



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO
AMBIENTE**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA GEÓGRAFA Y DEL MEDIO AMBIENTE**

**TEMA: PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
SÓLIDOS NO PELIGROSOS PARA EL CANTÓN MEJÍA,
BASADO EN EL CÁLCULO DE RUTAS ÓPTIMAS**

AUTOR: SRTA. GUALICHICOMÍN JUIÑA, DASY BELÉN

**DIRECTOR: ING. BOLAÑOS GUERRÓN, DARÍO ROBERTO,
Ph.D.**

SANGOLQUÍ

2018



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO
AMBIENTE**

CERTIFICADO DEL DIRECTOR

Certifico que el trabajo de titulación, “**PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS PARA EL CANTÓN MEJÍA, BASADO EN EL CÁLCULO DE RUTAS ÓPTIMAS**”, realizado por la señorita **DASY BELÉN GUALICHICOMÍN JUIÑA**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por tanto me permito acreditar y autorizar a la señorita **DASY BELÉN GUALICHICOMÍN JUIÑA** para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 06 de febrero del 2018

A handwritten signature in blue ink is positioned above a horizontal dashed line. The signature is cursive and appears to read 'Darío Roberto Bolaños Guerrón'.

Ing. Bolaños Guerrón Darío Roberto, Ph.D.

DIRECTOR



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO
AMBIENTE**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **GUALICHICOMÍN JUIÑA DASY BELÉN**, con cédula de identidad N° 1720360922, declaro que este trabajo de titulación "**PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS PARA EL CANTÓN MEJÍA, BASADO EN EL CÁLCULO DE RUTAS ÓPTIMAS**" ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado el derecho intelectual de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, 06 de febrero del 2018

Dasy Belén Gualichicomín Juiña
C.C: 1720360922



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO
AMBIENTE**

AUTORIZACIÓN

Nosotras, **GUALICHICOMÍN JUIÑA DASY BELÉN**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE publicar en el Repositorio Institucional el presente trabajo de titulación “**PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS PARA EL CANTÓN MEJÍA, BASADO EN EL CÁLCULO DE RUTAS ÓPTIMAS**” en forma total, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 06 de febrero del 2018

Dasy Belén Gualichicomín Juiña
C.C: 1720360922

DEDICATORIA

A Dios por nunca dejarme sola, por estar en cada paso de mi vida y ser mi fortaleza en los momentos difíciles.

A mi papito, gracias por tanto, no me alcanzará la vida para agradecerte todo lo que has dado y haz hecho por mí. ¡Tú has creído en mí!

A mi mami (Mi gordita), gracias por tu entrega, tu sacrificio, gracias porque tú más que nadie me ayudaste para el desarrollo de este proyecto. ¡Gracias por ser mi madre!

A mi hermana Grace, por ser mi amiga, mi protectora, mi ejemplo a seguir y, por enseñarme el significado de la palabra incondicional. Gracias por levantarme una y otra vez.

A Wlady (Monito), gracias por la paciencia, por ser mi apoyo en lo personal y en lo académico y, siempre sacarme una sonrisa. Eres alguien muy importante en mi vida.

A mis dos amores Polito y Lucas, por enseñarme a amar a esos seres tan maravillosos como son los animales.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección de Medio Ambiente y Dirección de Servicios Públicos e Higiene del GAD Municipal del cantón Mejía, por proporcionarme la información necesaria para el desarrollo de este proyecto.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, por abrirme las puertas para formarme como profesional.

A mi director de tesis Ing. Darío Bolaños, PhD. quién siempre estuvo dispuesto a ayudarme y con mucha paciencia supo guiarme para culminar con éxito este trabajo. Más que mi director fue un amigo.

Al Ingeniero Ricardo Pachacama, por su colaboración en este proyecto.

A mi ñaño Wilmer, gracias por tu completa disposición, por tu tiempo y tu ayuda en el desarrollo de este proyecto.

A Alejandra (Alejita), por enseñarme que un verdadero amigo no es el que está siempre a tu lado, sino el que está cuando lo necesitas, gracias por cada consejo, palabra de ánimo y, por ayudarme en el desarrollo de este trabajo, incluso cuando también estabas realizando el tuyo, gracias por ese tiempo.

A Michelle (Michu), por los buenos y malos momentos que pasamos juntas, esos recuerdos jamás los olvidaré.

A Victoria, una de mis mejores amigas desde el colegio, gracias por esa amistad de tantos años.

A Leo, gracias por tu tiempo y, por siempre haber estado dispuesto ayudarme.

A Jhon P., gracias por tu ayuda y por haber conocido más de cerca mi proyecto.

A mis amigos Day, Yess, Jóse, Dianita, Rosy y, Dianito, han hecho que el camino universitario resulte más llevadero y sin duda me llevo gratos e inolvidables recuerdos de cada uno de ellos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO DEL DIRECTOR DE TESIS.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS.....	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO	VII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Definición del problema.....	3
1.3 Justificación	5
1.4 Descripción del Área de Estudio	6
1.5 Objetivo General	7
1.6 Objetivos Específicos.....	8
1.7 Metas	8
CAPÍTULO II.....	9
FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	9
2.1 Residuo y/o Desecho	9
2.1.1. Clasificación de Residuos.....	9
2.1.1.1 Residuos Sólidos Municipales o Urbanos (RSM o RSU).....	10
2.2 Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS)	10
2.2.1. Elementos de la Gestión Integral de Residuos Sólidos	10
2.2.1.1 Generación	10
2.2.1.2 Disposición inicial	11
2.2.1.3 Recolección	11

2.2.1.4	Transferencia y transporte	11
2.2.1.5	Tratamiento.....	11
2.2.1.6	Disposición final.....	11
2.2.2.	Priorización en la Gestión Integral de los Residuos Sólidos	12
2.2.2.1	Reducción en el origen	12
2.2.2.2	Reutilización	12
2.2.2.3	Reciclaje	12
2.2.2.4	Disposición final.....	12
2.3	Diagrama de causa - efecto	13
2.4	Métodos de recolección de residuos sólidos no peligrosos	13
2.5	Optimización de rutas	14
2.6	Herramientas para la optimización de rutas.....	14
2.6.1.	Sistemas de Información Geográfica (SIG)	14
2.6.2.	ArcGIS Network Analyst	14
2.6.3.	Redes en ArcGIS.....	15
2.6.4.	Impedancia	15
2.6.5.	Variables de Network Analyst para la diseño de rutas.....	16
2.6.6.	Wikiloc	17
2.7	Tasa por recolección de basura.....	17
2.7.1.	Tasa de recolección para Generadores Comunes (TGC).....	17
2.7.1.1.	Costos Operativos	17
2.7.1.2.	Costo Financiero por contribuyente.....	18
2.7.1.3.	Tasa de interés.....	18
2.7.1.4.	Subsidio eléctrico	18
2.7.2	Factores del cálculo de la Tasa de recolección de basura	19
2.8	Fundamentación Legal.....	20
CAPÍTULO III		22
METODOLOGÍA		22
3.1	Rutas de recolección de residuos sólidos.....	22
3.1.1	Recopilación de información.....	23
3.1.1.1	Rutas actuales de recolección de RSM, Machachi y Aloasí	23

