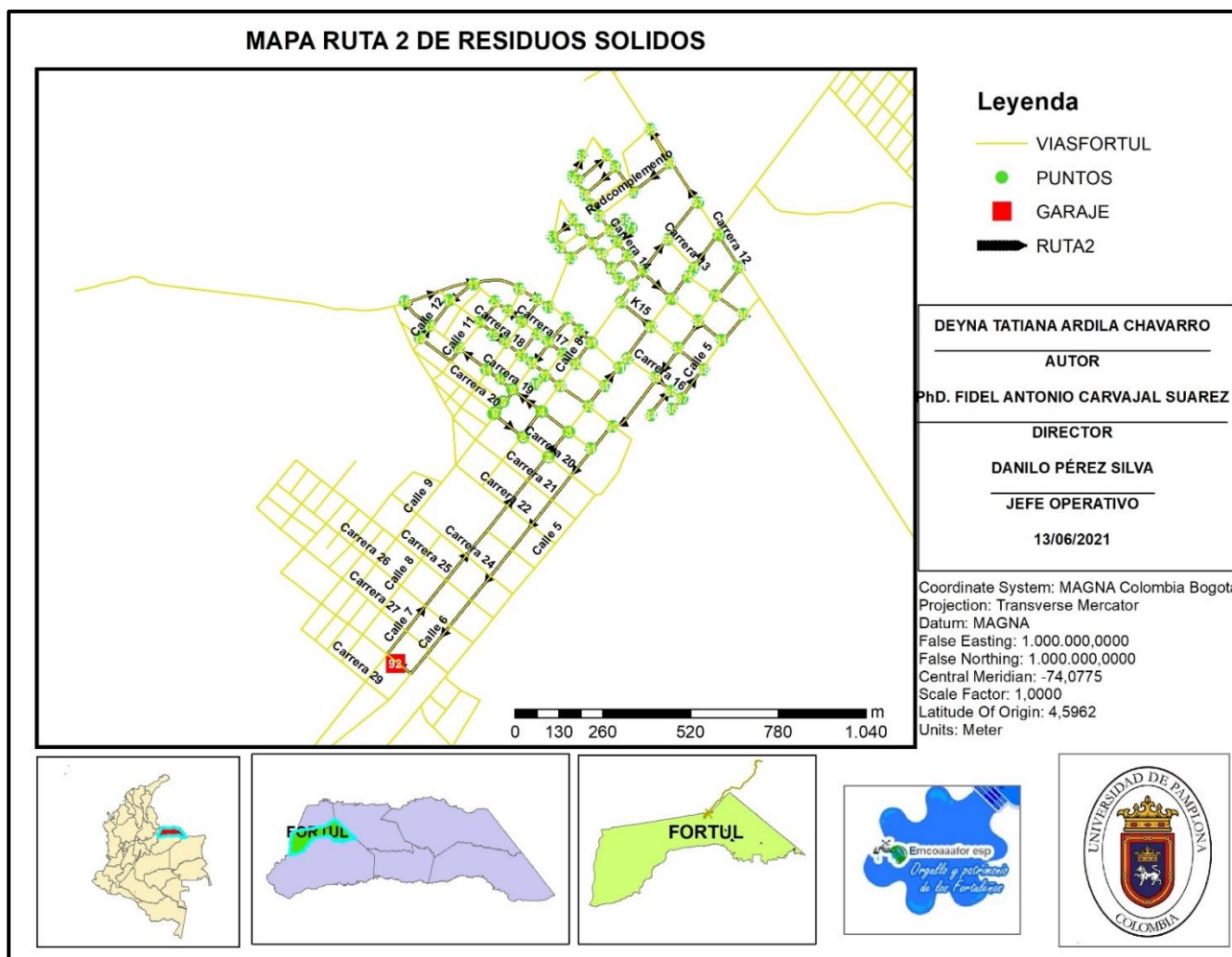
Figura 11. Mapa Ruta 1 de Residuos Solidos



Fuente: Propia, 2021

Se observa en la figura 11, la ruta 1 actualizada del municipio de Fortul, el cual muestra los diferentes puntos donde debe hacer el recorrido la ruta de recolección de residuos sólidos, se restringieron algunas vías, debido a que el vehículo recolector no puede transitar debido al mal estado y así se generó la ruta de manera eficiente, además para que el servicio se brinde a todos los usuarios, la cual se realiza los días lunes y jueves de 6:00 am hasta las 6:00 pm.

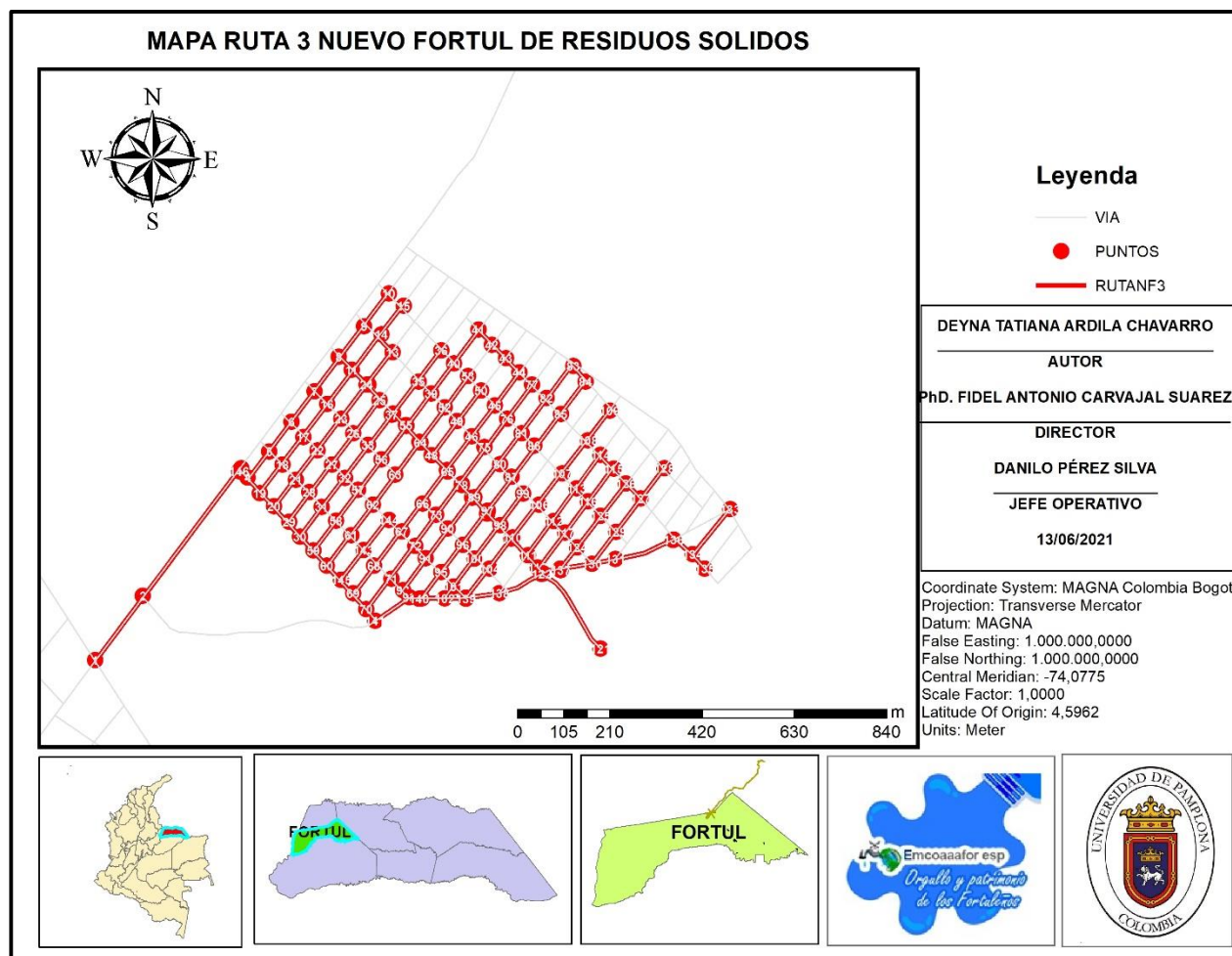
Figura 12. Mapa Ruta 2 de Residuos Solidos



Fuente: propia, 2021

En esta ruta 2, se mejoró la cartografía de las vías ya que estaban incompletas, gracias a esto, hay más puntos de recolección es decir abarca más viviendas, las cuales no presenta el servicio de recolección de RS. Con la herramienta SIG, la ruta se crea de modo que el vehículo recolector evite pasar varias veces por la misma vía y donde se presente menos tráfico optimo, se opera los días martes y viernes de 6:00 am hasta las 6:00 pm.

