



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE
DE RECOLECCIÓN DE BASURA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA”**

Autores:

Alajo Tumbaco Segundo Raúl

Quinatoa Vinocunga Luis Omar

Tutor:

Ing. Andrango Guayasamin Raúl Heriberto

Latacunga – Ecuador

Julio 2019



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Industrial

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Alajo Tumbaco Segundo Raúl y Quinatoa Vinocunga Luis Omar declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE DE RECOLECCIÓN DE BASURA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA”**, siendo el Ingeniero Msc Raúl Heriberto Andrango Guayasamín tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la **Universidad Técnica de Cotopaxi** y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, Julio 2019


.....
Alajo Tumbaco Segundo Raúl
050354366-2


.....
Quinatoa Vinocunga Luis Omar
050347778-8



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Industrial

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE DE RECOLECCIÓN DE BASURA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA”,
Alajo Tumbaco Segundo Raúl y Quinatoa Vinocunga Luis Omar de la carrera Ingeniería Industrial, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga Julio de 2019


.....
Ing. M.Sc. Raúl Heriberto Andrango Guayasamin
CI: 171752625-3



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Industrial

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente trabajo de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**; por cuanto, los postulantes: Alajo Tumbaco Segundo Raúl y Quinatoa Vinocunga Luis Omar con el título del proyecto de investigación: “MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE DE RECOLECCION DE BASURA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Julio del 2019.

Ing. Bladimiro Hernán Navas Olmedo

CC: 050069554-9

Lector 1

Ing. Cristian Xavier Espín Beltrán

CC: 050226936-8

Lector 2

Ing. Carmen Dominga Pino Ávila

CC: 175657996-5

Lector 3

CERTIFICADO 2019.GGE.003

Latacunga, 15 de julio de 2019

Certifico, que los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi: el Sr. Alajo Tumbaco Segundo Raúl portador de la C.I 050354366-2 y el Sr. Quinatoa Vinocunga Luis Omar portador de la C.I. 050347778-8 realizaron su trabajo de TESIS con el tema: **"MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE DE RECOLECCIÓN DE BASURA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA"** desde el 11 de Enero del 2019 hasta el 31 de Mayo de 2019.

En este tiempo los mencionados estudiantes demostraron desempeño eficientemente en todos los trabajos a ellos encomendados, demostrando dedicación, responsabilidad y deseo de superación.

Especial reconocimiento se les da por su valiosa colaboración en los trabajos en el área de **MANTENIMIENTO, INFRAESTRUCTURA, VEHICULOS Y TECNOLOGICOS** que desempeñaron durante la elaboración de su tesis de grado previo a obtener su título en Ing. Industrial.

Es todo cuanto puedo mencionar en honor a la verdad, el Sr. Alajo Tumbaco Segundo Raúl y Quinatoa Vinocunga Luis Omar puede hacer uso del presente certificado, según convenga sus intereses, excepto para fines legales.

Atentamente;



MSc. Ing. Miriam Janeth Zapata R.
GERENTE GENERAL EPAGAL



mfrv

AGRADECIMIENTO

Agradecemos primero a DIOS por permitir estar en este mundo, por acompañarnos y guiarnos a lo largo de nuestra vida, también como no agradecer a nuestras familias por brindarnos todo su apoyo desde el inicio hasta culminar con esfuerzo este largo camino para el obtener el título de Ingenieros Industriales gracias por su constante apoyo y sustento.

A nuestros docentes porque sin ellos no obtendríamos todo el conocimiento que ahora lo poseemos.

Raúl Alajo y Omar Quinatoa.

DEDICATORIA

A nuestros familiares quienes son y serán un pilar fundamental dentro de nuestra vida con su apoyo, consejos y confianza que nos inspiraron a seguir adelante.

A nuestros amigos que siempre nos daban consejos de superación para llegar a ser unas excelentes personas.

Raúl Alajo y Omar Quinatoa

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO:” MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE DE RECOLECCIÓN DE BASURA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA”

Autores: Alajo Tumbaco Segundo Raúl
Quinatoa Vinocunga Luis

RESUMEN

El estudio de un modelo de simulación para la optimización de rutas de transporte busca optimizar el recorrido diario que realizan los vehículos recolectores por el casco urbano en la Ciudad de Latacunga (Ruta Oriental y Occidental) cuya empresa responsable del proceso es EPAGAL. Con la finalidad de reducir la distancia y el tiempo total recorrido diariamente, se busca minimizar los costos operacionales de combustible durante la recolección desde su salida y retorno a la base. La Simulación para la optimización de rutas de transporte de recolección tiene como propósito realizar un estudio detallado de las actividades que contribuyan al mejoramiento y redistribución de las rutas mediante un análisis del método de transporte basado en redes lineales de caminos mínimos que se encuentran en el Software (ARCGIS 10.5). A través de sus extensiones como ArcMap; ArcCatalog; Network Analyst, New Vehicle Routing Problem que permiten modelar las redes de transporte, simulando un sistema vial de una área determinada con sus respectivas restricciones de circulación. Donde cada uno de los datos de tiempos y distancias que realiza el vehículo recolector de basura se puedan interpretar en un matriz encontrando un resultado óptimo que mostrará una serie de alternativas y nuevas rutas enfocadas hacia la solución y mejoramiento de recolección de basura mediante la simulación en las rutas Oriental y Occidental. Finalmente se procedió a diseñar las rutas de recolección según los parámetros de velocidad del vehículo recolector, tipo de vías, longitud de las vías, con esto se optimizaron en tiempo y distancia total de recolección, demostrando también que la aplicación de este software para el rediseño presenta una gran ventaja, permitiendo realizar simulaciones de acuerdo a diferentes parámetros.

Palabras claves: Modelo de Simulación, Optimización, Software ARCGIS, Recolección, Rutas, Redistribución.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING SCIENCES AND APPLIED

THEME: "SIMULATION MODEL FOR THE OPTIMIZATION OF GARBAGE COLLECTION TRANSPORTATION ROUTES IN THE LATACUNGA CITY"

Authors: Alajo Tumbaco Segundo Raúl
Quinatoa Vinocunga Luis Omar

ABSTRACT

The study of a simulation model for the optimization of transport routes seeks to optimize the daily route of the urban collection vehicles in the Latacunga city (Eastern and Western Route) whose company is responsible for the process is "EPAGAL". With the purpose of reducing the distance and the total time traveled daily, it is sought to minimize the operational costs of fuel during the collection from its departure and return to the base. The simulation for the optimization of the transport routes of the information source is based on the analysis of the activities that contribute to the improvement and redistribution of the routes through the analysis of the transport method based on linear road networks that are located in the Software (ARCGIS 10.5). Through its extensions like ArcMap; ArcCatalog; Network analyst, new vehicles routing problem that allow the modeling of transport networks, simulating a road system in a given area with their respective traffic restrictions. Where each one of the time's data and distances that the garbage collection vehicle is made, it can be interpreted in a matrix to find the result that a series of alternatives and new routes oriented towards the solution and the improvement of the collection of garbage through simulation in Eastern and Western routes. Finally, a procedure is carried out for the collection routes according to the parameters of the speed of the collection vehicle, the type of roads, the length of the roads, the time of data collection, also demonstrating the application of this software for the redesign It has a great advantage, to perform simulations according to different parameters.

Keywords: simulation model, optimization, ARCGIS software, collection, routes, redistribution.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS: **ALAJO TUMBACO SEGUNDO RAÚL** y **QUINATOA VINOCUNGA LUIS OMAR**, cuyo título versa “**MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE DE RECOLECCIÓN DE BASURA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA**”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, julio del 2019

Atentamente,

LIC. MARÍA FERNANDA AGUAIZA
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 050345849-9



CENTRO
DE IDIOMAS

ÍNDICE DE CONTENIDOS.

| | |
|---|------|
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA..... | ii |
| AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO INVESTIGATIVO..... | iii |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE LECTORES..... | iv |
| AVAL DE LA EMPRESA EPAGAL..... | v |
| AGRADECIMIENTO..... | vi |
| DEDICATORIA..... | vii |
| RESUMEN..... | viii |
| ABSTRACT..... | ix |
| AVAL DE TRADUCCIÓN..... | x |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS..... | xi |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | xv |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS..... | xvi |
| 1. INFORMACIÓN GENERAL..... | 1 |
| 2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO..... | 3 |
| 3.1. Población total de la ciudad de Latacunga..... | 3 |
| 3.2. Beneficiarios directos..... | 4 |
| 3.3. Beneficiarios indirectos..... | 4 |
| 4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN..... | 4 |
| 4.1. Situación problemática..... | 4 |
| 4.2. Planteamiento del Problema..... | 5 |
| 5. OBJETIVOS..... | 6 |
| 5.1. Objetivo General:..... | 6 |
| 5.2. Objetivos Específicos:..... | 6 |
| 6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS..... | 7 |

| | |
|---|----|
| 7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA..... | 10 |
| 7.1. Antecedentes del estudio | 10 |
| 7.2. Base teórica científica..... | 11 |
| 7.2.1. Investigación de operaciones..... | 11 |
| 7.2.2. Optimización. | 11 |
| 7.2.3. Sistema óptimo de transporte. | 12 |
| 7.2.4. Sistema de optimización..... | 12 |
| 7.2.5. Modelo de transporte. | 13 |
| 7.2.6. Método de la esquina noroeste. | 13 |
| 7.2.7. Método de algoritmos para optimizar rutas..... | 14 |
| 7.2.8. Algoritmo de Dijkstra..... | 15 |
| 7.2.9. Simulación..... | 16 |
| 7.2.10. Simulación vs optimización..... | 19 |
| 7.2.11. Software para simular rutas de transporte. | 20 |
| 7.2.12. Modelo de simulación ARCGIS..... | 22 |
| 7.3. Definición de términos básicos..... | 23 |
| 8. PREGUNTA CIENTÍFICA..... | 26 |
| 8.1. Pregunta Científica. | 26 |
| 8.2. Variable Dependiente: | 26 |
| 8.3. Variable Independiente: | 26 |
| 9. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL. | 27 |
| 9.1.El grado de generalización:..... | 27 |
| 9.1.1. Investigación fundamental:..... | 27 |
| 9.2. Metodología cuantitativa: | 27 |
| 9.3. Investigación bibliográfica: | 27 |
| 9.4. Investigación de campo: | 27 |

| | |
|--|----|
| 9.5. Técnica:..... | 28 |
| 10. DESARROLLO DE LA PROPUESTA (ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS)..... | 28 |
| 10.1. Normativa. | 28 |
| 10.1.1. Constitución de la República del Ecuador (Registro Oficial No. 449 20 de octubre 2008) vigente hasta el momento. | 28 |
| 10.1.2. Ley de Gestión Ambiental (Registro Oficial No. 418 del 10 de octubre 2004) vigente hasta el momento. | 30 |
| 10.1.3. Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. Acuerdo Ministerial 61 (Registro Oficial No. 316 del 29 de marzo 2017)..... | 30 |
| 10.1.4. Ordenanza 58 Ordenanza municipal que regula el barrido, recolección, Transporte, transferencia y disposición final de los residuos Sólidos urbanos domésticos, comerciales, industriales y Biológicos del cantón Latacunga. | 33 |
| 10.2. Descripción y diagnóstico de la empresa..... | 35 |
| 10.2.1. EMPRESA EPAGAL (Empresa Pública de Aseo y Gestión Ambiental del Cantón Latacunga)..... | 35 |
| 10.2.2. Transparencia y acceso a la información. | 36 |
| 10.2.3. Misión de la Empresa: | 37 |
| 10.2.4. Visión de la Empresa: | 37 |
| 10.2.5. Organigrama Estructural por Procesos-Epagal..... | 37 |
| 10.2.6. Cadena de Valor. | 38 |
| 10.2.7. Mapa de Procesos. | 39 |
| 10.2.8. Vialidad de La Ciudad De Latacunga..... | 39 |
| 10.3. Diagnóstico de las rutas de recolección de basura y modalidad de recolección..... | 41 |
| 10.3.1. Representación de los contenedores ubicados en la zona oriental y occidental. | 41 |
| 10.3.2. Recolección contenerizada de la basura en la Ciudad. | 45 |
| 10.3.3. Recolección Tradicional (Puerta a Puerta). | 46 |

| | |
|--|----|
| 10.3.4. Servicio de recolección por rutas..... | 47 |
| 10.4. Sistema de recolección de desechos domiciliarios. | 51 |
| 10.4.1. Fase del sistema de recolección. | 52 |
| 10.5. Recopilación de datos. | 53 |
| 10.5.1. Técnicas de recolección de datos..... | 53 |
| 10.5.2. Información de Campo. | 54 |
| 10.6. Selección del modelo de simulación para el análisis y determinación de las rutas óptimas de recolección..... | 54 |
| 10.6.1. Formato vectorial para el almacenamiento de datos de la red vial. | 55 |
| 10.6.2. Elaboración del mapa temático del eje vial de la ciudad de Latacunga. | 55 |
| 10.6.3. Determinación de las rutas óptimas para la recolección de basura en la ciudad de Latacunga. | 56 |
| 10.6.4. Creación del Network Dataset. | 62 |
| 10.6.5. Creación del Geodatabase para el eje vial. | 62 |
| 10.6.6. Aplicación de la extensión Network Analyst para encontrar las nuevas rutas. | 63 |
| 10.6.7. Evaluación de las rutas actuales y los modelos propuestos. | 67 |
| 10.6.8. Consumo de combustible..... | 68 |
| 11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES, ECONÓMICOS). | 70 |
| 11.1. Técnicos | 70 |
| 11.2. Sociales | 70 |
| 11.3. Ambientales | 71 |
| 11.4. Económicos..... | 71 |
| 12. PRESUPUESTO PARA IMPLEMENTAR LA PROPUESTA DEL PROYECTO. | 72 |
| 12.1. Presupuesto. | 72 |
| 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. | 73 |
| 13.1. Conclusiones..... | 73 |
| 13.2. Recomendaciones. | 74 |

| | |
|------------------------|----|
| 14. BIBLIOGRAFÍA | 75 |
| 15. ANEXOS | 77 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Área del conocimiento del proyecto | 2 |
| Tabla 2. Población Total censo 2010 | 3 |
| Tabla 3. Sistema de tareas para el cumplimiento de los objetivos | 7 |
| Tabla 4. Comparación de simulación vs optimización..... | 20 |
| Tabla 5. Dimensiones del contenedor..... | 42 |
| Tabla 6. Toneladas mensuales de recolección..... | 46 |
| Tabla 7. Trayecto por calles de la ruta Oriental | 47 |
| Tabla 8. Trayecto por calles de la ruta Occidental | 49 |
| Tabla 9. Trayecto por calles de la ruta Nocturna..... | 51 |
| Tabla 10. Formato vectorial del programa ARCGIS..... | 55 |
| Tabla 11. Límites de velocidad | 56 |
| Tabla 12. Número de viajes realizados en las rutas..... | 57 |
| Tabla 13. Datos para la Tabla de Atributos del eje vial | 59 |
| Tabla 14. Límite de velocidad en la zona urbana | 61 |
| Tabla 15. Fórmulas para análisis del eje vial | 62 |
| Tabla 16. Análisis de distancia y tiempo en la ruta Occidental..... | 67 |
| Tabla 17. Análisis de distancia y tiempo en la ruta oriental..... | 67 |
| Tabla 18. Consumo Actual de Combustible..... | 68 |
| Tabla 19. Consumo de Combustible propuesto con la ruta occidental optimizada..... | 68 |
| Tabla 20. Consumo de combustible propuesto con la ruta oriental optimizada..... | 69 |
| Tabla 21. Comparación de los resultados de la ruta occidental..... | 69 |
| Tabla 22. Comparación de resultados de la ruta oriental | 70 |
| Tabla 23. Presupuesto del proyecto | 72 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1. Esquina Noroeste..... | 14 |
| Gráfico 2. Logo Epagal | 35 |
| Gráfico 3. División parroquial del cantón latacunga..... | 35 |
| Gráfico 4. Organigrama Estructural | 38 |
| Gráfico 5. Cadena de Valor | 38 |
| Gráfico 6. Mapa de procesos del sistema de recolección..... | 39 |
| Gráfico 7. Mapa vial de la Ciudad de Latacunga | 40 |
| Gráfico 8. Contenedores | 41 |
| Gráfico 9. Dimensiones del contenedor | 42 |
| Gráfico 10. Localización de los contenedores de la ruta oriental..... | 43 |
| Gráfico 11. Localización de los contenedores de la ruta occidental | 44 |
| Gráfico 12. Recolección de basura por carga lateral | 46 |
| Gráfico 13. Recolección posterior | 46 |
| Gráfico 14. Georreferenciación de la ruta oriental | 48 |
| Gráfico 15. Georreferenciación de la ruta occidental..... | 50 |
| Gráfico 16. Ruta Actual del viaje 1 de recolección de basura..... | 65 |
| Gráfico 17. Ruta del viaje 1 optimizado..... | 66 |

1. INFORMACIÓN GENERAL.

Título del Proyecto:

MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE DE RECOLECCIÓN DE BASURA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA.

Fecha de inicio:

Abril del 2018

Fecha de finalización:

Agosto del 2019.

Lugar de ejecución:

Parroquia: Parroquias Urbanas de la Ciudad (Eloy Alfaro, Ignacio Flores, Juan Montalvo, La Matriz, San Buenaventura).

Cantón: Latacunga.

Provincia: Cotopaxi.

Facultad que auspicia.

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

Carrera que auspicia:

Ingeniería Industrial

Equipo de Trabajo:

Tutor de Titulación: Ing. Raúl Heriberto Andrango Guayasamin

Estudiantes:

- Segundo Raúl Alajo Tumbaco
- Luis Omar Quinatoa Vinocunga

Área de Conocimiento:

El área de conocimiento que sustenta el trabajo de titulación según la nomenclatura para campos de ciencia y tecnologías de la UNESCO son:

Tabla 1. Área del conocimiento del proyecto

| Campo amplio | Campo específico | Campo detallado |
|------------------------------|---|---|
| (3300) ciencias tecnológicas | (3310) Tecnología Industrial | (331007) Estudio de Tiempos y Movimientos |
| | (3327) Tecnología de Los Sistemas de Transporte | (332704) Combinación de Sistemas |

Fuente: (*Codigos_unesco_7809.pdf*, s. f.)

Elaborado por. Los autores

Línea de investigación:

- Procesos industriales.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

- Procesos productivos

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

Hoy en día existen un gran interés por la calidad de vida de la población de nuestro país las mismas que se ven reflejadas en los ejes y objetivos planteados en el (Consejo Nacional de Planificación, 2017, p. 53)

La recolección de desechos sólidos es un indicador de la calidad de vida la población y de la belleza paisajística del lugar. Este proceso es una competencia directa de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (*COOTAD*, Enero 16) donde la mayoría de ellos crearon unidades para proveer el servicio bajo dependencia jerárquica de las direcciones de higiene, u otros a través de las comisarías municipales las cuales tienen una débil imagen institucional y no poseen autonomía administrativa ni financiera.

El casco urbano de la ciudad está dividido tres zonas de recolección (oriental, occidental, nocturna) en el cual se implementó el cálculo de las rutas optimas se tomó en cuenta estas zonas ya que abarcan la mayor concentración de personas y servicios de comercio debido a la presencia de mercados.

La recolección de residuos domiciliarios es un servicio donde la responsabilidad reside en las alcaldías (EPAGAL), lo cual es importante que esta actividad se realice periódicamente, ya que afecta al medio ambiente y la higiene. Además, los costos involucrados en su gestión pueden llegar a alcanzar un porcentaje significativo del presupuesto total de la ciudad, de ahí la importancia de realizar un estudio adecuado que permita mejorar los costos, optimización de tiempos y distancias para mejorar la eficiencia en este servicio.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.

3.1. Población total de la ciudad de Latacunga.

Tabla 2. Población Total censo 2010

| SECTORES | Total | Porcentaje |
|-------------------------|----------------|-------------------|
| SECTOR URBANO | 63.767 | 37.4% |
| SECTOR RURAL | 106.733 | 62.6% |
| TOTAL HABITANTES | 170.500 | 100% |

Fuente: (INEC) (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos); Jossethe Veintimilla

Elaborado por. Los autores.

3.2. Beneficiarios directos.

Los 63.767 Habitantes distribuidos en las parroquias urbanas de la ciudad de Latacunga.

3.3. Beneficiarios indirectos.

El GAD municipal de la ciudad de Latacunga en el departamento de EPAGAL (Empresa Pública De Aseo y Gestión Ambiental).

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

4.1. Situación problemática.

El manejo de recolección de basura en la Ciudad de Latacunga ha evolucionado paralelamente con la urbanización y el crecimiento económico. Para abordar el manejo de residuos generados no es suficiente conocer los aspectos técnicos de recolección, limpieza de calles. Se requiere aplicar nuevos conceptos relacionados con la optimización de rutas de recolección de basura el cual mediante simulaciones y la implementación pretende mejorar este sistema y poder brindar un servicio adecuado.

La basura generada por la población de la ciudad de Latacunga tiene un peso muy importante en el coste total de la gestión de estos residuos. El objetivo es la simulación optimizando las rutas de transporte por los diferentes sectores de la ciudad de Latacunga (RUTA ORIENTAL Y OCCIDENTAL) lo cual reducirá los costos directos que intervienen.

A pesar del esfuerzo realizado por el personal operativo para brindar un servicio adecuado a la ciudad, surgen problemas a nivel de planificación, logística, afectación ambiental y social, como son los residuos dispersos en las vías públicas, impuntualidad del servicio, mal estado de los camiones de recolección, pocos vehículos de recolección y escasos tachos contenedores en diferentes lugares o mal distribuidos. La cantidad de maquinaria empleada y las rutas de recolección se definieron de forma empírica y se ha modificado a lo largo de los años conforme la ciudad fue creciendo pero siempre bajo un modelo carente de un respaldo teórico. A pesar que la tarea de recolección de basura se cumple, existen inconvenientes que impiden ofrecer el servicio de forma eficiente.

- Existe un vacío de información la cual es requerida para organizar, planificar y proyectar las necesidades del servicio. No se cuenta con la información detallada de la

cobertura geográfica de cada una de las rutas de recolección, así como la cantidad de residuos recolectados en cada ruta, ni el tiempo empleado.

- Existe un impacto negativo al servicio de recolección de basura provocado por factores sociales. Se presentan problemas de obstaculización de las vías debido vehículos mal estacionados, mal posición de los residuos por parte de los usuarios (bolsas en mal estado que se rompen y dispersan los residuos en las calles), desconocimiento de los horarios de recolección de basura.

4.2. Planteamiento del Problema.

¿Cómo la aplicación de un modelo de simulación de análisis de redes puede mejorar el sistema de recolección de basura de las Rutas Oriental y Occidental en la Ciudad de Latacunga?

5. OBJETIVOS.

5.1. Objetivo General:

- Aplicar un modelo de simulación de redes para optimizar las rutas de transporte de recolección de basura en las zonas oriental y occidental de la Ciudad de Latacunga.

5.2. Objetivos Específicos:

- Realizar una revisión bibliográfica sobre los conceptos y antecedentes relacionados con el tema de la investigación.
- Obtener información de la forma actual de planificación de rutas, los métodos de recolección, el equipo necesario y el presupuesto asignado al servicio de recolección de basura que tiene la Ciudad.
- Seleccionar y simular el proceso de recolección mediante un software adecuado para optimizar las rutas de transporte de recolección de basura del sistema actual realizando el análisis y discusión de los resultados.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

Tabla 3. Sistema de tareas para el cumplimiento de los objetivos

| OBJETIVOS | ACTIVIDADES. | RESULTADOS DE LAS ACTIVIDADES. | DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD (TÉCNICAS E INSTRUMENTOS) |
|--|--|---|---|
| <p>1 Realizar una revisión bibliográfica sobre los conceptos y antecedentes relacionados con el tema de la investigación.</p> | <p>1.1. Recopilar información de manera online y personal sobre la recolección de basura en la Ciudad.</p> <p>1.2. Identificar temas relacionados con la simulación, optimización y los métodos que se los realiza.</p> <p>1.3. Consultar todas las normativas y reglamentos existentes para la recolección de basura que rigen en la Ciudad.</p> | <p>1.1.1. Conocer los modelos teóricos para la optimización de los modelos de transporte y los procesos de recolección de basura en la ciudad.</p> <p>1.2.1. Seleccionar el sistema de simulación adecuado para optimizar las rutas de recolección de basura.</p> | <p>1.1.2. Revisión de artículos, libros, documentos de internet y por la información brindada por la empresa Epagal.</p> <p>1.3.1. Escoger el sistema de simulación que mejor se adapte al problema a resolver.</p> <p style="text-align: right;">Siguiente...</p> |

Continuación de tabla N°1

| | | | |
|--|---|--|---|
| <p>2. Obtener información de la forma actual de planificación de rutas, los métodos de recolección, el equipo necesario y el presupuesto asignado al servicio de recolección de basura que tiene la Ciudad.</p> | <p>2.1. Conocer a la empresa encargada de la recolección de basura en la ciudad en todos sus ámbitos.</p> <p>2.2. Distribuir mediante un mapa las diferentes zonas, viviendas, sectores, vías de acceso, tachos de basura y tránsito vehicular de la ciudad.</p> <p>2.3. Recopilar datos de la distribución de basura, el número de transporte y equipos que se utilizan y además cuantos trabajadores están contratados para este servicio.</p> | <p>2.1.1. Analizar en conjunto todos los aspectos que podrán mejorar el servicio de recolección verificando sus falencias.</p> <p>2.2.1. Determinar y conocer la ruta actual y donde hay mayor cantidad de basura diaria para mejorar el servicio.</p> <p>2.3.1. Conocer e identificar todos los recursos que intervienen en el proceso de recolección.</p> | <p>2.1.2. Verificación visual para conocer la función de la empresa y todo lo que interviene en su funcionalidad.</p> <p>2.2.2. La investigación de campo y de datos históricos para conocer las rutas actuales de recolección utilizando el sistema de simulación seleccionado.</p> <p>2.3.2. Obtener todos los datos de la Empresa Epagal referente a los recursos materiales y humanos que brindan el servicio en la empresa.</p> <p style="text-align: right;">Siguiente...</p> |
|--|---|--|---|

Continuación de tabla N°1

| | | | |
|---|---|---|---|
| <p>3. Seleccionar y simular el proceso de recolección mediante un software adecuado para optimizar las rutas de transporte de recolección de basura del sistema actual realizando el análisis y discusión de resultados.</p> | <p>3.1 Identificar los tipos de software de simulación existentes y el costo de adquisición.</p> <p>3.2 Identificar las ventajas y desventajas de los tipos de software existentes.</p> <p>3.3 Escoger el software más adecuado para la simulación.</p> <p>3.4 Realizar una simulación mediante la aplicación el software seleccionado.</p> | <p>3.1.1. Tendremos conocimiento de los tipos de software en el mercado nacional.</p> <p>3.2.1 Tenderemos la capacidad de seleccionar el software a utilizar para la simulación.</p> <p>3.3.1 Permitirá realizar la simulación con un software adecuado para nuestro proyecto.</p> <p>3.4.1 Mediante la simulación de la nueva ruta de recolección de basura se pretenderá reducir los costos operativos con su posterior implementación.(Mantenimiento, Mano de obra, Combustible)</p> | <p>3.1.2. Consultas en fuentes bibliográficas de los tipos de software.</p> <p>3.2.2. En base al estudio se selecciona el sistema apropiado para este tipo de modelo.</p> <p>3.2.3. Con el software seleccionado se procede a la entrada de los datos obtenidos para la simulación.</p> <p>3.2.4. Con la simulación realizada se procederá al análisis y discusión de los resultados.</p> |
|---|---|---|---|

Elaborado por: los autores

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.

7.1. Antecedentes del estudio

Este proyecto que se basa en la simulación para la optimización de rutas de recolección presenta antecedentes de estudio que se realizaron en la ciudad de Cuenca (2015) por los Ings. Jorge Willan Cusco y Kristoffer Efraín Picón en donde explican sobre los sistemas de recogida y transporte de residuos domiciliarios analizados mediante redes de contenedores que son levantados de forma lateral por el recolector.

La metodología que se utilizó es la innovación para que el recorrido pueda reducir la distancia (metros) del vehículo recolector por ende se puede reducir los costos de mano de obra y combustible involucrados en la recolección y transporte de la basura en esta ciudad. Se utilizó un software de enrutamiento de redes de transporte disponible de manera gratuita en los mercados informáticos, con el nombre de ARCGIS 10.5 simultáneamente se utilizó las extensiones de ArcMap 10.5, ArcCatalog 10.5 y Network Analyst que representan algoritmos de Dijkstra llamados también algoritmos de la ruta mínima para poder determinar la ruta más corta de la red vial y así poder dar solución al proyecto.

Las características de la extensión Network Analyst en particular son convenientes en el empleo de cartografía a nivel de calles en forma de datos de red, permitiendo obtener rutas detalladas para calcular y replicar ciertas características (MA10B.pdf, s. f., lib. 14).

Otros estudios importantes a destacar fueron realizados por Lucero; Viñamagua (2016) en Cayambe en el que se refiere a optimizar y rediseñar las rutas de recolección de residuos sólidos mediante el uso de Sistema de Información Geográfica (SIG.), con el fin de minimizar la distancia recorrida y tiempo total durante la recolección de los residuos sólidos.

Se concluyó que con la elaboración de un SIG. Se puede proporcionar información necesaria para que el programa ArcGis 10, mediante la extensión Network Analyst pueda simular una ruta óptima para la recolección de la basura.

Finalmente se procedió a buscar información sobre antecedentes que faciliten el manejo de este software ya que es indispensable para la realización de este proyecto. Para esto nos basamos en un manual elaborado por la Universidad Nacional Agraria de la Selva en Perú el

año 2011 donde nos permitió acceder a la aplicación, entender cada una de las extensiones que tiene y poder simular la ruta óptima de recolección.

7.2. Base teórica científica

7.2.1. Investigación de operaciones.

La investigación de operaciones es una parte de la matemática que se encarga de tomar decisiones a través de la utilización de algoritmos y modelos matemáticos generados por el investigador o utilizando modelos ya establecidos para mejorarlos según sea la necesidad (Sánchez, 2017, p. 20).

Disciplinas típicas de la investigación de operaciones son la optimización con sus múltiples sabores (lineal, no lineal, entera, estocástica, multi-objetivo), teoría de decisión y de juegos, teoría de colas y simulación, teoría de grafos o flujo de redes. Otras disciplinas como algoritmos metaheurísticos y lógica borrosa, redes neuronales artificiales, reconocimiento de patrones y otras técnicas de inteligencia artificial, aunque conceptualmente se encuadran dentro de la investigación de operaciones. La optimización es una parte relevante dentro de la investigación de operativa (Ramos, Sánchez, Ferrer, Barquín, & Linares, 2010).

La investigación de operaciones pretende encontrar una mejor solución llamada solución óptima para el problema en cuestión. (Se dice una mejor solución y no la mejor solución porque es posible que existan muchas soluciones que puedan considerarse como las mejores.) En lugar de conformarse con mejorar el estado de las cosas el objetivo es identificar el mejor curso de acción posible para poder interpretarse con todo cuidado en términos de las necesidades reales de la administración esta búsqueda del mejor camino es un aspecto importante de la investigación de operaciones (Hillier_lieberman., 2010, p. 13).

Los modelos matemáticos de decisión permiten calcular valores para las componentes controlables del sistema. A la obtención de estos valores se le conoce como derivar una solución. La forma de derivar una solución es muy variada y ésta puede ser obtenida por medio de un análisis matemático riguroso o por simulación (Juan Prawda, 2012, p. 123).

7.2.2. Optimización.

Existe una enorme variedad de actividades en el mundo cotidiano que pueden ser útilmente descritas como sistemas, desde sistemas físicos tales como una planta industrial hasta

entidades teóricas tales como los modelos económicos. La operación eficiente de esos sistemas usualmente requiere un intento por optimizar varios índices que miden el desempeño del sistema. Algunas veces, esos índices son cuantificados y representados como variables algebraicas. Entonces se deben encontrar valores para esas variables, que maximicen la ganancia o beneficio del sistema, o bien minimicen los gastos o pérdidas. Se asume que las variables dependen de ciertos factores. Algunos de esos factores a veces están bajo el control (al menos parcialmente) del analista responsable del desempeño del sistema.

7.2.3. Sistema óptimo de transporte.

La base principal para la optimización es la obtención de un modelo matemático que permita según la necesidad del estudio maximizar o minimizar un requerimiento. Una función objetivo permite a través de sus restricciones y de una técnica de programación lineal optimizar un sistema de transporte. Además mediante el análisis de técnicas de programación dinámica y la investigación operativa se obtendrá una ruta más corta entre la salida y llegada del recolector, utilizando la mayoría de veces redes que permiten evidenciar la trayectoria de las unidades dentro del campo de estudio (Sánchez, 2017, p. 22).

Por medio de la programación lineal se pueden formular y resolver problemas de una gran variedad de campos del quehacer humano, entre los que se puede mencionar: asignación de recursos en la planificación de gobierno, análisis de redes para planificación urbana y regional, planificación de la producción en la industria, y la administración de sistemas de transporte y distribución. Por esto la programación lineal es uno de los éxitos de la moderna teoría de la optimización (H. Taha, 2012, p. 209).

La programación entera está relacionada con la resolución de problemas de optimización en los cuales al menos algunas de las variables deben tomar sólo valores enteros. Cuando todos los términos son lineales se habla de programación lineal entera (H. A. Taha, 2012, Capítulo 20).

7.2.4. Sistema de optimización.

Este sistema se basa en la optimización de un conjunto de redes para el transporte de recolección de residuos, a través de un estudio adecuado con programación de algoritmos que se componen principalmente de un modelo de formulación con la función objetivo que refleja el interés de los beneficiarios (Vidal, 2016).

7.2.5. Modelo de transporte.

El objetivo primordial del modelo de transporte es buscar minimizar el costo de envío de la cantidad de elementos que se enviarán de cada fuente a cada destino, tal que se minimice el costo del transporte total de los envíos. Por otra parte el modelo de transporte establece un método que regula el transporte de mercancías de varias fuentes a varios destinos.

Los elementos del modelo son:

1. Indica el nivel de oferta que tiene cada fuente y la cantidad de demanda en cada destino.
2. por lo contrario el costo de transporte unitario de la mercancía enviado por el proveedor a cada destino.

Como solo existe una mercancía y el destino puede recoger su demanda varias fuentes (proveedores). (Estudiantes de ingeniería en sistemas, 2011)

El contexto en el que se aplica el modelo de transporte es amplio y puede generar soluciones atinentes al área de operaciones, inventario y asignación de elementos.

El principal objetivo de un modelo de transporte es minimizar los costos operativos y que utilizan de base la programación matemática, en su mayoría utilizan algoritmos genéticos meta heurística que se han probado ser flexibles en otros contextos (Sánchez, 2017, p. 23).

7.2.6. Método de la esquina noroeste.

La esquina Noroeste es un algoritmo heurístico capaz de solucionar problemas de transporte o distribución, mediante la consecución de una solución básica inicial que satisfaga todas las restricciones existentes, sin que esto implique que se alcance el costo óptimo total (Salazar, 2016, pp. 2 y 3).

Este método tiene como ventaja frente a sus similares, la rapidez de su ejecución, y es utilizado con mayor frecuencia en ejercicios donde el número de fuentes y destinos sea muy elevado (Fuentes, 2019, p. 5).

Resolución de la esquina noroeste.