3.1.2	Construcción y análisis de redes de transporte	31
3.1.2.1	Creación de una capa tipo línea	31
3.1.2.2	Paradas para la recolección de residuos sólidos	33
3.1.2.3	Creación de una capa tipo punto (Paradas de recolección)	34
3.1.2.4	Creación del Network Dataset	36
3.1.2.5	Problema de generación de rutas para vehículos.....	37
3.1.2.6	Capa de entidades de órdenes	38
3.1.3	Análisis SIG	41
3.2	Tasa de recolección de basura para el Municipio de Mejía	41
3.2.1	Tasa de recolección de basura para GC,categoría residencial.....	42
3.2.1.1	Costos Operativos (CO).....	43
3.2.1.2	Costos Financieros (CF)	46
3.2.1.3	Factor de reajuste de Costos Operativos (Fr).....	47
3.2.1.4	Factor de reajuste por variación de la tasa de interés (Fi)	49
3.2.1.5	Factor de Subsidio (Ks)	50
3.2.2.	Nueva Tasa de Recolección de basura – categoría residencial	52
	CAPÍTULO IV.....	54
	RESULTADOS.....	54
4.1	Rutas de recolección de residuos sólidos	54
4.1.1.	Rutas de recolección de residuos sólidos actuales	54
4.1.2.	Rutas de recolección de residuos sólidos generadas	57
4.1.3.	Comparación de resultados - rutas generadas	63
4.1.4	Comparación de resultados - rutas actuales vs rutas propuestas	64
4.1.5	Mapas de las rutas de recolección de residuos sólidos propuestas	66
4.2	Tasa de recolección de basura para GC sector residencial.....	67
4.2.1	Tarifas para la Tasa de recolección de basura	68
	CAPÍTULO V.....	71
	PLAN PARA EL TRANSPORTE Y RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS DEL CANTÓN MEJÍA	71
5.1	Definición del efecto o problema	71
5.2	Causas del problema de transporte y recolección de RSM	71

5.3	Desarrollo del Plan.....	75
5.3.1	Problema	75
5.3.2	Justificación	76
5.3.3	Objetivo General.....	76
5.3.4	Objetivos específicos	76
5.3.5	Matriz de Marco lógico.....	77
5.3.6	Resultados esperados	79
5.4	Condiciones para la recolección de RSM con las rutas propuestas	80
CAPITULO VI.....		82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		82
6.1	Conclusiones.....	82
6.2	Recomendaciones	83
Referencias Bibliográficas		84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Instituciones que aportaron información para la investigación* 23

Tabla 2. *Descripción de las rutas de recolección - Machachi y Aloasí* 24

Tabla 3. *Capacidad de carga vehicular y toneladas de basura recolectadas*... 25

Tabla 4. *Sectores y días de recolección de RSM, parroquia Aloasí*..... 27

Tabla 5. *Sectores de recolección de RSM, Centro Oriental de Machachi* 27

Tabla 6. *Sectores de recolección de RSM - Centro Occidental de Machachi* .. 28

Tabla 7. *Sectores y días de recolección de RSM, Sur Oriental de Machachi*... 29

Tabla 8. *Sectores y días de recolección de RSM, Hacinamientos* 29

Tabla 9. *Campos de entrada de órdenes y depósitos* 40

Tabla 10. *Campos de entrada de órdenes y depósitos* 44

Tabla 11. *Datos para el cálculo de los Costos Operativos* 45

Tabla 12. *Datos para el cálculo de los Costos Financieros*..... 46

Tabla 13. *Índices para el cálculo del Factor de reajuste de costo operativo* 48

Tabla 14. *Datos para el Factor de Reajuste al 31 de diciembre de 2017* 49

Tabla 15. *Datos para calcular la Tasa de recolección de basura para GC*..... 52

Tabla 16. *Cálculo de la nueva estructura tarifaria categoría residencial* 52

Tabla 17. *Rutas de recolección actuales – parroquia Machachi* 54

Tabla 18. *Rutas de recolección actuales – parroquia Aloasí*..... 55

Tabla 19. *Consumo de combustible actual – parroquia Aloasí y Machachi*..... 56

Tabla 20. *Rutas de recolección generadas - parroquia Machachi*..... 58

Tabla 21. *Rutas de recolección generadas - parroquia Aloasí* 59

Tabla 22. *Rutas de recolección generadas – unificadas* 59

Tabla 23. *Consumo de combustible para las rutas generadas*..... 60

Tabla 24. *Comparación de las rutas de recolección generadas*..... 63

Tabla 25. *Comparación rutas actuales vs rutas generadas unificadas*..... 65

Tabla 26. *Tarifas para la recolección de basura con diferentes subsidios* 68

Tabla 27. *Matriz de Marco Lógico* 77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de las parroquias del cantón Mejía	7
Figura 2. Metodología empleada, generación de rutas	22
Figura 3. Zonas de recolección de RSM-Machachi y Aloasí	26
Figura 4. Ruta de recolección Sur Oriental Machachi – días lunes y jueves....	30
Figura 5. Sentido vial	31
Figura 6. Tabla de atributos – red vial, parroquia Aloasí y Machachi.....	33
Figura 7. Número de viviendas por manzana.....	34
Figura 8. Tabla de atributos - paradas de recolección de residuos.....	35
Figura 9. Paradas de recolección de residuos, Machachi y Aloasí.	36
Figura 10. Distribución de los Costos Operativos	44
Figura 11. Rutas de recolección de residuos propuesta – parroquia Aloasí	62
Figura 12. Comparación de variables-rutas individuales y unificadas.....	64
Figura 13. Rutas de recolección de residuos propuestas	66
Figura 14. Ruta de recolección de residuos N° 3.....	67
Figura 15. Tarifas de recolección de basura propuestas	70
Figura 16. Diagrama causa-efecto	72
Figura 17. Pasaje Gualilagua	73
Figura 18. Parte trasera del mercado Mayorista	74
Figura 19. Canastas de basura de madera improvisadas por la comunidad ...	74
Figura 20. Sector Centro Occidental de Machachi.....	75

RESUMEN

Gestionar los residuos sólidos urbanos es un trabajo que tiene implicaciones sociales, económicas, tecnológicas y ambientales, e involucra la participación de la población y de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD). En el 2017, el cantón Mejía recolectó 13,5 ton/día de residuos orgánicos y 46 ton/día de residuos inorgánicos, 14 ton corresponden a la cabecera cantonal y 32 ton a las demás parroquias. Tal cantidad de residuos se depositó en el Centro de Tratamiento y Reciclaje Romerillos, e implicó el uso de recursos para su recolección, transporte y disposición final. El objetivo de este trabajo es proponer el diseño de nuevas rutas de recolección de residuos sólidos no peligrosos para las parroquias de Aloasí y Machachi, que permitirán fortalecer las actividades de recolección y transporte. Para ello, se levantaron las actuales rutas de recolección, que permitieron realizar el análisis de red para las nuevas rutas propuestas. Se generaron 8 rutas de recolección, aumentaron 216,7 Km en distancia y, disminuyeron 12 horas y 16 minutos en el tiempo de recolección, 22,72 gal/día de combustible y, 3 rutas de recolección respecto a las actuales. A partir de los resultados, se buscó diseñar una fórmula para el cobro de la Tasa de recolección de basura que involucre las variables que inciden directamente en los costos que tiene el municipio para prestar el servicio de recolección; la fórmula propuesta para la Tasa de recolección de basura para Generadores Comunes – sector residencial es: $TGC = (5,92 * 1,00 + 0,11 * 1,00) * Ks$. El factor de subsidio “Ks”, lo establecerá el municipio del cantón Mejía.

PALABRAS CLAVE:

- RESIDUOS
- RECOLECCIÓN
- REDES DE TRANSPORTE
- TASA DE RECOLECCIÓN
- GENERADORES COMUNES

ABSTRACT

Managing urban solid waste is a work that has social, economic, technological and environmental implications, and needs participation of population and Decentralized Autonomous Governments (GAD). In 2017, Mejía county collected 13.5 tons / day of organic waste and 46 tons / day of inorganic waste, 14 tons correspond to central area and 32 tons to the other zones. This amount of waste was deposited into Romerillos Treatment and Recycling Center, and involved the use of resources for collection, transportation and final disposal. The objective of this work is to propose a design of new routes for collection of non-hazardous solid waste for parishes of Aloasí and Machachi, which will strengthen collection and transport. Current collection routes were lifted, which allowed the network analysis for the proposal of new routes. Eight collection routes were generated, they increased 216.7 km in distance and, they decreased 12 hours and 16 minutes in collection time, 22.72 gal / day of fuel and, 3 harvest routes with respect to current ones. With these results, it was designed a formula for the collection of garbage collection rate that involves the variables that directly affect the costs that the municipality has to provide the collection service; The proposed formula for the Garbage Collection Rate for Common Generators - residential sector is: $TGC = (5.92 * 1.00 + 0.11 * 1.00) * Ks$. The municipality of the Mejía canton will establish the subsidy factor "Ks".