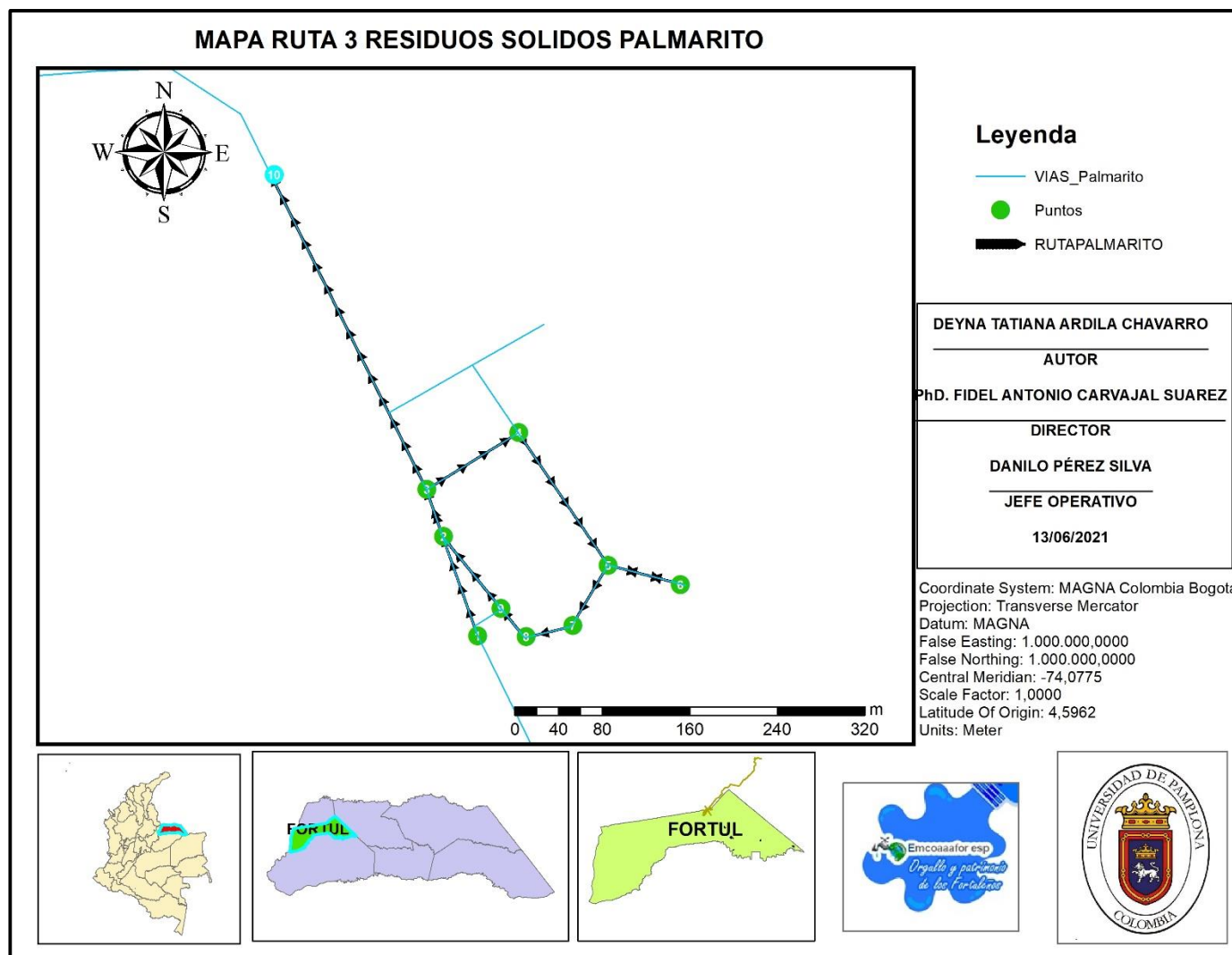
Figura 13. Mapa Ruta 3 Residuos Sólidos de Nuevo Fortul



Fuente: propia, 2021

Esta ruta presenta varios puntos críticos, debido a que el servicio de recolección RS, no se fomenta de modo eficiente donde hay varias vías por las cuales el vehículo no puede pasar debido al mal estado de estas. La ruta actualizada de la figura 13, muestra la microrruta que debe emplearse de manera adecuada para resolver las problemáticas de los usuarios de ese sector, se creó de manera eficaz y donde el vehículo pasa por más puntos de recolección. Esta ruta se operará los miércoles y sábados de 2:00 pm hasta las 6:00pm.

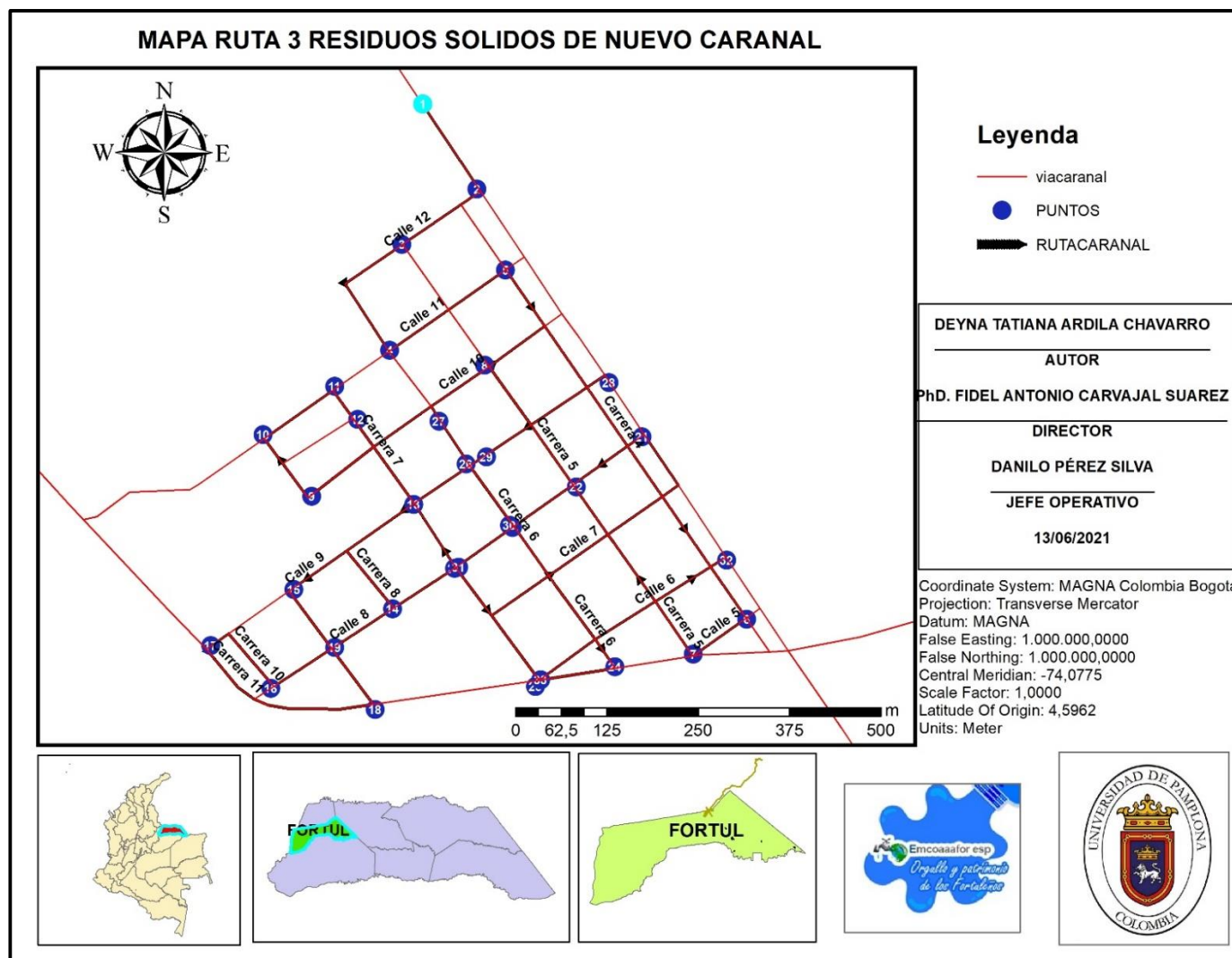
Figura 14. Mapa Ruta 3 Residuos Sólidos Palmarito