Se parte por elaborar una matriz del problema, es decir, filas que representen fuentes y columnas que representen destinos, luego el algoritmo debe de iniciar en la celda, ruta o esquina Noroeste de la tabla (esquina superior izquierda).

Gráfico 1. Esquina Noroeste

| | | DESTINOS | | | |
|---------|--|------------------|--|--|--|
| | | Esquina Noroeste | | | |
| FUENTES | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Fuente: portal ingeniería industrial.com

Elaborado por: los autores

Etapa 1:

En la celda seleccionada como esquina Noroeste se debe asignar la máxima cantidad de unidades posibles, cantidad que se ve restringida ya sea por las restricciones de oferta o de demanda. En este mismo paso se procede a ajustar la oferta y demanda de la fila y columna afectada, restándole la cantidad asignada a la celda.

Etapa 2:

En este paso se procede a eliminar la fila o destino cuya oferta o demanda sea 0 después del "Paso 1", si dado el caso ambas son cero arbitrariamente se elige cual eliminar y la restante se deja con demanda u oferta cero (0) según sea el caso.

Etapa 3:

Una vez en este paso existen dos posibilidades, la primera que quede un solo renglón o columna, si este es el caso se ha llegado al final el método, "detenerse". La segunda es que quede más de un renglón o columna, si este es el caso iniciar nuevamente el "Paso 1" (Quiroz, 2017).

7.2.7. Método de algoritmos para optimizar rutas.

Un problema de ruteo de vehículos consiste en determinar el conjunto de rutas de costo mínimo que inicien y terminen en los centros de carga y descarga de material (y viceversa), visitando todos los puntos relevantes para el funcionamiento del sistema.

Las características de clientes, depósitos y vehículos, así como otras restricciones operativas sobre las rutas generan distintas variantes del sistema e incrementan a la complejidad del mismo.

- Clientes

Los clientes tienen una demanda que busca ser satisfecha por el servicio, esta es expresada físicamente en espacio dentro del vehículo de transporte, lo cual limita el transporte a más de un viaje, pues usualmente en un solo viaje no es posible cargar toda la demanda del cliente. Las restricciones más importantes respecto a clientes son: el número de veces que se visita al cliente, el horario en que se puede recoger el bien del cliente, en caso sea restrictivo, y la limitación de vehículos para la visita de los clientes. Este último, por ejemplo, se aplica en el caso de rutas con vehículos asignados a cada una, lo cual limita el transporte de vehículos a ciertos clientes únicamente.

- Depósitos

Los depósitos son espacios donde al inicio y final del recorrido se ubican los vehículos y materiales a transportar, si es que hubiera. Los puntos de inicio y final de suelen ser los mismo. Para los casos con múltiples depósitos, la diferencia entre ellos es la ubicación y la capacidad máxima de producción. Algunas veces se considera el tiempo de limpieza previo al inicio de la ruta y el tiempo de carga de material en el depósito.

- Vehículos

Los vehículos se manejan en base a su capacidad máxima de almacenamiento. Pueden ser clasificados por peso y volumen. En general, cada vehículo tiene asociado un costo fijo en el que se incurre al utilizarlo y un costo variable proporcional a la distancia que recorre. En el caso de que los atributos sean los mismos para todos los vehículos se le llama flota homogénea, mientras que cuando hay diferencias, se llama flota heterogénea. La cantidad de vehículos disponibles podría ser una variable de entrada o una variable de decisión. El objetivo más usual suele ser utilizar la cantidad mínima de vehículos y minimizar la distancia recorrida suele encontrarse en segundo lugar. En general se asume que cada vehículo recorre una sola ruta en el período de planificación.

7.2.8. Algoritmo de Dijkstra.

El Algoritmo de Dijkstra también denominado Algoritmo de caminos mínimos es un modelo que se clasifica dentro de los algoritmos de búsqueda que tiene como objetivo determinar la ruta más corta desde el nodo origen hasta cualquier nodo de la red. Su metodología se basa en

interacciones de manera tal que en la práctica su desarrollo se dificulta a medida que el tamaño de la red aumenta dejándolo en clara desventaja frente a métodos de optimización basados en programación lineal matemática. El fundamento sobre el que se asienta este algoritmo es el principio de optimalidad principalmente si entre los vértices de una red tienen varias conexiones entre sí entonces se puede encontrar fácilmente el camino más corto y de esta forma se van construyendo sucesivamente los caminos óptimos según los vértices que presenten. (Ing. Bryan Salazar López, 2016)

Aplicaciones del algoritmo.

Las aplicaciones del algoritmo de Dijkstra son muy diversas y de gran importancia en distintas áreas del conocimiento. A continuación se presentan algunas de ellas.

- Aplicaciones para Sistemas de información geográficos: extracción de características curvilíneas de imágenes usando técnicas de minimización del camino. se representa como una matriz de puntos, cada uno con una especial intensidad. Cada nodo se corresponde con un punto de la imagen y tiene hasta ocho nodos adyacentes. El peso de los arcos viene dado en este caso por la diferencia de intensidad. Esta técnica presenta un gran ahorro de costes frente a las herramientas existentes actualmente en el mercado que usan métodos de vectores automáticos.
- Caminos mínimos en Grafos usando XML y parsers de Java: El concepto de camino es una secuencia de operadores y conectores: un operador será cualquier unidad de proceso de información realizando un algoritmo específico (convertidores digitales, de formato) y un conector será cualquier mecanismo a través del cual los operadores se comunican entre sí. Dado un conjunto de descripciones de operadores y conectores, unos parámetros de optimización (que el usuario queda encargado de introducir) y una serie de requisitos, el sistema se encargará de encontrar un camino óptimo de una entrada establecida hasta un tipo de salida especificada aplicando transformaciones específicas en el menor tiempo posible (Torrubia & Terrazas, 2010).

7.2.9. Simulación.

Cuando alguien tiene la responsabilidad de mejorar y rediseñar un sistema por ejemplo un banco, una ciudad o un sistema de transporte debe tomar continuamente decisiones acerca de las acciones que se ejecutara sobre el sistema. Para poder decidir correctamente es necesario

saber cómo responderá el sistema ante una determinada acción que beneficie a tiempo real el sistema total, entonces es necesario reemplaza el sistema real por otro sistema que en la mayoría de los casos es una versión simplificada.

Este último sistema es el modelo a utilizar para llevar a cabo las experiencias necesarias sin los inconvenientes planteados anteriormente y a través de un proceso de experimentar con un modelo que se denomina simulación y al proceso de diseñar el plan de experimentación para adoptar la mejor decisión se denomina optimización por lo tanto si el plan de experimentación se lleva a cabo con el solo objeto de aprender a conducir el sistema entonces se denomina entrenamiento o capacitación (Tarifa, 2016, p. 1).

Según (Pino & Peña, 2019, p. 343) la Simulación, es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital, las cuales requieren ciertos tipos de modelos lógicos y matemáticos, que describen el comportamiento de un negocio o un sistema económico (o algún componente de ellos) en períodos extensos de tiempo real. Un modelo de simulación busca imitar el comportamiento del sistema que se investiga estudiando las interacciones entre sus componentes. Los resultados de un modelo de simulación se presentan normalmente en términos de medidas que reflejan el desempeño del sistema. La simulación se debe tratar como un experimento estadístico.

Etapas para realizar la simulación.

La simulación empieza con el sistema en el que se establece cuáles son los elementos que se deben analizar y conocer el propósito de cada uno para que el modelo se define y se crea el espacio en el que se produce cada evento que con la colección de los datos obtenidos al terminar la simulación se consigue así la información del proceso como si fuera original o al menos lo más aproximado posible dando como resultado La traslación del modelo definido hay que decidir si se va a utilizar un lenguaje de programación o una aplicación orientada a la simulación para finalmente verificar y planificar tácticas de experimentación donde se pueda ver el modelo simulado para modificar futuros modelos similares (Marín, 2017, p. 5).

Aplicaciones de la simulación.

Una simulación se debe realizar cuando:

- No existe una formulación matemática analíticamente resoluble. Muchos sistemas reales no pueden ser modelados matemáticamente con las herramientas actualmente disponibles, por ejemplo la conducta de un cliente de un banco.
- Existe una formulación matemática, pero es difícil obtener una solución analítica. Los modelos matemáticos utilizados para modelar un reactor nuclear o una planta química son imposibles de resolver en forma analítica sin realizar serias simplificaciones.
- El sistema evoluciona muy lentamente o muy rápidamente. Un ejemplo de dinámica lenta es el problema de los científicos que estudian la evolución del clima. Ellos deben predecir la conducta futura del clima dado las condiciones actuales, no pueden esperar a que un tornado arrase una ciudad para luego dar el mensaje de alerta. Por el contrario, existen fenómenos muy rápidos que deben ser simulados para poder observarlos en detalles, por ejemplo una explosión (Tarifa, 2016, pp. 1 y 2).

Entre las posibles desventajas de la simulación se puede citar:

- El desarrollo de un modelo puede ser costoso, laborioso y lento.
- Existe la posibilidad de cometer errores. No se debe olvidar que la experimentación se lleva a cabo con un modelo y no con el sistema real entonces si el modelo está mal o se cometen errores en su manejo los resultados también serán incorrectos.
- No se puede conocer el grado de imprecisión de los resultados. Por lo general el modelo se utiliza para experimentar situaciones nunca planteadas en el sistema real por lo tanto no existe información previa para estimar el grado de correspondencia entre la respuesta del modelo y la del sistema real (Tarifa, 2016, p. 2).

Además en la actualidad la simulación está presente en casi todas las áreas posibles se menciona algunas de ellas son:

- Sistemas de transportes: Detecta zonas de posible congestionamiento, zonas con mayor riesgo de accidentes, predice la demanda para cada hora del día.
- Diseño: Permite la selección adecuada de materiales y formas. Posibilita estudiar la sensibilidad del diseño con respecto a parámetros no controlables.

- Educación: Es una excelente herramienta para ayudar a comprender un sistema real debido a que puede expandir, comprimir o detener el tiempo, y además es capaz de brindar información sobre variables que no pueden ser medidas en el sistema real (Tarifa, 2016, p. 2).

Tipos de simulación.

(Marín, 2017, p. 6) menciona que de acuerdo a la naturaleza del modelo empleado, la simulación puede ser por:

- Simulación discreta: el sistema que se simula se observa sólo en puntos escogidos en el tiempo, por lo tanto, las estadísticas se consiguen saltando de un punto a otro en la escala del tiempo. Una condición para poder realizar este método es que las variables que determinan el sistema no deben de cambiar su comportamiento durante la simulación.
- Simulación continua: el estado del sistema se puede cambiar constantemente en el tiempo, es decir, se monitoriza en todos y cada uno de los puntos en el tiempo.

Dependiendo de cómo son los sistemas:

- Multiagente: múltiples agentes que tienen un comportamiento independiente y dinámico, pero interactúan entre ellos en el mismo entorno.
- Basados en eventos discretos: cuya descripción se indica en la simulación discreta
- Sistemas dinámicos: permiten modelar y analizar el comportamiento de cualquier clase de sistemas a través del tiempo, pero teniendo retardos y bucles de retroalimentación.

7.2.10. Simulación vs optimización.

La simulación y la optimización tienen conceptos diferentes pero mediante la unión de estos dos parámetros se puede mejorar los aspectos de análisis de cualquier sistema al que se desea simular y optimizar. A continuación se muestra una tabla donde se detalla con más claridad.

Tabla 4. Comparación de simulación vs optimización.

| Simulación | Optimización |
|---|--|
| Marco de tiempo | |
| Simula el comportamiento de un modelo real a través del tiempo, es decir, estudia un modelo en repetidas ocasiones y con los resultados hace una media con las métricas | En un momento específico ofrece la mejor solución para el modelo que se plantea, es decir, habitualmente es un análisis estático |
| Rigidez de los modelos | |
| Durante la simulación del modelo se puede ver qué es impracticable o contradictorio. | No permite ver más allá del tiempo, es decir, encuentra la mejor forma de hacer las cosas de ese modelo, en ese momento. No tiene en cuenta el futuro. |
| Perspectiva del análisis | |
| Perspectiva secuencial del proceso: las pautas utilizadas para construir la simulación describen el proceso, pero no hace que los resultados sean los óptimos. | Perspectiva global: desde el principio se tiene en cuenta todos los requerimientos y restricciones del modelo y el objetivo es encontrar la mejor solución considerando requisitos, libertades y probabilidades. |
| Capacidad de trabajar con incertidumbre | |
| Permite a largo plazo saber qué pasará con el modelo que se ejecuta con incertidumbre, debido al planteamiento repetitivo y resultados promedios. | Con agregar variables de incertidumbre lo que se conseguirá seguramente será obtener resultados alejados de la solución óptima. |

Fuente: (Marín, 2017, pp. 10 y 11)

Elaborado por: los autores.

7.2.11. Software para simular rutas de transporte.

Promodel:

Software de simulación y optimización para cualquier tipo de sistemas de manufactura, logística, ensamble, balanceo de líneas, justificación de capital, manejo de materiales, entre otras aplicaciones. No requiere programación, aunque sí lo permite. El módulo de optimización nos ayuda a encontrar rápidamente la solución óptima, en lugar de solamente hacer prueba y error.

ServiceModel.

Software de simulación y optimización para sistemas de servicio de todo tipo, de diferentes complejidades y tamaños. Provee la perfecta combinación entre facilidad de uso y completa flexibilidad para modelar cualquier situación. Las capacidades de animación del Software ServiceModel permiten que la simulación cobre vida.

Desarrollada para Sistemas Windows. Requiere una breve orientación y básicamente no requiere habilidades de programación. Es intuitiva gracias al uso de constructores e interfaces gráficas que guían el proceso de construcción del modelo. Hay que definir el sistema a través de diagramas de flujo. Para ejecutar la simulación no deben de aparecer advertencias de errores o inconsistencias. Durante la simulación aparece una representación animada y al terminar la misma se crea un informe que permite analizar los resultados y la representación gráfica de las variables mostrando la utilización de los recursos, productividades, servicios, etc.

MedModel.

Software de simulación y optimización de los recursos e instalaciones de hospitales, clínicas y procedimientos de trabajo en ambiente de hospitales. Sirve para probar las ideas antes de realizar los cambios funcionales en el sistema real. Permite encontrar numerosas maneras de disminuir costes y utilizar eficazmente la utilización de los recursos y el personal.

Stat fit.

Software que permite estudiar y definir el tipo de distribución de probabilidad de un conjunto de datos de entrada y salida, para ajuste de curvas y análisis estadístico. Compara los resultados entre varias distribuciones examinadas a través de una valoración.

Arena Standard Edition.

Software para simular sistemas complejos, tareas y procesos en el área de los servicios, la fabricación, el transporte, la logística y la cadena de suministro, etc.

ArcGis.

Es el conjunto de productos de software de simulación basado en los Sistemas de Información Geográfica o SIG. Donde se agrupan varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica.

Mediante el análisis de los simuladores que pueden aplicar en este estudio por tener las características necesarias para cumplir con el objetivo se decidió usar el programa ArcGis para la simulación de todo el sistema.

7.2.12. Modelo de simulación ARCGIS.

ArcGis es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Es la plataforma líder mundial para crear y utilizar Sistemas de Información Geográfica (SIG), ArcGis es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios.

Se debe concebir como una plataforma completa en la que cualquier persona puede trabajar con información geográfica y aplicarla. La mayoría de las personas utilizan mapas para trabajar con información geográfica, pero no solo mapas impresos, sino mapas en línea interactivos que permiten comprender la información de su organización, las herramientas de análisis, tareas y flujos de trabajo, las cuales las personas de su organización utilicen para trabajar en forma más eficiente. (Plataforma ArcGIS, 2001, p. 8)

Permite:

- Crear, compartir y utilizar mapas inteligentes
- Compilar información geográfica
- Crear y administrar bases de datos geográficas
- Resolver problemas con análisis espacial
- Crear aplicaciones basadas en mapas
- Conocer y compartir información mediante la Geografía y la visualización.

7.3. Definición de términos básicos.

Simulación

La Simulación es un acto que consiste en imitar o fingir que se está realizando una acción cuando en realidad no se está llevando a cabo.

Optimización

Optimización es la acción y efecto de optimizar. Este verbo hace referencia a buscar la mejor manera de realizar una actividad. El término se utiliza mucho en el ámbito de la informática.

Rutas

Una Ruta es la forma de llegar a un destino teniendo diferentes tipos de paisajes en el transcurso de la misma. Se conoce a las carreteras, para el tránsito vehicular.

¿Qué entendemos por basura?

Basura, residuos sólidos urbanos (RSU) residuos sólidos urbanos (RSU), o bien desechos sólidos, según el Diccionario Enciclopédico Pequeño Larousse de 1996 es: “Desperdicios, suciedad, inmundicia”.

Gestión del servicio de recolección de basura

Se entiende por gestión del servicio de recolección de basura, el conjunto de elementos que intervienen en la prestación o ejecución de tal servicio, donde podemos mencionar la forma en que se presta el servicio: público, privado, gratuito, con una tasa por la prestación, servicio amplio, integrado, reducido o incompleto, específico, en el cual podemos diferenciar varias etapas o fases como la pre recogida, la recolección o transporte, el descargue, disposición o almacenamiento, el tratamiento, aprovechamiento o reciclaje.

Vertedero, botadero o basurero

Es el sitio donde se deposita la basura como destino final, o el lugar donde se concentran los desechos que se recogen en la localidad, siendo ubicados en un emplazamiento apropiado. Los vertederos deben cumplir ciertos requisitos técnicos, apropiados a la protección de la salud de la comunidad, la flora y la fauna de cada municipio.

Desechos sólidos.

Los desechos sólidos pueden clasificarse, por su fuente o procedencia, en:

Desechos residenciales o domiciliarios.

Producto de actividades domésticas o de viviendas, principalmente se generan residuos orgánicos, papel, plástico, vidrio, cartones, telas.

Desechos de servicios o desechos comerciales.

Referidos principalmente a actividades tales como restaurantes, tiendas, mercados, comercio en general, hoteles, instituciones de servicios y oficinas, entre otros. La producción más común es de materia orgánica, papel, metal, vidrio, plástico y los volúmenes son generalmente grandes y de manejo más complejo.

Desechos de actividades al aire libre.

Se encuentran en esta clasificación los desechos provenientes de actividades humanas realizadas al aire libre, como manifestaciones, conciertos musicales, actividades políticas, circulación, etc. Se encuentran bolsas plásticas, restos de alimentos, papeles, vidrios, envases plásticos, etc.

Desechos industriales.

Se generan por actividades donde se procesan materias primas, tales como madera, papel, cuero, químicos, plásticos, metales, lodos residuales, entre otros tipos de residuos.

Componentes de los desechos sólidos.

Conocer la composición física de los desechos sólidos municipales determina fundamentalmente el tipo de equipo e instalaciones a utilizar en el servicio, la forma de tratarlos; sirve para evaluar la factibilidad de recuperación y aprovechamiento de los desechos (reciclaje o compostaje, energía, biogás, entre otras aplicaciones). (Leonardo García & Alberto Aburto, 2001).

- Materia orgánica (restos de alimentos, follaje)
- Papeles y cartones

- Plásticos, cauchos y cueros
- Textiles
- Escombros, cenizas y lodos
- Vidrios
- Huesos
- Madera

Ruta

La ruta es un camino, vía o carretera que une diferentes lugares geográficos y que le permite a la personas desplazarse de un lugar a otro, especialmente mediante automóviles.(Florencia, 2010, p. 2)

Coordenada.

Se utiliza para hacer referencia a un punto en el cual se unen dos líneas que puede marcarnos la ubicación exacta de ese punto.(Bembibre, 2012, p. 6)

ArcGis.

Permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Es la plataforma líder mundial para crear y utilizar Sistemas de Información Geográfica.(Pucha-Cofrep, 2017, p. 21)

Geodatabase.

Es el almacenamiento físico de la información geográfica, que principalmente utiliza un sistema de administración de bases de datos o un sistema de archivos. Puede acceder y trabajar con esta instancia física del conjunto de Dataset a través de ArcGis.

ArcMap.

Permite realizar mapas a partir de capas o datos espaciales, elegir colores y simbología, interrogar a las bases de datos, analizar relaciones espaciales y diseñar mapas o salidas impresas. La interfaz de ArcMap se compone de una tabla de contenidos donde se listan todas las capas que forman el mapa, una ventana donde se muestra el mapa, y una serie de menús y herramientas para trabajar con las capas y mapas.

ArcCatalog.

Permite manipular y acceder la información geográfica de un modo fácil. Se puede agregar las conexiones de la información geográfica con que se está trabajando al Catálogo; también, se pueden conectar los fólder con los discos locales y compartir fólderes y bases de datos que están disponibles en la red de trabajo.

Network Analyst.

Permite generar un Dataset de red y realizar los análisis en un Dataset de red para el estudio de tomo en cuenta solo al análisis de nueva ruta presente en esta extensión. (*MA10B.pdf*, p. 11)

New Vehicle Routing Problem.

Permite encontrar las mejores rutas para una flota de transporte, pretendiendo minimizar el coste total de operación, el tiempo de transporte, distancia recorrida.

8. PREGUNTA CIENTÍFICA.**8.1. Pregunta Científica.**

¿Con la implementación del modelo de simulación de análisis de redes se optimizara las rutas de recolección de basura en la Ciudad?

8.2. Variable Dependiente:

Optimización de Rutas de transporte de recolección de basura.

8.3. Variable Independiente:

Modelo de simulación de redes.

9. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.

Para la investigación se utilizó diferentes tipos de metodología entre ellas mencionamos a continuación.

9.1. El grado de generalización:

Se divide en:

9.1.1. Investigación fundamental:

A partir de la muestra de sujetos, las conclusiones de la investigación se hacen extensiva a la población y se orienta a las conclusiones. Su objetivo se centra en el aumento de información teórica y se relaciona con la investigación pura (básica).

9.2. Metodología cuantitativa:

Para cualquier campo se aplica la investigación de las Ciencias Físico-Naturales. El objeto de estudio es externo al sujeto que lo investiga tratando de lograr la máxima objetividad. Intenta identificar leyes generales referidas a grupos de sujeto o hechos. Sus instrumentos suelen recoger datos cuantitativos los cuales también incluyen la medición sistemática, y se emplea el análisis estadístico como característica resaltante.

9.3. Investigación bibliográfica:

Es la revisión bibliográfica de tema para conocer el estado de la cuestión. La búsqueda, recopilación, organización, valoración, crítica e información bibliográfica sobre un tema específico tiene un valor, pues evita la dispersión de publicaciones o permite la visión panorámica de un problema.

9.4. Investigación de campo:

La investigación se centra en hacer el estudio donde el fenómeno se da de manera natural, de este modo se busca conseguir la situación lo más real posible. Se pueden incluir experimentos de campo y la investigación ex post facto empleando metodología cualitativa.(JESÚS FERRER., 2010).

9.5. Técnica:

El software ArcGis 10.5 es un sistema de información geográfica diseñado para trabajar a nivel multiusuario incorporando información para capturar, editar, analizar, publicar redes de transporte la cual funciona con modelos matemáticos como el algoritmo de Dijkstra.

10. DESARROLLO DE LA PROPUESTA (ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS).

Una de las preocupaciones que se presentan en el cantón Latacunga es la cantidad de basura que origina la población, esto conlleva a que el sistema actual de recolección sea ineficiente en las zonas urbanas de la ciudad ya que existen desechos provenientes de hospitales, empresas y otros. Dicha preocupación exige atención y soluciones urgentes, para la protección de la salud pública y el medio ambiente.

El GAD municipal por medio de la empresa EPAGAL tiene la responsabilidad de la limpieza de las áreas públicas y el servicio de recoger la basura generada en casas, hospitales, industrias y otros. Esta responsabilidad conlleva a proteger la salud pública y el medio ambiente al menor costo posible

10.1. Normativa.

Además se tomó en cuenta todos los instrumentos normativos que competen nuestro tema como la constitución de la república del Ecuador. Leyes de gestión ambiental, programa nacional para la gestión integral de desechos sólidos domiciliarios, texto unificado del medio ambiente, ordenanzas de gestión ambiental creados por el GAD municipal de la ciudad de Latacunga, obteniendo así lo siguiente.

10.1.1. Constitución de la República del Ecuador (Registro Oficial No. 449 20 de octubre 2008) vigente hasta el momento.

- **Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak KAWSAY. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio

genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

- **Art. 66.-** se reconoce y garantiza a las personas:
Inciso 27 El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.
- **Art. 72.-** La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de Indemnizar a los individuos y colectivos que dependen de los sistemas naturales afectados. En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.
- **Art. 83.-** Son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la ley:
Inciso 6 Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y Utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y Sostenible.
- **Art. 275.-** El régimen de desarrollo es el conjunto organizado, sostenible y dinámico de los sistemas económicos, políticos, socio-culturales y ambientales, que garantizan la realización del buen vivir, del Sumak KAWSAY. El Estado planificará el desarrollo del país para garantizar el ejercicio de los derechos, la consecución de los objetivos del régimen de desarrollo y los principios consagrados en la Constitución. La planificación propiciará la equidad social y territorial, promoverá la concertación, y será participativa, descentralizada, desconcentrada y transparente. El buen vivir requerirá que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades gocen efectivamente de sus derechos, y ejerzan responsabilidades en el marco de la interculturalidad, del respeto a sus diversidades, y de la convivencia armónica con la naturaleza.
- **Art. 276.-** El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:
Inciso 4 Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.(Constitución del Ecuador, 2008, p. 89).

10.1.2. Ley de Gestión Ambiental (Registro Oficial No. 418 del 10 de octubre 2004) vigente hasta el momento.

Art. 2.- La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales. (Ministerio del Ambiente, 2004, p. 1)

10.1.3. Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. Acuerdo Ministerial 61 (Registro Oficial No. 316 del 29 de marzo 2017).

Art. 47.- Prioridad Nacional.- El Estado Ecuatoriano declara como prioridad nacional y como tal, de interés público y sometido a la tutela Estatal, la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos y desechos peligrosos y/o especiales. El interés público y la tutela estatal sobre la materia implican la asignación de la rectoría y la tutela a favor de la Autoridad Ambiental Nacional, para la emisión de las políticas sobre la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales. También implica, la responsabilidad extendida y compartida por toda la sociedad, con la finalidad de contribuir al desarrollo sustentable a través de un conjunto de políticas intersectoriales nacionales, en todos los ámbitos de gestión, según lo definido y establecido en este Libro y en particular en este Capítulo. Complementan el régimen integral, el conjunto de políticas públicas, institucionalidad y normativa específica, aplicables a nivel nacional.

En virtud de esta declaratoria, tanto las políticas como las regulaciones contenidas en la legislación pertinente, así como aquellas contenidas en este Libro y en las normas técnicas que de él se desprenden, son de ejecución prioritaria a nivel nacional; su incumplimiento será sancionado por la Autoridad Ambiental Nacional, de acuerdo al procedimiento sancionatorio establecido en este Libro.

Art. 2.- Principios.- Sin perjuicio de aquellos contenidos en la Constitución de la República del Ecuador y las leyes y normas secundarias de cualquier jerarquía que rijan sobre la materia, los principios contenidos en este Libro son de aplicación obligatoria y constituyen los elementos conceptuales que originan, sustentan, rigen e inspiran todas las decisiones y actividades públicas, privadas, de las personas naturales y jurídicas, pueblos, nacionalidades y

comunidades respecto a la gestión sobre la calidad ambiental, así como la responsabilidad por daños ambientales.

Para la aplicación de este Libro, las autoridades administrativas y jueces observarán los principios de la legislación ambiental y en particular los siguientes:

Preventivo o de Prevención.- Es la obligación que tiene el Estado, a través de sus instituciones y órganos y de acuerdo a las potestades públicas asignadas por ley, de adoptar las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño.

Precautorio o de Precaución.- Es la obligación que tiene el Estado, a través de sus instituciones y órganos y de acuerdo a las potestades públicas asignadas por ley, de adoptar medidas protectoras eficaces y oportunas cuando haya peligro de daño grave o irreversible al ambiente, aunque haya duda sobre el impacto ambiental de alguna acción, u omisión o no exista evidencia científica del daño.

Contaminador-Pagador o Quien Contamina Paga.- Es la obligación que tienen todos los operadores de actividades que impliquen riesgo ambiental de internalizar los costos ambientales, asumiendo los gastos de prevención y control de la contaminación así como aquellos necesarios para restaurar los ecosistemas en caso de daños ambientales, teniendo debidamente en cuenta el interés público, los derechos de la naturaleza y el derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.

Corrección en la Fuente.- Es la obligación de los Sujetos de Control de adoptar todas las medidas pertinentes para evitar, minimizar, mitigar y corregir los impactos ambientales desde el origen del proceso productivo.

De la mejor tecnología disponible.- Toda actividad que pueda producir un impacto o riesgo ambiental, debe realizarse de manera eficiente y efectiva, esto es, utilizando los procedimientos técnicos disponibles más adecuados, para prevenir y minimizar el impacto o riesgo ambiental.

Art. 49.- Políticas generales de la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales.- Se establecen como políticas generales para la gestión integral de estos residuos y/o desechos y son de obligatorio cumplimiento tanto para las

instituciones del Estado, en sus distintos niveles de gobierno, como para las personas naturales o jurídicas públicas o privadas, comunitarias o mixtas, nacionales o extranjeras, las siguientes:

- Manejo integral de residuos y/o desechos.
- Responsabilidad extendida del productor y/o importador.
- Minimización de generación de residuos y/o desechos.
- Minimización de riesgos sanitarios y ambientales.
- Fortalecimiento de la educación ambiental, la participación ciudadana y una mayor conciencia en relación con el manejo de los residuos y/o desechos.
- Fomento al desarrollo del aprovechamiento y valorización de los residuos y/o desechos, considerándolos un bien económico, mediante el establecimiento de herramientas de aplicación como el principio de jerarquización.
- Prevención.
- Minimización de la generación en la fuente.
- Clasificación.
- Aprovechamiento y/o valorización, incluye el reúso y reciclaje.
- Tratamiento.
- Disposición Final.
- Fomento a la investigación y uso de tecnologías que minimicen los impactos al ambiente y la salud.
- Aplicación del principio de prevención, precautorio, responsabilidad compartida, internalización de costos, derecho a la información, participación ciudadana e inclusión económica y social, con reconocimientos a través de incentivos, en los casos que aplique;
- Fomento al establecimiento de estándares mínimos para el manejo de residuos y/o desechos en las etapas de generación, almacenamiento temporal, recolección, transporte, aprovechamiento, tratamiento y disposición final;
- Sistematización y difusión del conocimiento e información, relacionados con los residuos y/o desechos entre todos los sectores;
- Aquellas que determine la Autoridad Ambiental Nacional a través de la norma técnica correspondiente.

Art. 50.- Responsabilidad extendida.- Los productores o importadores, según sea el caso, individual y colectivamente, tienen la responsabilidad de la gestión del producto a través de todo el ciclo de vida del mismo, incluyendo los impactos inherentes a la selección de los materiales, del proceso de producción de los mismos, así como los relativos al uso y disposición final de estos luego de su vida útil. La Autoridad Ambiental Nacional, a través de la normativa técnica correspondiente, establecerá los lineamientos en cuanto al modelo de gestión que se establecerá para el efecto.

Sustento jurídico del modelo de gestión de residuos sólidos no peligrosos La normativa nacional anotada ratifica la competencia y responsabilidades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados en el sistema de gestión integral de residuos sólidos, sin perjuicio de la potestad rectora que ejerce el Ministerio del Ambiente. (*Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente.*, 2017, p. 26)

10.1.4. Ordenanza 58 Ordenanza municipal que regula el barrido, recolección, Transporte, transferencia y disposición final de los residuos Sólidos urbanos domésticos, comerciales, industriales y Biológicos del cantón Latacunga.

De los residuos domiciliarios.-

Artículo 5.- Los residuos sólidos que sean depositados en la vía pública serán de propiedad de la Municipalidad de la ciudad de Latacunga.

De la gestión integral de los residuos domiciliarios.-

Artículo 6.- El Concejo Cantonal, en base a propuestas e informes de sus comisiones, de la Jefatura de Higiene, y la Unidad de Control Ambiental o de cualquier otro estamento Municipal, establecerá políticas que promuevan la gestión integral de los residuos sólidos domiciliarios, es decir la reducción, reutilización y reciclaje de dichos residuos en domicilios, comercios e industrias y su recolección, transporte, transferencia, industrialización y disposición ecológica y económicamente sustentables. Esta gestión integral será operada y promovida por la Municipalidad o por las empresas propias o contratadas para el servicio de aseo, a fin de permitir mejorar la calidad de vida de los habitantes de la Ciudad.

De las responsabilidades de la municipalidad de Latacunga:

La Municipalidad de Latacunga, a través de la Jefatura Higiene, de empresas contratadas o concesionarias, tiene la responsabilidad de:

1. Proporcionar a los habitantes de Latacunga un servicio adecuado de barrido, recolección, transferencia, transporte y disposición final de residuos sólidos domésticos.
2. Proporcionar servicios especiales adecuados de recolección, transporte, transferencia y disposición final de los residuos industriales, comerciales, hospitalarios, institucionales y peligrosos.
3. Establecer horarios, cumplir con las frecuencias de recolección de residuos y ponerlos en conocimiento de los habitantes de Latacunga.
4. Barrer las aceras y calzadas frente a inmuebles de propiedad municipal o pública de servicio comunal y parques públicos.
5. Transportar los desechos recolectados y disponer de ellos en forma adecuada.
6. Producir, por sí o mediante cualquier forma prevista en la Ley, energía eléctrica, abono orgánico u otros productos a partir de los residuos sólidos urbanos.
7. Proveer como parte del mobiliario urbano cestas o canastillas para basura que se ubicarán en las aceras de Latacunga de acuerdo con las características que se determinen, en la coordinación con organizaciones comunitarias y sociales, según su necesidad.
8. Controlar que los propietarios de locales de uso público, como almacenes, centros comerciales, aparcamientos, centros deportivos, teatros, cines, iglesias, restaurantes, así como operadores de aeropuertos y terminales de transporte terrestre, coloquen recipientes para basura, autorizados por el Municipio y realicen el barrido de su local, de las aceras y calzadas circundantes, conforme lo establecen las normas correspondientes.
9. La Jefatura de Higiene, la Unidad de Control Ambiental, la Comisaría y la Policía Municipal, exigirán en todo momento las acciones de limpieza.
10. En caso de producirse un evento público, la Comisaría Municipal informará a las diferentes dependencias el horario en que se va a programar el respectivo evento, para proceder a la limpieza.(Municipio de Latacunga, 2016).

10.2. Descripción y diagnóstico de la empresa.

10.2.1. EMPRESA EPAGAL (Empresa Pública de Aseo y Gestión Ambiental del Cantón Latacunga)

Gráfico 2. Logo Epagal



Fuente: página web de EPAGAL

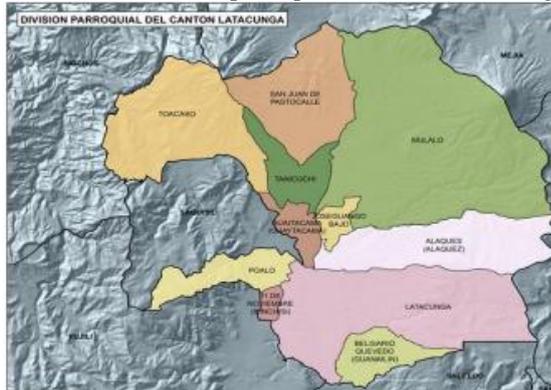
El 20 de Julio del 2010 se crea la Empresa EPAGAL, con autonomía administrativa, financiera y técnica, separándose de la Dirección de Higiene Municipal, iniciando así sus actividades de limpieza en el cantón Latacunga.