KEYWORDS:

- WASTE
- HARVEST
- TRANSPORTATION NETWORKS
- COLLECTION RATE
- COMMON GENERATORS

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En el mundo todas las actividades realizadas por el ser humano crean residuos, a esto se suma el crecimiento poblacional que hace que la gestión de los residuos se vuelva cada vez más compleja, en especial para países en desarrollo que al cambiar las actividades económicas y tendencias de consumo, la cantidad de residuos aumenta y, es necesario el manejo desde la generación hasta la disposición final (The World Bank, 2012).

De acuerdo a datos registrados en el segundo Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, Escudero Amelia et al. (2009) mencionan que en América latina en el año 2008, la producción de residuos ascendió a 275.000 toneladas, de las cuales solo el 75% fueron recolectados; de esta cantidad los mayores generadores son los países de América del Norte, que generan más basura que todos los países de América central y América del Sur juntos, debido a que son los mayores productores de residuos en el mundo, de acuerdo a información del Banco Mundial (The World Bank, 2012). Por esta razón, todas las actividades relacionadas a la gestión de residuos, deben ser un servicio primordial que brinden los gobiernos a la población (ONU, 2012).

En el Ecuador se ha identificado la necesidad de tener un manejo de residuos, sin embargo, no se logra tener un control total en este tema. En varias ocasiones se ha intentado dar solución al problema de los residuos sólidos; organizaciones como la Asociación de Municipalidades del Ecuador (AME), en su modelo de gestión local descentralizado ha intentado ayudar a los GAD Municipales en todo lo que conlleva la recolección y disposición final de los residuos, acorde a las

normas técnicas establecidas por la autoridad ambiental (AME, 2013). De la misma forma, el Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD), en el artículo 55, estableció que los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales del Ecuador serán los responsables directos del manejo de los residuos sólidos (COOTAD, 2002). Por esta razón, el manejo de los residuos, es sin duda uno de los servicios municipales más importantes (The World Bank, 2012).

Por su parte la Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales, menciona que las actividades relacionadas a la gestión de los residuos por parte de los municipios son: recogida, traslado, reciclaje, tratamiento, y disposición final (Jiménez, 2015). Sin embargo, si alguna de las actividades presentara problemas, ya sea por la falta de servicio o por baja cobertura, la gestión de los residuos no podría realizarse de una manera eficiente.

Bajo este contexto, en el 2002 el Gobierno Nacional a través del Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), inicia con el manejo de los residuos y realiza un estudio a nivel nacional, donde se identificó que, de un total de 221 municipios, 160 disponían sus desechos en botaderos a cielo abierto, perjudicando y contaminando los recursos suelo, agua y aire; los 61 restantes, presentaban un manejo de sus desechos con insuficientes criterios técnicos en sitios parcialmente controlados” (MAE, 2010). Más tarde, en el 2010, el MAE realiza un Análisis Sectorial de Residuos Sólidos del Ecuador, auspiciado por la Organización Mundial de la salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), cuya visión fue apoyar al desarrollo de la Gestión de los residuos sólidos con un enfoque sistemático, multidisciplinario e intersectorial, y en abril del mismo año da inicio el “Programa Nacional Para La Gestión Integral de Desechos Sólidos” (PNGIDS), con el objetivo de impulsar la Gestión Integral de los residuos en los municipios, a través de estrategias, planes y actividades de capacitación, sensibilización y estímulo a los diferentes actores relacionados (MAE, 2010).

Considerando la importancia que tiene un manejo integral de los residuos sólidos, el GAD Municipal del cantón Mejía se suma al programa PNGIDS, y en el 2010 inicia el manejo técnico de los residuos sólidos: cerrando el botadero a cielo abierto, creando el Relleno Sanitario y el Centro de Tratamiento y Disposición final de Residuos Sólidos del cantón, lugar en el que opera la Asociación Romerillos, y ampliando la cobertura del servicio de recolección de residuos sólidos en el área rural (GAD Municipal del cantón Mejía, 2015).

1.2 Definición del problema

En el 2010, un registro reveló que 1379,98 toneladas/mensuales de residuos sólidos no peligrosos ingresaron al relleno sanitario del cantón Mejía, de la cantidad ingresada se recuperó solo 27,26 toneladas de material inorgánico y 39,19 toneladas de material orgánico, equivalente al 4,8% del total de residuos sólidos ingresados (GAD Municipal del cantón Mejía, 2015). Algunas de las causas a las que se le atribuye la cantidad de residuos sólidos no recuperados, se debe a la falta de separación en la fuente y, a las actividades de recolección y transporte de los residuos, que a pesar de ser elementos claves dentro de un Plan de Gestión Integral, no son abordados bajo criterios técnicos.

Actualmente, el servicio de recolección y transporte se ha convertido en una situación inestable, en especial para el área rural donde el servicio de recolección tiene una cobertura del 60%. Factores como el crecimiento poblacional, vías en mal estado, rutas de recolección con largas distancias, falta de mantenimientos preventivos para los vehículos recolectores, y sumado el mal diseño de las rutas, contribuyen a que el servicio de recolección no cumpla con las expectativas esperadas (GAD Municipal del cantón Mejía, 2016). De acuerdo a los datos del último censo, el 87% de la población cuenta con el servicio de eliminación de basura mediante carro recolector, si bien ese es un porcentaje importante, el saldo restante significa un problema ambiental aún por resolver.

De acuerdo a información obtenida del municipio del cantón Mejía, no existe un estudio previo para la determinación de rutas de recolección de residuos; por esta razón las rutas han sido creadas de forma intuitiva, es decir, no han estado sujetas a un análisis previo, han sido diseñadas en base al juicio y experiencia del jefe de limpieza, o de los choferes que manejan los vehículos recolectores; de ahí que los tiempos y consumo de combustible no se ven optimizados.

El sistema de recolección de basura en las parroquias del cantón Mejía, se realiza en modalidad de vereda, es decir que el vehículo recorre todas las calles de las microrutas recogiendo los desechos del frente de cada vivienda, incluso en vías de difícil acceso, malas condiciones, o calles sin salida (GAD Municipal del cantón Mejía, 2015). A este problema se suma la falta de organización de la población para el proceso de recolección, que al depositar en cualquier lugar la basura, complican el proceso de recolección, obligando a los camiones a detenerse por más tiempo en un lugar, y recorrer más distancias de las que están programadas en la ruta original de recolección.

En ocasiones, la aglomeración de unidades inoperativas por problemas mecánicos, hace que las rutas asignadas para dicha recolección no puedan ser cubiertas en su totalidad; esta situación hace que se deba trabajar a doble jornada para prestar el servicio. Cabe señalar que los carros recolectores al no cubrir las rutas designadas, perjudican la funcionalidad del servicio, interrumpiendo la frecuencia, horarios, cobertura, y afectando la calidad de vida de la comunidad (GAD Municipal del cantón Mejía, 2016).

En función de lo expuesto, se busca analizar el actual manejo del servicio de recolección en las parroquias de Aloasí y Machachi, para diseñar rutas óptimas que mejoren el servicio de recolección, reduciendo las distancias en las rutas, costos de combustible, mejora en los horarios y las frecuencias de recolección; y a la vez proponer una fórmula para el cálculo de la tasa de recolección de basura para generadores comunes, donde involucre la variable distancia.

1.3 Justificación

La mejora en el manejo integral de los residuos sólidos en aspectos de recolección, transporte, tratamiento, y disposición final, es una acción que la municipio del cantón Mejía poco a poco la ido asumiendo, principalmente en aspectos de lo que a recolección se trata (GAD Municipal del cantón Mejía, 2016). Por esta razón, el presente proyecto se centrará en el servicio de recolección y transporte, diseñando nuevas rutas para los vehículos recolectores, para que tanto la población y el municipio sea beneficiada, al mejorar el servicio y frecuencia de recolección, y al disminuir los costos de operación, respectivamente.