Fuente: propia, 2021

Esta microrruta es la más corta, debido a que es una zona rural pequeña y solo cuenta con una vía principal. En esta microrruta se observa la dirección y los puntos que debe emplear el vehículo para hacer el respectivo recorrido en esta zona, para operarla de modo óptimo y hace parte de la ruta 3, esta microrruta inicia de 8:30 am hasta las 9:00 am los miércoles y sábados.

Figura 15. Mapa Ruta 3 Residuos Sólidos Nuevo Caranal



Fuente: propia, 2021

En la figura 15, se observa la microrruta actualizada de Nuevo Caranal, donde se puede evidenciar la ruta creada para prestar mejor el servicio, se presenta menos costos en cuanto a combustible debido al recorrido y por ende menos contaminación atmosférica. Además se observa los diferentes puntos por donde debe pasar el vehículo de recolección, esta microrruta inicia de 4:00 am hasta las 8:00 am los miércoles y sábados.

Tabla 12. Tiempos optimizados de recolección de residuos sólidos de las cinco rutas de Fortul-Arauca.

Ruta 1			Distancia total		
2 hora con 32 minutos			10686 metros		
Ruta 2			Distancia total		
2 hora con 22 minutos			10513 metros		
Ruta 3			Distancia total		
Nuevo Fortul	Palmarito	Nuevo Caranal	Nuevo Fortul	Palmarito	Nuevo Caranal
4 horas	11 minutos	1 hora 36 minutos	19553 metros	1116 metros	7004 metros

Fuente: propia, 2021

Mediante el uso de SIG, se optimizó de manera eficiente las rutas de recolección, debido a que se optimizaron las distancias recorridas y el tiempo total durante la recolección de los residuos sólidos (tabla 12), basado en el diagnóstico realizado de las cinco rutas de recolección de Fortul-Arauca para la empresa EMCOAAAFOR ESP.

La herramienta accedió a diseñar las rutas de recolección teniendo en cuenta parámetros: tipo de vía, tiempos, distancia de vías, velocidades, capacidad del carro recolector.

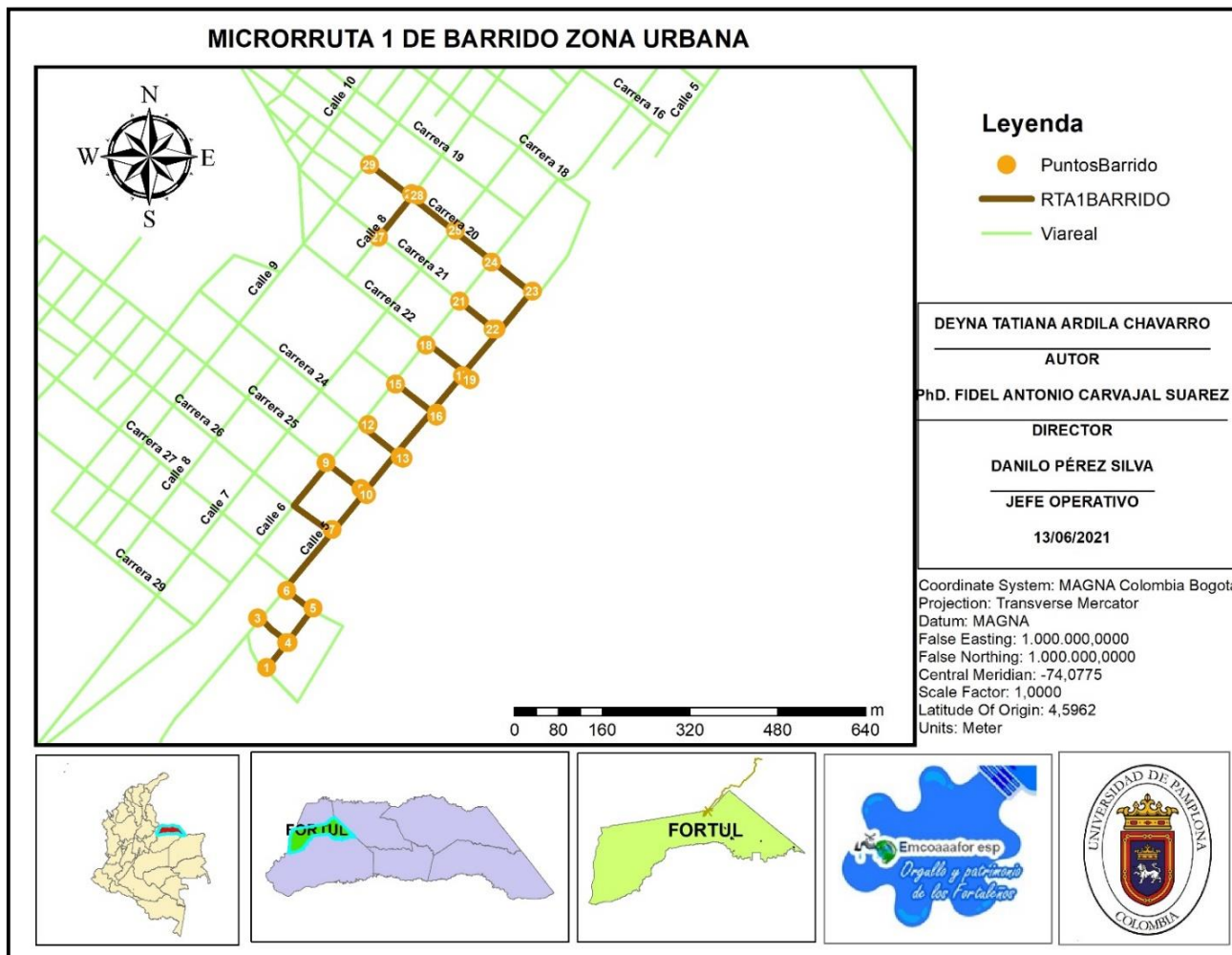
En la Ruta 3 de Nuevo Fortul (tabla 12), se observa que el tiempo total de recolección va ser mayor que al diagnóstico realizado en la tabla 7, debido a que el vehículo recolector abarca más viviendas.

Por parte del factor ambiental, las rutas actualizadas presentan mayor eficiencia a causa de que tienen relación con la distancia recorrida, debido a esto hay poco gasto de combustible, reduciendo la exposición de gases contaminantes al ambiente.

4.3 Formulación del sistema operativo de barrido de vías y áreas públicas en el municipio de Fortul-Arauca

A continuación, se presenta la actualización de las ocho microrrutras de barrido de la zona urbana del municipio de Fortul.