La empresa EPAGAL se encuentra ubicada en el noroeste del cantón Latacunga toma su nombre por la síntesis en siglas de la Empresa Pública de Aseo y Gestión Ambiental del Cantón Latacunga.

El Cantón Latacunga tiene 5 parroquias urbanas: Eloy Alfaro, Ignacio Flores, Juan Montalvo, La Matriz, San Buenaventura y 10 parroquias rurales: Aláquez, Belisario Quevedo, Guaytacama, Joseguango Bajo, Mulaló, 11 de Noviembre, Poaló, San Juan de Pastocalle, Tanicuchi, Toacaso.

La zona de estudio de este proyecto abarca todas las parroquias urbanas las cuales poseen una superficie de (aproximadamente 1.4 mil km²).

Gráfico 3. División parroquial del cantón latacunga



Fuente. INEC (2010)

La empresa es una prestadora de servicios, se dedica a la recolección y transporte de basura, a nivel de recolección domiciliaria, industrial y de comercio, en todo el Cantón Latacunga.

Su centro de operaciones se encuentra en las Bodegas del GAD de Latacunga ubicadas en la Carr. Panamericana desde donde se distribuyen cada uno de los vehículos contenedores para la recolección de basura en las diferentes rutas por la Ciudad. El relleno sanitario donde transportan los desperdicios se encuentra en el Cantón Pujilí. **Ver Anexo n.-1**

La empresa cuenta con 12 vehículos compactados propios. Cada vehículo tiene una capacidad de carga de 10 toneladas, las cuales son consideradas de acuerdo a la ruta que se la designe diariamente, volumétricamente las cajas compactadoras de los vehículos tienen 20 metros cúbicos de capacidad. **Ver Anexo n.-2**

Existen 86 trabajadores involucrados a la empresa, de los cuales 65 son conductores y ayudantes de cuadrilla, los demás pertenecen a la parte administrativa.

La empresa es liderada por una gerencia general y cuenta con 3 jefaturas: jefatura financiera jefatura administrativa y de recursos humanos, jefatura de desechos sólidos., como se muestra en el **Grafico n.-7**.

10.2.2. Transparencia y acceso a la información.

El derecho de acceso a la información, fundamental e indispensable en cualquier democracia, suele confundirse y se ha vuelto intercambiable en el debate público con el atributo o cualidad de transparencia, por lo que es necesario aclarar la diferencia –sutil a veces, pero innegable– entre ambos conceptos.

El acceso a la información es el derecho fundamental que tenemos los ciudadanos de solicitar al gobierno información pública y de obtener respuesta satisfactoria en un tiempo razonable, en la medida en que dicha información no es reservada por alguna excepción establecida en la ley. El derecho de acceso a la información incluye o se relaciona con los derechos a la libertad de creación (artística, intelectual) y las libertades de comunicación, expresión y asociación.

Este derecho también está relacionado con los mecanismos bajo los cuales se controla y ordena el acceso y la reserva de información en los casos de seguridad nacional, datos personales, propiedad intelectual, etc.

El derecho de acceso a la información, si bien en origen es un derecho liberal, puede considerarse hoy como un derecho de equidad política y social, en tanto que acota las asimetrías de información y obliga a los gobiernos a proveer mecanismos para hacer la información pública accesible a todos y no sólo a unos cuantos.

10.2.3. Misión de la Empresa:

Realizar la gestión integral de desechos sólidos domiciliarios comunes no peligrosos y hospitalarios, enmarcado a lo dispuesto en las normas ambientales y demás regulaciones establecidas para el servicio de aseo, con ello mantener el cantón Latacunga limpio y entregar a la ciudadanía un entorno agradable para convivir de acuerdo a los recursos existentes.

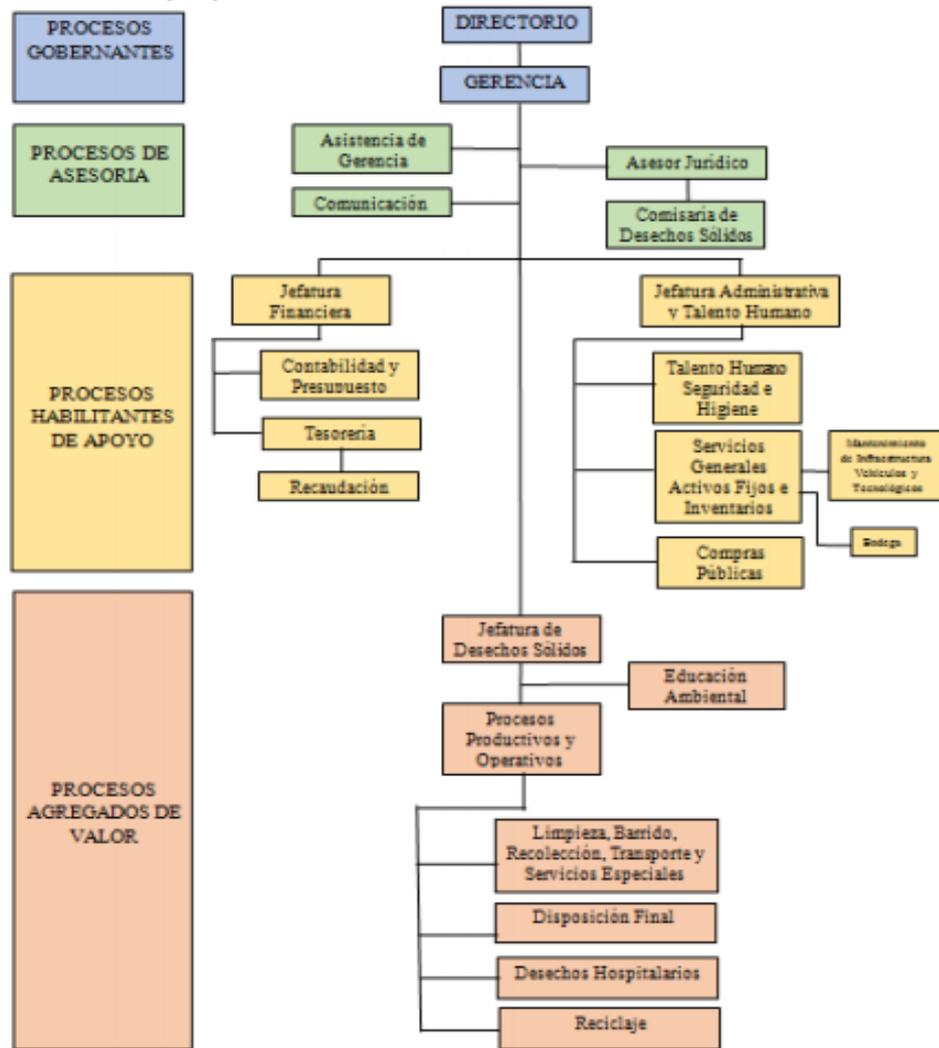
10.2.4. Visión de la Empresa:

EPAGAL se posicionará como un referente por el alto compromiso con el bienestar de sus colaboradores, sociedad y el ambiente, líder en el manejo integral de desechos sólidos, satisfaciendo y superando las expectativas de sus clientes internos y externos (Empresa Pública de Aseo y Gestión Ambiental de Latacunga, 2019).

10.2.5. Organigrama Estructural por Procesos-Epagal

El organigrama por procesos de la Empresa Epagal es distribuido según la función y jerarquía que realiza cada uno de los colaboradores en la empresa ya sea en el ámbito administrativo y de servicios.(ORGANICO ESTRUCTURAL POR PROCESOS EPAGAL., 2017, p. 6)

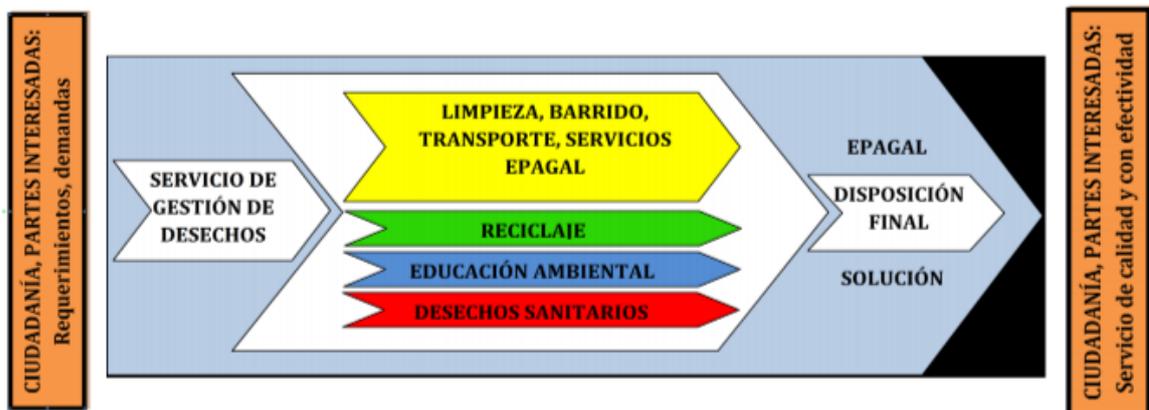
Gráfico 4. Organigrama Estructural



Fuente: página web de EPAGAL

10.2.6. Cadena de Valor.

Gráfico 5. Cadena de Valor



Fuente: página web de EPAGAL

10.2.7. Mapa de Procesos.

Gráfico 6. Mapa de procesos del sistema de recolección.

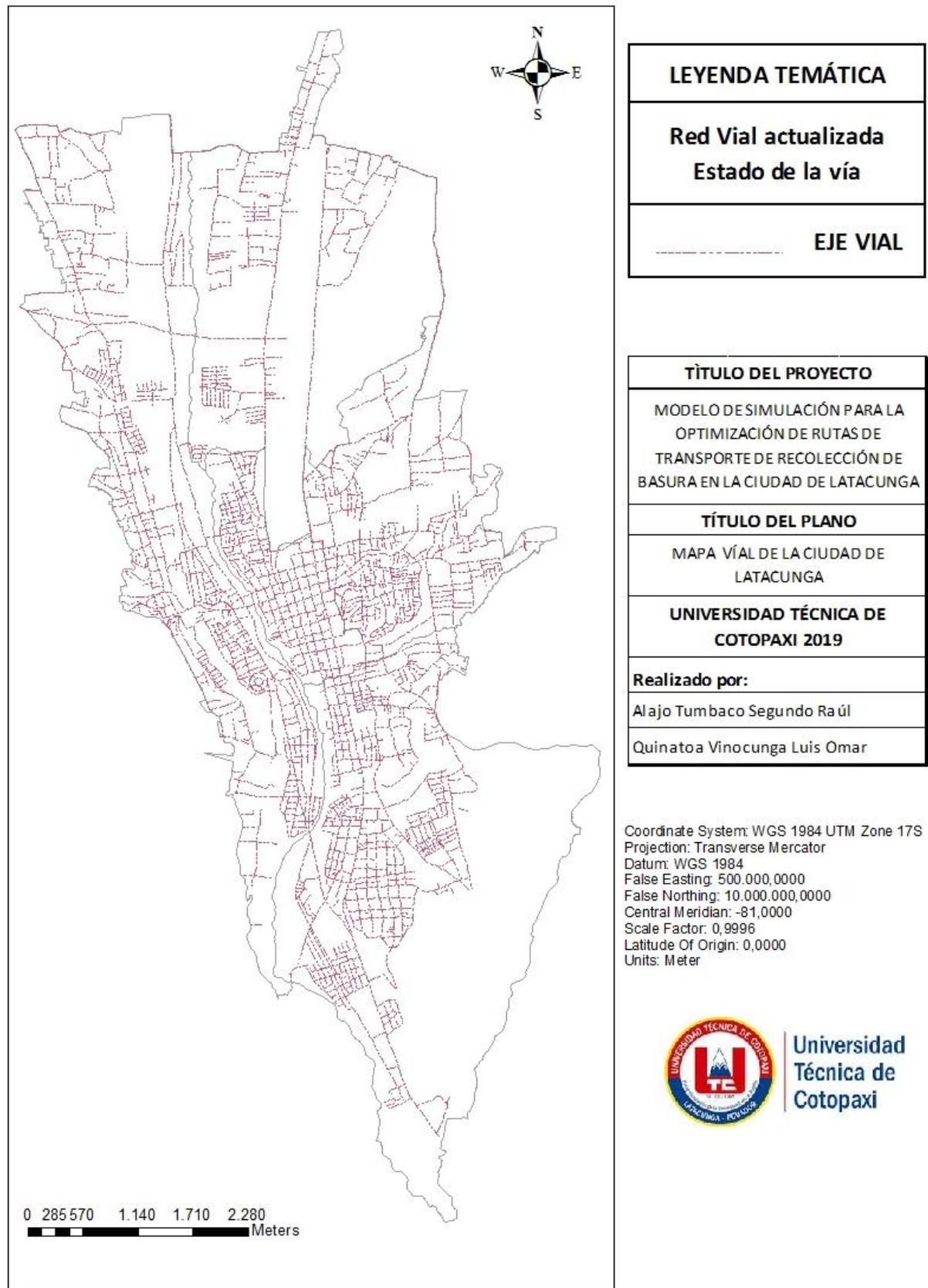


Fuente: página web de EPAGAL

10.2.8. Vialidad de La Ciudad De Latacunga.

La red vial en la ciudad de Latacunga con una superficie de aproximadamente 1.4 mil km² que comprenden todas las zonas urbanas de recolección de basura son de un alto traslado de diferentes vehículos hacia diferentes sectores que obedecen a cumplir con las necesidades de los pobladores y a su vez mejorar el desarrollo económico, en las cuales se realizan diversas actividades las cuales nos ayudan a saber el estado actual de las calles.

Gráfico 7. Mapa vial de la Ciudad de Latacunga



Elaborado por: los autores

10.3. Diagnóstico de las rutas de recolección de basura y modalidad de recolección.

10.3.1. Representación de los contenedores ubicados en la zona oriental y occidental.

Para ubicar los contenedores de basura en las rutas de estudio se necesitó tomar las coordenadas de cada uno de los contenedores de las rutas oriental y occidental con la ayuda de un GPS para posteriormente subirlos a la Geodatabase del proyecto.

Este procedimiento se lo realizo con un vehículo, identificando cada contenedor y tomando la coordenada respectiva.

Existen 301 contenedores distribuidos en toda la ciudad de Latacunga, en las cuales están distribuidas en 151 contenedores en la ruta oriental y 150 en la ruta occidental **Ver Anexo n.- 3 y 4** cada contenedor de basura contiene una capacidad de almacenamiento de 2400 litros (200 kg).(*Empresa Publica de Aseo y Gestion Ambiental de Latacunga, 2019*)

Gráfico 8. Contenedores



Elaborado por. Los autores.

Se identificaron los 301 contenedores distribuidos en dos rutas oriental y occidental, “los contenedores son estacionarios, tienen un pedal de apertura y tapa con cierra amortiguado. Estos contenedores (Grafico N° 11) brindan mayor seguridad y eficiencia al momento de la recolección de los residuos sólidos”.(Abalco, Septiembre) En la grafico N° 12

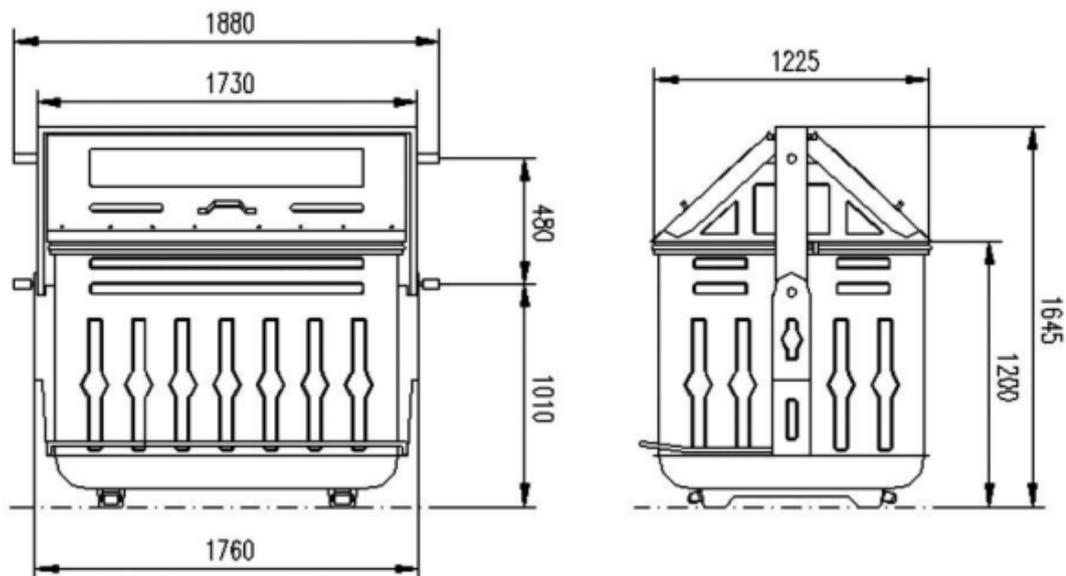
se observa las dimensiones que poseen los contenedores para basura las cuales han sido diseñadas para una correcta funcionalidad en las operaciones de recolección.

Tabla 5. Dimensiones del contenedor

| CONTENEDOR | |
|------------------|-------------|
| CAPACIDAD | 2400 litros |
| VIDA ÚTIL | 10 años |
| COLOR | NEGRO |

Fuente: Tecnologías Para El Ambiente (TEMA, Consulta 2017)

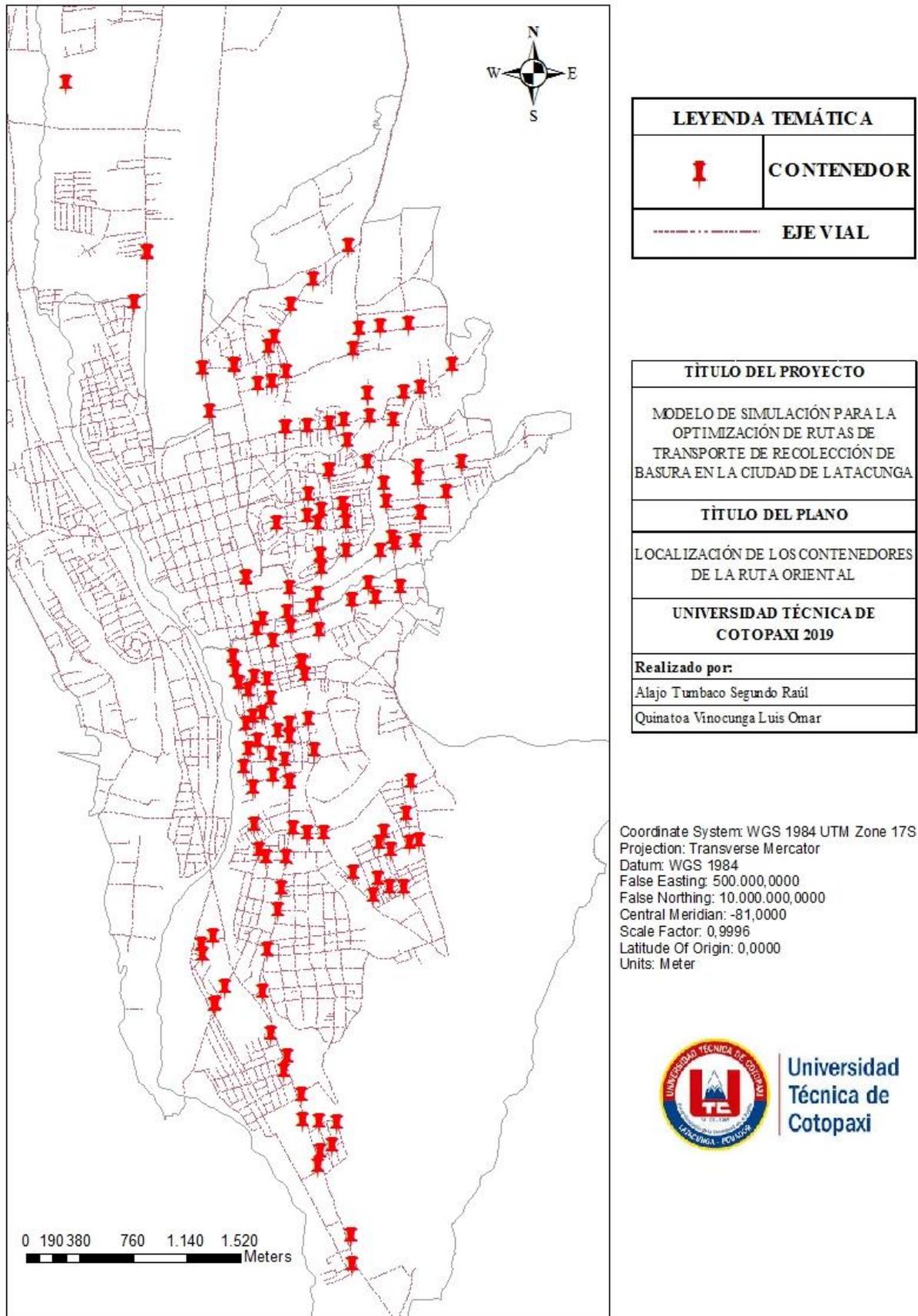
Gráfico 9. Dimensiones del contenedor



Fuente: Tecnologías Para El Ambiente (THEMAC, Consulta 2017)

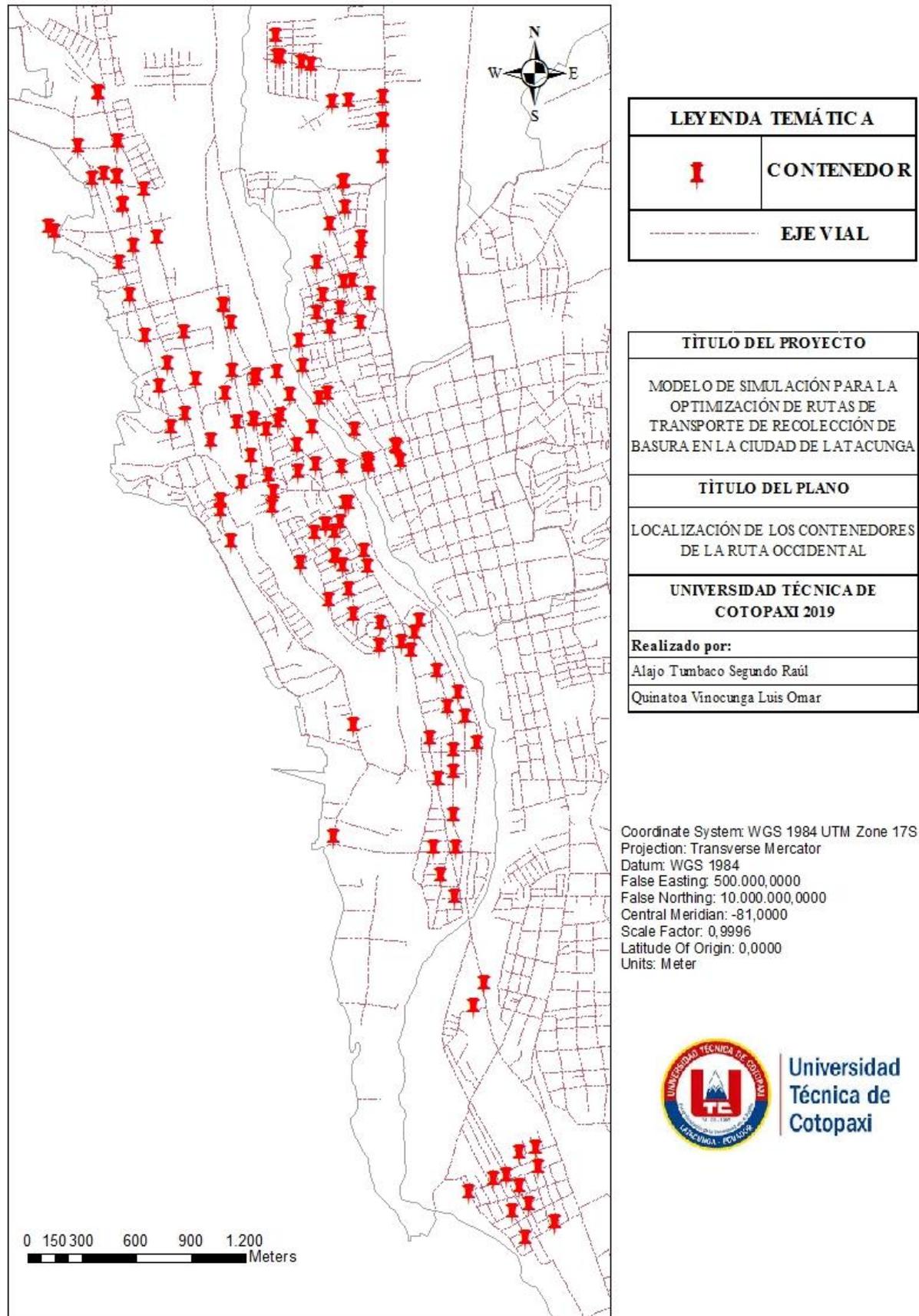
En el grafico 13 y 14 se identifican los contenedores de basura ubicados en la ruta Oriental y Occidental, los mismos que se ubican a no más de 200 metros de distancia entre cada uno para facilidad de las personas de botar sus desechos, a excepción de las plazas de los mercados donde se encuentran varios seguidos, esto es por la alta cantidad de desechos que estos generan.

Gráfico 10. Localización de los contenedores de la ruta oriental



Elaborado por. Los autores

Gráfico 11. Localización de los contenedores de la ruta occidental



Elaborado por. Los autores

10.3.2. Recolección contenerizada de la basura en la Ciudad.

Según la ordenanza metropolitana de Quito, sección V literal 23 dice que “En el sistema de recolección contenerizado no existirá manipulación directa de los residuos sólidos por parte de personas que operan, la misma solo se llevará a cabo con los vehículos especializados para este tipo de recolección”.(ORDENANZA METROPOLITANA No. 332, 2010)

Este tipo de recolección se realiza mediante vehículos de carga lateral, los mismos que están equipados con un sistema de levanta contenedores. Este proceso se realiza a contenedores que poseen un mecanismo para abrir y cerrar la tapa mediante pedal, la basura es almacenada en estos contenedores, el mismo que deben tener distancias entre 200 metros para evitar largas caminatas por parte del usuario.

Con este servicio se recolectan 2678,214 toneladas de basura por mes en la ciudad de Latacunga, este servicio se realiza los 354 días del año.

Entre las ventajas que existen de este sistema de recolección están:

- Es necesario menos cantidad de personal que el sistema de puerta a puerta.
- Mejora las condiciones laborales del personal de recolección.
- Existen menos riesgos para el personal de recolección.
- Dificulta que los animales tengan acceso a la basura y rompan las fundas de alimentos.
- Menor costo operativo.

Dentro de las ventajas existentes en este sistema de recolección se encuentran:

- Los contenedores ocupan poco espacio en las veredas lo que reduce el espacio para los peatones.
- Los residuos son agrupados en un solo lugar lo que limita el reciclaje a menos que se cuente con una isla ecológica cercana.
- Generan malos olores y que el tacho se resobe de desechos al no ser recogido con la frecuencia normal.

Gráfico 12. Recolección de basura por carga lateral

Elaborado por. Los autores

10.3.3. Recolección Tradicional (Puerta a Puerta).

Este servicio se lo realiza mediante camiones de carga posterior, se efectúa en las zonas urbanas y rurales, dentro de Latacunga se la realiza en la ruta nocturna de recolección. Cada persona al día genera 1,4 kilos. (2678,14 toneladas al mes).

Tabla 6. Toneladas mensuales de recolección

| TONELADAS MENSUALES DE RECOLECCIÓN EN LA CIUDAD | | | | |
|---|------|------------------|----------|------------------------|
| Kg diario | Días | Población Urbana | Total Kg | Total Toneladas |
| 1,4 | 30 | 63.767 | 2678214 | 2678.214 Toneladas/Mes |

Elaborado por: los autores

Gráfico 13. Recolección posterior

Elaborado por. Los autores

10.3.4. Servicio de recolección por rutas.

División de recolección por rutas.

Para cumplir con el servicio de recolección de basura de la Ciudad de Latacunga se realiza en tres rutas: Oriental, Occidental y Nocturna las cuales se realizan a diario.

El trabajo de recolección se lo realiza de lunes a domingo de 08:00 am a 16:00 pm, en la ruta oriental y occidental, en horario de 20:00 pm a 04:00 am en la ruta nocturna, ya que esta se la realiza por las zonas de mayor tránsito vehicular que dificultan la fluidez del tránsito y del vehículo recolector.

Las rutas establecidas se describen en las siguientes tablas:

Localización por dirección de la Ruta Oriental.

A continuación se muestra la tabla del servicio de recolección, las direcciones por las cuales el vehículo recolector recorre diariamente en la ciudad.

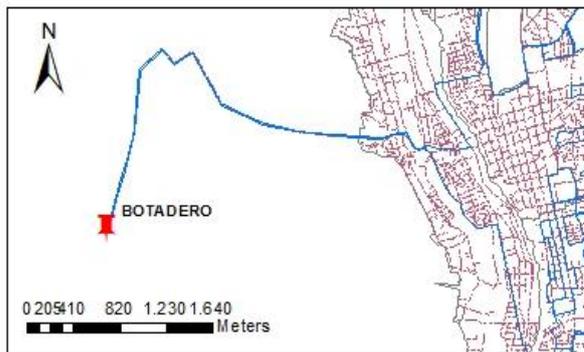
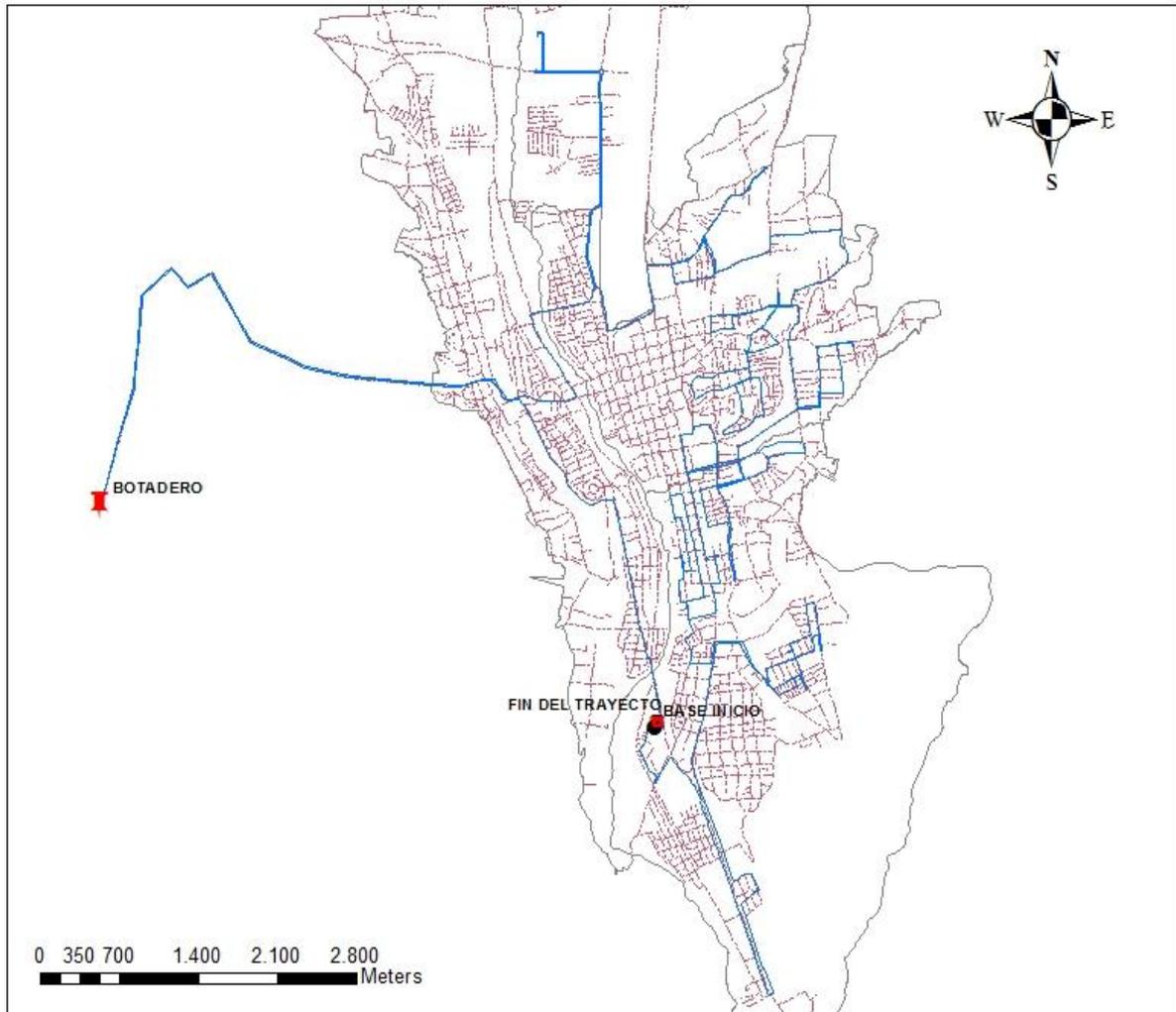
Tabla 7. Trayecto por calles de la ruta Oriental

| SERVICIO DE RECOLECCIÓN DE BASURA RUTA ORIENTAL | | | | | | |
|---|--|-------|-----------------------|----------------------|------------------------|--------------------|
| RUTA | DIRECCIÓN | TURNO | CANTIDAD DE VEHÍCULOS | HORA | NÚMERO DE CONTENEDORES | VIAJES AL BOTADERO |
| O R I E N T A L | Rafael Cajiao | Día | 1 | 08:00 am a 16:00: pm | 92 | 1 |
| | Unidad Nacional | | | | | |
| | Las Bethlemitas | | | | | |
| | Primer de Abril | | | | | |
| | Cdla. El Bosque | | | | | |
| | Loreto | | | | | |
| | Manuela Zaenz y Victoria vascones cuvi | | | | 59 | 1 |
| | Roosevelt | | | | | |
| | Roosevelt y Marcelo Izuerieta | | | | | |
| | Padre Enrique Terán | | | | | |
| | Euclidez Salazar y Ayacucho | | | | | |
| | Quito | | | | | |
| | La Laguna | | | | | |
| | Quijano y Ordoñez y Hermanas Páez | | | | | |
| | Locoa | | | | | |
| | Gualundum | | | | | |
| | San Martín | | | | | |
| | Isimbo 1 | | | | | |
| Isimbo 2 | | | | | | |
| La Cocha | | | | | | |
| Urb. Campo Verde | | | | | | |
| TOTAL | | | | | 151 | 2 |

Fuente. Datos EPAGAL

Elaborado por. Los autores

Gráfico 14. Georeferenciación de la ruta oriental.