La metodología a aplicar sobre la zona de estudio, pretende optimizar las rutas de recolección de residuos sólidos para las parroquias de Machachi y Aloasí; debido a que un mal diseño en las rutas puede traer como consecuencia: desperdicio de personal, reducción en las coberturas de limpieza y creación de tiraderos clandestinos. Actualmente, una de las principales razones que afectan el servicio de recolección, es el estado de las vías, y mejorarlas son actividades que llevan tiempo y requieren un costo económico. Sin embargo, el presente proyecto busca mejorar las actuales rutas de recolección, evitando que los vehículos recolectores recorran calles en mal estado que puedan perjudicar el estado del vehículo, y analizando horarios ideales para evitar conflictos viales.

Se debe destacar que el mantener una ciudad limpia, no depende exclusivamente en las mejoras que se logren en infraestructura, equipamiento y función de aseo municipal. Por el contrario, requiere la cooperación de las autoridades y la comunidad. Por esta razón, para fortalecer la gestión de los residuos sólidos, el diseño de las nuevas rutas de recolección serán dadas a conocer a través de un programa denominado “Recolección y transporte”, que estará detallado dentro del Plan de Gestión Integral para los Residuos Sólidos no

peligrosos. Adicionalmente, se definirá una fórmula para establecer el valor de la tasa de recolección de basura para generadores comunes.

Los resultados serán puestos a disposición del municipio del cantón Mejía, y la difusión en la comunidad será responsabilidad del GAD Municipal Mejía, acciones que harán que la propuesta pueda desarrollarse y ser tomada como una prueba piloto dentro del cantón.

Es importante destacar que el presente proyecto se encuentra alineado al “Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021”, concretamente con el objetivo 3, donde se menciona que se debe “Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones” (SENPLADES, 2017).

1.4 Descripción del Área de Estudio

El cantón Mejía ubicado al sur-orientado de la provincia de Pichincha, tiene una superficie de 1.422 km², está conformado por su cabecera cantonal, Machachi, y siete parroquias rurales: Alóag, Aloasí, Cutuglagua, El Chaupi, Manuel Cornejo Astorga, Tambillo y Uyumbicho (GAD Municipal del cantón Mejía, 2017).

La cabecera cantonal se ubica geográficamente en las coordenadas 770679,05 E; 9943230,32 N, y tiene un área de 400,4 Km². Las parroquias rurales y sus superficies se detallan a continuación:

- Alóag= 209,60 km²
- Aloasí= 68,03 Km²
- Cutuglagua= 32,26 Km²
- El Chaupi= 145,40 Km²
- Manuel Cornejo Astorga (Tandapi)= 495,96 km²
- Tambillo= 49,83 Km²
- Uyumbicho= 21,50 Km²

Sin embargo, el área de intervención directa son las parroquias de Aloasí y Machachi. La parroquia de Aloasí limita al norte con la parroquia de Alóag, al sur con la parroquia el Chaupi, al este con la cabecera cantonal Machachi y al oeste por las parroquias de Alóag y El Chaupi. La parroquia de Machachi limita, al norte con la parroquia de Tambillo, al este con el cantón Rumiñahui y al oeste por las parroquias de Aloasí y El Chaupi (Figura 1) (GAD Municipal del cantón Mejía, 2017).

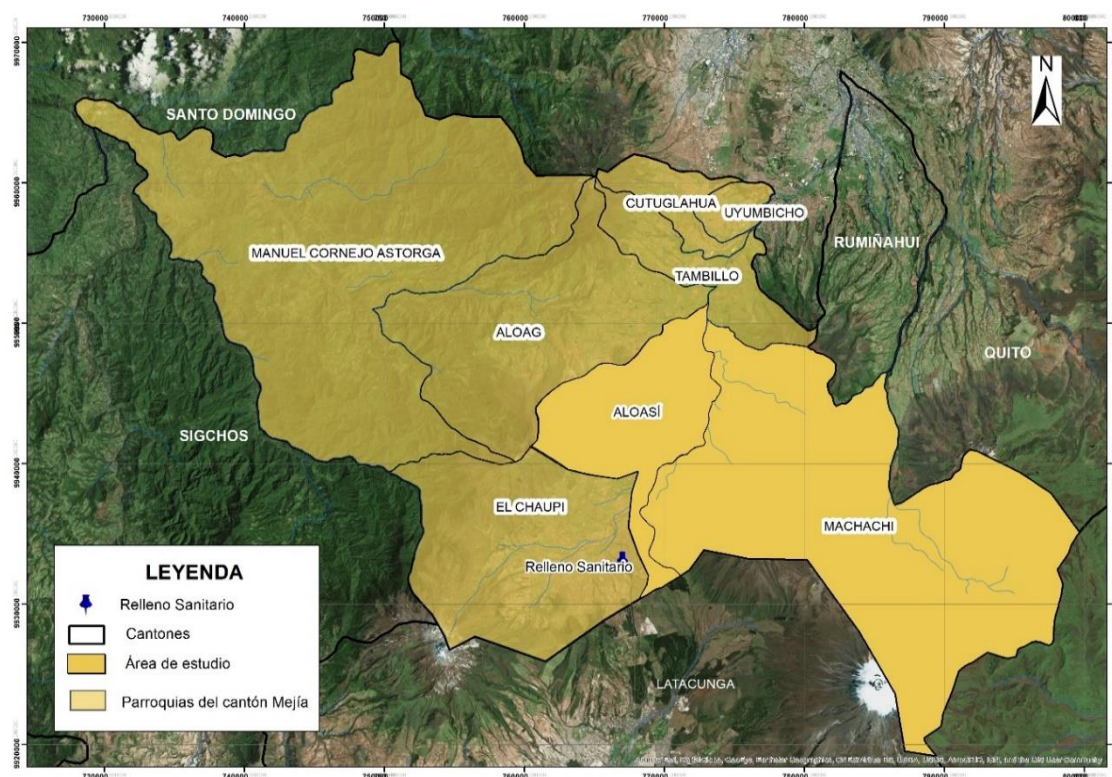


Figura 1. Mapa de ubicación de las parroquias del cantón Mejía

Fuente: (IGM, 2013)

1.5 Objetivo General

- Proponer nuevas rutas para la recolección de residuos sólidos no peligrosos, para las parroquias de Aloasí y Machachi, que permitirán fortalecer el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos no peligrosos del cantón Mejía.

1.6 Objetivos Específicos

- Diseñar rutas óptimas de recolección de residuos sólidos no peligrosos, para las parroquias de Aloasí y Machachi del cantón Mejía, mediante el uso de herramientas SIG.
- Establecer una fórmula para el cálculo de la tasa de recolección de basura de los generadores comunes, en base a parámetros técnicos y acorde a la zona de estudio.
- Diseñar un Plan para el transporte y recolección de los residuos sólidos no peligrosos para el cantón Mejía, aplicando el diagrama causa – efecto, para identificar las causas que obstaculizan la mejora en el servicio.

1.7 Metas

- Dos mapas de rutas óptimas, uno para la parroquia rural de Aloasí y el otro para la parroquia urbana de Machachi.
- Una fórmula para el cálculo de la tasa de recolección de basura para generadores comunes.
- Un Plan para el transporte y recolección de los residuos sólidos no peligrosos del cantón Mejía

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Residuo y/o Desecho

La basura es sinónimo de residuos sólidos municipales y de desechos sólidos (FAO, 2003). Sin embargo, para dar una mejor gestión a los materiales, cada término ha adquirido significados puntuales por parte de la FAO y, a nivel nacional, por parte del Acuerdo Ministerial N° 061.

De acuerdo a la FAO (2003), los residuos son todos aquellos materiales que se encuentran en cualquier estado (sólido, líquido o gaseoso), resultante de un proceso de extracción de la naturaleza para uso, consumo, o producción del ser humano, al que su beneficiario ha decidido abandonar.