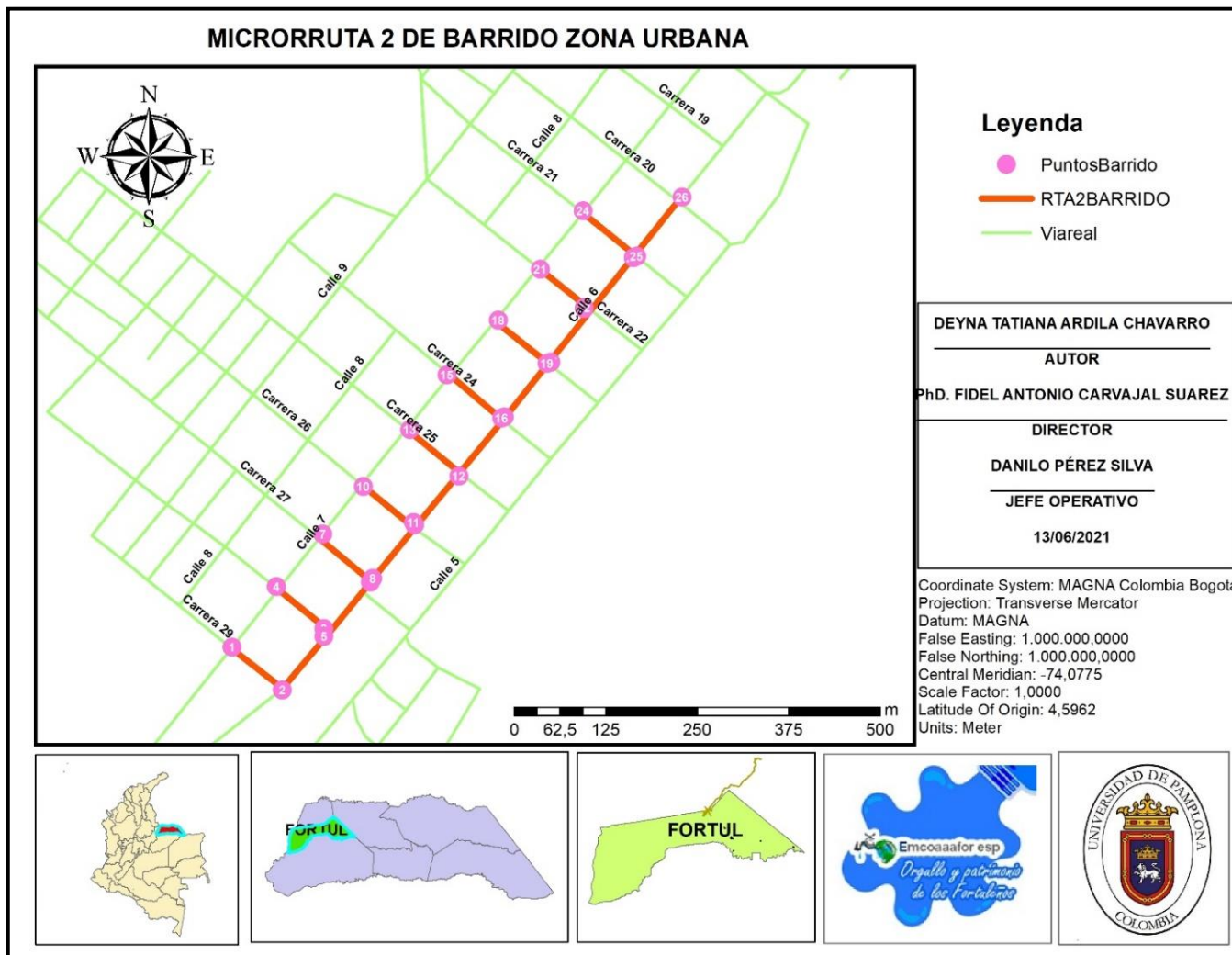
Figura 16. Microrruta 1 Barrido zona urbana



Fuente: propia, 2021

En esta microrruta de barrido, la emplea solo un personal de escobitas, ya que es una vía con poco flujo vehicular, se observa desde donde debe iniciar la microrruta y donde debe terminar, teniendo en cuenta los diferentes puntos por donde se debe realizar la actividad de barrido.

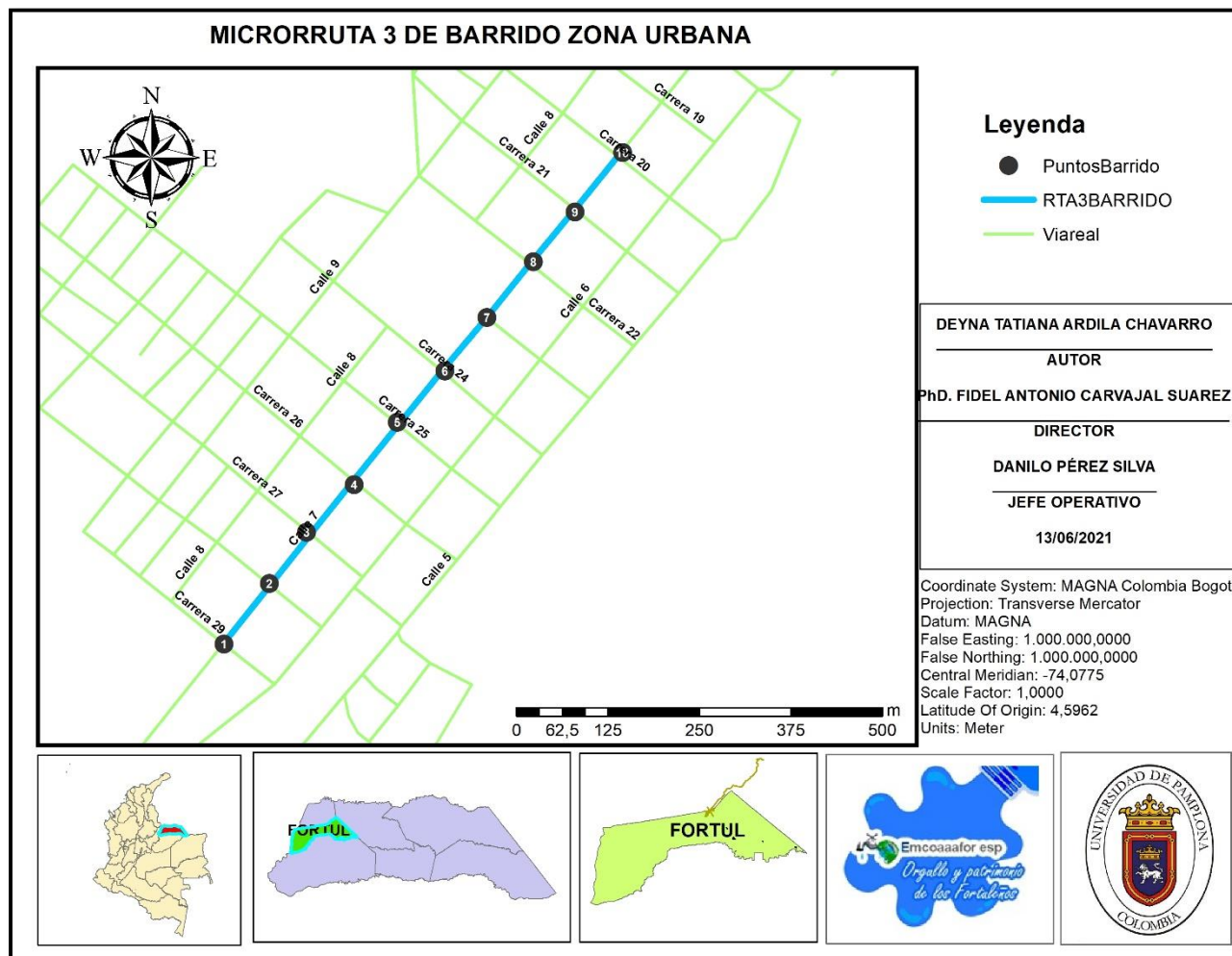
Figura 17. Microrruta 2 Barrido zona urbana



Fuente: propia, 2021

Se observa la actualización del barrido que se debe emplear en la microrruta 2, en esta ópera un personal de las escobitas de EMCOAAAFOR ESP, la cual comprende el barrido del andén de las vías públicas, en la figura se observa la microrruta que debe implementar el personal de escobitas, inicia desde las 4:00 am hasta las 9:00 am.