LEYENDA TEMÁTICA

ZONAS

NOMBRE

- BASE INICIO
- 📌 BOTADERO
- FIN DEL TRAYECTO
- RUTA ORIENTAL
- EJE VIAL



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

| |
|---|
| TÍTULO DEL PROYECTO |
| MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE DE RECOLECCIÓN DE BASURA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA |
| TÍTULO DEL PLANO |
| RUTA DE LOS CONTENEDORES DE LA ZONA ORIENTAL |
| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 2019 |
| Realizado por: |
| Alejo Tumbaco Segundo Raúl |
| Quinatoa Vinocunga Luis Omar |

Elaborado por. Los autores

Localización por dirección de la ruta Occidental.

Se muestra las direcciones por las que el vehículo recolector circula a diario prestando el servicio de recolección de basura en la Ciudad.

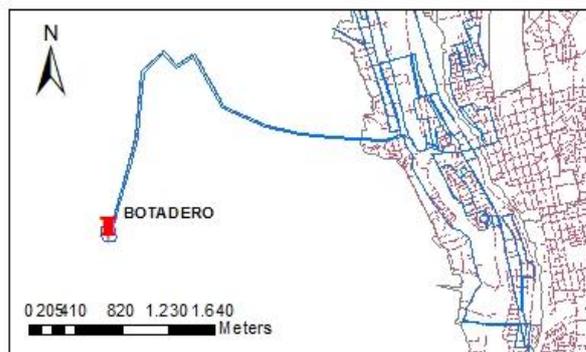
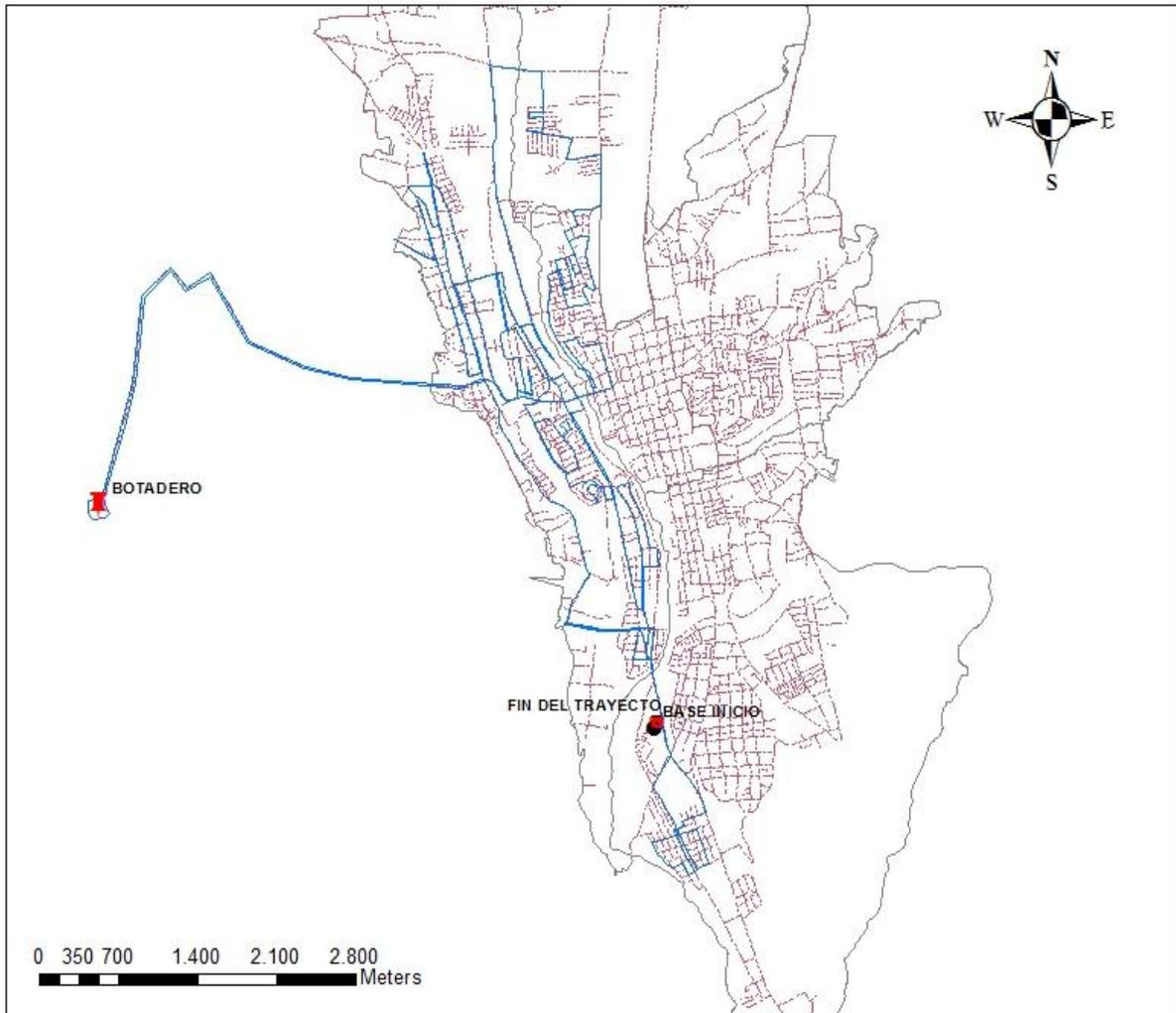
Tabla 8. Trayecto por calles de la ruta Occidental

| SERVICIO DE RECOLECCIÓN DE BASURA RUTA OCCIDENTAL | | | | | | |
|---|------------------------------|-------|-----------------------|----------------------|------------------------|--------------------|
| RUTA | DIRECCIÓN | TURNO | CANTIDAD DE VEHÍCULOS | HORA | NUMERO DE CONTENEDORES | VIAJES AL BOTADERO |
| O C C I D E N T A L | Acasias | Día | 1 | 08:00 am a 16:00: pm | 53 | 1 |
| | holcim | | | | | |
| | San Rafael | | | | | |
| | Rumipamba | | | | 32 | 1 |
| | Cdla. El Chofer | | | | | |
| | Los Nevados | | | | | |
| | Cdla. Maldonado Toledo | | | | | |
| | Terminal | | | | | |
| | 5 de Junio | | | | | |
| | Loma Grande | | | | 65 | 1 |
| | Colegio Juan Abel Echeverría | | | | | |
| | UTC | | | | | |
| | Cuatro Esquinas | | | | | |
| | Melchor | | | | | |
| | El Carmen | | | | | |
| | Simón Bolívar | | | | | |
| | Centro Comercial El Salto | | | | | |
| | Vivandera | | | | | |
| Nueva Vida | | | | | | |
| El Carmen | TOTAL | 150 | 3 | | | |
| FAE | | | | | | |
| Hermano Miguel | | | | | | |

Fuente. Datos EPAGAL

Elaborado por. Los autores

Gráfico 15. Georeferenciación de la ruta occidental.



LEYENDA TEMÁTICA

ZONAS

NOMBRE

- BASE INICIO
- 🗑️ BOTADERO
- 📍 FIN DEL TRAYECTO
- RUTA OCCIDENTAL
- EJE VIAL



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



| |
|---|
| TÍTULO DEL PROYECTO |
| MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE DE RECOLECCIÓN DE BASURA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA |
| TÍTULO DEL PLANO |
| RUTA DE LOS CONTENEDORES DE LA ZONA OCCIDENTAL |
| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 2019 |
| Realizado por: |
| Alajo Tumbaco Segundo Raúl |
| Quina toa Vinocunga Luis Omar |

Elaborado por. Los autores

Localización por dirección de la ruta Nocturna.

La localización de la ruta nocturna se muestra los lugares específicos por donde transita el vehículo recolector a diario por las viviendas recolectando la basura de los propietarios.

NOTA: En esta ruta no realizamos la Simulación y optimización de los recolectores debido a que no existen ningún contenedor esta zona.

Tabla 9. Trayecto por calles de la ruta Nocturna

| SERVICIO DE RECOLECCION DE BASURA RUTA NOCTURNA | | | | | |
|---|------------------------------------|--------|-----------------------|----------------------|---|
| RUTA | DIRECCION | TURNOS | CANTIDAD DE VEHICULOS | HORA | NUMERO DE CONTENEDORES |
| N O C T U R N A | Rafael Cajiao | Noche | 1 | 20:00 pm a 04:00: am | No existen contenedores. Se la realiza por viviendas. |
| | Cda. El Magisterio | | | | |
| | Roosevelt (San Carlos) | | | | |
| | Cariguayrazo y Chimborazo | | | | |
| | Av. Atahualpa y Cayambe | | | | |
| | Av. Atahualpa y Quito | | | | |
| | ESPE | | | | |
| | Av. Oriente e Isla Baltra | | | | |
| | Calle Isla Marchena | | | | |
| | Av. Napo y Calle Luis Fernando | | | | |
| | Calle Guayaquil | | | | |
| | Calle Juan Abel Echeveria | | | | |
| | Gonzalo Iturralde | | | | |
| | Calle Calixto Pino | | | | |
| | Av. General Proaño | | | | |
| | Av. Antonio Clavijo | | | | |
| | Antonia Vela | | | | |
| | Av. Amazonas y Calle Guayaquil | | | | |
| | Calle 2 de Mayo | | | | |
| | Funeraria Nacional | | | | |
| | Belisario Quevedo | | | | |
| | Calle Fernando Sanches de Orellana | | | | |
| | Av. Benjamin Teran | | | | |
| | Av. 5 de Junio | | | | |
| Av. Eloy Alfaro | | | | | |
| Terminal Terrestre | | | | | |
| Av. Marco Aurelio Subia | | | | | |
| Calle Sigchos | | | | | |

Fuente. Datos EPAGAL

Elaborado por. Los autores

10.4. Sistema de recolección de desechos domiciliarios.

La recolección de desechos domiciliarios se la realiza desde su almacenamiento en la persona generadora hasta el vehículo recolector para luego ser trasladados hacia el botadero final. El sistema de recolección de desechos es funcional, el propietario ubica en contenedores los

desechos sólidos (dentro o fuera de la casa), posteriormente se transfiere al contenedor del vehículo recolector mediante un mecanismo neumático que realiza movimientos para subir y bajar el contenedor.

Los residuos sólidos representan un problema continuo de contaminación ambiental que enfrenta cualquier ciudad; en caso de un manejo inadecuado. Estos causan problemas para la salud pública y constituyen focos infecciosos para la proliferación de vectores y enfermedades. Estos problemas se los puede identificar en todo el ciclo de vida de cada producto, desde su origen hasta su disposición final.

El crecimiento de la población y su consumo implica la generación de residuos y por tanto impactos de contaminación ambiental que requieren de una gestión integral para proteger la salud de la población y precautelar los servicios ambientales que brindan los recursos naturales.

10.4.1. Fase del sistema de recolección.

La recolección de la basura en la Ciudad, consiste en efectuar su traslado del mismo hacia el botadero gracias a la recogida de basura de todos los contenedores de las diferentes rutas que cumplen a diario. La recogida en si es un proceso complicado, donde se deben conjugar las necesidades del servicio con la disminución de las molestias que se generan a los ciudadanos.

El sistema de recolección consta de las siguientes fases:

Fase 1: Generación de residuos sólidos en el hogar los cuales son dispuestos en un contenedor.

Fase 2: Recogida y transporte de contenedores al vehículo recolector.

Fase 3: Recolección de residuos de basura de contenedor a contenedor por el vehículo recolector.

Fase 4: Asignación de ruta al vehículo recolector.

Fase 5: Transporte de los residuos sólidos al botadero.

Para el estudio, optimización de las rutas de recolección, habrá que centrarse en la fase 4; la Asignación de ruta al vehículo recolector, la cual pretende optimizar las distancias en cada ruta.

Descripción de la Fase 4: Asignación de la ruta al vehículo recolector.

En esta etapa se realiza la asignación de la ruta del vehículo recolector, para el transporte de basura hacia el lugar de botadero. Para realizar la asignación de las rutas se debe tener en consideración los siguientes factores:

Micro-ruta es el recorrido específico que deben cumplir diariamente los vehículos de recolección en las áreas de la población donde han sido asignados, con el fin de recolectar en la mejor manera posible los residuos sólidos generados por los habitantes de dicha área. (Pérez, 2010)

El micro-ruteo tiene los siguientes objetivos:

- Disminuir la distancia recorrida entre dos puntos determinados.
- Evitar pasar en lo posible por el mismo punto dos veces (punto muerto).
- La ruta más eficiente es la que tiene menos puntos muertos.

Para diseñar un micro-ruteo es necesario conocer una ruta que cumpla con las condiciones descritas anteriormente, para que el micro-ruta sea as eficiente se debe considerar ciertas recomendaciones: entre ellas

- El punto de inicio debe ser la bodega del GAD.
- Se deben evitar vías con alto tráfico y en horas pico.
- En partes altas la recolección debe hacerse de arriba hacia abajo.
- En manzanas la recolección se debe realizar en el sentido de las manecillas del reloj.
- Se debe recolectar primero las vías largas y rectas antes que las manzanas.
- En lo posible se debe evitar los virajes en U para evitar inconvenientes.

10.5. Recopilación de datos.

10.5.1. Técnicas de recolección de datos.

Para identificar el tipo de recolección diario que se realiza en la Ciudad de Latacunga, se emplearon técnicas de recolección de datos, como son la de campo.

Para iniciar la recopilación de información se la realizo de forma practica la cual consistía en la anotación de los tiempos, distancias y ubicación de los contenedores con ello y con la ayuda de un aplicación de celular (Latitude, Longitude) la cual ayudó en los datos geográficos de latitud y longitud de cada punto de los contenedores para tener una mayor exactitud de los

mismo y así poder trazarlos en el mapa. Cabe mencionar que el programa utilizado tiene un margen de error de (± 50 metros).

La recopilación de datos para el rediseño y optimización de las rutas de recolección se llevó a cabo en cooperación con el departamento de Avalúos y Catastros quien proporcionó la información digital del plano catastral de la Ciudad de Latacunga, el mismo que no contaba con información actualizada de las vías de la parroquia. **Ver Anexo n.-5.**

La Empresa EPAGAL, proporcionó la información de las rutas existentes de la ciudad de Latacunga en formato digital de cada ruta que realiza actualmente la recolección de basura.

10.5.2. Información de Campo.

La información de campo consistió en la toma diaria de tiempos de recolección y recorrido entre contenedores en las rutas oriental y occidental, en la ruta nocturna no se puede obtener esa información ya que la recolección se realizaba por viviendas (Puerta a Puerta) y en el proyecto la optimización es en distancias entre contenedores.

Se lo realizó durante un periodo de 5 días de lunes a viernes, el mismo que se analizaron estadísticamente mediante una media aritmética de los tiempos de recolección y tiempos de recorrido entre contenedores para analizar la eficiencia en tiempo y distancia de las rutas actuales de recolección de basura.

A continuación se detalla un resumen en el **Anexo n.-6 y 7** las tablas de los tiempos de recolección y tiempo de desplazamiento entre contenedores de la ruta oriental y occidental.

NOTA: En la ruta oriental y occidental se describe los tiempos de los viajes realizados al día.

10.6. Selección del modelo de simulación para el análisis y determinación de las rutas óptimas de recolección.

Mediante la investigación que se realizó sobre los programas que puedan simular y optimizar redes de transporte existentes y que a su vez se pueda reducir tiempos y distancia de manera que el análisis tenga validez a tiempo real para su posterior implementación, por consiguiente se decidió usar el programa ARCGIS 10.5 que contiene múltiples extensiones que facilitara la simulación de todo el sistema de estudio sin embargo primeros debemos conocer cómo funciona y cuál es la metodología que utiliza para crear nuevas rutas de transporte.

En primera instancia el ArcGis es un software que se basa en el estudio de un SIG. (Sistema de Información Geográfica) que se define como un conjunto de “hardware”, “software”, datos geográficos y tabla de atributos que una vez organizados se pueden capturar, almacenar, consultar, analizar y presentar todo tipo de información que pueda tener una referencia geográfica (mapa).

10.6.1. Formato vectorial para el almacenamiento de datos de la red vial.

Para la simulación se utilizó este formato ya que se puede crear a partir de fuentes de información geográficas existentes o se pueden generar desde ArcGis donde podemos añadir los siguientes elementos.

- Puntos.- Son representados como coordenadas (x; y) para localizar algún lugar en específico ejemplo: casas, árboles, postes de luz, contenedores, etc.
- Líneas.- Son representados por un punto de inicio y un punto final con longitud y sirve para representar caminos, ríos, quebradas, etc.
- Polígonos.- Son un conjunto de puntos relacionados entre sí que formando así una figura geométrica con vértices de área y perímetro, con el fin de representar parcelas, lagos, zonas de vegetación, etc.

Tabla 10. Formato vectorial del programa ARCGIS

| Nombre | Tipo | Conjunto de datos (Dataset) | Capa (Layer) |
|------------------------------|----------|---|---|
| Archivo de forma (Shapefile) | Punto |  |  |
| | Línea |  |  |
| | Polígono |  |  |

Elaborado por: Los autores
Fuente: Manual ArcGis 10.5

10.6.2. Elaboración del mapa temático del eje vial de la ciudad de Latacunga.

La creación del mapa con las vías de la ciudad se realizó mediante la herramientas de ArcGis que permite trabajar con datos de mapa base de OpenStreetMap, el cual sirvió de guía para dibujar los puntos y las líneas, mediante la creación de los shapefile correspondientes a los mismos, que sirven para el análisis de la red de transporte.

En el programa también se cargó el mapa de la zona urbano de la ciudad de Latacunga, información facilitada por el departamento de riesgos y catastros de la ciudad, después se procedió a graficar las rutas actuales, basándonos en la recopilación de datos tomados

anteriormente. En cada una de las vías se dibujaron flechas las mismas que indicaron el sentido de las mismas así también se debe conocer varios parámetros para la creación del eje vial.

- Lugar de centro de operaciones o base
- Lugar de disposición final de los residuos (Botadero)
- Tiempo disponible para la operación
- Tipo de vías.

Estos parámetros se rigen a los elementos de análisis de VRP (Vehicle Routing Problem) problema de ruta del vehículo de la extensión Network Analyst para el diseño de rutas de una red de transporte por lo tanto el VRP que se basa en el algoritmo de caminos mínimos (Dijkstra) ya que determina la ruta más corta en la red.

Adicionalmente se utilizó la información de la agencia nacional de tránsito del Ecuador (ANT) la misma que ha establecido los límites de velocidad para vehículos los cuales se muestran en la tabla.

Tabla 11. Límites de velocidad

| Tipo de vía | Límite máximo (km/h) | Rango moderado (km/h) | Fuera de rango moderado (km/h) |
|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| Urbana | 40 | De 40 hasta 50 | Mayor a 50 |
| Perimetral | 70 | De 70 hasta 95 | Mayor a 95 |
| Rectas en carreteras | 70 | De 70 hasta 100 | Mayor a 100 |
| Curvas de la vías | 40 | De 40 hasta 60 | Mayor a 60 |

Elaborado por: Los autores

Fuente: ANT

10.6.3. Determinación de las rutas óptimas para la recolección de basura en la ciudad de Latacunga.

Una vez terminada la investigación de campo para conocer los datos de las rutas actuales, se procede a realizar el análisis de red por medio del número de viajes que realiza cada ruta en la tabla n.-11 se muestra con más detalle los viajes, después de identificar el número de viajes se procedió a elaborar 2 tipos de shapefile uno de puntos y otro de líneas para crear las vías de la ciudad mediante nodos y enlaces.

Tabla 12. Número de viajes realizados en las rutas

| Ruta Occidental | | | |
|------------------------|-----------------|---------------------------|-------------|
| Hora De Inicio | 7:51:00 | Hora Final | 16:40:00 |
| Numero De Viaje | Punto De Inicio | Contenedores Recolectados | Punto Final |
| Viaje 1 | Base | del 1 al 53 | Botadero |
| Viaje 2 | Botadero | del 54 al 85 | Botadero |
| Viaje 3 | Botadero | del 85 al 145 | Botadero |
| Viaje 4 | Botadero | del 145 al 150 | Base |
| Ruta Oriental | | | |
| Numero De Viaje | Punto De Inicio | Contenedores Recolectados | Punto Final |
| Viaje 1 | Base | del 1 al 92 | Botadero |
| Viaje 2 | Botadero | del 93 al 150 | Botadero |
| Viaje 3 | Botadero | 151 | Botadero |

Elaborado por: Los Autores

Primero se creó un shapefile de puntos o nodos, cada uno de ellos representa un punto de intersección o conexión entre las vías, posteriormente se debe elaborar un segundo shapefile de líneas para crear las redes mediante la unión de nodos, cada nodo se va uniendo mediante rectas, las mismas que van a representar las vías.

10.6.3.1. Elaboración de un archivo (shape) de puntos.

El objetivo de diseñar este shape sirve para fijar todos los puntos de intersección del eje vial y por ende trazar las calles, lo primero que hay q hacer es crear una carpeta con el nombre “Información de campo” en ArcGis en la barra de herramientas seleccionar “Catalogo” y buscar la dirección de la carpeta creada dar clic derechos para escoger la opción New-shape File y asignarle el nombre de “Puntos de intersección”. Luego para proyectarlo en el ArcMap seleccionamos la pestaña “XY Coordinate system” y utilizar el sistema de coordenadas proyectadas “WGS 1984 UTM Zone 17S”.

Para terminar debemos crear una columna que identifique el numero de cada uno de los puntos permitiendo así saber cuál es el nodo inicial y el nodo final, entonces nos dirigimos a propiedades donde se agregara un nuevo campo (Field) con el nombre de “Número” este campo es de tipo “Long Integer” con precisión de 10 luego damos clic en finalizar.

10.6.3.2. Edición de la capa de puntos.

Para comenzar con la edición de la capa de puntos se usa la herramienta “Editor”, empezando con la opción “Start Editing” y nos ubicamos en la capa a editar, en este caso en el Shape de puntos creados anteriormente, seleccionamos “Create Features”, posteriormente el Shape de puntos, “Construction Tools”, se escoge la opción point y comenzar a dibujar los puntos (nodos). En el proceso de digitalización de los puntos se debe dibujar en los sitios donde se intersectan dos vías, al hacer esto se crean los nodos que serán almacenados en la tabla de atributos.

Una vez que se termina de editar todos los puntos se debe parar la edición para lo cual dirigirse a la herramienta “Editor” seleccionar la opción “Stop Editing” y guardar la edición. Este archivo nos servirá para la construcción de las líneas que van a representar las vías.

10.6.3.3. Elaboración de un archivo (shape) de líneas.

Para crear este archivo se debe tomar en cuenta el punto de inicio y el punto final generando así el atributo de sentido de la vía, siguiendo los ejes de las vías del mapa base de la ciudad. Del mismo modo que los puntos se debe crear un shape con el nombre de “Calles” proyectarla al sistema de coordenadas “WGS 1984 UTM Zone 17S” y agregar diferentes campos que sirvan para la creación del Network Dataset ya que sin estos no es posible la creación del

mismo. A continuación se muestra los campos que deben estar en la tabla de atributos de la capa calles especificando su significado y tipo.

- F_NODE: Punto inicial
- T_NODE: Punto final
- NOMBRE: Nombre de la calle
- CATEGORÍA: Si es calle, avenida o retorno
- ONEWAY: indica el sentido de circulación es decir se la calle es unidireccional o doble sentido.
- ATRIBUTOS DE TIEMPO: FT_MINUTES, Representa los minutos de desplazamiento en el sentido desde- hacia (punto inicial hacia punto final) y TF_MINUTES los minutos en el sentido hacia-desde (punto final hacia punto inicial).
- ATRIBUTOS DE DISTANCIA (METERS): Indica la distancia de cada calle en metros.
- JERARQUÍA (HIERARCHY): Se le va dando una determinada jerarquía a las diferentes calles por ejemplo calle jerarquía 2 y avenida jerarquía 1.

Tabla 13. Datos para la Tabla de Atributos del eje vial

| Campo | Tipo | Precisión /Length | Escala /Scale |
|---|--------------|-------------------|---------------|
| Fnode_: nodo inicial. | Long Integer | 8 | |
| Tnode_: nodo final. | Long Integer | 8 | |
| Nombre: nombre de la calle. | Text | 50 | |
| Categoría: si es calle, carretear, avenida, retorno, etc. | Text | 20 | |
| Oneway: indica el sentido de circulación es decir; si la calle es unidireccional o doble sentido. | Text | 9 | |
| FT_MINUTES; representa los minutos de desplazamiento en el sentido Desde-Hacia (nodo inicial hacia nodo final) | Double | 11 | 4 |
| TF_MINUTES; los minutos en el sentido Hacia-Desde (nodo final hacia nodo inicial). | Double | 11 | 4 |
| Meters: indica la distancia de cada calle en metros, kilómetros, etc. | Double | 11 | 4 |
| Hierarchy: se les va dando una determinada jerarquía a las diferentes categorías por ejemplo: categoría (calle), jerarquía (2) y así para avenida el (1) | Double | 11 | 4 |

Elaborado por: Los autores.

Fuente: Manual ArcGis 10.5

10.6.3.4. Edición de la capa de líneas.

Al momento de dibujar las líneas que representan las vías se debe agregar el número del punto donde inicia y el punto donde termina. El procedimiento de la edición de las vías es similar al de los puntos, lo único que cambia es en “Start Editing”, seleccionar el shape de líneas y en “Construction Tools” seleccionar “Line”.

Al dibujar las líneas se deben unir dos puntos, punto inicial y punto final respectivamente, luego de dibujada la línea se presiona la tecla de función “F2” para terminar el dibujo y proceder a dibujar la siguiente línea.

En la línea creada se debe agregar los atributos correspondientes, estos son: categoría (avenida, calle, retorno, sin especificar), el nombre de la vía y los valores de “F_NODE” y “T_NODE” según el sentido en el que se digitalizó la línea, para asegurarse la correcta unión entre los puntos y para comprobar que el valor de F_NODE/T_NODE de las vías ha sido ingresado correctamente en “Symbol” escoger la opción “Arrow at End” este símbolo permite que ArcMap muestre el sentido de digitalización de la línea y de esta manera se puede comprobar si los valores de los puntos son correctos.

Una vez finalizado la edición de las líneas buscamos la herramienta “Editor”, seleccionar la opción “Stop Editing” y guardar la edición, ahora se procede al llenado de los campos en la tabla de atributos de la capa de líneas (Vías), esta información es indispensable para posteriormente poder crear el Network Dataset.

10.6.3.5. Edición de los campos en la tabla de atributos del archivo de líneas.

- Atributos de distancia (METERS).

Este campo almacena la distancia que tiene cada una de las vías y para poder calcular se abre la tabla de atributos para posteriormente escoger “Calculate Geometry” en la columna de “METERS” seleccionamos la unidad de medición que es metros y termina el cálculo.

- Atributos de sentido de vías (ONEWAY).

Para poder identificar el sentido de la vía se utilizó el mapa base abierto en “Open Street Map” que almacena la dirección de cada segmento.

Este atributo debe indicar si el desplazamiento es desde – hacia (desde el punto inicial F_NODE hacia el punto final T_NODE que se encuentra en la tabla de atributos) el símbolo que debe ponerse es de “FT” From-to (Desde - a), si el desplazamiento es de hacia – desde

(desde el punto final hacia el punto inicial que se encuentra en la tabla de atributos) el símbolo que va es “TF” To-from (a - desde).

Cuando el sentido es bidireccional el campo se deja vacío o se sugiere poner el símbolo (BI) que indica doble sentido.

- Atributo de jerarquía (HIERARCHY).

Según el análisis de la red vial de la ciudad se procedió a dar una jerarquía a las avenidas, calles y retornos que se pueden visualizar en la siguiente tabla.

Tabla 14. Límite de velocidad en la zona urbana

| Categoría | Jerarquía | Velocidad en km/h | Velocidad en m/h |
|-----------|-----------|-------------------|------------------|
| Avenida | 1 | 70 | 70,000 |
| Calle | 2 | 40 | 40,000 |
| Retorno | 3 | 40 | 40,000 |

Elaborado por: Los Autores

- Atributo de tiempo (FT_MINUTES y TF_MINUTES).

Para el cálculo de estas dos columnas primero se debe saber que el valor es el mismo sin embargo el valor de FT_MINUTES será usado por Network Analyst para calcular el tiempo en minutos cuando el valor del atributo sea “FT” y la columna TF_MINUTES será usado por Network Analyst cuando el valor del atributo se “TF”.

A continuación se presenta la ecuación y el cálculo para este atributo.

$$T = \frac{(M * 60)}{V}$$

Dónde:

T: Es el tiempo del desplazamiento en cada segmento de vía.

M: la distancia de cada calle en metros

60: constante de tiempo en minutos.

V: velocidad permitida según la jerarquía vial.

La aplicación de la formula se obtuvo de la siguiente manera explicada en la siguiente tabla:

Tabla 15. Fórmulas para análisis del eje vial

| Categoría | Expresión de la formula |
|-----------|-------------------------|
| Avenida | $([METERS]*60)/70,000$ |
| Calle | $([METERS]*60)/40,000$ |
| Retorno | $([METERS]*60)/40,000$ |

Elaborado por: Los Autores

10.6.4. Creación del Network Dataset.

El conjunto de datos de una red se crean a partir de entidades de origen en este estudio los puntos y las vías entonces comenzamos en ArcCatalog buscando la carpeta que contiene nuestros datos de las vías mediante un clic derecho seleccionar la opción de “New Network Dataset” y asignarle un nombre.

Después se procede a modelar los giros dentro del Dataset escogiendo la opción “yes”, en la ventana de conectividad “Connectivity” se debe escoger la opción “End Point” y dar clic en siguiente para aceptar las configuraciones por defecto para la conectividad con elevación.

Este es uno de los aspectos importantes a la hora de diseñar redes que contienen elementos de red que permiten comportamientos especiales al interior de ella, en la pestaña de Field se debe seleccionar F_NODE y T_NODE respectivamente, ya que esto representa los nodos iniciales y finales que estarán dentro del Network Dataset.

En la siguiente ventana especificar los atributos y definir los valores de METERS, TIEMPO y HIERARCHY en “Usage Type” seleccionar los tres aspectos para posteriormente asignar las direcciones de manejo colocando los atributos correspondientes.

Dando clic en siguiente se muestra una ventana que resume todos los ajustes que se realizaron para su evaluación.

Como punto final se creara un nuevo archivo shape y se agregara en “ArcCatalog” a su vez se agregara el archivo de puntos estoy archivos tendrán el nombre de “Vias_Nuevas_ND_Junctions”.

10.6.5. Creación del Geodatabase para el eje vial.

Se procede a abrir ArcCatalog para después crear una carpeta en la Unidad disco local y mediante clic derecho seleccionar New File Geodatabase, se le asigna el nombre de “Geodatabase_Latacunga_Vias” y por último se debe proyectar a las coordenadas “WGS

1984 UTM Zone 17S.” Ahora al Geodatabase creado mediante clic derecho sobre éste, seleccionar “New- Feature Dataset” y asignarle el nombre de Redes de transporte.

10.6.6. Aplicación de la extensión Network Analyst para encontrar las nuevas rutas.

Para poder encontrar las nuevas rutas mediante la extensión de análisis de red (VRP) “Vehicle Routing Problem” que es una aplicación para resolver diferentes problemas de ruteo en el transporte. A continuación se describe el procedimiento detallado para simular el trayecto:

- Orders (ordenes).

Es la ventana donde se agregara cada una de las paradas (contenedores) que de tal manera el programa calcule la ruta exacta que debe seguir el recolector sin saltarse ningún contenedor. Además se debe seleccionar “Right Side of Vehicle” que determinar el lado por donde el vehículo debe recoger la basura, una vez hecho esto se obtiene todas las paradas ordenadas de acuerdo al número que representan.

- Depost (depósitos).

En esta ventana se agregara los puntos de inicio del recorrido (BASE) y del lugar de disposición final (BOTADERO).

Rute (ruta).

En este campo se añadió la información de cada ruta para que se pueda determinar el análisis en distancia y tiempo sin embargo debido a que el rango del tiempo destinado para la recolección en las dos zonas de estudio es muy extenso (7:30 am – 4:00 pm) se decidió calcular la ruta optima mediante la distancia existente entre el punto de inicio y el punto final. Entonces se procede al llenado de los siguientes campos:

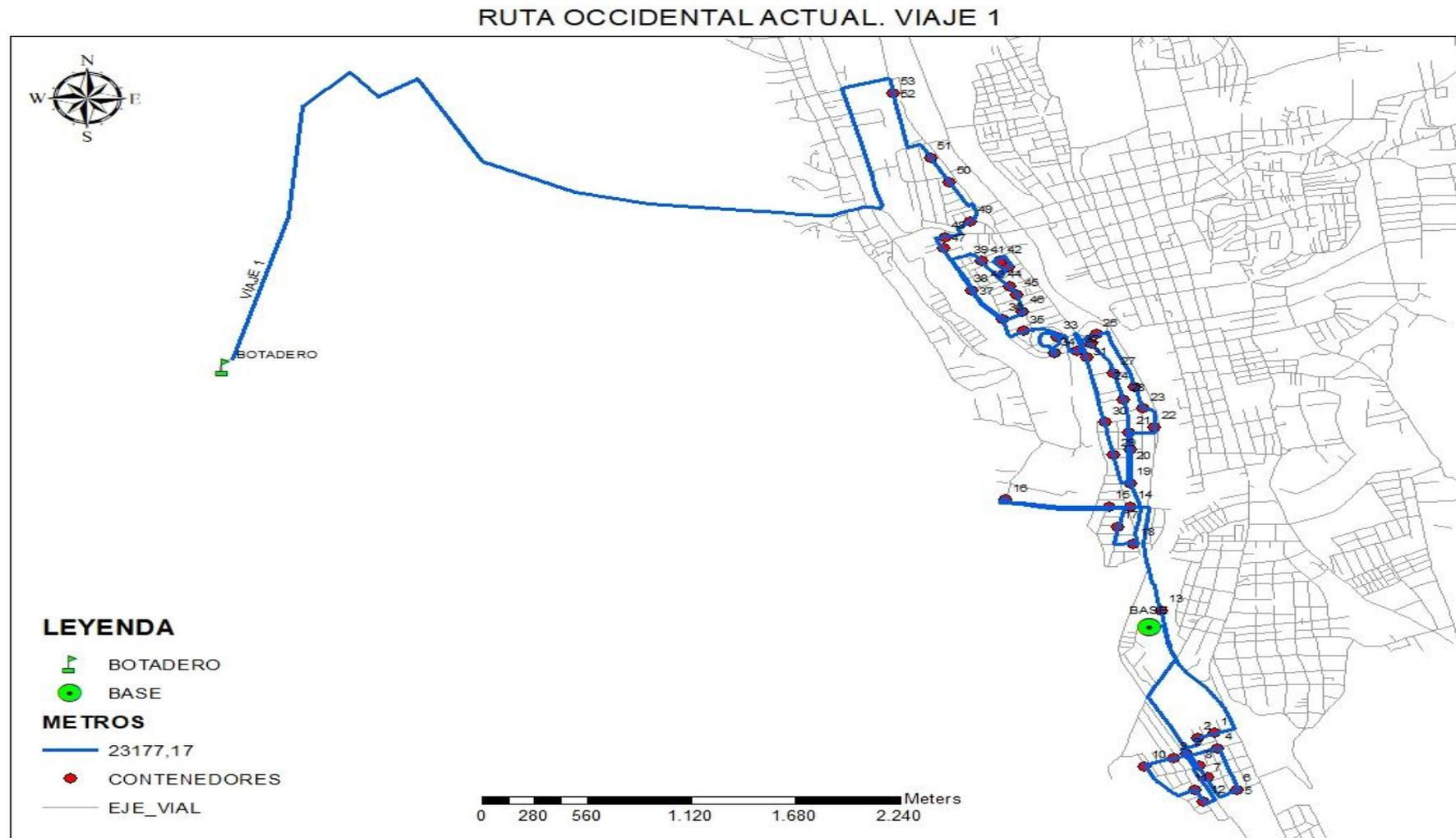
- Name (Nombre)
- Star depot (BASE)
- End depot name (BOTADERO)
- Service time (Tiempo de servicio)
- Earlies depot service time (Tiempo de inicio del trabajo)
- Latest depot service time (Tiempo de inicio en la ruta)
- Capacities (Capacidad del recolector)
- Max order count (Cantidad máxima de ordenes)
- Max total travel time (Tiempo máximo de viaje)

10.6.6.1. Realizar análisis.

Para finalizar el análisis de la ruta óptima en base al valor de la distancia y no del tiempo, se escogió en IMPEDENCE meters (metros), para agilizar el proceso de recolección en tiempo y distancia se tomó en cuenta el punto de inicio como el contenedor más cercano a la ruta de origen del vehículo recolector, por lo que se especificó que se reordenen las paradas para encontrar la ruta óptima manteniendo la primera parada, para evitar que el programa realice una vuelta en U en vías muy estrechas, se especificó que solo se realicen vuelta en U en caso de una vía sin salida, se seleccionó que se tome en cuenta la jerarquía especificada y las restricciones del sentido de vía.