Por su parte, el Acuerdo Ministerial N° 061 del Ministerio del Ambiente (2015), define a los desechos como sustancias o materiales, resultantes de un proceso de producción, transformación, reciclaje, utilización o consumo, que ya no poseen características físicas apropiadas para un tratamiento de valorización

2.1.1. Clasificación de Residuos

De acuerdo a la FAO (2003) establece los siguientes tipos: residuo sólido comercial, residuo sólido domiciliario, residuos agrícolas, residuo biomédicos, residuo de construcción, residuo industrial, residuo sólido especial, residuo sólido municipal, residuo sólido patógeno, residuo sólido radioactivo, residuo sólido tóxico, residuo biodegradable y residuos voluminosos. Sin embargo, Campos (2000), describe 3 categorías muy generalizadas: residuos sólidos municipales, industriales y peligrosos.

2.1.1.1 Residuos Sólidos Municipales o Urbanos (RSM o RSU)

Los residuos sólidos urbanos o municipales, son generados en domicilios particulares, actividades comerciales e industriales, mantenimiento de parques y jardines, limpieza en la vía pública, demoliciones, construcciones, y en general todas aquellas actividades municipales que no requieran técnicas especiales para su control, excepto los peligrosos (SEMARNAT, 2017).

Están compuestos comúnmente por desperdicios de comida, materia orgánica, papel, vidrio, cartones, latas, y residuos de parques o jardines. (Campos, 2000).

2.2 Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS)

La Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS), se define como el conjunto de técnicas, tecnologías y programas sociales y educativos, que permiten alcanzar metas y objetivos en el manejo integral a los residuos, desde su generación hasta la disposición final (SEMARNAT, 2010). “Los objetivos principales son minimizar los efectos negativos sobre el medio ambiente, salud humana, y optimizar el uso de los recursos naturales (Campos, 2000)”.

2.2.1. Elementos funcionales de una Gestión Integral de Residuos Sólidos

Las actividades asociadas a la GIRS, se agrupan en seis elementos:

2.2.1.1 Generación

La generación se refiere a la “cantidad de desechos sólidos originados por una determinada fuente en un intervalo de tiempo dado” (Acuerdo Ministerial N° 061 del Ministerio del Ambiente, 2015).

2.2.1.2 Disposición inicial

La disposición inicial es la “acción de retener temporalmente los desechos sólidos, hasta el momento de su aprovechamiento, o entrega al servicio de recolección” (Acuerdo Ministerial N° 061 del Ministerio del Ambiente, 2015).

2.2.1.3 Recolección

La recolección es la “acción de tomar los residuos sólidos de sus sitios de almacenamiento, para depositarlos en el equipo destinado o conducirlos a las estaciones de transferencia, instalaciones de tratamiento o sitios de disposición final” (Acuerdo Ministerial N° 061 del Ministerio del Ambiente, 2015).

2.2.1.4 Transferencia y transporte

De acuerdo a la FAO (2003), se define como la operación, mediante la cual los residuos son trasladados en vehículos especiales desde la fuente de generación o lugar de almacenamiento a las instalaciones de tratamiento o disposición final”.

2.2.1.5 Tratamiento

Es el “proceso de transformación física, química o biológica de los residuos sólidos para modificar sus características o aprovechar su potencial” (Acuerdo Ministerial N° 061 del Ministerio del Ambiente, 2015).

2.2.1.6 Disposición final

Se entiende por disposición final a “la acción de depositar permanente los desechos sólidos en sitios y condiciones adecuadas para evitar daños al ambiente” (Acuerdo Ministerial N° 061 del Ministerio del Ambiente, 2015).

2.2.2. Priorización en la Gestión Integral de los Residuos Sólidos

La jerarquía de GIRS adoptada por la Agencia de Protección Ambiental en USA (EPA), está formada por: reducción en el origen, reutilización, reciclaje y disposición final. Una eficiente Gestión Integral de Residuos Sólidos, será en la que los elementos se interrelacionen y se complementen el uno con el otro.

2.2.2.1 Reducción en el origen

La reducción en el origen implica reducir la cantidad y/o toxicidad de los residuos, generados por actividades del ser humano.

2.2.2.2 Reutilización

La reutilización es la segunda fase en la Gestión de los Residuos Sólidos, y está definida como la “acción de usar un residuo sólido” (SEMARNAT, 2017).

2.2.2.3 Reciclaje

El reciclaje es el proceso mediante el cual, una previa clasificación selectiva de cualquier residuo, se lo aprovecha, transforma y se devuelve su potencialidad de reincorporación como energía o materia prima, para la fabricación de nuevos productos (Acuerdo Ministerial N° 061 del Ministerio del Ambiente, 2015)

2.2.2.4 Disposición final

En esta fase los residuos son dispuestos en forma definitiva y sanitaria, se ejecuta cuando técnicamente no existe un tratamiento, o dicho tratamiento excede los costos económicos destinados. (Acuerdo Ministerial N° 061 del Ministerio del Ambiente, 2015).

2.3 Diagrama de causa - efecto

El diagrama de causa – efecto, identifica las causas que ocasionan un problema, y a la vez organiza ideas que permitan dar una solución (Kume, 1992).

De acuerdo a Galgano (1995), existen tres fases para construir el diagrama de causa – efecto, estas son:

- **Definición del efecto:** en esta fase se plantea el efecto o problema.
- **Construcción del diagrama causa-efecto:** se escribe el efecto a estudiar, y se busca las posibles causas que pueden estar ocasionando el efecto.
- **Análisis de las relaciones causa-efecto:** se seleccionan las causas más probables e importantes relacionadas al problema.

2.4 Métodos de recolección de residuos sólidos no peligrosos

El método de recolección de residuos es un indicador del servicio que reciben los usuarios, depende de la demanda del servicio, grado de tecnificación de los equipos y participación del usuario. Los métodos de recolección según el tipo de operación se pueden clasificar en:

- Método de esquina: los usuarios llevan los recipientes hasta donde se estaciona el vehículo recolector.
- Método de acera: la basura es recogida de la puerta de cada domicilio.
- Método intradomiciliario: los operarios entran hasta las casas por los recipientes.
- Método de contenedores: método mecanizado, la ubicación de los contenedores deben estar en un lugar donde el vehículo recolector tenga fácil acceso (SCRIBD, 2014).

2.5 Optimización de rutas

Son todas las acciones que contribuyan a la mejora de la función de distribución, bien sea en términos de nivel de servicio, mejora de la calidad, reducción de costes y, otros (ODETTE, 2009).

2.6 Herramientas para la optimización de rutas

Diferentes herramientas son utilizadas para mejorar la gestión de transporte, algunas de ellas son: Sistemas de localización Geográfica, Sistemas de Información Geográfica (SIG) y modelos matemáticos, todas con el objetivo de optimizar rutas de transporte, en base a una serie de restricciones relacionadas al proceso logístico (ODETTE, 2009).

2.6.1. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Un Sistema de Información Geográfica conocido con los acrónimos “SIG” en español, es un conjunto de hardware, software y datos geográficos, que permite almacenar, manipular y analizar cualquier dato que tenga un componente espacial.

En lo que se refiere a planificación de rutas, los SIG permiten gestionar, diseñar y, visualizar elementos geográficos como: paradas, rutas, paneles informativos, etc. (ESRI, 2015).

2.6.2. ArcGIS Network Analyst

Network Analyst genera y realiza un análisis en un dataset de red. Soluciona problemas de red más comunes, por ejemplo, optimiza rutas enfocadas a disminuir tiempos y distancias, calcula tiempos de conducción, entre otras (ESRI, 2017).

2.6.3. Redes en ArcGIS

Una red es un sistema de elementos interconectados; desde el punto de vista geométrico está constituido por dos componentes: los nodos y los ejes. Los nodos pueden representar desde una intersección vial, hasta válvulas de una red de agua potable y, los ejes suelen representar cualquier estructura que represente circulación entre dos nodos (Barrientos, 2007).

Las redes se agrupan en redes geométricas y dataset de red.

- **Redes Geométricas:** en ArcGIS las redes de ríos y servicios se modelan mejor mediante redes geométricas, debido a que permiten la conducción en una sola dirección (ESRI, 2017).
- **Dataset de red:** los dataset de red son apropiados para modelar redes de transporte, se crean a partir de entidades de origen, incluyen entidades simples como líneas, puntos y giros.