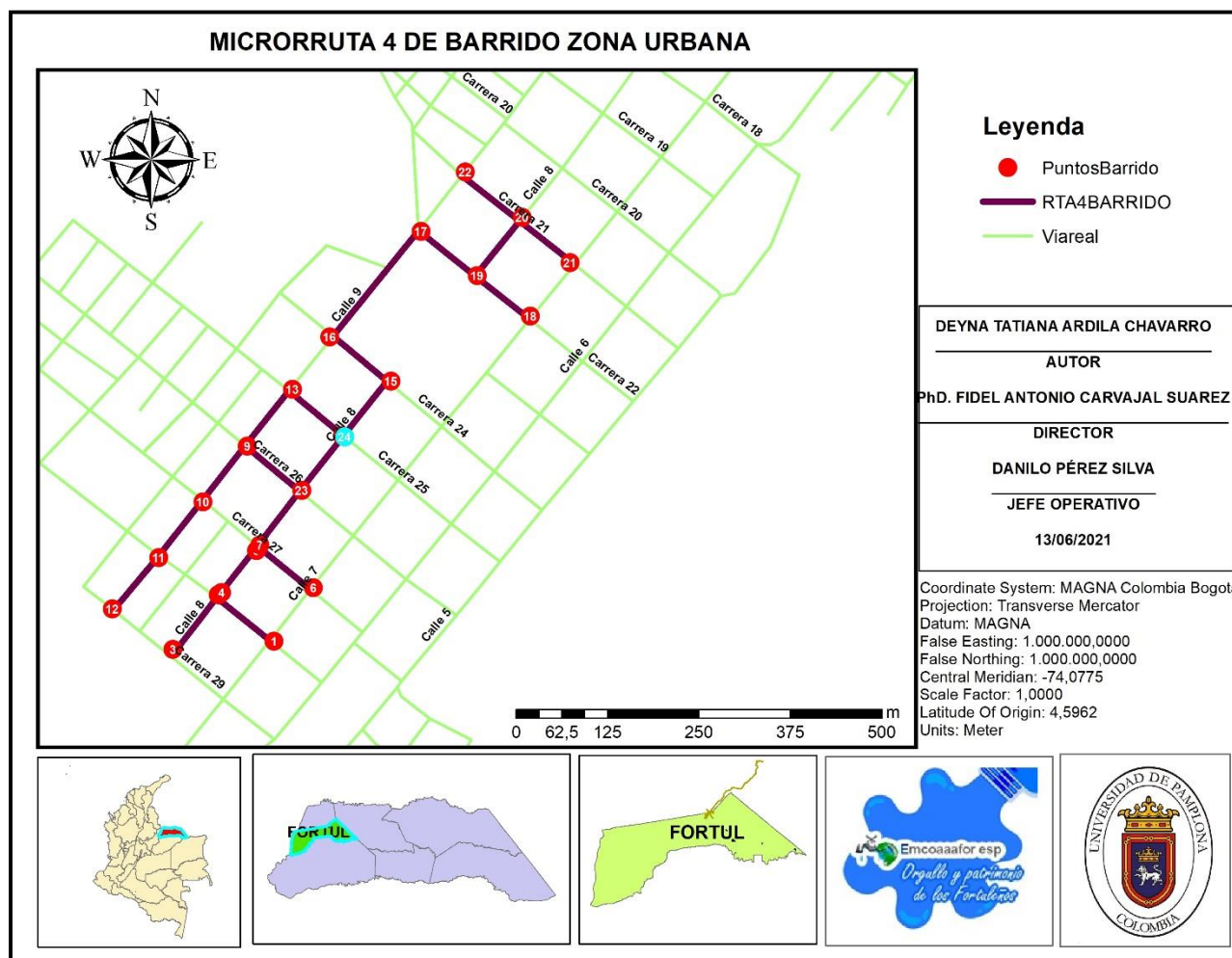
Figura 18. Microrruta 3 Barrido zona urbana



Fuente: propia, 2021

Se puede evidenciar que en esta ruta es la parte comercial del municipio, donde se presenta bastante flujo vehicular, se opera tres veces a la semana en cuanto al barrido y limpieza de la acera, se observa los puntos por donde debe realizar la actividad de barrido, además teniendo en cuenta el mantenimiento de las cestas públicas.

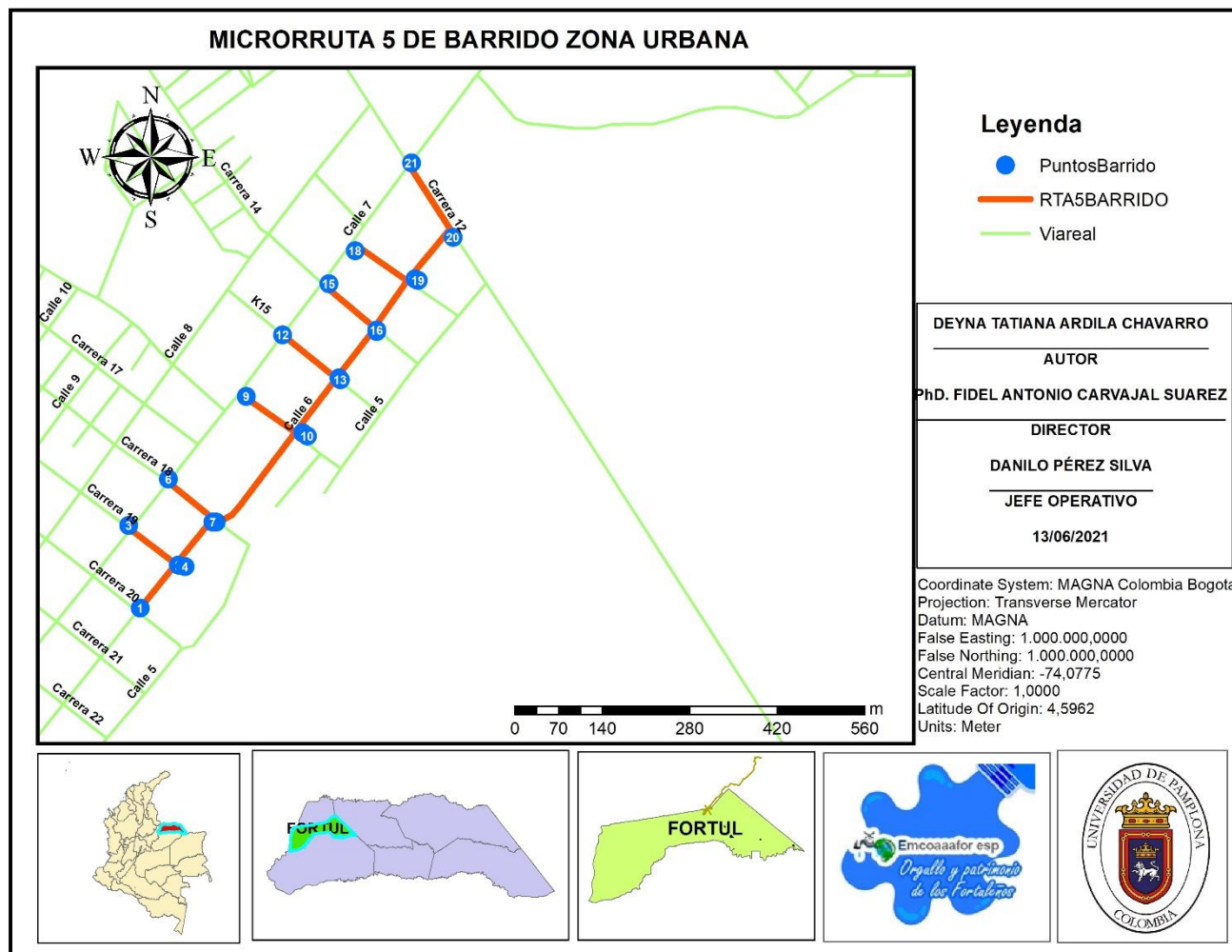
Figura 19. Microrruta 4 Barrido zona urbana



Fuente: propia, 2021

Se creó, la microrruta 4 de barrido, donde se anexa una zona pavimentada actualmente, es decir abarca más puntos de barrido, esta microrruta se debe realizar mínimo con dos personas de las escobitas ya que es extensa esta microrruta y se presenta bastante arena en las vías, se necesita 6 horas para poder completar esta actividad.