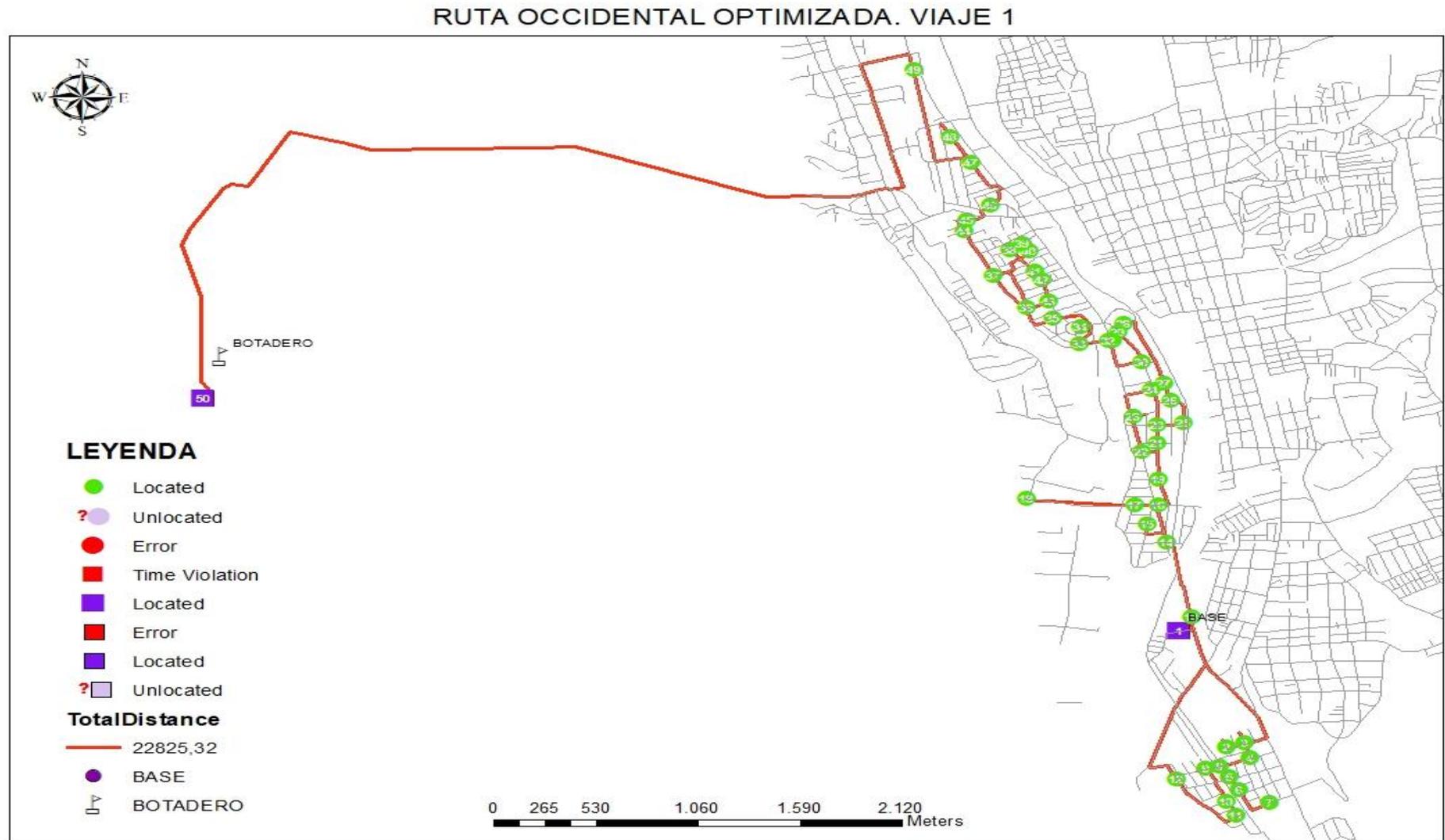
Una vez que se agregó todos los parámetros de análisis y realizado las configuraciones necesarias en las propiedades se generó los resultados, activando el botón “Solve Analyst” (resolver análisis). Después de realizar este procedimiento se obtuvo como resultado las siguientes rutas.

Gráfico 16. Ruta Actual del viaje 1 de recolección de basura.



Elaborado por: los autores

Gráfico 17. Ruta del viaje 1 optimizado



Elaborado por: los autores

Cabe recalcar que este procedimiento se lo realizo solo para el primer viaje de recolección de la zona occidental así que se procedió a hacer el mismo procedimiento en los siguientes viajes de recolección de la zona occidental y oriental. **Ver anexo (8).**

10.6.7. Evaluación de las rutas actuales y los modelos propuestos.

Para realizar el análisis de las rutas de recolección actuales y las propuestas se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos: distancia recorrida en cada una de las rutas, cuantos viajes hacen al botadero, el tiempo empleado en la recolección y el consumo de combustible.

Las rutas establecidas por (EPAGAL) están referidas en las tablas (), donde se muestra la cantidad de viajes y contenedores presenta cada calle por ruta con esta información las tablas () comparar cada una de las rutas de acuerdo al análisis que se realizó en ArcGis.

Tabla 16. Análisis de distancia y tiempo en la ruta Occidental

| Ruta Occidental | Carro recolector | Rutas actuales | | Rutas propuestas | |
|-----------------|------------------|----------------|---------|------------------|---------|
| | | Distancia (Km) | Tiempo | Distancia (Km) | Tiempo |
| Viaje 1 | DAF CF75 | 23,18 | 2:12:02 | 22,83 | 1:46:02 |
| Viaje 2 | DAF CF75 | 23,46 | 1:49:05 | 22,99 | 1:38:02 |
| Viaje 3 | DAF CF75 | 33,63 | 2:50:14 | 31,21 | 2:41:28 |
| Viaje 4 | DAF CF75 | 9,85 | 0:45:11 | 9,62 | 0:21:55 |
| Total | | 90,11 | 7:47:55 | 86,65 | 6:27:27 |

Elaborado por: Los Autores.

Tabla 17. Análisis de distancia y tiempo en la ruta oriental

| Ruta Oriental | Carro recolector | Rutas actuales | | Rutas propuestas | |
|---------------|------------------|----------------|---------|------------------|---------|
| | | Distancia (Km) | Tiempo | Distancia (Km) | Tiempo |
| Viaje 1 | Mercedes Benz | 37,52 | 3:11:59 | 36,31 | 3:01:44 |
| Viaje 2 | Mercedes Benz | 39,77 | 2:51:25 | 39,70 | 2:49:52 |
| Viaje 3 | Mercedes Benz | 10,43 | 0:30:10 | 9,96 | 0:25:34 |
| Total | | 87,71 | 6:33:34 | 85,97 | 6:17:10 |

Elaborado por: Los Autores

10.6.8. Consumo de combustible

Se realizó el análisis del consumo de combustible de cada uno de los recolectores, los datos fueron proporcionados por la empresa (EPAGAL) los mismos que se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 18. Consumo Actual de Combustible

| Recolector | Placa | Ruta | Km | Costo diario | Costo semanal | Costo mensual | Costo anual |
|------------|----------|------------|--------|--------------|---------------|---------------|-------------|
| DAF CF75 | XEI-1200 | Occidental | 90,11 | \$ 65 | \$ 325 | \$ 1300 | \$ 15600 |
| DAF CF75 | XBB-1274 | Oriental | 87,71 | \$ 50 | \$ 250 | \$ 1000 | \$ 12000 |
| Total | | | 177,82 | \$ 115 | \$ 575 | \$ 2300 | \$27600 |

Elaborado por: los Autores

A partir de estos datos se calculó el consumo del combustible y su valor en dólares de acuerdo a los resultados encontrados en la simulación, tomando en cuenta que tanto para la ruta occidental y oriental se dividió en viajes.

Tabla 19. Consumo de Combustible propuesto con la ruta occidental optimizada

| Recolector DAF CF75 XEI-1200 | Ruta | Km | Costo diario | Costo semanal | Costo mensual | Costo anual |
|------------------------------------|------------|-------|--------------|---------------|---------------|-------------|
| Viaje 1 | Occidental | 22,83 | \$16,46 | \$82,32 | \$329,30 | \$3.951,56 |
| Viaje 2 | Occidental | 22,99 | \$16,59 | \$82,93 | \$331,71 | \$3.980,48 |
| Viaje 3 | Occidental | 31,21 | \$22,52 | \$112,58 | \$450,33 | \$5.403,99 |
| Viaje 4 | Occidental | 9,62 | \$6,94 | \$34,69 | \$138,75 | \$1.664,95 |
| Total | | 86,65 | \$62,50 | \$312,52 | \$1.250,08 | \$15.000,98 |

Elaborado por: los autores

Tabla 20. Consumo de combustible propuesto con la ruta oriental optimizada

| Recolector DAF CF75 XBB-1274 | Ruta | Km | Costo diario | Costo semanal | Costo mensual | Costo anual |
|------------------------------------|----------|-------|--------------|---------------|---------------|-------------|
| Viaje 1 | Oriental | 36,31 | \$20,47 | \$102,33 | \$409,30 | \$4.911,62 |
| Viaje 2 | Oriental | 39,70 | \$22,38 | \$111,88 | \$447,50 | \$5.370,03 |
| Viaje 3 | Oriental | 9,96 | \$5,61 | \$28,07 | \$112,29 | \$1.347,45 |
| Total | | 85,97 | \$48,45 | \$242,27 | \$969,09 | \$11.629,10 |

Elaborado por: los autores

Comparación de resultados

Comparando los resultados de las rutas actuales y las rutas nuevas optimizadas mediante análisis de redes realizado en este estudio, tomando en cuenta los aspectos de la distancia, el tiempo, y el combustible de cada carro recolector se obtuvo la siguiente información detallada en la tabla 20.

Tabla 21. Comparación de los resultados de la ruta occidental

| COMPARACIÓN DE LA RUTA OCCIDENTAL | | | |
|-----------------------------------|-------------------|------------|------------|
| Distancia (km) | | | |
| Rutas actuales | Rutas optimizadas | Diferencia | Porcentaje |
| 90,11 km | 86,65 km | 3,45 km | 3,84 % |
| Tiempo de recolección | | | |
| Rutas actuales | Rutas optimizadas | Diferencia | Porcentaje |
| 7:47:55 h | 6:27:27 h | 1:20:28 h | 17,20 % |
| Consumo de combustible | | | |
| Rutas actuales | Rutas optimizadas | Diferencia | Porcentaje |
| \$ 15.600,00 | \$15.000,98 | \$599,02 | 2,53 % |

Elaborado por: los autores

En la tabla 20 se puede apreciar que con las rutas optimizadas se obtiene un 3,84 % de disminución en el recorrido de la ruta occidental además el tiempo disminuyo en un 17, 20 % para así ahorra un 2,53 % en combustible.

Tabla 22. Comparación de resultados de la ruta oriental

| COMPARACIÓN DE LA RUTA ORIENTAL | | | |
|---------------------------------|-------------------|------------|------------|
| Distancia (km) | | | |
| Rutas actuales | Rutas optimizadas | Diferencia | Porcentaje |
| 88,71 km | 85,97 km | 2,74 km | 3,09 % |
| Tiempo de recolección | | | |
| Rutas actuales | Rutas optimizadas | Diferencia | Porcentaje |
| 6:33:34 h | 6:17:10 h | 0:16:24 h | 4,17 % |
| Consumo de combustible | | | |
| Rutas actuales | Rutas optimizadas | Diferencia | Porcentaje |
| \$12.000 | \$11.629,10 | \$370,90 | 3,09 % |

Elaborado por: los autores

En la tabla 21 se puede observar que con el análisis de rutas se logró optimizar en un 3,09 % el recorrido de la ruta oriental disminuyendo así 2,74 km en toda la ruta, además que el tiempo se disminuyó en un 4,17 % con un ahorro del 3,09 % en combustible.

11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES, ECONÓMICOS).

El siguiente trabajo investigativo tiene los siguientes impactos:

11.1. Técnicos

La recolección de basura en la ciudad genera impactos técnicos por la mala planificación de rutas de recolección, mediante la aplicación del modelo de simulación de optimización de rutas se asegura su operación y mantenimiento en el tiempo adecuado lo cual beneficia a la Empresa y a la población.

11.2. Sociales

La salud pública es afectada cuando la basura de la ciudad no es recolectada de forma adecuada generando malestar en la población y al ambiente.

La población urbana estará satisfecha y beneficiada con una posterior implementación de las nuevas rutas de recolección en la ciudad generando un mejor ecosistema sano y libre de problemas que afecten a la salud, un ambiente visual agradable en el entorno que nos rodea.

11.3. Ambientales

La contaminación ambiental genera diversas consecuencias al ambiente y contaminación al aire con este proyecto se reduce un porcentaje considerable minimizando las rutas de recolección y mejorando el servicio de recolección.

11.4. Económicos

Se beneficia la Empresa Pública de Aseo y Gestión Ambiental económicamente con las nuevas rutas de recolección de basura en la Ciudad reduciendo en la ruta occidental en un (3.53%) que equivale a un ahorro de \$599,02 anuales, también en la ruta oriental se redujo en un (3,09%) del consumo total de combustible que equivale a \$370,90.

12. PRESUPUESTO PARA IMPLEMENTAR LA PROPUESTA DEL PROYECTO.

12.1. Presupuesto.

Los gastos proyectados para la elaboración del proyecto de investigación son los siguientes:

Tabla 23. Presupuesto del proyecto

| Descripción | Cant. | Unidad | Valor unitario | Sub total | Total | % |
|---|-------|----------|----------------|-----------|-------------|-----|
| ADMINISTRACIÓN DEL SOFTWARE ARCGIS 10.5 | | | | | \$ 650,00 | 58 |
| Software | 1 | programa | \$ 50,00 | \$ 50,00 | | |
| Capacitación para uso del software | 2 | unid | \$ 50,00 | \$ 100,00 | | |
| Computadora | 1 | unid | \$ 500,00 | \$ 500,00 | | |
| CAPACITACIÓN PARA CONOCER LAS NUEVAS RUTAS | | | | | \$ 112,00 | 10 |
| Documentos de información para aplicación del sistema nuevo de recolección. | 4 | guía | \$ 15,00 | \$ 60,00 | | |
| Documentos para capacitación | 4 | planos | \$ 10,00 | \$ 40,00 | | |
| Alimentación | 4 | unid | \$ 3,00 | \$ 12,00 | | |
| CAMPAÑAS DE INFORMACIÓN | | | | | \$ 301,00 | 27 |
| señalización de los contenedores | 301 | unid | \$ 1,00 | \$ 301,00 | | |
| SUB TOTAL DEL PRESUPUESTO | | | | | \$ 1.063,00 | |
| IMPREVISTOS (5% DEL PRESUPUESTO) | | | | | \$ 53,15 | 5 |
| TOTAL DEL PRESUPUESTO | | | | | \$ 1.116,15 | 100 |

Elaborado por: Los autores

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

13.1. Conclusiones.

- Mediante la revisión bibliográfica de los antecedentes de la recolección de basura, datos estadísticos y de las formas de recolección, las leyes, normas y ordenanzas se concluyó que existe desorganización en todo el proceso de recolección lo cual permitió la realización de este proyecto
- Mediante la obtención de información de campo de los tiempos, distancias y vías de acceso de recolección realizada en los 5 días se pudo analizar el proceso actual de recolección para su posterior simulación manteniendo la misma ubicación de los contenedores y obteniendo una mejor ruta que reduzca los costos (Combustible) y distancia recorrida.
- Con la selección del Software ARCGIS para la simulación de las rutas oriental y occidental y la correcta utilización de todas sus extensiones y herramientas nos permite calcular la mejor ruta de acuerdo a los tiempos y distancias que recorre el vehículo en cada ruta así se pueden obtener rutas más cortas que reduzcan los gastos de recolección al disminuir el tiempo y la distancia del servicio mejorando el proceso.
- Con el análisis de la ruta actual con la ruta optimizada se puede observar la reducción en un 3.84% (3.45 Km) y 3.09% (2.74 Km) en la distancia total recorrida en la ruta occidental y oriental respectivamente así también se redujo el consumo de combustible en un 2.57% (\$599,02) y 4.17% (\$370,90) anualmente.

13.2. Recomendaciones.

- Es necesario conocer los antecedentes para tener bases y conocimientos de lo que se realizara para tener una mayor claridad y trabajar de mejor manera en la realización del proyecto mediante esto realizar un análisis de redistribución de los contenedores.
- Se recomienda realizar un trabajo de campo verificando la capacidad diaria de basura en cada contenedor porque en algunos casos los contenedores no se llenan en su totalidad o exceden la capacidad permitiendo colocar más contenedores o a su vez retirarlos de las zonas innecesarias.
- En la simulación de las rutas occidental y oriental se debe tener en cuenta el sentido de la vía, las horas de tráfico vehicular, la velocidad de circulación y la ubicación de los contenedores con ellos tendremos una mayor exactitud en la realización de la simulación obteniendo mejores resultados y beneficio a la empresa.
- Los resultados obtenidos en la comparación de las rutas actual y optimizada no podrán ser comprobados si no se realiza una implementación de la nueva ruta la cual nos mostrara si en verdad es recomendable aplicarla diariamente por las calles de la Ciudad de Latacunga en el proceso de recolección.

14. BIBLIOGRAFÍA

- Abalco, J. L. D. (Septiembre). EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE CONTENERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL CANTÓN RUMIÑAHUI. 158.
- Bembibre, C. (2012, marzo). Definición de Coordenada. Ciencia Georeferencial, 45.
- CODIGO-ORGANICO-DE-ORGANIZACION-TERRITORIAL-COOTAD. (Enero 16). 250.
- Consejo Nacional de Planificación. (2017, 2021). Plan Nacional de Desarrollo.Toda una Vida.
- Constitucion del Ecuador. (2008, octubre 20). Constitucion de la Republica del Ecuador.
- Empresa Publica de Aseo y Gestion Ambiental de Latacunga. (2019).
- Estudiantes de ingenieria en sistemas. (2011). MODELO DE TRANSPORTE.
- Florencia, U. (2010, junio). Definición de Ruta. Definición ABC.
- Fuentes, O. (2019). Método de la Esquina Noroeste (Algoritmo de Transporte en Programación Lineal).
- Hillier_lieberman.pdf (Novena). (2010). ISBN.
- Ing. Bryan Salazar Lopez. (2016). Algoritmo de Dijkstra”Ingeniería Industrial.
- Juan Prawda. (2012). Metodos y Modelos de Investigacion de Operaciones Vol. 1”Juan Prawda.pdf. MEXICO: NORIEGA EDITORES.
- Leonardo García, & Alberto Aburto. (2001). Recolección y Tratamiento de Desechos Sólidos (Manuales Elementales de Servicios Municipales) (Vol. 1).
- MA10B.pdf. (s. f.). Recuperado de <http://arcgeek.com/descargas/MA10B.pdf>
- Marín, V. (2017). Simulación de una red de transporte multimodal.
- Ministerio del Ambiente. (2004, octubre 10). LEY DE GESTION AMBIENTAL.
- Municipio de Latacunga. (2016, junio 27). ORDENANZA MUNICIPAL QUE REGULA EL BARRIDO, RECOLECCION, TRANSPORTE, TRANSFERENCIA Y

DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS DOMESTICOS,
COMERCIAL.

ORDENANZA METROPOLITANA No. 332. (2010, agosto 12).

ORGANICO ESTRUCTURAL POR PROCESOS EPAGAL. (2017).

Pérez, J. N. M. (2010). MACRO Y MICRO RUTEO DE RESIDUOS SÓLIDOS
RESIDENCIALES. I, 91.

Pino, C., & Peña, R. (2019). Simulación del proceso de abastecimiento de combustible a los
aviones de una empresa angolana. 338-353.

Plataforma ArcGIS (SEGUNDA). (2001). ESRI.

Pucha-Cofrep, F. (2017). Fundamentos de SIG. 86.

Quiroz, M. (2017). Metodo de resolucio de la Esquina Noroeste.

Ramos, A., Sánchez, P., Ferrer, J. M., Barquín, J., & Linares, P. (2010). MODELOS
MATEMÁTICOS DE OPTIMIZACIÓN. Madrid-España: Universidad Pontifica.

Salazar, B. (2016). Método de la Esquina Noroeste. Ingeniería Industrial, 5.

Sánchez, E. (2017). Estudio de rutas y frecuencias para un sistema óptimo de transporte
público urbano en la ciudad de Ambato. Universidad Técnica de Ambato.

Taha, H. (2012). Investigación de Operaciones (Novena). México: López Gabriela.

Taha, H. A. (2012). Investigación de operaciones (9.^a ed.). Mexico: Pearson Educaciñ.

Tarifa, E. (2016). Teoría de Modelos y Simulación.

Texto Unificado de Legislacion Secundaria de Medio Ambiente. (2017). LEXISFINDER.

Torrubia, G. S., & Terrazas, V. M. L. (2010). Algoritmo de Dijkstra. Un Tutorial Interactivo.
pag. 5.

Vidal, C. (2016). Modos de Transporte e Indicadores. Presentado en Colombia. Colombia.

15. ANEXOS

Anexo n.- 1: Relleno Sanitario (Sector Pujilí)



Anexo n.-2: Vehículo de Recolección de Basura.



Anexo n.-3: Localización de los contenedores de la ruta Oriental.

| PTO | Longitud (EJE X) | Latitud (EJE Y) | PTO | Longitud (EJE X) | Latitud (EJE Y) | PTO | Longitud (EJE X) | Latitud (EJE Y) |
|-----|------------------|-----------------|-----|------------------|-----------------|-----|------------------|-----------------|
| 1 | 765336 | 9893925 | 51 | 765703 | 9895511 | 101 | 766509 | 9897757 |
| 2 | 765431 | 9893506 | 52 | 765733 | 9895339 | 102 | 766372 | 9897432 |
| 3 | 765436 | 9893514 | 53 | 765657 | 9895461 | 103 | 766245 | 9897223 |
| 4 | 765501 | 9893631 | 54 | 765668 | 9895280 | 104 | 766241 | 9897223 |
| 5 | 765832 | 9893305 | 55 | 765635 | 9895159 | 105 | 766236 | 9897224 |
| 6 | 765922 | 9893048 | 56 | 765700 | 9895016 | 106 | 766093 | 9897049 |
| 7 | 766051 | 9892703 | 57 | 765960 | 9895052 | 107 | 765874 | 9896857 |
| 8 | 766164 | 9892385 | 58 | 765959 | 9895057 | 108 | 766084 | 9896903 |
| 9 | 766407 | 9891707 | 59 | 765926 | 9895208 | 109 | 766186 | 9896945 |
| 10 | 766398 | 9891900 | 60 | 765965 | 9895370 | 110 | 766334 | 9896986 |
| 11 | 766396 | 9891904 | 61 | 765964 | 9895456 | 111 | 766353 | 9896933 |
| 12 | 766179 | 9892491 | 62 | 765882 | 9895409 | 112 | 766360 | 9896863 |
| 13 | 766264 | 9892530 | 63 | 765832 | 9895639 | 113 | 766360 | 9896665 |
| 14 | 766299 | 9892693 | 64 | 765803 | 9895772 | 114 | 766190 | 9896542 |
| 15 | 766168 | 9892694 | 65 | 765728 | 9896119 | 115 | 766176 | 9896632 |
| 16 | 766042 | 9892880 | 66 | 765772 | 9896183 | 116 | 766180 | 9896635 |
| 17 | 765946 | 9893151 | 67 | 766172 | 9896112 | 117 | 766163 | 9896855 |
| 18 | 765773 | 9893599 | 68 | 765842 | 9896037 | 118 | 766511 | 9897275 |
| 19 | 765804 | 9893887 | 69 | 766134 | 9895279 | 119 | 766349 | 9897575 |
| 20 | 765878 | 9894162 | 70 | 766097 | 9895497 | 120 | 766241 | 9897546 |
| 21 | 765903 | 9894317 | 71 | 766074 | 9895804 | 121 | 766084 | 9897529 |
| 22 | 765938 | 9894536 | 72 | 766049 | 9895885 | 122 | 765929 | 9897520 |
| 23 | 766090 | 9894700 | 73 | 766049 | 9895889 | 123 | 765933 | 9897520 |
| 24 | 766086 | 9894700 | 74 | 766048 | 9895892 | 124 | 766528 | 9897593 |
| 25 | 766416 | 9894427 | 75 | 766404 | 9896318 | 125 | 766768 | 9897763 |
| 26 | 766679 | 9894583 | 76 | 766401 | 9896321 | 126 | 766891 | 9897798 |
| 27 | 766814 | 9894634 | 77 | 766572 | 9896333 | 127 | 767112 | 9897958 |
| 28 | 766884 | 9894647 | 78 | 766742 | 9896409 | 128 | 766801 | 9898235 |
| 29 | 766821 | 9895061 | 79 | 766522 | 9896435 | 129 | 766602 | 9898218 |
| 30 | 766789 | 9894832 | 80 | 766117 | 9896279 | 130 | 766453 | 9898209 |
| 31 | 766626 | 9894709 | 81 | 765941 | 9896238 | 131 | 766411 | 9898067 |
| 32 | 766598 | 9894634 | 82 | 765653 | 9896473 | 132 | 765856 | 9898150 |
| 33 | 766769 | 9894326 | 83 | 765652 | 9896477 | 133 | 765935 | 9897906 |
| 34 | 766591 | 9894380 | 84 | 765961 | 9896403 | 134 | 765837 | 9897838 |
| 35 | 766553 | 9894267 | 85 | 765967 | 9896135 | 135 | 765839 | 9897839 |
| 36 | 766671 | 9894325 | 86 | 766161 | 9896357 | 136 | 765740 | 9897823 |
| 37 | 766204 | 9894696 | 87 | 766606 | 9896661 | 137 | 765574 | 9897950 |
| 38 | 765984 | 9894730 | 88 | 766717 | 9896711 | 138 | 765573 | 9897954 |
| 39 | 765793 | 9894536 | 89 | 766852 | 9896730 | 139 | 765810 | 9898078 |
| 40 | 765743 | 9894581 | 90 | 766857 | 9896731 | 140 | 766130 | 9898548 |
| 41 | 765714 | 9894761 | 91 | 766886 | 9896921 | 141 | 766379 | 9898778 |
| 42 | 765842 | 9895099 | 92 | 766886 | 9896926 | 142 | 765968 | 9898370 |
| 43 | 765830 | 9895251 | 93 | 766868 | 9897158 | 143 | 765344 | 9897930 |
| 44 | 765772 | 9895538 | 94 | 766870 | 9897248 | 144 | 765345 | 9897927 |
| 45 | 765711 | 9895786 | 95 | 767178 | 9897280 | 145 | 765395 | 9897633 |
| 46 | 765558 | 9895928 | 96 | 767068 | 9897073 | 146 | 764861 | 9898387 |
| 47 | 765558 | 9895924 | 97 | 766685 | 9896754 | 147 | 764861 | 9898392 |
| 48 | 765580 | 9895825 | 98 | 766650 | 9897007 | 148 | 764951 | 9898735 |
| 49 | 765599 | 9895740 | 99 | 766633 | 9897127 | 149 | 764951 | 9898740 |
| 50 | 765666 | 9895695 | 100 | 766699 | 9897574 | 150 | 764372 | 9899917 |
| | | | | | | 151 | 765341 | 9893860 |

Anexo n.-4: Localización de los contenedores de la ruta Occidental

| PTO | Longitud (EJE X) | Latitud (EJE Y) | PTO | Longitud (EJE X) | Latitud (EJE Y) | PTO | Longitud (EJE X) | Latitud (EJE Y) |
|-----|------------------|-----------------|-----|------------------|-----------------|-----|------------------|-----------------|
| 1 | 765771 | 9893221 | 51 | 764126 | 9897132 | 101 | 764536 | 9899065 |
| 2 | 765684 | 9893191 | 52 | 764220 | 9897146 | 102 | 764649 | 9898861 |
| 3 | 765609 | 9893073 | 53 | 764300 | 9896849 | 103 | 764742 | 9898869 |
| 4 | 765785 | 9893113 | 54 | 764290 | 9897095 | 104 | 764928 | 9898887 |
| 5 | 765876 | 9892817 | 55 | 764203 | 9896953 | 105 | 764929 | 9898763 |
| 6 | 765733 | 9892913 | 56 | 764154 | 9896805 | 106 | 764929 | 9898755 |
| 7 | 765681 | 9893010 | 57 | 763982 | 9897032 | 107 | 764930 | 9898564 |
| 8 | 765541 | 9893049 | 58 | 763902 | 9897365 | 108 | 764717 | 9898431 |
| 9 | 765402 | 9892981 | 59 | 763833 | 9897619 | 109 | 764709 | 9898429 |
| 10 | 765642 | 9892875 | 60 | 763689 | 9898129 | 110 | 764719 | 9898291 |
| 11 | 765715 | 9892735 | 61 | 763615 | 9898391 | 111 | 764636 | 9898203 |
| 12 | 765487 | 9894109 | 62 | 763469 | 9898650 | 112 | 764760 | 9897896 |
| 13 | 765328 | 9894839 | 63 | 763365 | 9898905 | 113 | 764715 | 9897891 |
| 14 | 765205 | 9894838 | 64 | 763464 | 9898460 | 114 | 764812 | 9898130 |
| 15 | 764655 | 9894896 | 65 | 763465 | 9898453 | 115 | 764805 | 9898050 |
| 16 | 765247 | 9894692 | 66 | 763495 | 9898314 | 116 | 764859 | 9897824 |
| 17 | 765325 | 9894572 | 67 | 763498 | 9898307 | 117 | 764805 | 9897672 |
| 18 | 765320 | 9895013 | 68 | 763391 | 9898474 | 118 | 764640 | 9897646 |
| 19 | 765318 | 9895248 | 69 | 763249 | 9898619 | 119 | 764597 | 9897818 |
| 20 | 765317 | 9895366 | 70 | 763553 | 9898085 | 120 | 764565 | 9897996 |
| 21 | 765450 | 9895402 | 71 | 763540 | 9897818 | 121 | 764698 | 9897745 |
| 22 | 765385 | 9895542 | 72 | 763746 | 9897452 | 122 | 764566 | 9897719 |
| 23 | 765346 | 9895677 | 73 | 763840 | 9897179 | 123 | 764469 | 9897575 |
| 24 | 765133 | 9896064 | 74 | 763762 | 9897106 | 124 | 764491 | 9897437 |
| 25 | 765107 | 9895999 | 75 | 763332 | 9898445 | 125 | 764582 | 9897260 |
| 26 | 765230 | 9895788 | 76 | 763089 | 9898188 | 126 | 764845 | 9896929 |
| 27 | 765283 | 9895597 | 77 | 763121 | 9898161 | 127 | 764848 | 9896920 |
| 28 | 765235 | 9895209 | 78 | 763478 | 9897995 | 128 | 764851 | 9896911 |
| 29 | 765189 | 9895428 | 79 | 763619 | 9897596 | 129 | 764854 | 9896901 |
| 30 | 765087 | 9895900 | 80 | 763700 | 9897323 | 130 | 764775 | 9897095 |
| 31 | 765035 | 9895946 | 81 | 764091 | 9897670 | 131 | 764625 | 9897285 |
| 32 | 764919 | 9896047 | 82 | 764236 | 9897387 | 132 | 765000 | 9897010 |
| 33 | 764913 | 9895925 | 83 | 764365 | 9897168 | 133 | 765003 | 9897002 |
| 34 | 764766 | 9896097 | 84 | 764459 | 9897007 | 134 | 765005 | 9896994 |
| 35 | 764635 | 9896175 | 85 | 764558 | 9896906 | 135 | 765025 | 9896926 |
| 36 | 764475 | 9896372 | 86 | 764698 | 9896597 | 136 | 764035 | 9896711 |
| 37 | 764554 | 9896535 | 87 | 764844 | 9896354 | 137 | 764035 | 9896703 |
| 38 | 764661 | 9896543 | 88 | 764829 | 9896437 | 138 | 764033 | 9896658 |
| 39 | 764615 | 9896581 | 89 | 764722 | 9896695 | 139 | 764094 | 9896491 |
| 40 | 764666 | 9896411 | 90 | 764731 | 9896697 | 140 | 764768 | 9895502 |
| 41 | 764707 | 9896359 | 91 | 764739 | 9896698 | 141 | 765873 | 9892815 |
| 42 | 764741 | 9896228 | 92 | 764705 | 9896893 | 142 | 764473 | 9896375 |
| 43 | 764320 | 9896678 | 93 | 764348 | 9897404 | 143 | 764616 | 9896578 |
| 44 | 764327 | 9896755 | 94 | 764415 | 9897283 | 144 | 764668 | 9896408 |
| 45 | 764465 | 9896868 | 95 | 764542 | 9897106 | 145 | 764052 | 9897761 |
| 46 | 764355 | 9897136 | 96 | 764338 | 9899217 | 146 | 764219 | 9897150 |
| 47 | 764220 | 9897363 | 97 | 764365 | 9899104 | 147 | 763466 | 9898651 |
| 48 | 764051 | 9897764 | 98 | 764357 | 9899105 | 148 | 763364 | 9898907 |
| 49 | 764099 | 9897407 | 99 | 764348 | 9899106 | 149 | 763363 | 9898912 |
| 50 | 764061 | 9897290 | 100 | 764481 | 9899073 | 150 | 763363 | 9898910 |

Anexo n.-5: Oficio



Latacunga, abril 10 de 2019
OFICIO No. 374-DAYC-U

Señor (a):
ALAJO TUMBACO SEGUNDO RAUL
Presente.-

En contestación al Oficio N° 0000674 con fecha 09/04/2019, en la cual solicita que se le proporcione los MAPAS DE LAS PARROQUIAS URBANAS DEL CANTÓN LATACUNGA (distribución de calles y avenidas), para la realización de un proyecto de investigación que optimiza las rutas de recolección de basura.

-Por consiguiente se da a conocer que se entrega la información solicitada en el Cd adjunto, el cual consta de los shapes de vías, predios y parroquias.