2.6.4. Impedancia

Es cualquier variable que elige el usuario, normalmente es la distancia o el tiempo de viaje. Lo normal es intentar tomar siempre la “mejor ruta”, pero esto puede significar cosas distintas en situaciones diferentes. La mejor ruta puede ser la ruta más rápida o la más corta, dependiendo de la impedancia elegida (ESRI, 2017).

Si la impedancia es el tiempo, entonces la mejor ruta es la ruta más rápida, por lo tanto, la mejor ruta se puede definir como la ruta con la impedancia más baja, donde el usuario es quien elige la impedancia. Al determinar la mejor ruta se puede utilizar como impedancia cualquier atributo de coste de red válido.

2.6.5. Variables utilizadas por Network Analyst para la optimización de rutas

Las variables para la optimización de rutas, dependerán de la herramienta seleccionada y las restricciones reales de la zona de estudio. Las variables utilizadas en el presente proyecto son:

- **Lugar de salida y destino:** se refiere al sitio de partida y de destino del trayecto (ODETTE, 2009).
- **Tipo de carga:** viene dado por las características de la propia carga, como su peso, volumen, fragilidad, etc. (ODETTE, 2009).
- **Plazo de entrega:** constituye el tiempo máximo que debe transcurrir durante el transporte de la ruta de recolección (ODETTE, 2009).
- **Frecuencia de recolección:** la frecuencia de recolección se refiere a la periodicidad del servicio. Puede realizarse diariamente o en días alternados.
- **Trayecto:** en el trayecto se considera la tipología y estado de las vías. Se refiere al recorrido que sigue una ruta designada. Un trayecto puede estar formado por tramos. Por ejemplo, trayecto = {tramo 1, tramo 2,..., tramo n}. (ODETTE, 2009).
- **Sentido vial:** variable indispensable para que el conductor pueda conocer el sentido de las vías que está recorriendo y evite accidentes.
- **Tipología de calles:** se refiere al tipo de calles que existen en un área, es decir, si son carreteras, autopistas, calles principales, caminos de verano, caminos privados, calles empedradas, asfaltadas o de tierra, vía férrea, paso peatonal, etc.
- **Sectorización:** es la división o partición del área de estudio en áreas más pequeñas, con el fin de facilitar su operación (Fragoso , Ruiz, Flores, & Toxky, 2016).
- **Densidad poblacional:** es un valor numérico, que indica el número de individuos que habita por kilómetro cuadrado.

2.6.6. Wikiloc

Aplicación geográfica gratuita, permite buscar y realizar rutas georreferenciadas con la ayuda de un dispositivo móvil. Además de crear un trazado GPS de la ruta, incorporara fotografías y una breve descripción de la zona, de esta manera el usuario tiene más detalle de la ruta que va a grabar. El formato de wikiloc es .gpx (Wikiloc, 2017).

2.7 Tasa por recolección de basura

La tasa de recolección es el atributo cuya tarifa es por una actividad jurídica específica del Estado hacia el contribuyente, su producto no debe tener un destino ajeno al servicio público. El valor a cobrar variará de acuerdo cada Gobierno Autónomo Descentralizado, en general el cobro se realiza a través de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado, Empresa Eléctrica, o cualquier otra entidad con la que el municipio tenga un convenio. Recaudar

2.7.1. Tasa de recolección para Generadores Comunes (TGC)

El Municipio de Mejía a través de la Dirección de Servicios Públicos e Higiene, ha clasificado como generadores comunes a los clientes que consumen menos de 500 Kg/mes de residuos. De acuerdo al Registro Oficial del Ecuador (2016) la tasa de recolección de basura para Generadores Comunes está en función de los Costos Operativos, Costos Financieros, Tasa de interés y subsidio eléctrico.

2.7.1.1. Costos Operativos

Los costos se definen como el desembolso de dinero para obtener un bien o servicio, intervienen elementos como la materia prima y mano de obra (Sánchez, 2015). Los costos operativos incluyen los costos directos e indirectos.

- **Costos Directos:** son los costos que están vinculados directamente y se los puede identificar fácilmente dentro de la fabricación del producto o prestación del servicio (Sánchez, 2015).
- **Costos Indirectos:** son aquellos costos que no se pueden atribuir directamente al servicio, están los costos administrativos, mano de obra indirecta, arriendo, mantenimiento de instalaciones, etc. (Sánchez, 2015).

2.7.1.2. Costo Financiero por contribuyente

Es el desembolso de dinero que el Banco del Estado o cualquier otra entidad financiera ha realizado a una institución pública o privada, para la ejecución de proyectos u obras públicas. Por lo tanto, el costo Financiero mensual por contribuyente es el valor que debe cancelar cada cliente por la prestación de un servicio que ha sido financiado una entidad financiera.

2.7.1.3. Tasa de interés

Es el monto de dinero que se paga por el uso de un capital tomado en préstamo. Si se trata de un crédito o de un préstamo, el interés es el monto que el deudor deberá pagar a quien le presta, por el uso de ese dinero. Se expresa en forma porcentual y generalmente en términos anuales (BCU, 2011).

2.7.1.4. Subsidio eléctrico

El subsidio es la diferencia entre el precio real y el precio cobrado al consumidor por un bien o servicio. Según la Empresa Eléctrica de Quito (2015) en el caso del subsidio eléctrico, existen varios tipos de subsidios que se aplican de acuerdo al servicio utilizado para vivienda y, varían según el consumo y el tipo de cliente. Algunos de ellos se mencionan a continuación:

- **Subsidio Cruzado:** se aplica a todos los clientes cuyo consumo es menor a 130KWh (Empresa Eléctrica Quito, 2015).
- **Subsidio Solidario:** se aplica en los clientes residenciales cuyo consumo es superior a 160 kWh (Empresa Eléctrica Quito, 2015).
- **Subsidio tarifa dignidad:** se aplica a los abonados residenciales que consumen menos de 110 kWh/mes (Empresa Eléctrica Quito, 2015).
- **Subsidio tercera edad:** se aplica a los clientes de la Tercera Edad. "Se exonera el 50% del valor del consumo que causare el uso de los servicios de un medidor de energía eléctrica cuyo consumo mensual sea de hasta 120 kWh; el exceso de estos límites pagarán las tarifas normales" (Empresa Eléctrica Quito, 2015).
- **Subsidio de discapacidad:** los clientes con discapacidad tienen una rebaja del 50% del valor del consumo mensual (Empresa Eléctrica Quito, 2015).

2.7.2 Factores a considerar en el cálculo de la Tasa de recolección de basura

De acuerdo a Zabala (2004), algunos factores a considerar en el cálculo de una tarifa son:

- **Precio de los insumos:** los precios de los insumos están expuestos a los cambios de precios en el mercado; por lo que será necesario actualizar los índices "IPC" y "IPCO".
- **Cambios tecnológicos:** se refiere a compras de equipos o, construcciones de instalaciones. Como resultado de estas inversiones surgen gastos de operación, mantenimiento, financieros, etc., que deben absorber los usuarios de los servicios, a través de las tasas que pagan.
- **Exigencia de los ciudadanos:** orientadas a solicitar a los municipios la ampliación de la cobertura de los servicios o al mejoramiento del mismo. Cualquier exigencia significa gastos, que deberán ser cubiertas por las tasas.

- **Cambios en las políticas gubernamentales:** se refiere a los cambios que realiza el gobierno central sobre aspectos económicos; si el aumento del salario básico aumenta, aumentan otros impuestos que inciden directamente en las tasas que deben pagar los usuarios.

2.8 Fundamentación Legal

El presente proyecto de acuerdo a las características, consideró:

Capítulo segundo y séptimo de la Constitución de la República del Ecuador, donde se menciona que el estado garantizará la distribución equitativa de bienes y servicios, orientados al buen vivir de las comunidades, y declara de interés público la conservación y protección del ambiente en el sector público y privado (Asamblea Nacional, 2008).