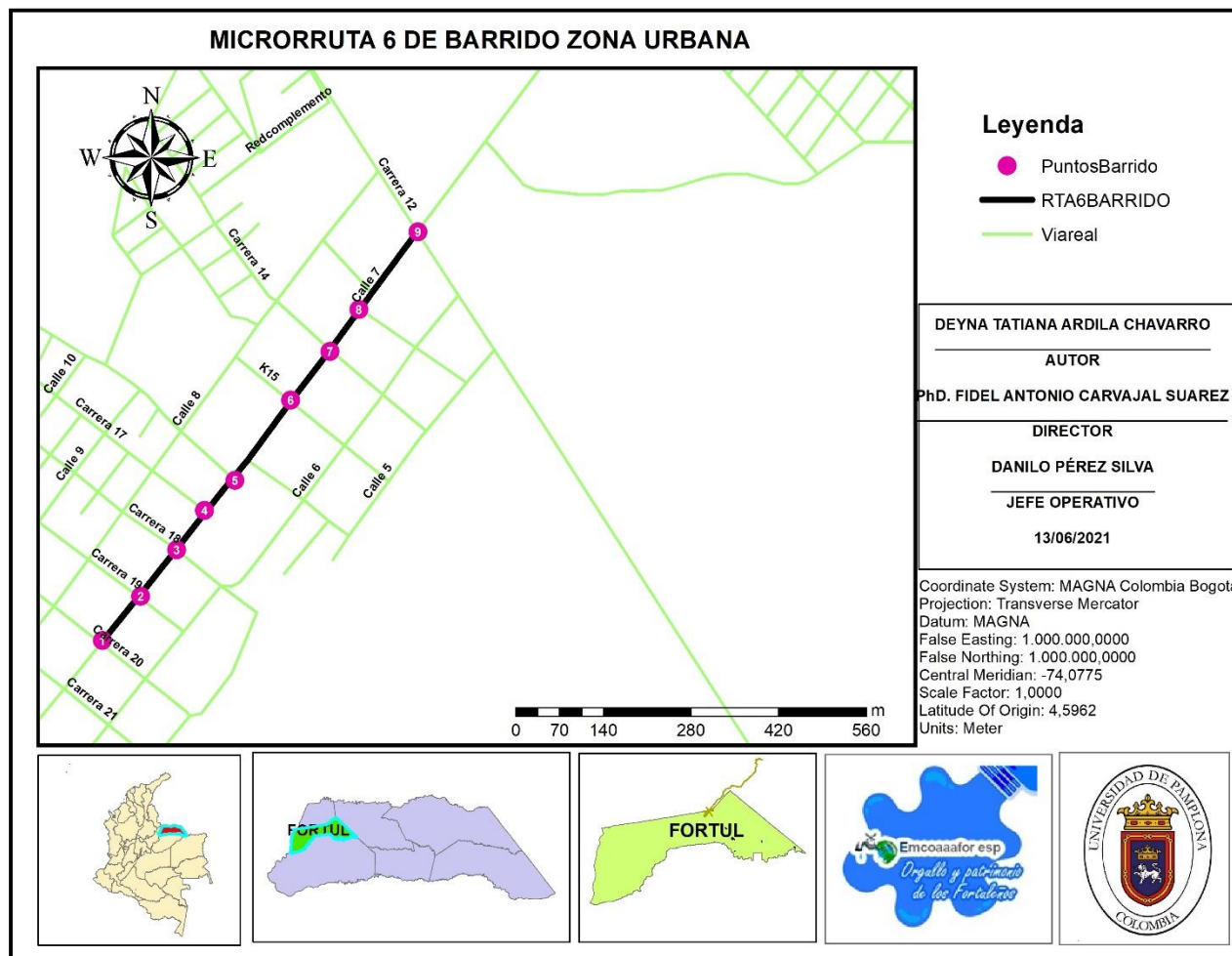
Figura 20. Microrruta 5 Barrido zona urbana



Fuente: propia, 2021

Abarca una gran extensión para el barrido y limpieza de áreas públicas, se necesita dos operarios para realizar la actividad, se muestra los puntos por donde se debe hacer la actividad de barrido, desde donde inicia hasta su final, también se tiene en cuenta el mantenimiento de las cestas públicas a cargo de EMCOAAAFOR ESP.

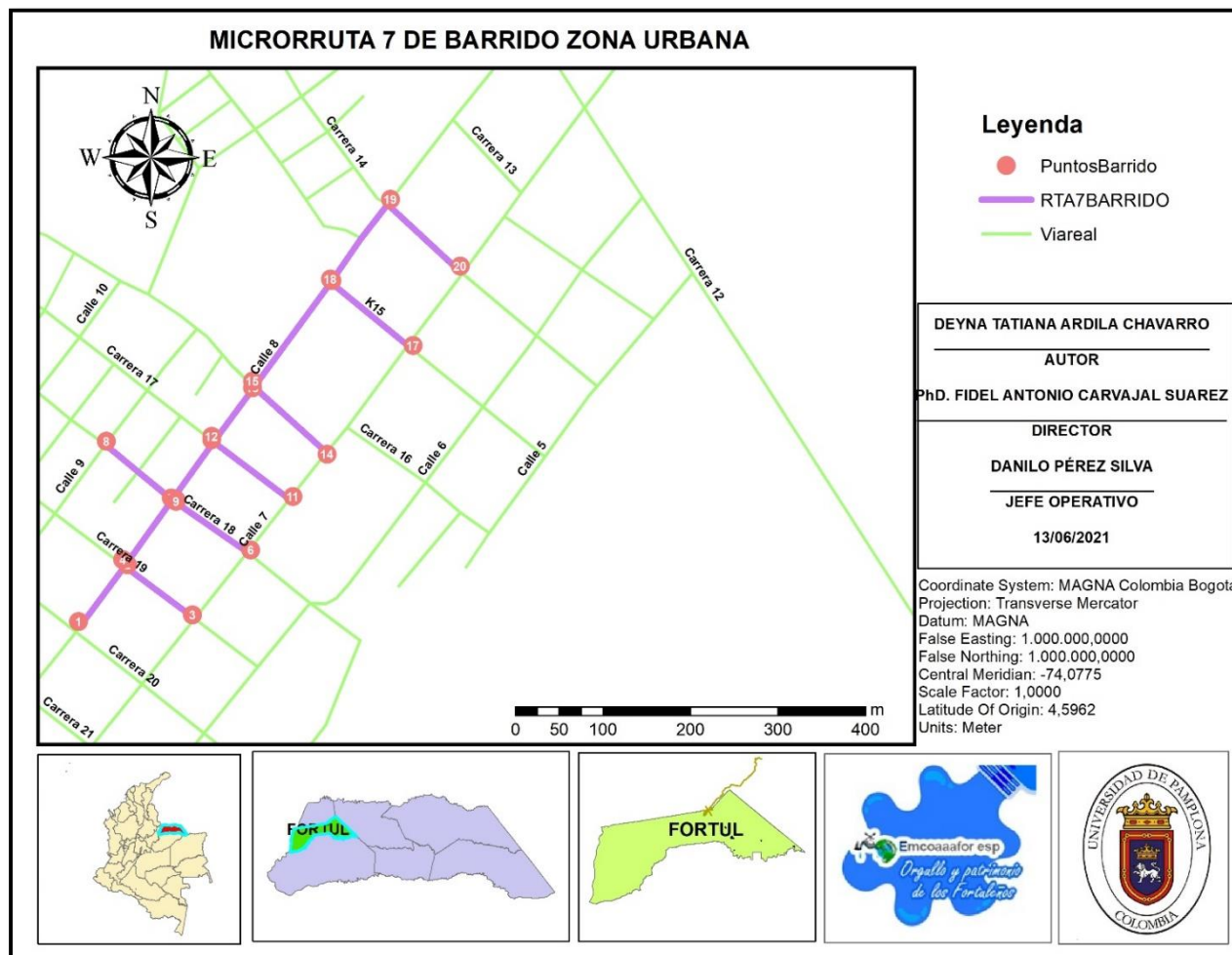
Figura 21. Microrruta 6 Barrido zona urbana