Particular que le comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Arq. Fernando Herrera Mesa
DIRECTOR DE AVALÚOS Y CATASTROS
Elab.: Ing. Lourdes Paredes G.
Ing. Diego Guanabaz C.



e-mail: fozherrera1960@yahoo.es
Dir.: Sánchez de Orellana y General Makbrado
Telf.: 03 2671 350
Latacunga - Ecuador



Anexo n.-6: Tabulación de los tiempos de recolección y recorrido por viajes de la ruta oriental.

| VIAJE AL BOTADERO N.-1 | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------|---|--------------------|-----------------|--|--------------------|-----------------|
| DESDE | HASTA | TABULACIÓN DE LOS 5 DÍAS DEL TIEMPO DE RECOLECCIÓN | | | TABULACIÓN DE LOS 5 DÍAS DEL TIEMPO DE LLEGADA ENTRE CONTENEDORES | | |
| | | SUMA 5 DÍAS | MEDIA ARIT. | SEGUNDOS | SUMA | MEDIA ARIT. | SEGUNDOS |
| BASE | Contenedor 1 | 0:04:44 | 0:00:57 | 57 | 0:02:04 | 0:00:25 | 25 |
| Contenedor 1 | Contenedor 2 | 0:04:59 | 0:01:00 | 60 | 0:08:55 | 0:01:47 | 97 |
| | Contenedor 3 | 0:04:16 | 0:00:51 | 51 | | | |
| Contenedor y | Contenedor 4 | 0:03:58 | 0:00:48 | 48 | 0:02:34 | 0:00:31 | 31 |
| Contenedor 4 | Contenedor 5 | 0:04:19 | 0:00:52 | 52 | 0:10:20 | 0:02:04 | 124 |
| Contenedor 5 | Contenedor 6 | 0:04:33 | 0:00:55 | 55 | 0:03:33 | 0:00:43 | 43 |
| Contenedor 6 | Contenedor 7 | 0:04:40 | 0:00:56 | 56 | 0:04:20 | 0:00:52 | 52 |
| Contenedor 7 | Contenedor 8 | 0:03:48 | 0:00:46 | 46 | 0:03:55 | 0:00:47 | 47 |
| Contenedor 8 | Contenedor 9 | 0:04:55 | 0:00:59 | 59 | 0:04:32 | 0:00:54 | 54 |
| Contenedor 9 | Contenedor 10 | 0:04:45 | 0:00:57 | 57 | 0:03:28 | 0:00:42 | 42 |
| | Contenedor 11 | 0:03:47 | 0:00:45 | 45 | | | |
| Contenedor 10y11 | Contenedor 12 | 0:04:21 | 0:00:52 | 52 | 0:06:00 | 0:01:12 | 72 |
| Contenedor 12 | Contenedor 13 | 0:04:21 | 0:00:52 | 52 | 0:05:36 | 0:01:07 | 67 |
| Contenedor 13 | Contenedor 14 | 0:04:17 | 0:00:51 | 51 | 0:03:22 | 0:00:40 | 40 |
| Contenedor 14 | Contenedor 15 | 0:04:30 | 0:00:54 | 54 | 0:02:43 | 0:00:33 | 33 |
| Contenedor 15 | Contenedor 16 | 0:04:46 | 0:00:57 | 57 | 0:03:58 | 0:00:48 | 48 |
| Contenedor 16 | Contenedor 17 | 0:04:36 | 0:00:55 | 55 | 0:03:28 | 0:00:42 | 42 |
| Contenedor 17 | Contenedor 18 | 0:04:47 | 0:00:57 | 57 | 0:06:23 | 0:01:17 | 77 |
| Contenedor 18 | Contenedor 19 | 0:04:37 | 0:00:55 | 55 | 0:03:55 | 0:00:47 | 47 |
| Contenedor 19 | Contenedor 20 | 0:04:39 | 0:00:56 | 56 | 0:03:32 | 0:00:42 | 42 |
| Contenedor 20 | Contenedor 21 | 0:03:27 | 0:00:41 | 41 | 0:02:47 | 0:00:33 | 33 |
| Contenedor 21 | Contenedor 22 | 0:04:39 | 0:00:56 | 56 | 0:03:00 | 0:00:36 | 36 |
| Contenedor 22 | Contenedor 23 | 0:04:25 | 0:00:53 | 53 | 0:03:45 | 0:00:45 | 45 |
| | Contenedor 24 | 0:02:42 | 0:00:32 | 32 | | | |
| Contenedor 23y24 | Contenedor 25 | 0:04:08 | 0:00:50 | 50 | 0:06:47 | 0:01:21 | 81 |
| Contenedor 25 | Contenedor 26 | 0:04:21 | 0:00:52 | 52 | 0:03:59 | 0:00:48 | 48 |
| Contenedor 26 | Contenedor 27 | 0:05:13 | 0:01:03 | 63 | 0:02:41 | 0:00:32 | 32 |
| Contenedor 27 | Contenedor 28 | 0:04:10 | 0:00:50 | 50 | 0:06:28 | 0:01:18 | 78 |
| Contenedor 28 | Contenedor 29 | 0:04:21 | 0:00:52 | 52 | 0:09:36 | 0:01:55 | 115 |
| Contenedor 29 | Contenedor 30 | 0:04:20 | 0:00:52 | 52 | 0:04:27 | 0:00:53 | 53 |
| Contenedor 30 | Contenedor 31 | 0:04:16 | 0:00:51 | 51 | 0:03:50 | 0:00:46 | 46 |
| Contenedor 31 | Contenedor 32 | 0:05:48 | 0:01:10 | 70 | 0:03:05 | 0:00:37 | 37 |
| Contenedor 32 | Contenedor 33 | 0:05:43 | 0:01:09 | 69 | 0:04:45 | 0:00:57 | 57 |
| Contenedor 33 | Contenedor 34 | 0:04:00 | 0:00:48 | 48 | 0:03:39 | 0:00:44 | 44 |
| Contenedor 34 | Contenedor 35 | 0:04:41 | 0:00:56 | 56 | 0:04:41 | 0:00:56 | 56 |
| Contenedor 35 | Contenedor 36 | 0:07:01 | 0:01:24 | 84 | 0:02:51 | 0:00:34 | 34 |
| Contenedor 36 | Contenedor 37 | 0:03:49 | 0:00:46 | 46 | 0:10:28 | 0:02:06 | 126 |
| Contenedor 37 | Contenedor 38 | 0:03:59 | 0:00:48 | 48 | 0:05:30 | 0:01:06 | 66 |
| Contenedor 38 | Contenedor 39 | 0:12:55 | 0:02:35 | 155 | 0:05:24 | 0:01:05 | 65 |
| Contenedor 39 | Contenedor 40 | 0:04:19 | 0:00:52 | 52 | 0:03:35 | 0:00:43 | 43 |
| Contenedor 40 | Contenedor 41 | 0:04:07 | 0:00:49 | 49 | 0:03:39 | 0:00:44 | 44 |

| | | | | | | | |
|---------------------|---------------|---------|---------|----|---------|---------|-----|
| Contenedor 41 | Contenedor 42 | 0:04:18 | 0:00:52 | 52 | 0:04:18 | 0:00:52 | 52 |
| Contenedor 42 | Contenedor 43 | 0:04:11 | 0:00:50 | 50 | 0:02:47 | 0:00:33 | 33 |
| Contenedor 43 | Contenedor 44 | 0:04:13 | 0:00:51 | 51 | 0:03:30 | 0:00:42 | 42 |
| Contenedor 44 | Contenedor 45 | 0:04:17 | 0:00:51 | 51 | 0:02:22 | 0:00:28 | 28 |
| Contenedor 45 | Contenedor 46 | 0:03:51 | 0:00:46 | 46 | 0:03:51 | 0:00:46 | 46 |
| | Contenedor 47 | 0:02:33 | 0:00:31 | 31 | | | |
| Contenedor 46y47 | Contenedor 48 | 0:04:56 | 0:00:59 | 59 | 0:01:29 | 0:00:18 | 18 |
| Contenedor 48 | Contenedor 49 | 0:04:10 | 0:00:50 | 50 | 0:01:32 | 0:00:18 | 18 |
| Contenedor 49 | Contenedor 50 | 0:04:04 | 0:00:49 | 49 | 0:04:40 | 0:00:56 | 56 |
| Contenedor 50 | Contenedor 51 | 0:04:00 | 0:00:48 | 48 | 0:02:01 | 0:00:24 | 24 |
| Contenedor 51 | Contenedor 52 | 0:04:03 | 0:00:49 | 49 | 0:04:13 | 0:00:51 | 51 |
| Contenedor 52 | Contenedor 53 | 0:04:07 | 0:00:49 | 49 | 0:03:40 | 0:00:44 | 44 |
| Contenedor 53 | Contenedor 54 | 0:04:25 | 0:00:53 | 53 | 0:03:38 | 0:00:44 | 44 |
| Contenedor 54 | Contenedor 55 | 0:04:07 | 0:00:49 | 49 | 0:03:56 | 0:00:47 | 47 |
| Contenedor 55 | Contenedor 56 | 0:04:10 | 0:00:50 | 50 | 0:03:58 | 0:00:48 | 48 |
| Contenedor 56 | Contenedor 57 | 0:03:30 | 0:00:42 | 42 | 0:05:48 | 0:01:10 | 70 |
| | Contenedor 58 | 0:04:36 | 0:00:55 | 55 | | | |
| Contenedor 57y58 | Contenedor 59 | 0:04:42 | 0:00:56 | 56 | 0:02:42 | 0:00:32 | 32 |
| Contenedor 59 | Contenedor 60 | 0:04:00 | 0:00:48 | 48 | 0:03:44 | 0:00:45 | 45 |
| Contenedor 60 | Contenedor 61 | 0:03:40 | 0:00:44 | 44 | 0:04:34 | 0:00:55 | 55 |
| Contenedor 61 | Contenedor 62 | 0:03:53 | 0:00:47 | 47 | 0:03:13 | 0:00:39 | 39 |
| Contenedor 62 | Contenedor 63 | 0:03:26 | 0:00:41 | 41 | 0:09:32 | 0:01:54 | 114 |
| Contenedor 63 | Contenedor 64 | 0:04:27 | 0:00:53 | 53 | 0:03:23 | 0:00:41 | 41 |
| Contenedor 64 | Contenedor 65 | 0:04:15 | 0:00:51 | 51 | 0:03:43 | 0:00:45 | 45 |
| Contenedor 65 | Contenedor 66 | 0:04:33 | 0:00:55 | 55 | 0:03:08 | 0:00:38 | 38 |
| Contenedor 66 | Contenedor 67 | 0:04:07 | 0:00:49 | 49 | 0:04:01 | 0:00:48 | 48 |
| Contenedor 67 | Contenedor 68 | 0:04:30 | 0:00:54 | 54 | 0:03:32 | 0:00:42 | 42 |
| Contenedor 68 | Contenedor 69 | 0:04:42 | 0:00:56 | 56 | 0:08:50 | 0:01:46 | 106 |
| Contenedor 69 | Contenedor 70 | 0:03:56 | 0:00:47 | 47 | 0:05:40 | 0:01:08 | 68 |
| Contenedor 70 | Contenedor 71 | 0:04:24 | 0:00:53 | 53 | 0:05:30 | 0:01:06 | 66 |
| Contenedor 71 | Contenedor 72 | 0:04:31 | 0:00:54 | 54 | 0:01:56 | 0:00:23 | 23 |
| | Contenedor 73 | 0:04:19 | 0:00:52 | 52 | | | |
| | Contenedor 74 | 0:03:45 | 0:00:45 | 45 | | | |
| Contenedor 72,73,74 | Contenedor 75 | 0:04:06 | 0:00:49 | 49 | 0:07:11 | 0:01:26 | 86 |
| | Contenedor 76 | 0:04:19 | 0:00:52 | 52 | | | |
| Contenedor 75y76 | Contenedor 77 | 0:04:10 | 0:00:50 | 50 | 0:02:05 | 0:00:25 | 25 |
| Contenedor 77 | Contenedor 78 | 0:04:02 | 0:00:48 | 48 | 0:08:45 | 0:01:45 | 105 |
| Contenedor 78 | Contenedor 79 | 0:03:41 | 0:00:44 | 44 | 0:03:44 | 0:00:45 | 45 |
| Contenedor 79 | Contenedor 80 | 0:03:38 | 0:00:44 | 44 | 0:05:32 | 0:01:06 | 66 |
| Contenedor 80 | Contenedor 81 | 0:03:30 | 0:00:42 | 42 | 0:02:57 | 0:00:35 | 35 |

| | | | | | | | |
|------------------|---------------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------------|-------------|
| Contenedor 81 | Contenedor 82 | 0:04:37 | 0:00:55 | 55 | 0:23:44 | 0:04:45 | 285 |
| | Contenedor 83 | 0:03:37 | 0:00:43 | 43 | | | |
| Contenedor 82y83 | Contenedor 84 | 0:04:06 | 0:00:49 | 49 | 0:08:31 | 0:01:42 | 102 |
| Contenedor 84 | Contenedor 85 | 0:04:18 | 0:00:52 | 52 | 0:05:34 | 0:01:07 | 67 |
| Contenedor 85 | Contenedor 86 | 0:03:38 | 0:00:44 | 44 | 0:07:17 | 0:01:27 | 87 |
| Contenedor 86 | Contenedor 87 | 0:04:25 | 0:00:53 | 53 | 0:07:38 | 0:01:32 | 92 |
| Contenedor 87 | Contenedor 88 | 0:04:23 | 0:00:53 | 53 | 0:01:55 | 0:00:23 | 23 |
| Contenedor 88 | Contenedor 89 | 0:04:21 | 0:00:52 | 52 | 0:03:03 | 0:00:37 | 37 |
| | Contenedor 90 | 0:04:10 | 0:00:50 | 50 | | | |
| Contenedor 89y90 | Contenedor 91 | 0:03:36 | 0:00:43 | 43 | 0:03:06 | 0:00:37 | 37 |
| | Contenedor 92 | 0:04:24 | 0:00:53 | 53 | | | |
| Contenedor 91y92 | BOTADERO | 0:00:00 | 0:00:00 | 0 | 2:54:23 | 0:34:53 | 2093 |
| TOTAL | | 6:41:44 | 1:20:21 | 4819 | 9:18:11 | 1:51:38 | 6690 |

| VIAJE AL BOTADERO N.-2 | | | | | | | |
|-------------------------------|----------------|---|--------------------|-----------------|--|--------------------|-----------------|
| DESDE | HASTA | TABULACIÓN DE LOS 5 DÍAS DEL TIEMPO DE RECOLECCIÓN | | | TABULACIÓN DE LOS 5 DÍAS DEL TIEMPO DE LLEGADA ENTRE CONTENEDORES | | |
| | | SUMA 5 DÍAS | MEDIA ARIT. | SEGUNDOS | SUMA | MEDIA ARIT. | SEGUNDOS |
| BOTADERO | Contenedor 93 | 0:04:08 | 0:00:50 | 50 | 2:20:33 | 0:28:07 | 1687 |
| Contenedor 93 | Contenedor 94 | 0:04:23 | 0:00:53 | 53 | 0:05:24 | 0:01:05 | 65 |
| Contenedor 94 | Contenedor 95 | 0:03:59 | 0:00:48 | 48 | 0:10:27 | 0:02:05 | 125 |
| Contenedor 95 | Contenedor 96 | 0:04:06 | 0:00:49 | 49 | 0:07:52 | 0:01:34 | 94 |
| Contenedor 96 | Contenedor 97 | 0:03:31 | 0:00:42 | 42 | 0:04:26 | 0:00:53 | 53 |
| Contenedor 97 | Contenedor 98 | 0:04:10 | 0:00:50 | 50 | 0:03:10 | 0:00:38 | 38 |
| Contenedor 98 | Contenedor 99 | 0:04:22 | 0:00:52 | 52 | 0:03:56 | 0:00:47 | 47 |
| Contenedor 99 | Contenedor 100 | 0:04:22 | 0:00:52 | 52 | 0:05:53 | 0:01:11 | 71 |
| Contenedor 100 | Contenedor 101 | 0:03:34 | 0:00:43 | 43 | 0:09:26 | 0:01:53 | 113 |
| Contenedor 101 | Contenedor 102 | 0:04:24 | 0:00:53 | 53 | 0:09:11 | 0:01:50 | 110 |
| Contenedor 102 | Contenedor 103 | 0:03:35 | 0:00:43 | 43 | 0:08:41 | 0:01:44 | 104 |
| | Contenedor 104 | 0:04:00 | 0:00:48 | 48 | | | |
| | Contenedor 105 | 0:04:24 | 0:00:53 | 53 | | | |
| Contenedor 103,105 | Contenedor 106 | 0:03:56 | 0:00:47 | 47 | 0:04:36 | 0:00:55 | 55 |
| Contenedor 106 | Contenedor 107 | 0:03:52 | 0:00:46 | 46 | 0:11:33 | 0:02:19 | 139 |
| Contenedor 107 | Contenedor 108 | 0:03:58 | 0:00:48 | 48 | 0:08:02 | 0:01:36 | 96 |
| Contenedor 108 | Contenedor 109 | 0:04:21 | 0:00:52 | 52 | 0:01:54 | 0:00:23 | 23 |
| Contenedor 109 | Contenedor 110 | 0:03:25 | 0:00:41 | 41 | 0:03:01 | 0:00:36 | 36 |
| Contenedor 110 | Contenedor 111 | 0:04:05 | 0:00:49 | 49 | 0:04:26 | 0:00:53 | 53 |
| Contenedor 111 | Contenedor 112 | 0:04:14 | 0:00:51 | 51 | 0:01:19 | 0:00:16 | 16 |
| Contenedor 112 | Contenedor 113 | 0:04:03 | 0:00:49 | 49 | 0:04:36 | 0:00:55 | 55 |
| Contenedor 113 | Contenedor 114 | 0:04:07 | 0:00:49 | 49 | 0:03:04 | 0:00:37 | 37 |
| Contenedor 114 | Contenedor 115 | 0:03:23 | 0:00:41 | 41 | 0:03:34 | 0:00:43 | 43 |
| | Contenedor 116 | 0:04:32 | 0:00:54 | 54 | | | |
| Contenedor 115y116 | Contenedor 117 | 0:03:31 | 0:00:42 | 42 | 0:04:15 | 0:00:51 | 51 |
| Contenedor 117 | Contenedor 118 | 0:04:06 | 0:00:49 | 49 | 0:05:17 | 0:01:03 | 63 |
| Contenedor 118 | Contenedor 119 | 0:03:41 | 0:00:44 | 44 | 0:07:33 | 0:01:31 | 91 |

| | | | | | | | |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|
| Contenedor 119 | Contenedor 120 | 0:04:02 | 0:00:48 | 48 | 0:02:36 | 0:00:31 | 31 |
| Contenedor 120 | Contenedor 121 | 0:04:13 | 0:00:51 | 51 | 0:03:00 | 0:00:36 | 36 |
| Contenedor 121 | Contenedor 122 | 0:03:55 | 0:00:47 | 47 | 0:03:48 | 0:00:46 | 46 |
| | Contenedor 123 | 0:03:39 | 0:00:44 | 44 | | | |
| Contenedor 122,123 | Contenedor 124 | 0:05:10 | 0:01:02 | 62 | 0:15:37 | 0:03:07 | |
| Contenedor 124 | Contenedor 125 | 0:04:32 | 0:00:54 | 54 | 0:09:02 | 0:01:48 | 108 |
| Contenedor 125 | Contenedor 126 | 0:03:17 | 0:00:39 | 39 | 0:02:17 | 0:00:27 | 27 |
| Contenedor 126 | Contenedor 127 | 0:04:08 | 0:00:50 | 50 | 0:04:38 | 0:00:56 | 56 |
| Contenedor 127 | Contenedor 128 | 0:04:18 | 0:00:52 | 52 | 0:02:08 | 0:00:26 | 26 |
| Contenedor 128 | Contenedor 129 | 0:04:18 | 0:00:52 | 52 | 0:09:26 | 0:01:53 | 113 |
| Contenedor 129 | Contenedor 130 | 0:02:46 | 0:00:33 | 33 | 0:02:52 | 0:00:34 | 34 |
| Contenedor 130 | Contenedor 131 | 0:03:49 | 0:00:46 | 46 | 0:02:26 | 0:00:29 | 29 |
| Contenedor 131 | Contenedor 132 | 0:03:45 | 0:00:45 | 45 | 0:11:29 | 0:02:18 | 138 |
| Contenedor 132 | Contenedor 133 | 0:03:51 | 0:00:46 | 46 | 0:03:51 | 0:00:46 | 46 |
| Contenedor 133 | Contenedor 134 | 0:04:21 | 0:00:52 | 52 | 0:01:52 | 0:00:22 | 22 |
| | Contenedor 135 | 0:03:22 | 0:00:40 | 40 | | | |
| Contenedor 134y135 | Contenedor 136 | 0:04:11 | 0:00:50 | 50 | 0:01:17 | 0:00:15 | 15 |
| Contenedor 136 | Contenedor 137 | 0:04:38 | 0:00:56 | 56 | 0:03:42 | 0:00:44 | 44 |
| | Contenedor 138 | 0:03:42 | 0:00:44 | 44 | | | |
| Contenedor 137y138 | Contenedor 139 | 0:03:57 | 0:00:47 | 47 | 0:06:29 | 0:01:18 | 78 |
| Contenedor 139 | Contenedor 140 | 0:03:45 | 0:00:45 | 45 | 0:08:37 | 0:01:43 | 103 |
| Contenedor 140 | Contenedor 141 | 0:04:12 | 0:00:50 | 50 | 0:04:32 | 0:00:54 | 54 |
| Contenedor 141 | Contenedor 142 | 0:04:18 | 0:00:52 | 52 | 0:07:52 | 0:01:34 | 94 |
| Contenedor 142 | Contenedor 143 | 0:04:32 | 0:00:54 | 54 | 0:13:09 | 0:02:38 | 158 |
| | Contenedor 144 | 0:04:31 | 0:00:54 | 54 | | | |
| Contenedor 143y144 | Contenedor 145 | 0:04:16 | 0:00:51 | 50 | 0:08:32 | 0:01:42 | 102 |
| Contenedor 145 | Contenedor 146 | 0:04:29 | 0:00:54 | 54 | 0:11:00 | 0:02:12 | 132 |
| | Contenedor 147 | 0:03:45 | 0:00:45 | 45 | | | |
| Contenedor 146y147 | Contenedor 148 | 0:04:41 | 0:00:56 | 56 | 0:07:42 | 0:01:32 | 92 |
| | Contenedor 149 | 0:04:33 | 0:00:55 | 55 | | | |
| Contenedor 148y149 | Contenedor 150 | 0:04:11 | 0:00:50 | 50 | 0:16:00 | 0:03:12 | 192 |
| Contenedor 150 | BOTADERO | 0:00:00 | 0:00:00 | 0 | 3:05:43 | 0:37:09 | 2229 |
| TOTAL | | 3:55:19 | 0:47:04 | 2821 | 10:21:46 | 2:04:21 | 7270 |

| VIAJE FINAL A LA BASE N.-3 | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|---|--------------------|-----------------|--|--------------------|-----------------|
| DESDE | HASTA | TABULACIÓN DE LOS 5 DÍAS DEL TIEMPO DE RECOLECCIÓN | | | TABULACIÓN DE LOS 5 DÍAS DEL TIEMPO DE LLEGADA ENTRE CONTENEDORES | | |
| | | SUMA 5 DÍAS | MEDIA ARIT. | SEGUNDOS | SUMA | MEDIA ARIT. | SEGUNDOS |
| BOTADERO | Contenedor 151 | 0:04:46 | 0:00:57 | 57 | 2:24:19 | 0:28:52 | 1732 |
| Contenedor 151 | A LA BASE | 0:00:00 | 0:00:00 | 0 | 0:01:45 | 0:00:21 | 21 |
| TOTAL | | 0:04:46 | 0:00:57 | 57 | 2:26:04 | 0:29:13 | 1753 |

| TOTAL DEL TIEMPO DE LOS 3 VIAJES DE RECOLECCIÓN DE BASURA | | | | | | |
|--|--|----------------|-------------|---|----------------|--------------|
| VIAJE | TABULACIÓN DE LOS 5 DÍAS DEL TIEMPO DE RECOLECCIÓN | | | TABULACIÓN DE LOS 5 DÍAS DEL TIEMPO DE LLEGADA ENTRE CONTENEDORES | | |
| | SUMA 5 DÍAS | MEDIA ARIT. | SEGUNDOS | SUMA | MEDIA ARIT. | SEGUNDOS |
| VIAJE AL BOTADERO N.-1 | 6:41:44 | 1:20:21 | 4819 | 9:18:11 | 1:51:38 | 6690 |
| VIAJE AL BOTADERO N.-2 | 3:55:19 | 0:47:04 | 2821 | 10:21:46 | 2:04:21 | 7270 |
| VIAJE FINAL A LA BASE N.-3 | 0:04:46 | 0:00:57 | 57 | 2:26:04 | 0:29:13 | 1753 |
| TOTAL | 10:41:49 | 2:08:22 | 7702 | 22:06:01 | 4:25:12 | 15912 |
| El vehiculo recolector de basura en esta ruta recorre un total de : 6:33:34 HORAS | | | | | | |

Anexo n.-7: Tabulación de los tiempos de recolección y recorrido por viajes de la ruta occidental.

| VIAJE AL BOTADERO N.-1 | | | | | | | |
|------------------------|---------------|--|-------------|----------|---|-------------|----------|
| DESDE | HASTA | TABULACIÓN DE LOS 5 DÍAS DEL TIEMPO DE RECOLECCIÓN | | | TABULACIÓN DE LOS 5 DÍAS DEL TIEMPO DE LLEGADA ENTRE CONTENEDORES | | |
| | | SUMA 5 DÍAS | MEDIA ARIT. | SEGUNDOS | SUMA | MEDIA ARIT. | SEGUNDOS |
| BASE | Contenedor 1 | 0:05:11 | 0:01:02 | 62 | 0:11:25 | 0:02:17 | 137 |
| Contenedor 1 | Contenedor 2 | 0:04:05 | 0:00:49 | 49 | 0:02:06 | 0:00:25 | 25 |
| Contenedor 2 | Contenedor 3 | 0:02:41 | 0:00:32 | 32 | 0:04:01 | 0:00:48 | 48 |
| Contenedor 3 | Contenedor 4 | 0:02:21 | 0:00:28 | 28 | 0:03:18 | 0:00:40 | 40 |
| Contenedor 4 | Contenedor 5 | 0:04:23 | 0:00:53 | 53 | 0:05:06 | 0:01:01 | 61 |
| | Contenedor 6 | 0:05:48 | 0:01:10 | 70 | | | |
| Contenedor 5y6 | Contenedor 7 | 0:03:13 | 0:00:39 | 39 | 0:03:19 | 0:00:40 | 40 |
| Contenedor 7 | Contenedor 8 | 0:03:44 | 0:00:45 | 45 | 0:02:16 | 0:00:27 | 27 |
| Contenedor 8 | Contenedor 9 | 0:04:29 | 0:00:54 | 54 | 0:02:57 | 0:00:35 | 35 |
| Contenedor 9 | Contenedor 10 | 0:05:02 | 0:01:00 | 60 | 0:04:31 | 0:00:54 | 54 |
| Contenedor 10 | Contenedor 11 | 0:03:06 | 0:00:37 | 37 | 0:06:02 | 0:01:12 | 72 |
| Contenedor 11 | Contenedor 12 | 0:03:37 | 0:00:43 | 43 | 0:02:18 | 0:00:28 | 28 |
| Contenedor 12 | Contenedor 13 | 0:04:00 | 0:00:48 | 48 | 0:22:32 | 0:04:30 | 270 |
| Contenedor 13 | Contenedor 14 | 0:03:34 | 0:00:43 | 43 | 0:10:45 | 0:02:09 | 129 |
| Contenedor 14 | Contenedor 15 | 0:04:17 | 0:00:51 | 51 | 0:02:10 | 0:00:26 | 26 |
| Contenedor 15 | Contenedor 16 | 0:04:37 | 0:00:55 | 55 | 0:07:22 | 0:01:28 | 88 |
| Contenedor 16 | Contenedor 17 | 0:03:17 | 0:00:39 | 39 | 0:11:30 | 0:02:18 | 138 |
| Contenedor 17 | Contenedor 18 | 0:04:05 | 0:00:49 | 49 | 0:03:45 | 0:00:45 | 45 |
| Contenedor 18 | Contenedor 19 | 0:04:08 | 0:00:50 | 50 | 0:09:06 | 0:01:49 | 109 |
| Contenedor 19 | Contenedor 20 | 0:03:22 | 0:00:40 | 40 | 0:03:32 | 0:00:42 | 42 |
| Contenedor 20 | Contenedor 21 | 0:02:54 | 0:00:35 | 35 | 0:01:09 | 0:00:14 | 14 |
| Contenedor 21 | Contenedor 22 | 0:04:22 | 0:00:52 | 52 | 0:01:53 | 0:00:23 | 23 |
| Contenedor 22 | Contenedor 23 | 0:09:43 | 0:01:57 | 117 | 0:03:37 | 0:00:43 | 43 |
| Contenedor 23 | Contenedor 24 | 0:04:07 | 0:00:49 | 49 | 0:03:38 | 0:00:44 | 44 |

| | | | | | | | |
|------------------|---------------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------------|-------------|
| Contenedor 24 | Contenedor 25 | 0:03:46 | 0:00:45 | 45 | 0:04:09 | 0:00:50 | 50 |
| Contenedor 25 | Contenedor 26 | 0:05:10 | 0:01:02 | 62 | 0:06:28 | 0:01:18 | 78 |
| Contenedor 26 | Contenedor 27 | 0:05:26 | 0:01:05 | 65 | 0:04:09 | 0:00:50 | 50 |
| Contenedor 27 | Contenedor 28 | 0:05:22 | 0:01:04 | 64 | 0:03:28 | 0:00:42 | 42 |
| Contenedor 28 | Contenedor 29 | 0:03:35 | 0:00:43 | 43 | 0:03:55 | 0:00:47 | 47 |
| Contenedor 29 | Contenedor 30 | 0:05:30 | 0:01:06 | 66 | 0:03:50 | 0:00:46 | 46 |
| Contenedor 30 | Contenedor 31 | 0:03:48 | 0:00:46 | 46 | 0:04:19 | 0:00:52 | 52 |
| Contenedor 31 | Contenedor 32 | 0:04:24 | 0:00:53 | 53 | 0:05:15 | 0:01:03 | 63 |
| Contenedor 32 | Contenedor 33 | 0:02:23 | 0:00:29 | 29 | 0:04:48 | 0:00:58 | 58 |
| Contenedor 33 | Contenedor 34 | 0:04:01 | 0:00:48 | 48 | 0:04:14 | 0:00:51 | 51 |
| Contenedor 34 | Contenedor 35 | 0:03:24 | 0:00:41 | 41 | 0:05:38 | 0:01:08 | 68 |
| Contenedor 35 | Contenedor 36 | 0:03:18 | 0:00:40 | 40 | 0:04:45 | 0:00:57 | 57 |
| Contenedor 36 | Contenedor 37 | 0:03:10 | 0:00:38 | 38 | 0:06:44 | 0:01:21 | 81 |
| | Contenedor 38 | 0:04:08 | 0:00:50 | 50 | | | |
| Contenedor 37y38 | Contenedor 39 | 0:15:51 | 0:03:10 | 190 | 0:07:00 | 0:01:24 | 84 |
| Contenedor 39 | Contenedor 40 | 0:08:16 | 0:01:39 | 99 | 0:04:32 | 0:00:54 | 54 |
| Contenedor 40 | Contenedor 41 | 0:03:29 | 0:00:42 | 42 | 0:02:08 | 0:00:26 | 26 |
| | Contenedor 42 | 0:05:06 | 0:01:01 | 61 | | | |
| Contenedor 41y42 | Contenedor 43 | 0:07:00 | 0:01:24 | 84 | 0:05:12 | 0:01:02 | 62 |
| | Contenedor 44 | 0:05:32 | 0:01:06 | 66 | | | |
| Contenedor 43y44 | Contenedor 45 | 0:06:39 | 0:01:20 | 80 | 0:02:06 | 0:00:25 | 25 |
| Contenedor 45 | Contenedor 46 | 0:06:49 | 0:01:22 | 82 | 0:02:50 | 0:00:34 | 34 |
| Contenedor 46 | Contenedor 47 | 0:05:32 | 0:01:06 | 66 | 0:05:22 | 0:01:04 | 64 |
| Contenedor 47 | Contenedor 48 | 0:04:05 | 0:00:49 | 49 | 0:03:17 | 0:00:39 | 39 |
| Contenedor 48 | Contenedor 49 | 0:04:13 | 0:00:51 | 51 | 0:07:03 | 0:01:25 | 85 |
| Contenedor 49 | Contenedor 50 | 0:02:50 | 0:00:34 | 34 | 0:08:29 | 0:01:42 | 102 |
| Contenedor 50 | Contenedor 51 | 0:03:23 | 0:00:41 | 41 | 0:02:39 | 0:00:32 | 32 |
| Contenedor 51 | Contenedor 52 | 0:03:23 | 0:00:41 | 41 | 0:53:28 | 0:10:42 | 642 |
| | Contenedor 53 | 0:03:26 | 0:00:41 | 41 | | | |
| Contenedor 52 | BOTADERO | 0:00:00 | 0:00:00 | 0 | 2:02:56 | 0:24:35 | 1475 |
| Contenedor 53 | | | | | | | |
| TOTAL | | 4:03:05 | 0:48:37 | 2917 | 6:57:02 | 1:23:25 | 5005 |

| VIAJE AL BOTADERO N.-2 | | | | | | | |
|------------------------|---------------|--|-------------|----------|---|-------------|----------|
| DESDE | HASTA | TABULACIÓN DE LOS 5 DÍAS DEL TIEMPO DE RECOLECCIÓN | | | TABULACIÓN DE LOS 5 DÍAS DEL TIEMPO DE LLEGADA ENTRE CONTENEDORES | | |
| | | SUMA 5 DÍAS | MEDIA ARIT. | SEGUNDOS | SUMA | MEDIA ARIT. | SEGUNDOS |
| BOTADERO | Contenedor 54 | 0:03:40 | 0:00:44 | 44 | 2:01:27 | 0:24:17 | 1457 |
| Contenedor 54 | Contenedor 55 | 0:05:19 | 0:01:04 | 64 | 0:04:08 | 0:00:50 | 50 |
| Contenedor 55 | Contenedor 56 | 0:05:40 | 0:01:08 | 68 | 0:04:26 | 0:00:53 | 53 |
| Contenedor 56 | Contenedor 57 | 0:06:06 | 0:01:13 | 73 | 0:05:03 | 0:01:01 | 61 |
| | Contenedor 58 | 0:03:24 | 0:00:41 | 41 | | | |
| Contenedor 57y58 | Contenedor 59 | 0:05:06 | 0:01:01 | 61 | 0:05:19 | 0:01:04 | 64 |