Que, los Artículos 240 de la Constitución de la República del Ecuador; y 53 del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomías y Descentralización (COOTAD), otorgan a los gobiernos autónomos descentralizados municipales, la facultad de legislar y fiscalizar.

Que, en el artículo 136 del Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomías y Descentralización (COOTAD), señala que cualquier Gobierno Autónomo Descentralizado podrá gobernar, dirigir, disponer, u organizar cualquier actividad relacionada a la gestión ambiental y la naturaleza.

Que, capítulo VI del Acuerdo Ministerial N° 061 del Ministerio del Ambiente del Ecuador, denominado Gestión Integral de residuos sólidos no peligrosos, peligrosos y especiales, menciona que es de interés nacional la Gestión Integral de los residuos sólidos desde su generación hasta la disposición final (Acuerdo Ministerial N° 061 del Ministerio del Ambiente, 2015).

Que, en el artículo 30.4 de la ley orgánica de transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, señala que los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, en materia de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, tienen el derecho para planificar, regular y controlar el tránsito y el transporte, dentro de su jurisdicción territorial.

Que, los artículos 566 y 568 del Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomías y Descentralización (COOTAD), las Municipalidades y Distritos Metropolitanos tienen la autoridad de aplicar las tasas retributivas de servicios públicos, entre los que se encuentran los de recolección de basura y aseo público (COOTAD, 2015).

Que, entre las funciones y competencias del GAD Municipal del cantón Mejía, a través de la Ordenanza Municipal, menciona que la Dirección de Servicios Públicos e Higiene, será la encargada y responsable de regular la generación, clasificación, barrido, recolección, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos generados en el cantón.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Rutas de recolección de residuos sólidos

Para generar las nuevas rutas de recolección de residuos sólidos no peligrosos para las parroquias de Machachi y Aloasí, se empleó los Sistemas de Información Geográfica (SIG) enfocados a reducir tiempos y distancias recorridas, sin reducir el área de cobertura. Se utilizó la herramienta de análisis Network Analyst de ArcGIS 10.1, con licencia académica proporcionado por el laboratorio de Geografía de la Universidad de las Fuerzas Armadas, la cual utiliza el algoritmo Dijkstra, orientada en buscar las trayectorias más cortas. La Figura 2 muestra la metodología utilizada para el diseño de las nuevas rutas de recolección, comprende 3 fases que se exponen a continuación.

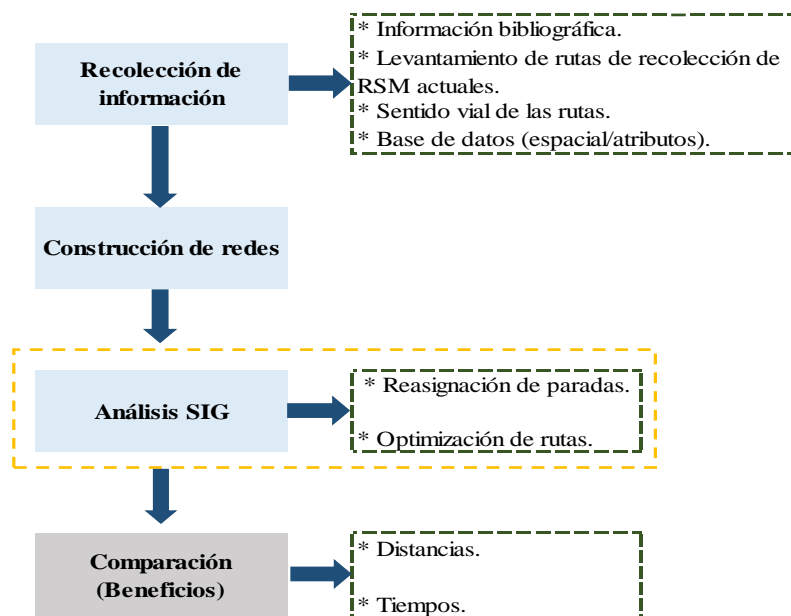


Figura 2. Metodología empleada, generación de rutas

3.1.1 Recopilación de información

La información referente a las rutas actuales de recolección de residuos sólidos no peligrosos fue levantada en campo y, el resto de información fue proporcionada por las Direcciones del GAD Municipal del cantón Mejía.

La Tabla 1 detalla la información que se utilizó para el desarrollo del proyecto.

Tabla 1.

Instituciones que aportaron información para la investigación

Institución	Información
Dirección de Servicios Públicos e Higiene del GAD del cantón Mejía.	Sectores de recolección de los residuos sólidos. Frecuencia y horario de recolección. Cantidad de residuos sólidos no peligrosos recolectados (Kg).
Dirección de Ambiente y Riesgos del GAD del cantón Mejía.	Gestión de los residuos sólidos no peligrosos.
Dirección de Geomática, Avalúos y Catastro del GAD del cantón Mejía.	Catastro e información temática.
Dirección de Movilidad del GAD del cantón Mejía.	Sentido vial.
Instituto Nacional de Estadísticas Censos (INEC)	VARIABLES del censo de población y vivienda. Promedio de personas por hogar.
Agencia Nacional de Tránsito	Límites de velocidad para vehículos pesados.

3.1.1.1 Levantamiento de rutas actuales de recolección de RSM, parroquias Machachi y Aloasí

Las rutas de recolección de residuos fueron levantadas en campo utilizando la aplicación “wikiloc”. Las rutas iniciaron y finalizaron en el canchón Municipal del cantón, lugar donde se guardan los vehículos recolectes después de finalizar cada ruta.

Wikiloc generó rutas con extensión .gpx que fueron transformadas a formato shapefile, extensión .shp, para visualizarlas en el ArcMap del ArcGIS. Para ello, se utilizó la herramienta ArcToolbox y, se seleccionó la opción Conversion Tools y la pestaña From GPS, que vincula a la opción GPX to Features, donde se seleccionó la fuente de entrada del archivo con extensión .gpx y el directorio de salida para crear el archivo shapefile.

- **Macro-ruteo**

El macro-ruteo abarca actividades previas al diseño de las rutas de recolección, como: sectorización de las parroquias, frecuencia y, número de vehículos y choferes necesarios para abastecer el servicio de recolección (Márquez, 2010).

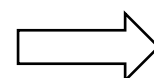
La Tabla N° 2, detalla las zonas, frecuencia y horarios de las rutas de recolección de residuos sólidos no peligrosos en las parroquias de Aloasí y Machachi.

Tabla 2.

Descripción de las rutas de recolección - parroquias Machachi y Aloasí

Parroquia	Zonas	# Rutas	Frecuencia	Horario
Aloasí	—	3	5 veces/semana	Lunes - viernes 7:00 a 15:30
Machachi	Centro Oriental	2	Inorgánica: 3 veces/semana Orgánica: 2 veces/semana	Lunes - viernes 7:00 a 15:30
	Centro Occidental	2	Inorgánica: 3 veces/semana Orgánica: 2 veces/semana	Lunes - viernes 7:00 a 15:30
	Sur Oriental	4	5 veces/semana	Lunes - viernes 7:00 a 15:30

Continúa



	Hacinamientos	1	5 veces/semana	Lunes-domingo 5:00 a 15:30
--	---------------	---	----------------	-------------------------------

En el cantón Mejía todas las parroquias rurales cuenta con 1 vehículo para realizar el servicio de recolección de basura; Machachi al ser la parroquia urbana del cantón y generar la mayor cantidad de desechos respecto a las demás, cuenta con cuatro vehículos recolectores que se encargan de cubrir las cuatro zonas en las que está dividida la parroquia.

En la Tabla 3 se puede apreciar la capacidad que tienen los vehículos recolectores, el número de vehículo asignado para cada parroquia y las toneladas de basura recolectadas en cada ruta.

Tabla 3.