Fuente: propia, 2021

Los puntos que muestra la figura 21, es por donde se ejecuta el respectivo recorrido para el barrido de las vías, esta zona es comercial y debe tener la adecuada dotación para implementar el trabajo. Esta microrruta se necesita de dos operarios de escobita ya que se presenta bastante arena y tránsito. Se opera tres veces a la semana en cuanto al barrido y limpieza de la acera, A demás teniendo en cuenta el mantenimiento de las cestas públicas.

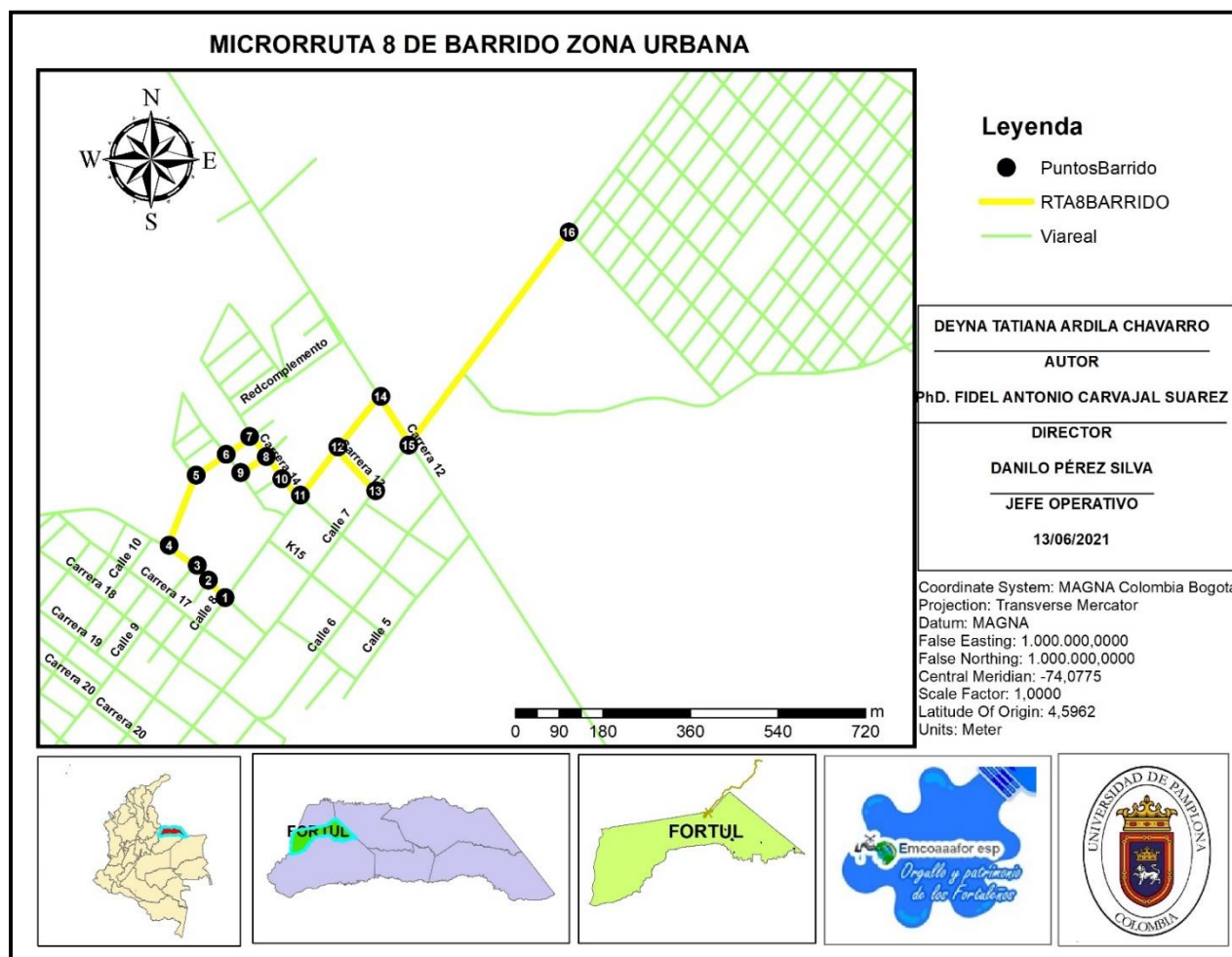
Figura 22. Microrruta 7 Barrido zona urbana



Fuente: propia, 2021

En esta zona, se debe implementar solo un operario de las escobitas, se puede demostrar los puntos por donde debe ejecutarse la actividad ya que es una zona pavimentada y se puede realizar de manera óptima, la microrruta 7, presenta bastante arena, es decir que se debe fomentar el adecuado desarene de esta vía para facilitar el barrido. Se debe tener en cuenta la apropiada dotación para ejercer el adecuado trabajo.

Figura 23. Microrruta 8 Barrido zona urbana



Fuente: propia, 2021

Las rutas de barrido de la zona urbana del municipio de Fortul, se realizan desde las 4:00 am hasta 9:00 am, donde se realizó actividades de desarene, barrido y des papel en las zonas no pavimentadas. La parte comercial del municipio la cual es la calle 7, se realiza tres veces a la semana, se cuenta con cinco operarios de escobitas la cual son cuatro mujeres y un hombre. En la microrruta de barrido cuatro y seis, es donde se presenta los mayores tiempos, debido a que son zonas donde se genera demasiada arena y las distancias del recorrido son más extensas.

Tabla 13. Tiempo de las ocho microrrutas de barrido en la zona urbana mediante la herramienta SIG

microrruta	Distancia (m)	Tiempo microrrutas
1	3482	4 horas minutos
2	3080	3 horas con 30 minutos
3	3382	4 horas
4	4004	6 horas con 45 minutos
5	3003	4 horas con 30 minutos
6	3163	5 horas
7	2473	4 horas
8	3279	4 horas con 13 minutos

Fuente: propia, 2021

4.4 Actividades relacionadas con la prestación de servicio de aseo con la EMPRESA

EMCOAAAFOR ESP

Se ejecutó diferentes actividades relacionadas con el servicio de aseo en EMCOAAAFOR ESP, tales como:

4.4.1 Implementación de estrategias de información, educación y comunicación para fomentar el adecuado manejo de residuos sólidos en el espacio público en el municipio de Fortul.

Se realizó trabajo de campo en la parte rural de Nuevo Caranal, Palmarito y al Club Defensores del Agua de la empresa EMCOAAAFOR ESP. Donde se socializo con la comunidad el nuevo código de colores de la resolución 2184 de 2019, el cual ya se ejecuta a partir del 1 de enero del 2021, para el buen manejo de los residuos sólidos.

Figura 24. Nuevo Código de Colores



Fuente: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/4595-gobierno-unifica-el-codigo-de-colores-para-la-separacion-de-residuos-en-la-fuente-a-nivel-nacional>

4.4.2 Mantenimiento y limpieza de cestas públicas.

En esta actividad se terminó de realizar el catastro del mantenimiento de cestas en el municipio de Fortul.