| | | | | | | | |
|------------------------|---------------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------------|-------------|
| Contenedor 59 | Contenedor 60 | 0:04:26 | 0:00:53 | 53 | 0:02:58 | 0:00:36 | 36 |
| Contenedor 60 | Contenedor 61 | 0:05:43 | 0:01:09 | 69 | 0:06:44 | 0:01:21 | 81 |
| Contenedor 61 | Contenedor 62 | 0:04:41 | 0:00:56 | 56 | 0:08:05 | 0:01:37 | 97 |
| Contenedor 62 | Contenedor 63 | 0:04:27 | 0:00:53 | 53 | 0:05:05 | 0:01:01 | 61 |
| Contenedor 63 | Contenedor 64 | 0:03:20 | 0:00:40 | 40 | 0:05:13 | 0:01:03 | 63 |
| Contenedor 64 | Contenedor 65 | 0:03:08 | 0:00:38 | 38 | 0:05:14 | 0:01:03 | 63 |
| Contenedor 65 | Contenedor 66 | 0:06:02 | 0:01:12 | 72 | 0:09:34 | 0:01:55 | 115 |
| Contenedor 66 | Contenedor 67 | 0:03:05 | 0:00:37 | 37 | 0:04:22 | 0:00:52 | 52 |
| Contenedor 67 | Contenedor 68 | 0:02:15 | 0:00:27 | 27 | 0:05:20 | 0:01:04 | 64 |
| | Contenedor 69 | 0:03:40 | 0:00:44 | 44 | | | |
| Contenedor 68y69 | Contenedor 70 | 0:03:20 | 0:00:40 | 40 | 0:06:25 | 0:01:17 | 77 |
| | Contenedor 71 | 0:04:37 | 0:00:55 | 55 | | | |
| | Contenedor 72 | 0:04:08 | 0:00:50 | 50 | | | |
| | Contenedor 73 | 0:03:29 | 0:00:42 | 42 | | | |
| Contenedor 70,71,72,73 | Contenedor 74 | 0:03:17 | 0:00:39 | 39 | 0:07:46 | 0:01:33 | 93 |
| | Contenedor 75 | 0:03:47 | 0:00:45 | 45 | | | |
| Contenedor 74,75 | Contenedor 76 | 0:10:30 | 0:02:06 | 126 | 0:01:23 | 0:00:17 | 17 |
| | Contenedor 77 | 0:04:24 | 0:00:53 | 53 | | | |
| Contenedor 76,77 | Contenedor 78 | 0:03:14 | 0:00:39 | 39 | 0:05:25 | 0:01:05 | 65 |
| Contenedor 78 | Contenedor 79 | 0:04:27 | 0:00:53 | 53 | 0:03:11 | 0:00:38 | 38 |
| Contenedor 79 | Contenedor 80 | 0:09:33 | 0:01:55 | 115 | 0:18:10 | 0:03:38 | 218 |
| Contenedor 80 | Contenedor 81 | 0:02:50 | 0:00:34 | 34 | 0:06:08 | 0:01:14 | 74 |
| Contenedor 81 | Contenedor 82 | 0:05:08 | 0:01:02 | 62 | 0:05:44 | 0:01:09 | 69 |
| Contenedor 82 | Contenedor 83 | 0:03:38 | 0:00:44 | 44 | 0:05:26 | 0:01:05 | 64 |
| Contenedor 83 | Contenedor 84 | 0:03:10 | 0:00:38 | 38 | 0:02:37 | 0:00:31 | 31 |
| Contenedor 84 | Contenedor 85 | 0:06:12 | 0:01:14 | 74 | 0:16:25 | 0:03:17 | 197 |
| Contenedor 85 | BOTADERO | 0:00:00 | 0:00:00 | 0 | 2:08:00 | 0:25:36 | 1536 |
| TOTAL | | 2:25:46 | 0:29:09 | 1749 | 6:39:38 | 1:19:56 | 4796 |

| VIAJE AL BOTADERO N.-3 | | | | | | | |
|------------------------|---------------|--|-------------|----------|---|-------------|----------|
| DESDE | HASTA | TABULACIÓN DE LOS 5 DÍAS DEL TIEMPO DE RECOLECCIÓN | | | TABULACIÓN DE LOS 5 DÍAS DEL TIEMPO DE LLEGADA ENTRE CONTENEDORES | | |
| | | SUMA 5 DÍAS | MEDIA ARIT. | SEGUNDOS | SUMA | MEDIA ARIT. | SEGUNDOS |
| BOTADERO | Contenedor 86 | 0:05:00 | 0:01:00 | 60 | 2:04:55 | 0:24:59 | 1499 |
| Contenedor 86 | Contenedor 87 | 0:05:14 | 0:01:03 | 63 | 0:01:18 | 0:00:16 | 16 |
| Contenedor 87 | Contenedor 88 | 0:05:06 | 0:01:01 | 61 | 0:05:16 | 0:01:03 | 63 |
| Contenedor 88 | Contenedor 89 | 0:03:56 | 0:00:47 | 47 | 0:04:34 | 0:00:55 | 55 |
| Contenedor 89 | Contenedor 90 | 0:03:42 | 0:00:44 | 44 | 0:07:33 | 0:01:31 | 91 |
| Contenedor 90 | Contenedor 91 | 0:03:03 | 0:00:37 | 37 | 0:21:08 | 0:04:14 | 254 |
| Contenedor 91 | Contenedor 92 | 0:03:01 | 0:00:36 | 36 | 0:03:47 | 0:00:45 | 45 |
| Contenedor 92 | Contenedor 93 | 0:02:57 | 0:00:35 | 35 | 0:03:18 | 0:00:40 | 40 |
| Contenedor 93 | Contenedor 94 | 0:05:42 | 0:01:08 | 68 | 0:02:15 | 0:00:27 | 27 |
| Contenedor 94 | Contenedor 95 | 0:04:19 | 0:00:52 | 52 | 0:02:15 | 0:00:27 | 27 |
| Contenedor 95 | Contenedor 96 | 0:03:48 | 0:00:46 | 46 | 0:04:45 | 0:00:57 | 57 |

| | | | | | | | |
|------------------------|----------------|---------|---------|-----|---------|---------|-----|
| Contenedor 96 | Contenedor 97 | 0:03:44 | 0:00:45 | 45 | 0:03:41 | 0:00:44 | 44 |
| Contenedor 97 | Contenedor 98 | 0:02:19 | 0:00:28 | 28 | 0:08:49 | 0:01:46 | 106 |
| Contenedor 98 | Contenedor 99 | 0:04:01 | 0:00:48 | 48 | 0:05:45 | 0:01:09 | 69 |
| | Contenedor 100 | 0:04:04 | 0:00:49 | 49 | | | |
| | Contenedor 101 | 0:04:07 | 0:00:49 | 49 | | | |
| Contenedor 99,100,101 | Contenedor 102 | 0:02:50 | 0:00:34 | 34 | 0:03:47 | 0:00:45 | 45 |
| Contenedor 102 | Contenedor 103 | 0:02:14 | 0:00:27 | 27 | 0:10:16 | 0:02:03 | 123 |
| Contenedor 103 | Contenedor 104 | 0:02:45 | 0:00:33 | 33 | 0:01:07 | 0:00:13 | 13 |
| Contenedor 104 | Contenedor 105 | 0:03:19 | 0:00:40 | 40 | 0:04:21 | 0:00:52 | 52 |
| Contenedor 105 | Contenedor 106 | 0:02:28 | 0:00:30 | 30 | 0:36:16 | 0:07:15 | 435 |
| Contenedor 106 | Contenedor 107 | 0:01:27 | 0:00:17 | 17 | 0:05:09 | 0:01:02 | 62 |
| | Contenedor 108 | 0:03:56 | 0:00:47 | 47 | | | |
| | Contenedor 109 | 0:02:53 | 0:00:35 | 35 | | | |
| Contenedor 107,108,109 | Contenedor 110 | 0:03:11 | 0:00:38 | 38 | 0:02:49 | 0:00:34 | 34 |
| Contenedor 110 | Contenedor 111 | 0:02:45 | 0:00:33 | 33 | 0:01:25 | 0:00:17 | 17 |
| Contenedor 111 | Contenedor 112 | 0:03:59 | 0:00:48 | 48 | 0:04:32 | 0:00:54 | 54 |
| Contenedor 112 | Contenedor 113 | 0:03:41 | 0:00:44 | 44 | 0:03:42 | 0:00:44 | 44 |
| Contenedor 113 | Contenedor 114 | 0:03:30 | 0:00:42 | 42 | 0:04:38 | 0:00:56 | 56 |
| Contenedor 114 | Contenedor 115 | 0:03:52 | 0:00:46 | 46 | 0:04:06 | 0:00:49 | 49 |
| | Contenedor 116 | 0:02:30 | 0:00:30 | 30 | | | |
| Contenedor 115y116 | Contenedor 117 | 0:04:08 | 0:00:50 | 50 | 0:03:39 | 0:00:44 | 44 |
| Contenedor 117 | Contenedor 118 | 0:04:44 | 0:00:57 | 57 | 0:05:11 | 0:01:02 | 62 |
| | Contenedor 119 | 0:04:13 | 0:00:51 | 51 | | | |
| Contenedor 118y119 | Contenedor 120 | 0:03:33 | 0:00:43 | 43 | 0:01:10 | 0:00:14 | 14 |
| Contenedor 120 | Contenedor 121 | 0:03:58 | 0:00:48 | 48 | 0:04:23 | 0:00:53 | 53 |
| Contenedor 121 | Contenedor 122 | 0:04:17 | 0:00:51 | 51 | 0:06:10 | 0:01:14 | 74 |
| Contenedor 122 | Contenedor 123 | 0:03:58 | 0:00:48 | 48 | 0:01:59 | 0:00:24 | 24 |
| Contenedor 123 | Contenedor 124 | 0:04:01 | 0:00:48 | 48 | 0:07:59 | 0:01:36 | 96 |
| Contenedor 124 | Contenedor 125 | 0:03:41 | 0:00:44 | 44 | 0:01:45 | 0:00:21 | 21 |
| Contenedor 125 | Contenedor 126 | 0:03:59 | 0:00:48 | 48 | 0:04:28 | 0:00:54 | 54 |
| Contenedor 126 | Contenedor 127 | 0:04:08 | 0:00:50 | 50 | 0:07:44 | 0:01:33 | 93 |
| Contenedor 127 | Contenedor 128 | 0:04:26 | 0:00:53 | 53 | 0:03:07 | 0:00:37 | 37 |
| Contenedor 128 | Contenedor 129 | 0:02:39 | 0:00:32 | 32 | 0:05:13 | 0:01:03 | 63 |
| Contenedor 129 | Contenedor 130 | 0:04:20 | 0:00:52 | 52 | 0:05:29 | 0:01:06 | 66 |
| Contenedor 130 | Contenedor 131 | 0:05:09 | 0:01:02 | 62 | 0:05:34 | 0:01:07 | 67 |
| Contenedor 131 | Contenedor 132 | 0:04:17 | 0:00:51 | 51 | 0:02:58 | 0:00:36 | 36 |
| Contenedor 132 | Contenedor 133 | 0:05:06 | 0:01:01 | 61 | 0:04:29 | 0:00:54 | 54 |
| Contenedor 133 | Contenedor 134 | 0:03:14 | 0:00:39 | 39 | 0:03:37 | 0:00:43 | 43 |
| Contenedor 134 | Contenedor 135 | 0:07:11 | 0:01:26 | 86 | 0:03:56 | 0:00:47 | 47 |
| Contenedor 135 | Contenedor 136 | 0:13:42 | 0:02:44 | 164 | 0:08:54 | 0:01:47 | 107 |
| | Contenedor 137 | 0:10:09 | 0:02:02 | 121 | | | |
| | Contenedor 138 | 0:11:19 | 0:02:16 | 136 | | | |
| | Contenedor 139 | 0:12:06 | 0:02:25 | 145 | | | |

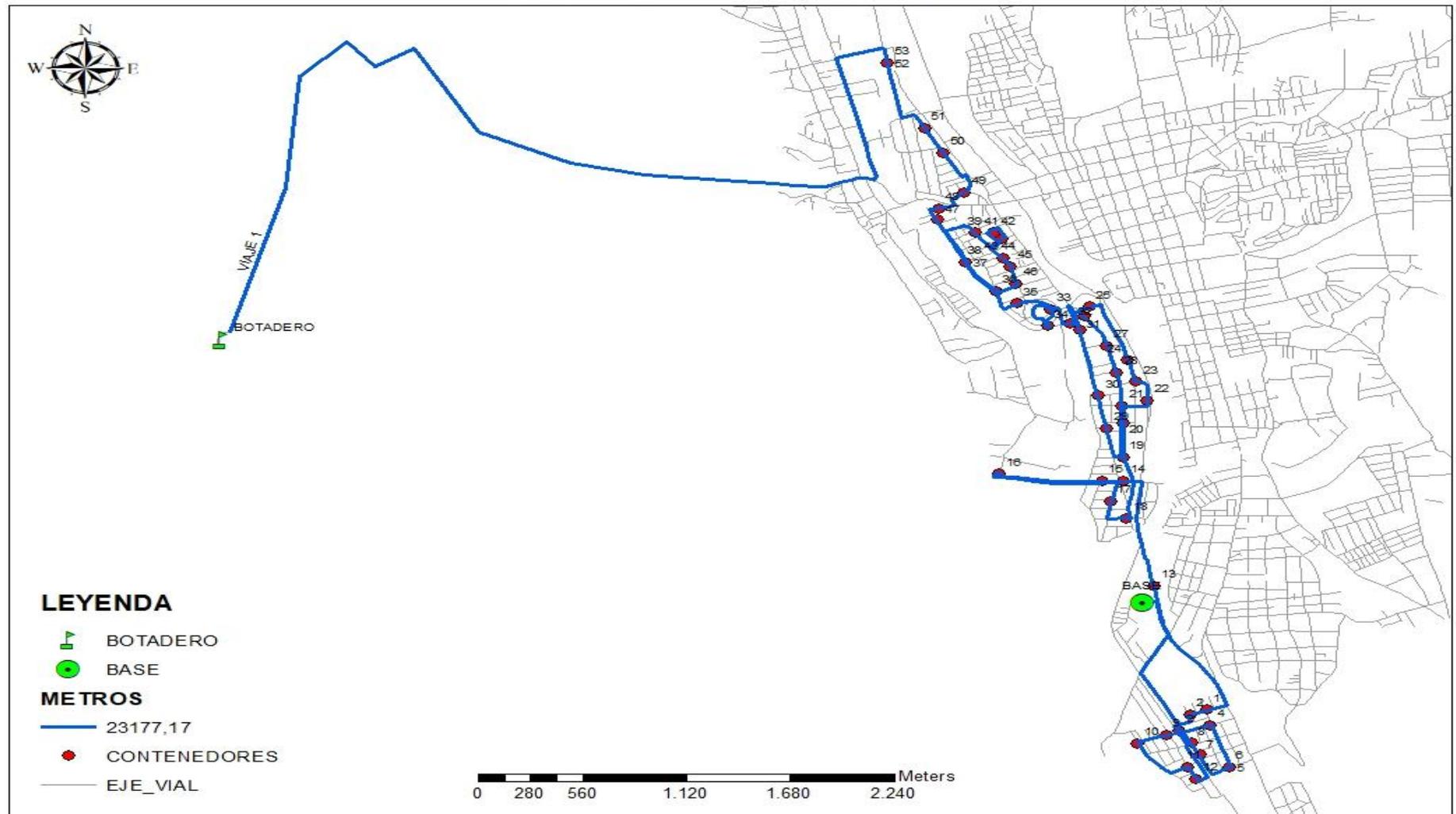
| | | | | | | | |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------------|-------------|
| Contenedor 136,137,138,139 | Contenedor 140 | 0:03:14 | 0:00:39 | 39 | 0:10:44 | 0:02:09 | 129 |
| contenedor 140 | Contenedor 141 | 0:03:57 | 0:00:47 | 47 | 0:05:19 | 0:01:04 | 64 |
| Contenedor 141 | Contenedor 142 | 0:02:27 | 0:00:29 | 29 | 0:23:36 | 0:04:43 | 283 |
| | Contenedor 143 | 0:04:02 | 0:00:48 | 48 | | | |
| | Contenedor 144 | 0:03:44 | 0:00:45 | 45 | | | |
| Contenedor 142,143,144 | Contenedor 145 | 0:03:44 | 0:00:45 | 45 | 0:01:23 | 0:00:17 | 17 |
| Contenedor 145 | BOTADERO | 0:00:00 | 0:00:00 | 0 | 3:02:07 | 0:36:25 | 2185 |
| TOTAL | | 4:18:49 | 0:51:46 | 3105 | 9:52:21 | 1:58:28 | 7110 |

| VIAJE AL FINAL A LA BASE N.-4 | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------|--|----------------|------------|---|----------------|-------------|
| DESDE | HASTA | TABULACIÓN DE LOS 5 DÍAS DEL TIEMPO DE RECOLECCIÓN | | | TABULACIÓN DE LOS 5 DÍAS DEL TIEMPO DE LLEGADA ENTRE CONTENEDORES | | |
| | | SUMA 5 DÍAS | MEDIA ARIT. | SEGUNDOS | SUMA | MEDIA ARIT. | SEGUNDOS |
| BOTADERO | Contenedor 146 | 0:03:18 | 0:00:41 | 41 | 2:02:03 | 0:24:25 | 1465 |
| | Contenedor 147 | 0:03:24 | 0:00:47 | 47 | | | |
| Contenedor 146-147 | Contenedor 148 | 0:03:54 | 0:00:47 | 47 | 0:01:12 | 0:00:14 | 14 |
| Contenedor 148 | Contenedor 149 | 0:03:45 | 0:00:45 | 45 | 0:04:56 | 0:00:59 | 59 |
| Contenedor 149 | Contenedor 150 | 0:02:34 | 0:00:31 | 31 | 0:05:28 | 0:01:06 | 66 |
| Contenedor 150 | BASE | 0:00:00 | 0:00:00 | 0 | 1:14:45 | 0:14:57 | 897 |
| TOTAL | | 0:16:55 | 0:03:30 | 211 | 3:28:24 | 0:41:41 | 2501 |

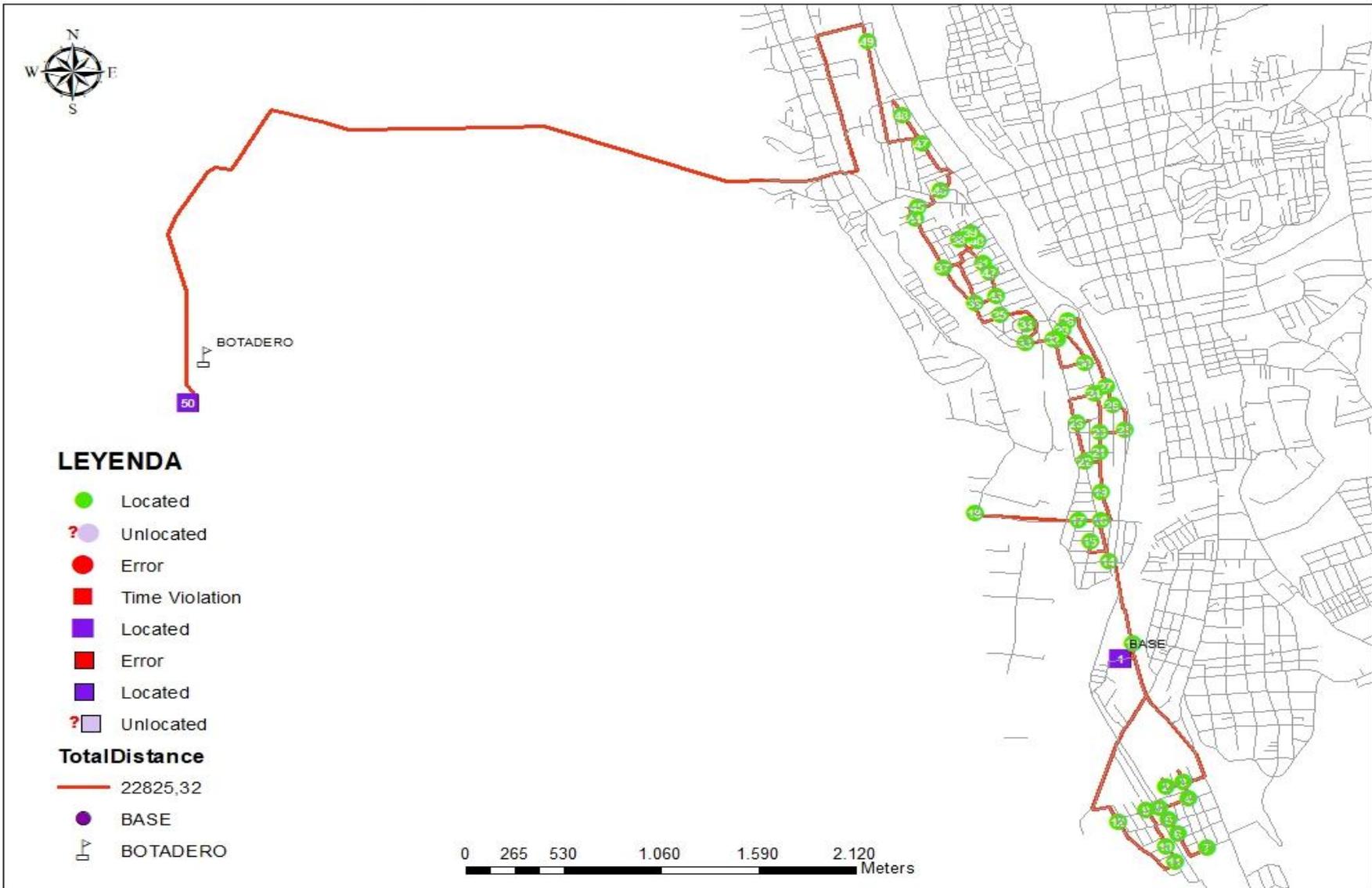
| TOTAL DEL TIEMPO DE LOS 3 VIAJES DE RECOLECCIÓN DE BASURA | | | | | | | |
|---|--|----------------|-------------|---|----------------|--------------|--|
| VIAJE | TABULACIÓN DE LOS 5 DÍAS DEL TIEMPO DE RECOLECCIÓN | | | TABULACIÓN DE LOS 5 DÍAS DEL TIEMPO DE LLEGADA ENTRE CONTENEDORES | | | |
| | SUMA 5 DÍAS | MEDIA ARIT. | SEGUNDOS | SUMA | MEDIA ARIT. | SEGUNDOS | |
| VIAJE AL BOTADERO N.-1 | 4:03:05 | 0:48:37 | 2917 | 6:57:02 | 1:23:25 | 5005 | |
| VIAJE AL BOTADERO N.-2 | 2:25:46 | 0:29:09 | 1749 | 6:39:38 | 1:19:56 | 4796 | |
| VIAJE FINAL A LA BASE N.-3 | 4:18:49 | 0:51:46 | 3105 | 9:52:21 | 1:58:28 | 7110 | |
| VIAJE FINAL A LA BASE N.-4 | 0:16:55 | 0:03:30 | 211 | 3:28:24 | 0:41:41 | 2501 | |
| TOTAL | 11:04:35 | 2:13:02 | 7982 | 26:57:25 | 5:23:29 | 19412 | |
| El vehículo recolector de basura de basura en esta ruta recorre un total de: 7:36:32 | | | | | | | |

Anexo n.- 8: Imágenes de las rutas actuales y rutas optimizadas.

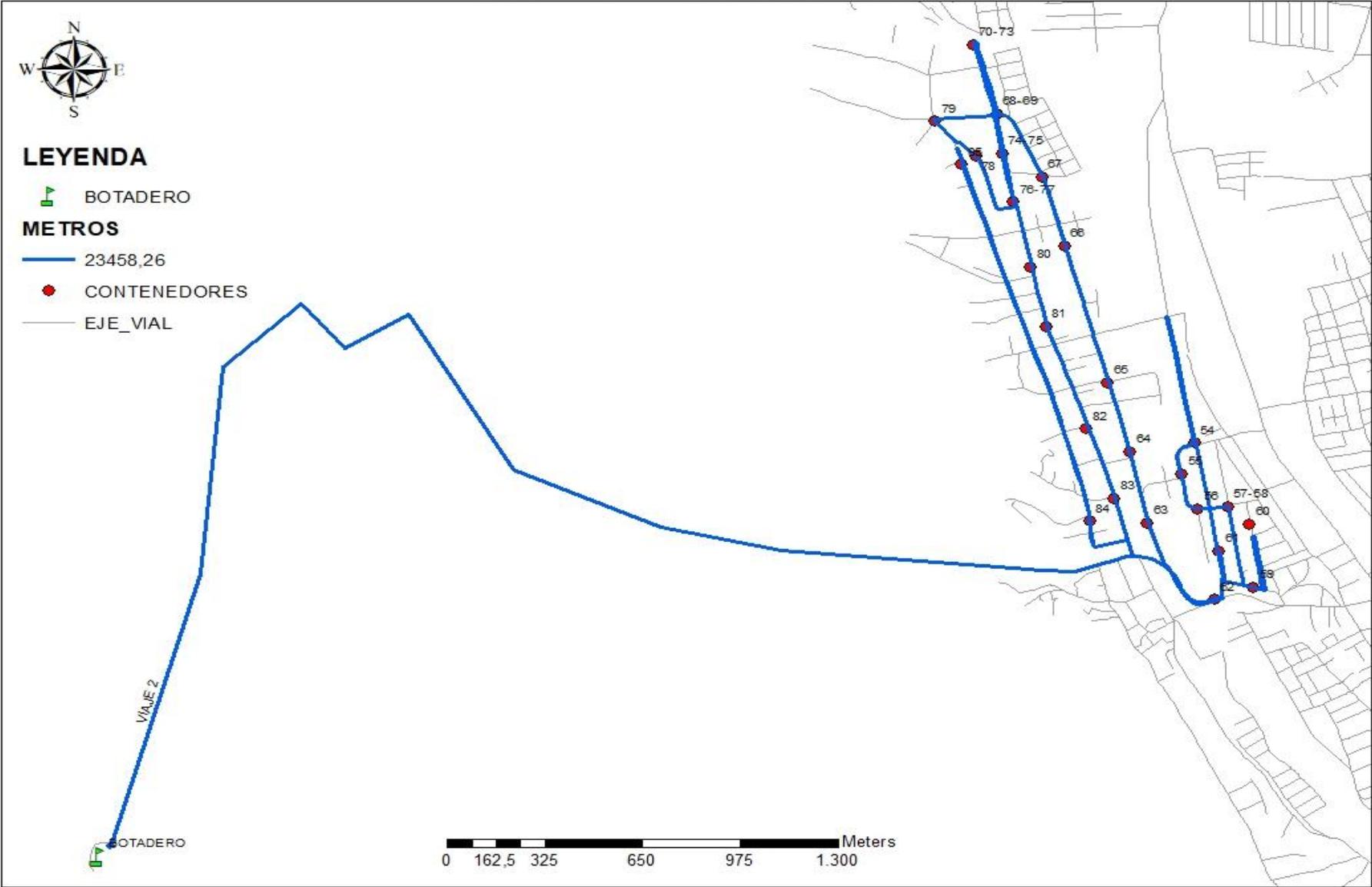
RUTA OCCIDENTAL ACTUAL. VIAJE 1



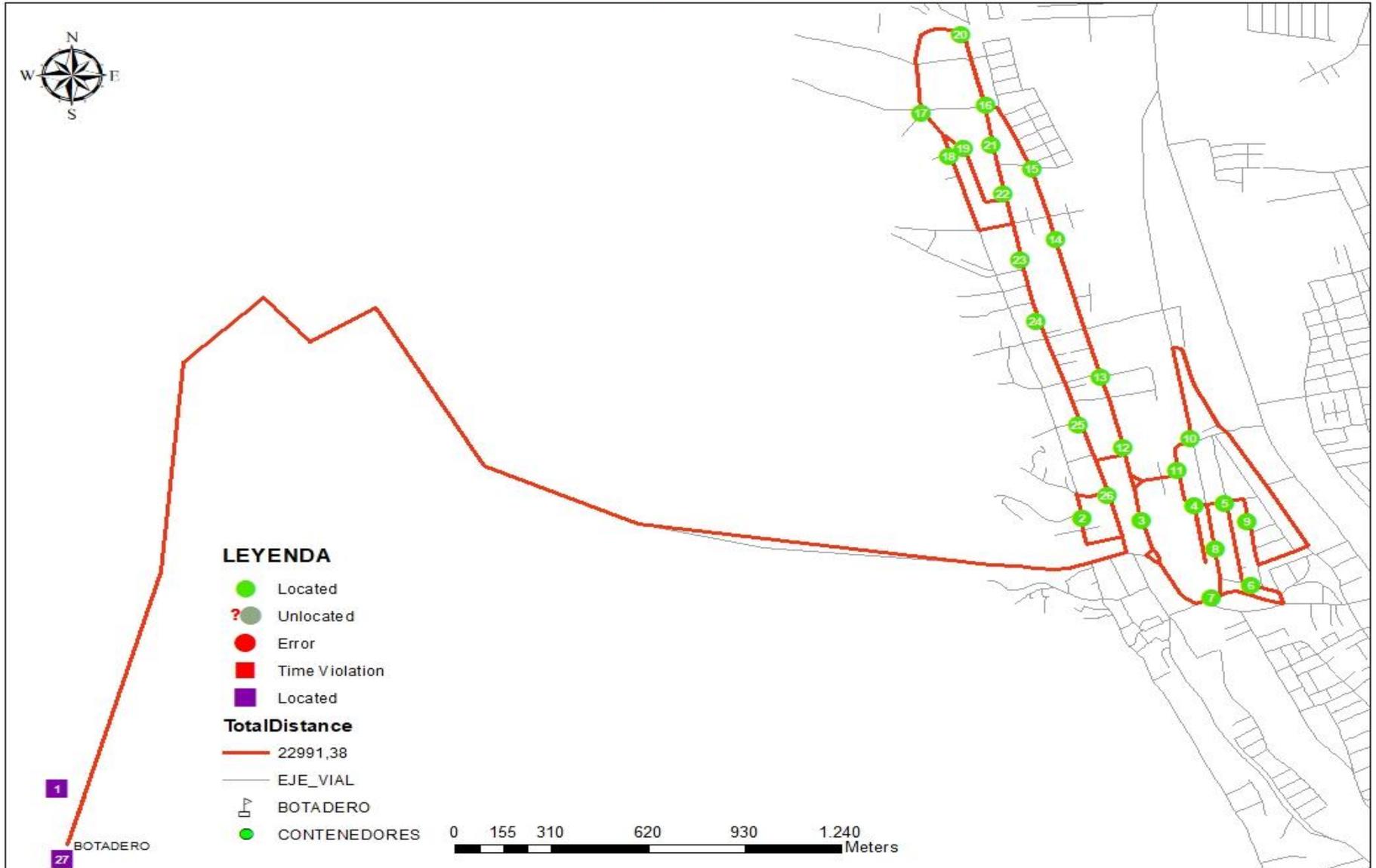
RUTA OCCIDENTAL OPTIMIZADA. VIAJE 1



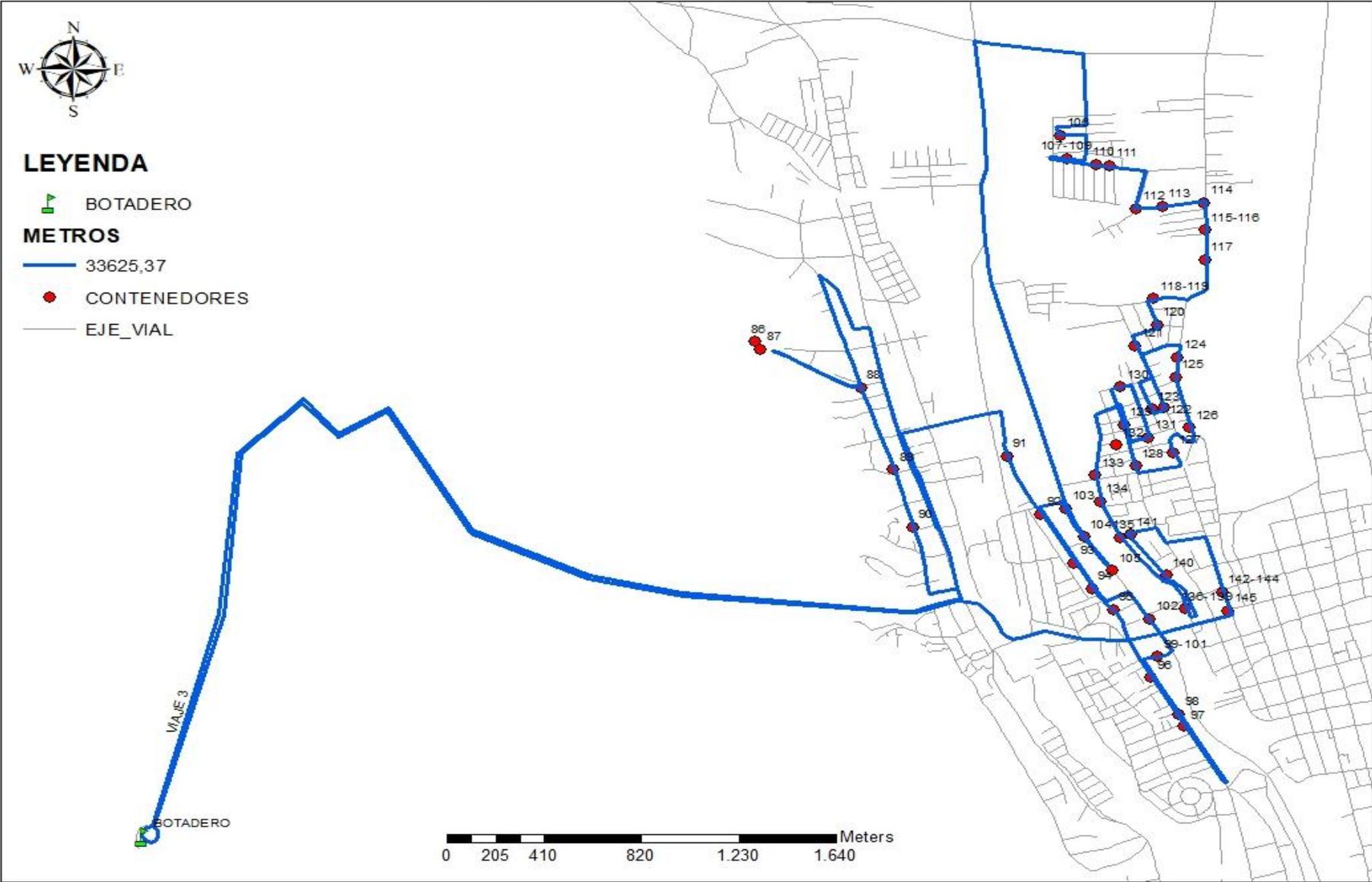
RUTA OCCIDENTAL ACTUAL. VIAJE 2



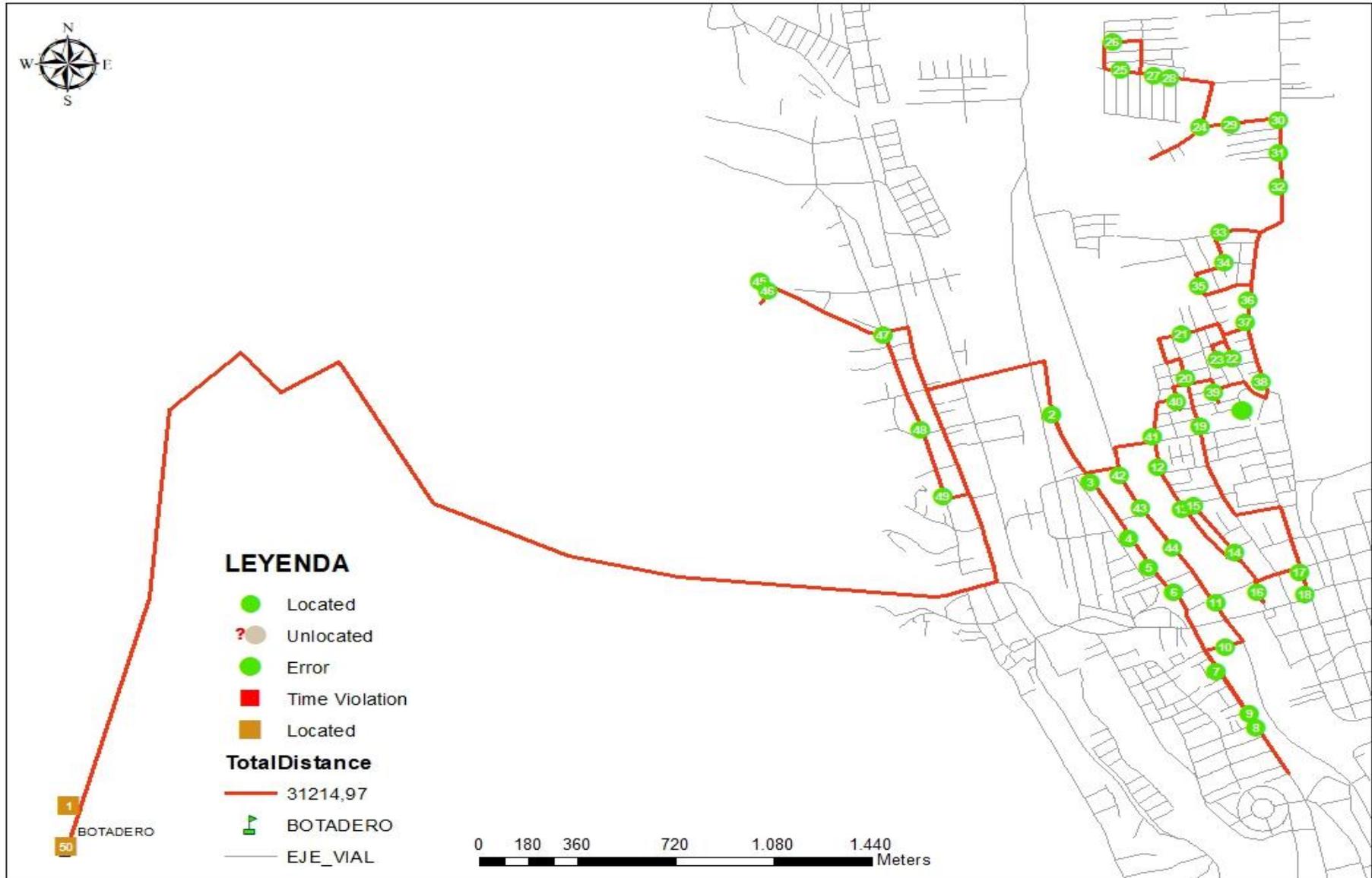
RUTA OCCIDENTAL OPTIMIZADA. VIAJE 2



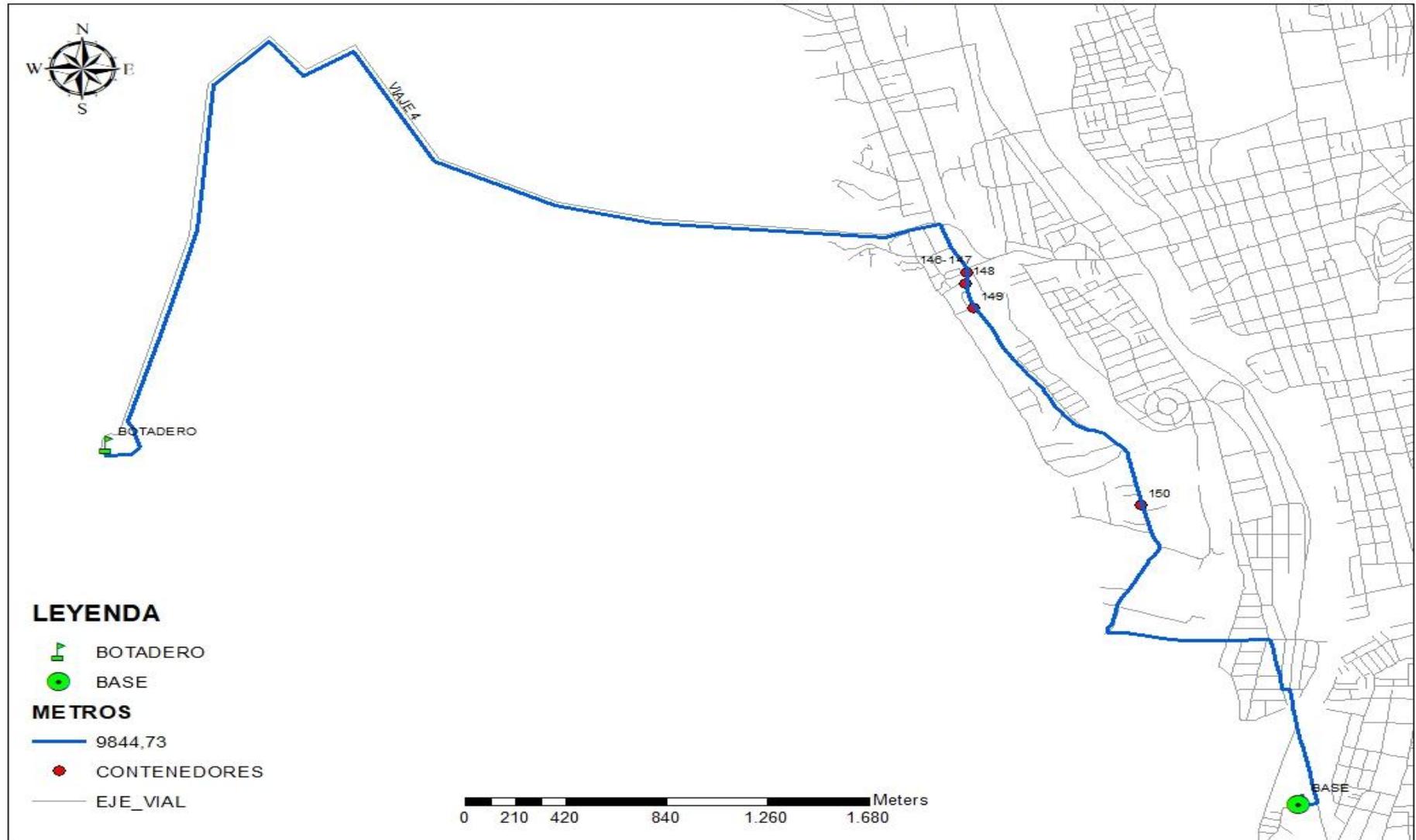
RUTA OCCIDENTAL ACTUAL. VIAJE 3



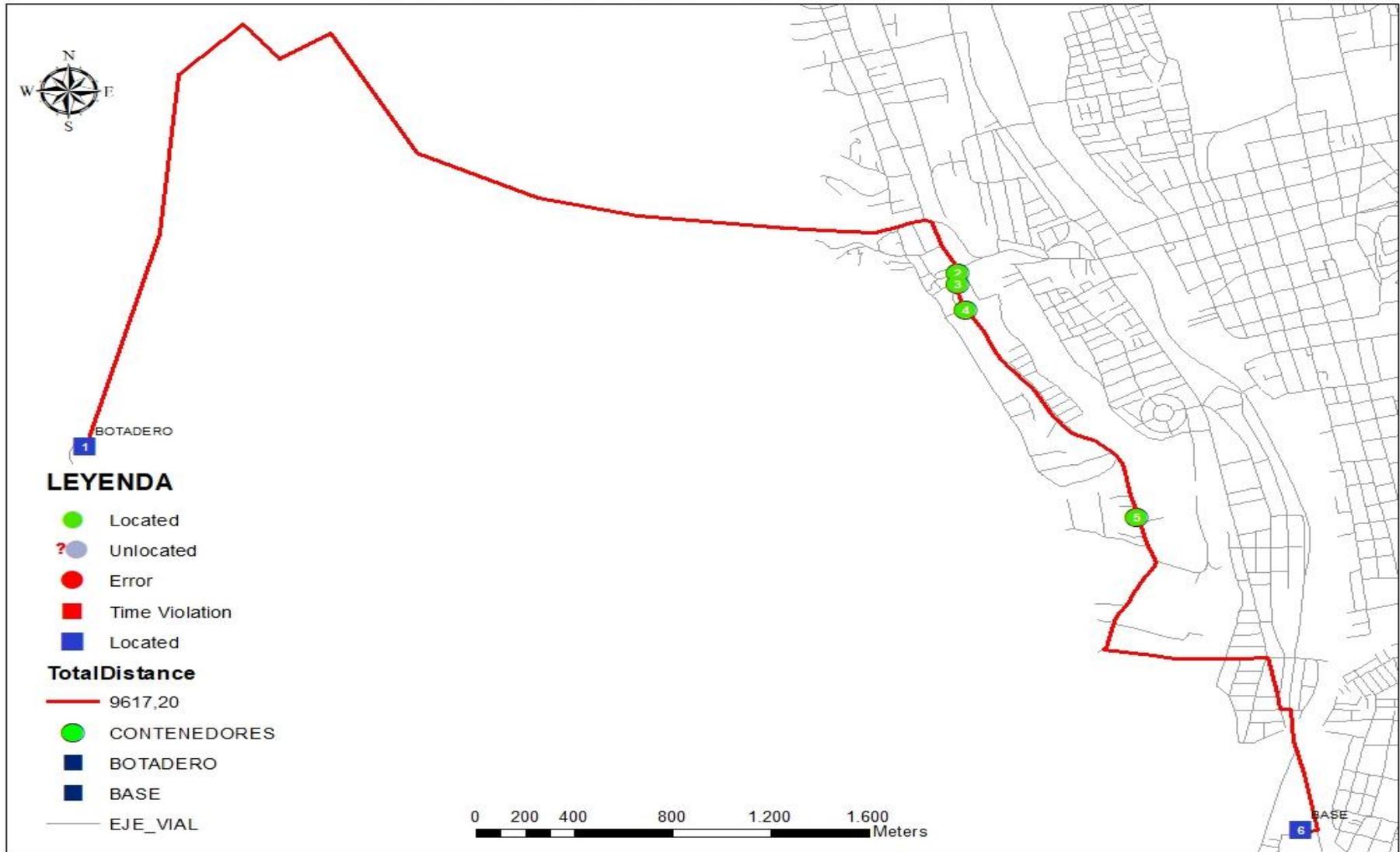
RUTA OCCIDENTAL OPTIMIZADA. VIAJE 3



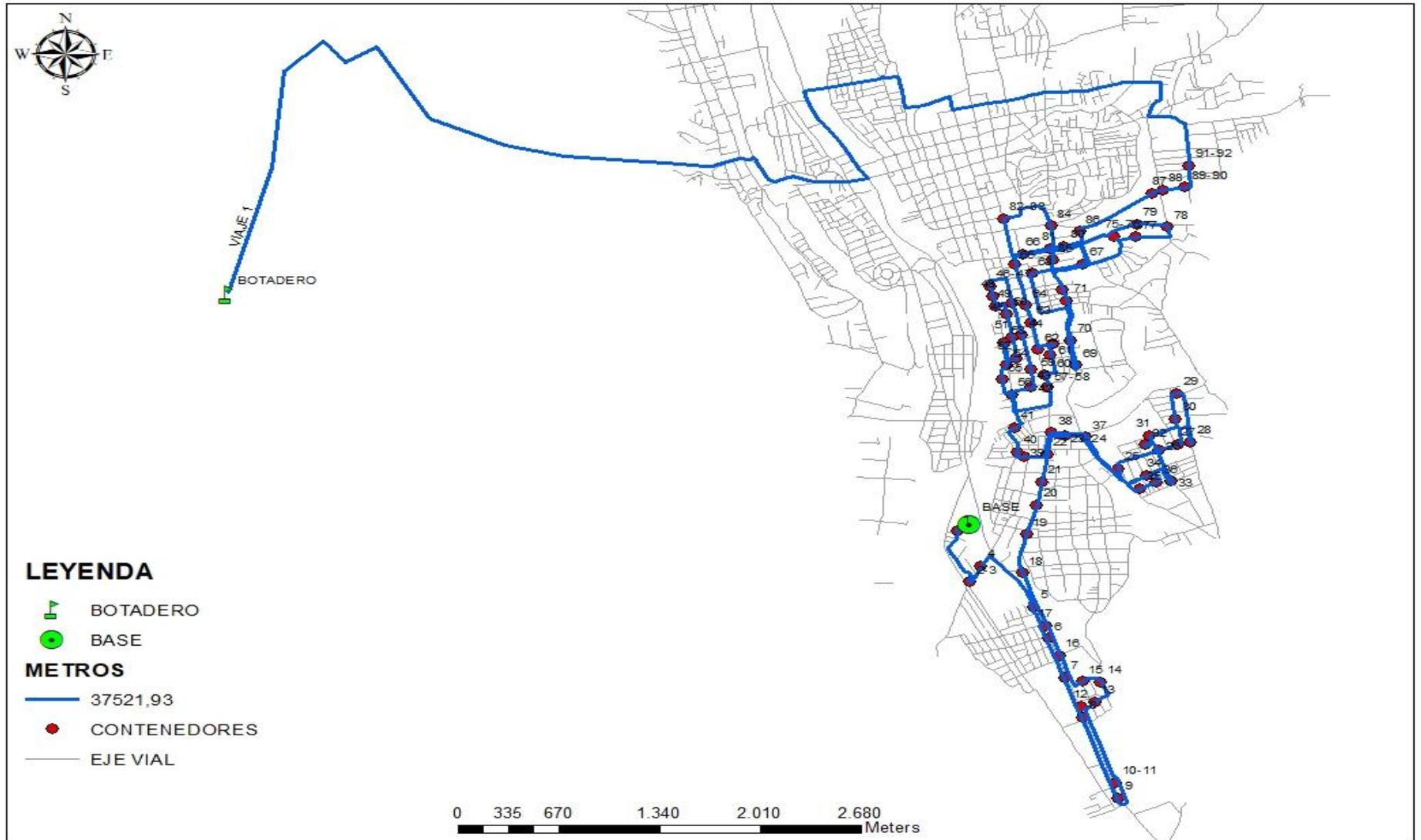
RUTA OCCIDENTAL ACTUAL. VIAJE 4



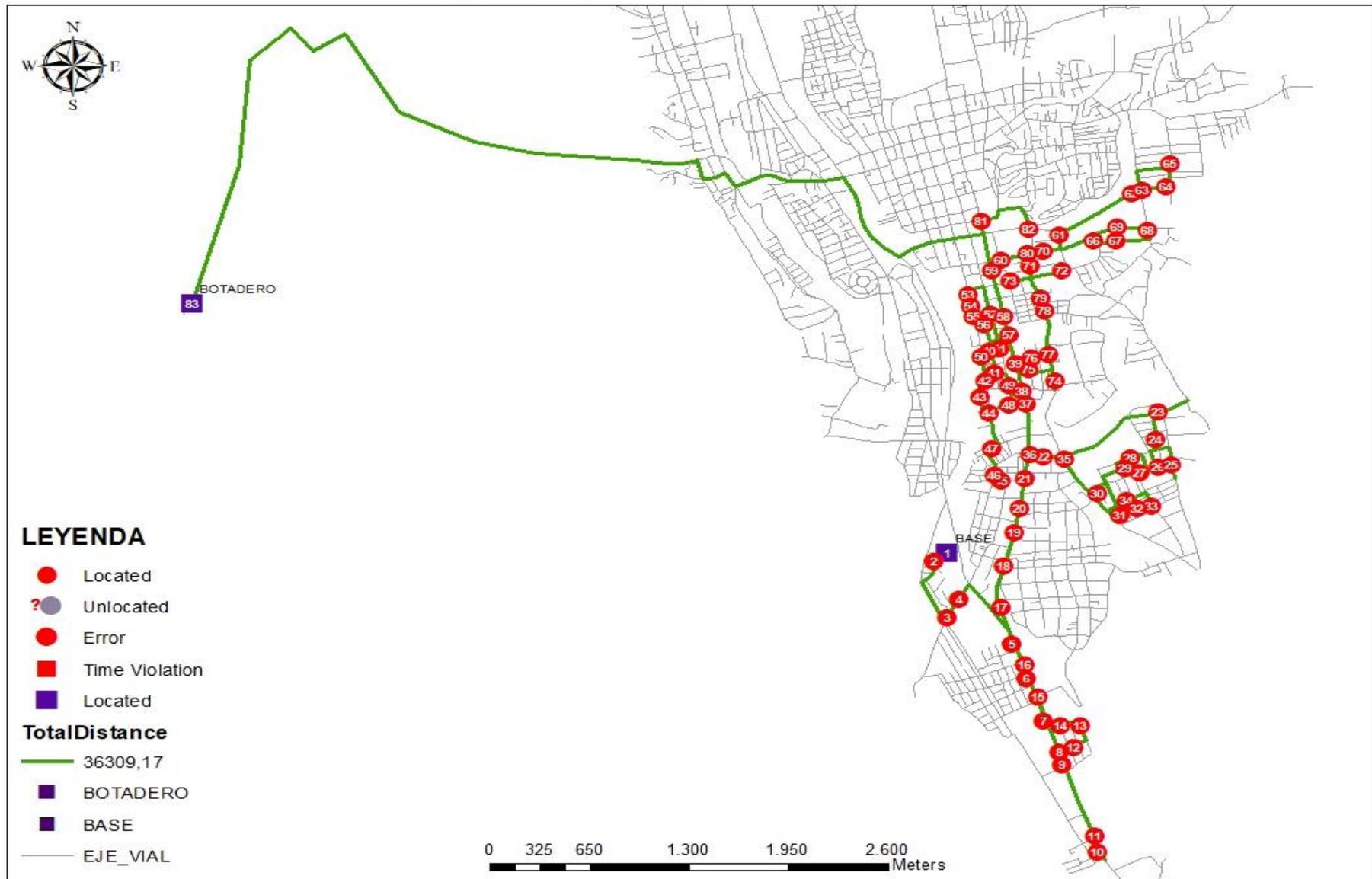
RUTA OCCIDENTAL OPTIMIZADA. VIAJE 4



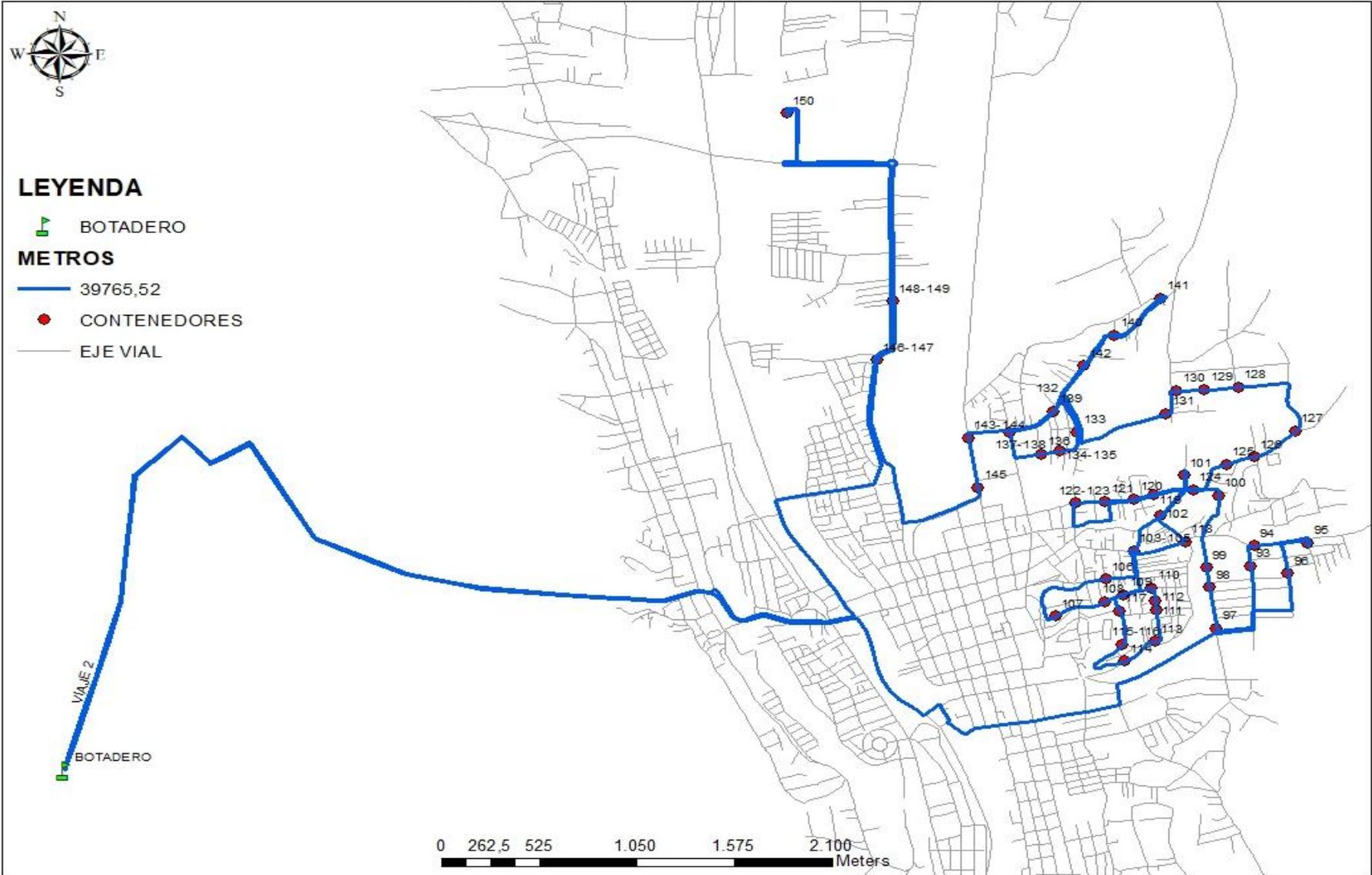
RUTA ORIENTAL ACTUAL. VIAJE 1



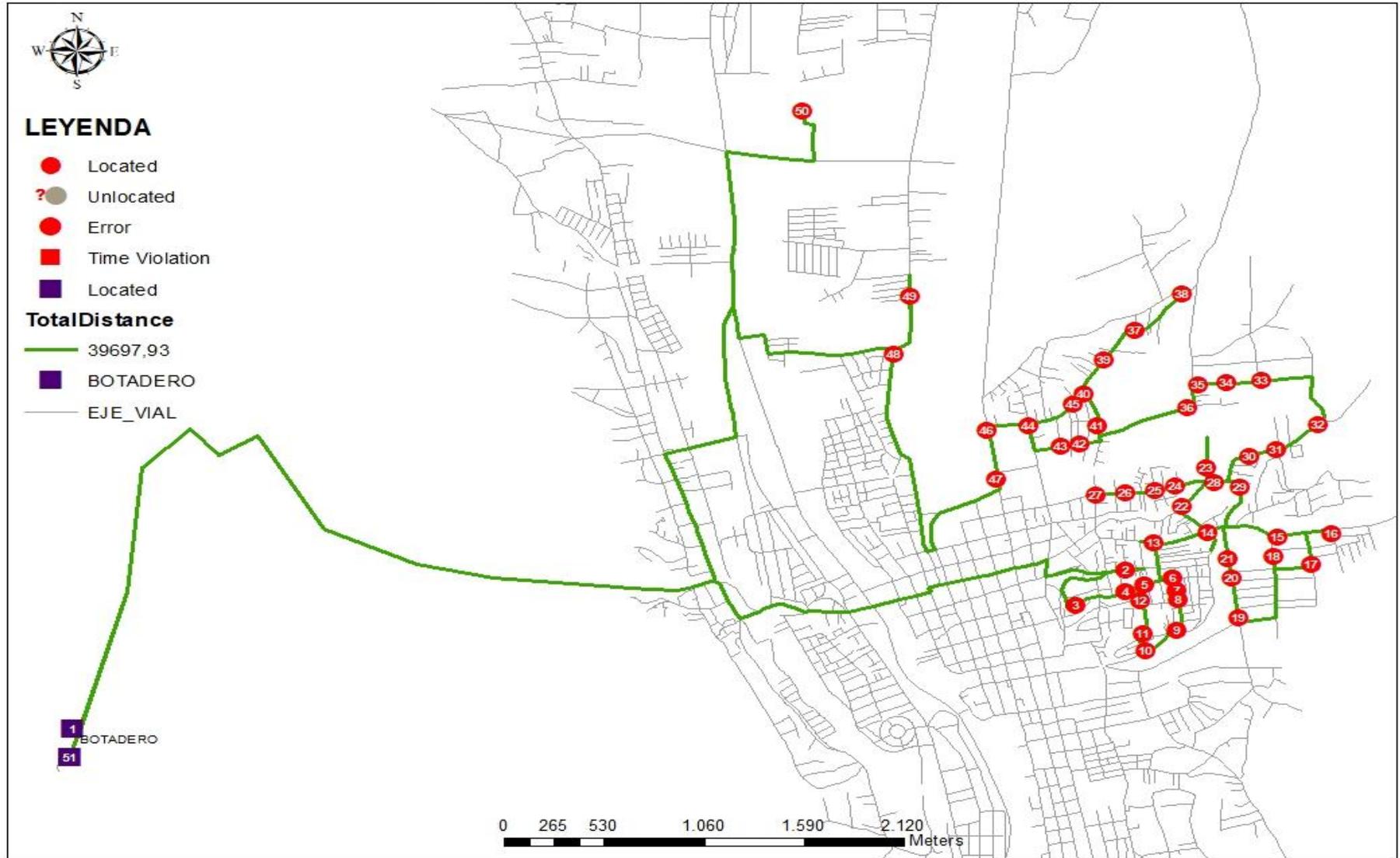
RUTA ORIENTAL OPTIMIZADA. VIAJE 1



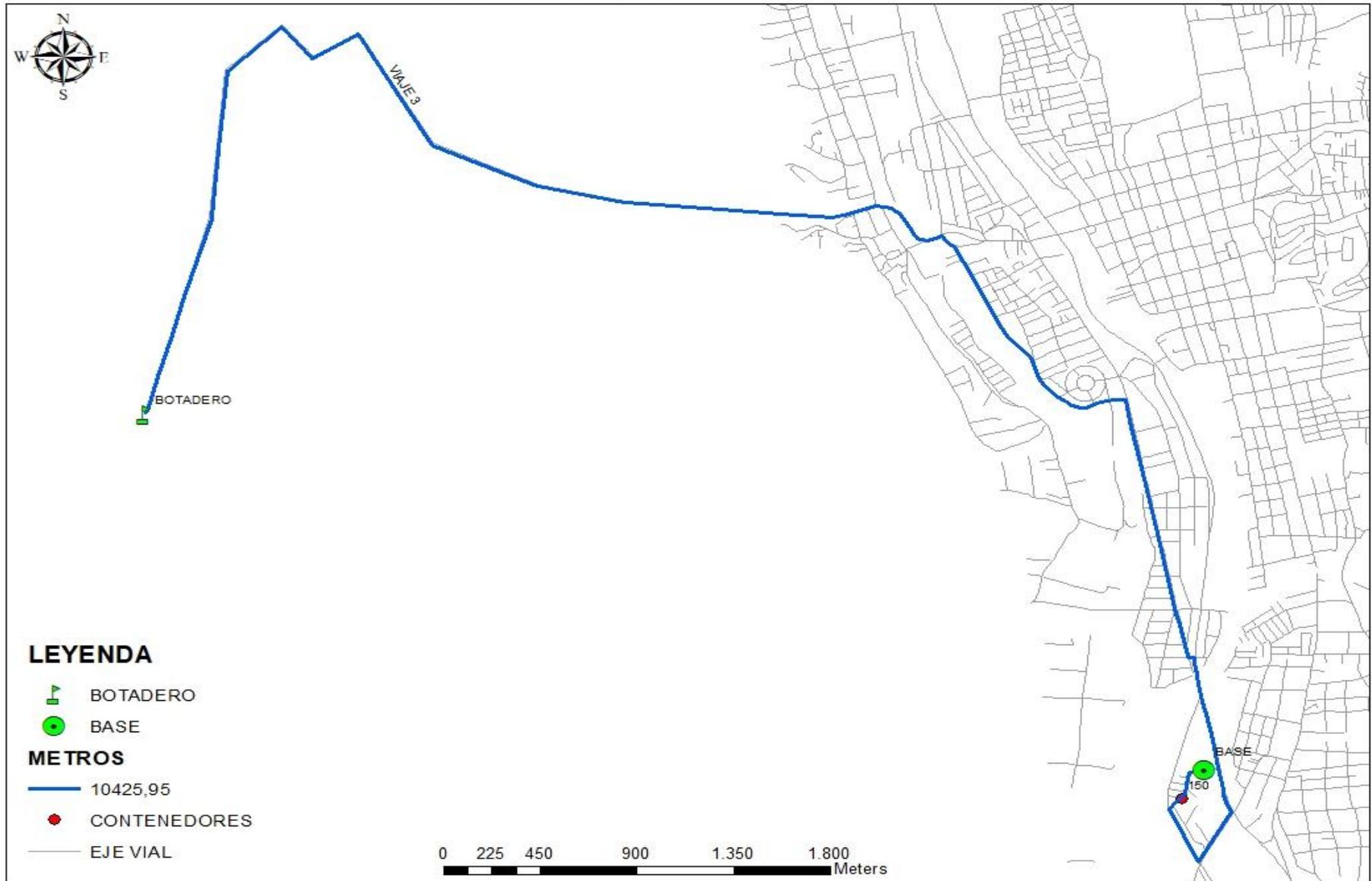
RUTA ORIENTAL ACTUAL. VIAJE 2



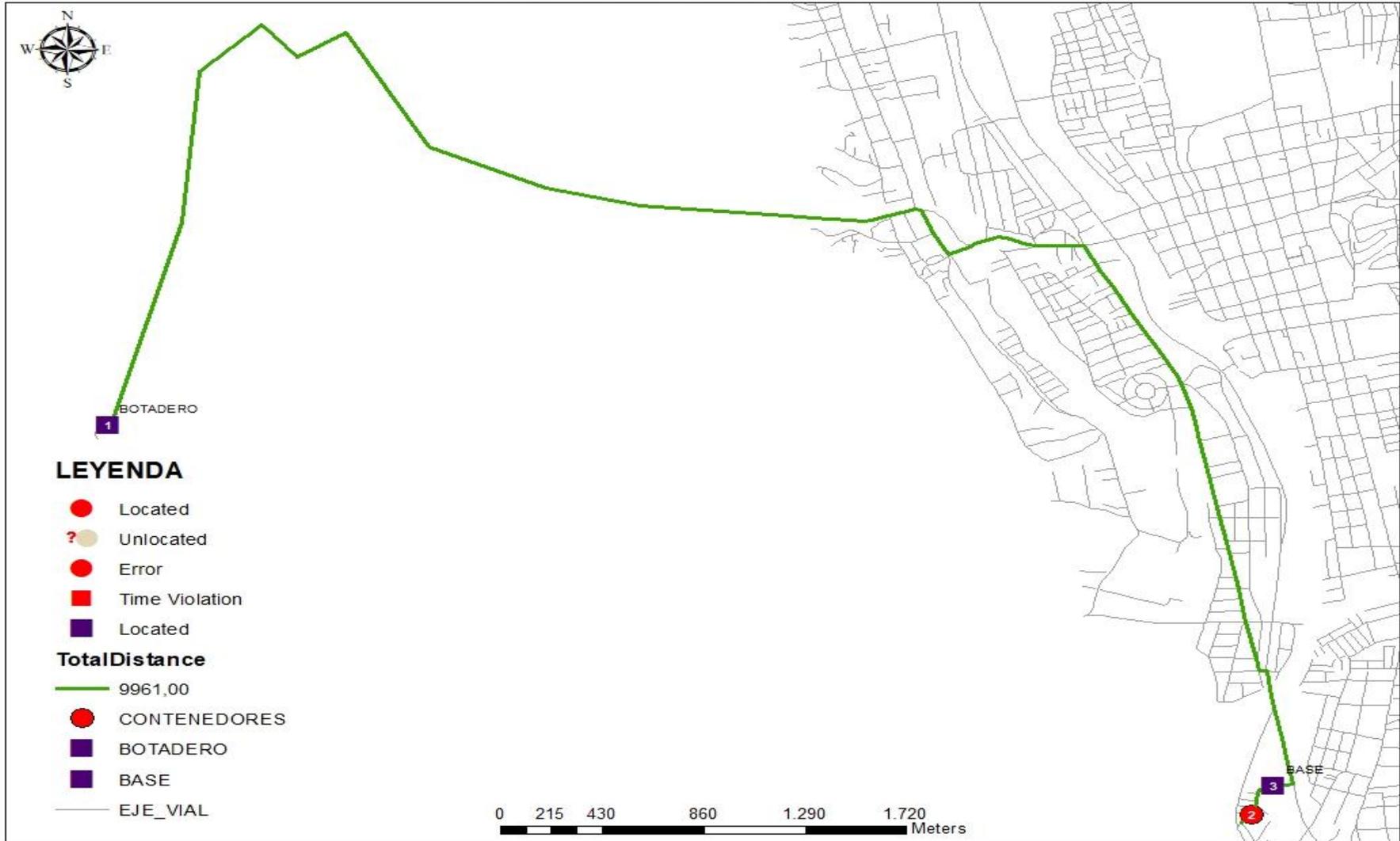
RUTA ORIENTAL OPTIMIZADA. VIAJE 2



RUTA ORIENTAL ACTUAL. VIAJE 3



RUTA ORIENTAL OPTIMIZADA. VIAJE 3



Anexo n.- 9: Hoja de vida de los autores del proyecto

HOJA DE VIDA

DATOS PERSONALES

NOMBRES: Segundo Raúl
APELLIDOS: Alajo Tumbaco
C.I. 050354362
ESTADO CIVIL: Soltero
FECHA DE NACIMIENTO: 01/10/1995
NACIONALIDAD: Ecuatoriana
DOMICILIO: Latacunga
PROVINCIA: Cotopaxi
TELÉFONO: 0990162094
CORREO: segundo.alajo2@utc.edu.ec

ESTUDIOS REALIZADOS

PRIMARIA: Escuela Dr. Cesar Suarez Salazar
SECUNDARIA: Colegio Técnico Sigchos
SUPERIOR: Universidad Técnica de Cotopaxi

TRABAJOS DESEMPEÑADOS:

Ninguno.

CURSOS REALIZADOS:

- Suficiencia de Idiomas Inglés Universidad Técnica de Cotopaxi

DATOS PERSONALES

NOMBRES: Luis Omar
APELLIDOS: Quinatoa Vinocunga
C.I. 0503477788
ESTADO CIVIL: Soltero
FECHA DE NACIMIENTO: 29/10/1994
NACIONALIDAD: Ecuatoriana
DOMICILIO: Latacunga
PROVINCIA: Cotopaxi
TELÉFONO: 0984548981
CORREO: luis.quinatoa8@utc.edu.ec

ESTUDIOS REALIZADOS

PRIMARIA: Escuela “Batalla de Panupali”
SECUNDARIA: Instituto Tecnológico Superior Ramón Barba Naranjo
SUPERIOR: Universidad Técnica de Cotopaxi

TRABAJOS DESEMPEÑADOS:

Ninguno.

CURSOS REALIZADOS:

- Suficiencia de Idiomas Inglés Universidad Técnica de Cotopaxi