4.4.3 Actividades con el Club Defensores del agua de EMCOAAAFOR ESP.

Se fomentó educación ambiental, enfocado en los residuos sólidos, cambio climático, ciclo hidrológico, dando a conocer la importancia y el óptimo manejo que se debe tener en cuenta a los temas mencionados anteriormente.

5 Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

En este trabajo se actualizó el Sistema de Rutas de Barrido y Recolección de Residuos Sólidos del Municipio de Fortul-Arauca para la Empresa Emcoaaafor E.S.P. Lo más importante de la actualización del sistema de rutas fue el trabajo de campo que se realizó en cada ruta de

recolección y barrido, porque, basada en esta información se pudo realizar el diagnóstico que presentaba el tema de estudio.

La metodología que se utilizó fue eficiente en la actualización de las rutas, ya que la herramienta VRP de la extensión Network Analyst de (SIG), ejecuto un análisis de la red vial, para optimizar las rutas de estudio, disminuyendo los costos operativos, distancias recorridas y emisiones de gases contaminantes. Además, lo más difícil en la actualización de las rutas fue cuando se construyó la base de datos en la tabla de atributos de las diferentes vías en los sistemas de información geográfico (SIG), teniendo en cuenta parámetros como: los tiempos, distancias, tipo de vía, velocidades, categorías, además la parte urbana como rural del municipio no contaba con la información completa, fue creada durante la ejecución del presente proyecto.

La herramienta VRP ayudo de manera eficiente la actualización de las rutas de recolección y barrido, debido a la gran capacidad de análisis de la red vial y por las características de los datos recopilados en la ejecución de este estudio.

Es vital que se tenga en cuenta la normativa relacionada de residuos sólidos, debido a que es una actividad del diario vivir y se debe implementar de la mejor manera para así mismo, prevenir y mitigar problemáticas afines con el tema de residuos sólidos en la comunidad.

5.2 Recomendaciones

Es necesario ejecutar el trabajo de campo para compilar datos reales del sitio de investigación que acceda a identificar la red vial y sus parámetros, debido a que es un dato fundamental para la generación de la herramienta VRP.

Analizar la red vial si está completa de acuerdo a los planos suministrados o recopilados de información secundaria para realizar el adecuado estudio del sitio.

Diseño e implementación de estrategias de información, educación y comunicación para fomentar el adecuado manejo de residuos sólidos en el espacio público en el municipio de Fortul, para concientizar a la comunidad.

Además, se debe adelantar en el municipio, un estudio de factibilidad técnica y financiera aterrizado, para establecer la viabilidad del desarrollo de una alternativa municipal y/o regional para el aprovechamiento y/o comercialización de los residuos generados en el municipio.

Para la ejecución de las rutas generadas, EMCOAAAFOR ESP del Municipio de Fortul deberá socializar la nueva propuesta a la comunidad, para que se realice de manera óptima y se ajuste a los cambios que se implementaron en el tema de estudio.

6 Bibliografía

A., F., & Sánchez. (2007). *Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos*.

Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992016000300323#B25

Casas, J. G. (2010). *Manual integral de residuos solidos*. Obtenido de

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/IA/INS/manual-gestion-integral-residuos.pdf>

Cherrett, M. F. (2008). *uantifying the transport impacts of domestic waste collection strategies*.

Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992016000300323#B25

Corona, J. (2013). *Política pública en el manejo de los desechos sólidos municipales: el caso de Santiago de Querétaro*. Obtenido de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992016000300323#B25

Decreto 1713. (2002). Obtenido de

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=5542>

Decreto 1753. (1994). Obtenido de

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1299>

Decreto 2104. (1983). Obtenido de

https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/1983/dec_2104_1983.pdf

Decreto 2811. (1974). Obtenido de

https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto_2811_de_1974.pdf

Edgar Pérez Arriaga, J. R. (4 de 05 de 2007). *LOS SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE*

RESIDUOS SOLIDOS. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4419/441942908008.pdf>

EMCOAAAFOR. (2020). *EMCOAAAFOR ESP.* Obtenido de

<https://www.emcoaaafor.co/historia/>

esri. (s.f). Obtenido de [https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/network-](https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/network-analyst/vehicle-routing-problem.htm)

[analyst/vehicle-routing-problem.htm](https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/network-analyst/vehicle-routing-problem.htm)

Figuerola, M. (2008). *Descripcion de la etapas de almacenamiento de recolecion y transporte de*

residuos solidos. Obtenido de

<https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/297/2/628.44F475.pdf>

GIRALDO, L. M., & LÓPEZ, M. A. (2015). *ESTIMACIÓN DE RUTAS Y TIEMPOS DE*

RESPUESTA DE LOS ORGANISMOS DE SOCORRO EN LA CIUDAD DE MANIZALES,

APOYADO EN. Obtenido de

http://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/2495/Castellanos_Laura_2015.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Ley 689. (2001). Obtenido de

<https://funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4633>

Liliana, H. G. (2008). *APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN COLOMBIA*. Obtenido de

<http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>

Manual de recolección y transporte de residuos sólidos. (2017). Obtenido de

<https://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/10/03-Recolecci%C3%B3n-y-Transporte-RS.pdf>

Marquez, J. (s.f). *MACRO Y MICRO RUTEO DE RESIDUOS SÓLIDOS RESIDENCIALES*.

Obtenido de <https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/299/2/628.442M357.pdf>

Ministerio de Ambiente, V. y. (2004). *Guía Ambiental*. Obtenido de

<https://www.minambiente.gov.co/>

OCDE. (2007). *Guidance manual for the implementation of the OECD recommendation C(2004)100 on Environmentally Sound Management (ESM) of waste*. Obtenido de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992016000300323#B25

OCDE. (2014). *Waste management services 2013, DAF/COMP*. Obtenido de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992016000300323#B32

OECD. (2004). *Addressing the economics of waste*. Obtenido de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992016000300323#B25

OPS. (1991). *Guías para el desarrollo del sector de aseo urbano en Latinoamérica y el Caribe*.

Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992016000300323#B25

PBOT. (2010). *Fortul-Arauca*. Obtenido de <http://www.fortul-arauca.gov.co/>

Puerta, E. (1 de 05 de 2004). *Los residuos sólidos municipales*. Obtenido de

<https://www.redalyc.org/pdf/695/69511009.pdf>

RAS. (2000). Obtenido de

<http://www.ceo.org.co/images/stories/CEO/ambiental/documentos/Normas%20ambientales/1990-2000/2000/Resolucion%201096%20de%202000%20-%20Titulo%20F.pdf>

RESPEL. (2018). *RESPEL*. Obtenido de

<https://www.respel.cl/ResiduosPeligrosos/2018/02/12/residuos-no-peligrosos-en-chile/#:~:text=Por%20residuo%20NO%20peligroso%20o,biodegradables%2C%20ni%20afectan%20negativamente%20a>

Rojas, C. C. (2014). *Diagnóstico de la gestión de residuos sólidos urbanos en el municipio de*

Mexicali, México: Retos para el logro de una planeación sustentable. Obtenido de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992016000300323#B25

Sancho Jaime. (s.f). *MANUAL TÉCNICO SOBRE GENERACIÓN RECOLECCIÓN Y*

TRANSFERENCIA DE RESIDUOS MUNICIPALES. Obtenido de

<http://www.inapam.gob.mx/work/models/SEDESOL/Resource/1592/1/images/ManualTecnicosobreGeneracionRecoleccion.pdf>

SEDESOL. (2001a). *Manual técnico sobre generación, recolección y transferencia de residuos*

sólidos municipales. Obtenido de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992016000300323#B25

Servicio de recolección EAAAZ. (s.f). Obtenido de <https://eaaaz.com.co/nuestros-servicios/aseo/recoleccion/servicio-de-recoleccion/>

Soto, A. (26 de 02 de 2020). *AGRONEGOCIOS*. Obtenido de <https://www.agronegocios.co/clima/solo-el-17-de-los-residuos-solidos-de-colombia-son-recicladados-advirtio-el-dnp-2970019>