Capacidad de carga vehicular y toneladas de basura recolectadas

Parroquias	N° de vehículo recolector	Capacidad	Ton/ruta
Aloasí	14	15.291 m ³	4,20 Ton
Machachi - Centro Oriental	17	15.291 m ³	5,10 Ton
Machachi - Centro Occidental	15	15.291 m ³	5,30 Ton
Machachi - Sur Oriental	9	12.233 m ³	4,74 Ton
Machachi - Hacinamientos	6	15.291 m ³	4,83 Ton

- **Micro-ruteo**

Se verificó en campo que las rutas de recolección de residuos en las parroquias de Aloasí y Machachi se realizan a través del micro-ruteo. Esto quiere decir, cada vehículo recolector cumple un recorrido específico en las áreas donde han sido asignados, de manera que cada cuadrilla trate de realizar el servicio de

recolección en una menor cantidad de tiempo y distancia. El micro-ruteo, considera los siguientes datos: lugar del garaje (canchón municipal), lugar de disposición final (relleno sanitario), sentido vial, áreas con mayor tránsito y tráfico y, cierre de vías por trabajos en la vías (Márquez, 2010).

La Figura 3 muestra las 11 zonas en que la Dirección de Servicios Públicos e Higiene del cantón Mejía, dividió a las parroquias de Aloasí y Machachi para realizar el servicio de recolección de residuos. En las zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10 y 11 se recolectan residuos orgánicos e inorgánicos y, en la zona 8 recolecta únicamente residuos orgánicos.

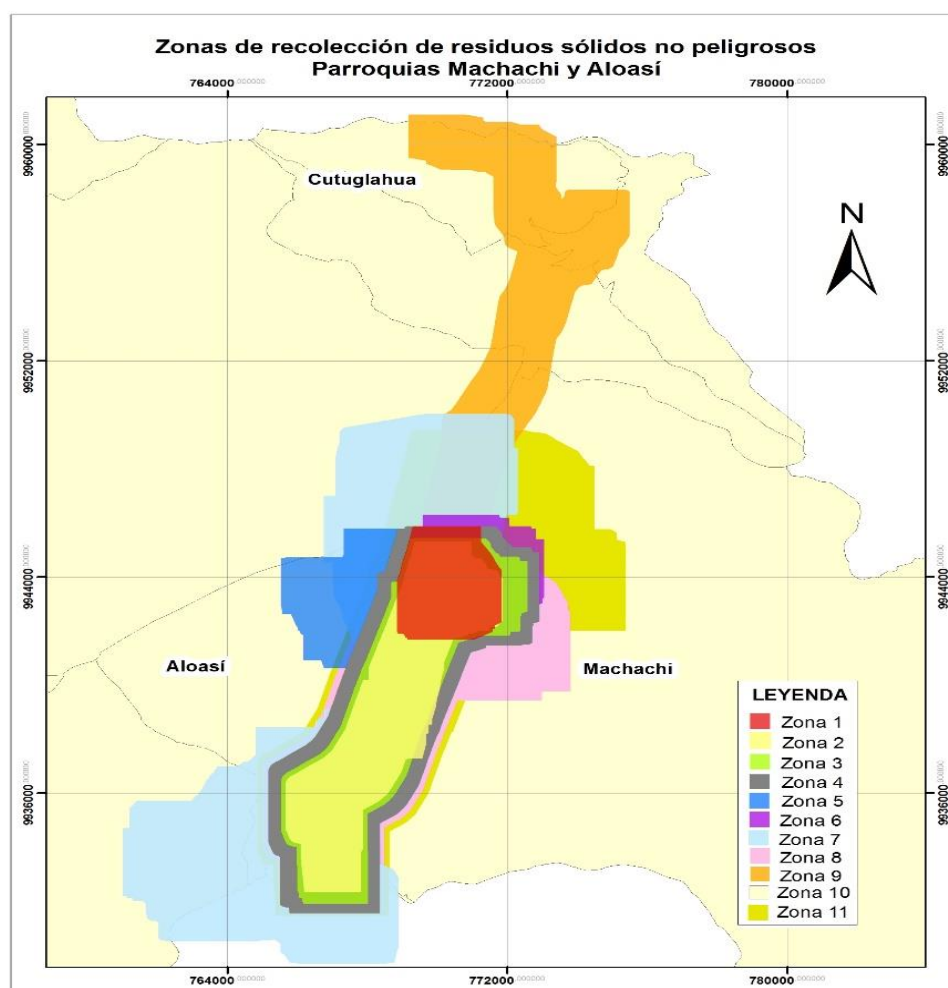


Figura 3. Zonas de recolección de RSM-Machachi y Aloasí

La recolección de basura en las dos parroquias de estudio se realizan 5 días a la semana, sin embargo, cada ruta cubre un sector específico, lo que hace que la frecuencia de recolección en algunos sectores sea como máximo 3 días y mínimo 1 día a la semana, como se muestra en las siguientes Tablas:

Tabla 4.

Sectores y días de recolección de RSM, parroquia Aloasí

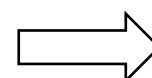
Parroquia Aloasí	
Días	Sectores
Lunes y jueves	Aloasí centro, Marquesa de Solanda, Simón Bolívar, San Roque, La Estación, La Moya, Culalá Alto y Bajo, La Zamora, San Félix, Barrios Occidentales, Escuela Segundo Miguel Salazar, Miraflores Alto y Bajo, Plantaciones, gasolinera Tapia, La Bolivia, Escuela Nasa.
Martes y viernes	Aloasí centro, Tambo I y II, Los Sauces, Subleche, Potreros altos y bajos, Ecofroz, el cisne, Panamericana sur subida al lado derecho, barrio la Avanzada, Gasolinera COTAG, la Bolivia, Escuela Nasa Y Alpina.
Miércoles	Calle de ingreso al Chaupi, Barrio Anita Lucia, el Chaupi, Panamericana Sur de subida lado derecho, barrio La Avanzada, Gasolinera Cotag, La Bolivia, Escuela Nasa y Alpina.

Tabla 5.

Sectores y días de recolección de RSM, Centro Oriental de Machachi

Centro Oriental de Machachi	
Días	Sectores

Continúa



Lunes, miércoles y viernes	Calle Colón, Bolívar, N. España, Sucre, Venezuela, Rumiñahui, El Hogar, Atahualpa, Colombia, Pérez Pareja, José Mejía, García Moreno, 10 de Agosto, Panzaleo, Caras, Barriga, Av. Pablo Guarderas, Barrio la Bomba, Complejo Deportivo, Urb. San Antonio, Sindicato de Trabajadores Municipales, Av. Fernández Salvador.
Martes y jueves	Calle Colón, Bolívar, N. España, Sucre, Venezuela, Rumiñahui, El Hogar, Atahualpa, Colombia, Pérez Pareja, José Mejía, García Moreno, 10 de Agosto, Panzaleo, Caras, Barriga, Av. Pablo Guarderas, la Bomba, Ciudadela el Campo, Complejo Deportivo, Urb. San Antonio, Sindicato de Trabajadores Municipales, Av. Fernández Salvador.

Tabla 6.

Sectores y días de recolección de RSM - Centro Occidental de Machachi

Centro Occidental de Machachi	
Días	Sectores
Lunes, miércoles y viernes	Calle Barriga, los Ilinizas, el Chan, Nuevo Terminal, calle González Suárez, parque Central, calle Manuel Germán, Pérez Pareja, Antonio Benítez, Rafael Arroba, ciudadela Hno. Miguel, el Timbo, Av. Amazonas, Av. Kennedy, Av. Amazonas, 11 de Noviembre, calle Colombia, Luis Cordero, Pérez Pareja, Luis Cordero, ciudadela Los Álamos, José Mejía, Colombia, Cristóbal Colón, 10 de Agosto y Antonio Benítez, Cooperativa Mariana de Jesús, Hospital de Machachi. Cada 15 días el Pedregal.
Martes y jueves	Los Ilinizas, calle Barriga, el Chan, Nuevo terminal, calle González Suárez, parque Central, Av. Amazonas, calle Manuel Germán, Pérez Pareja, Antonio Benítez, Rafael Arroba, ciudadela Hno. Miguel, el Timbo, Av. Amazonas, Av. Kennedy, calle sin nombre, Av. Amazonas, 11 de Noviembre, calle Colombia, Luis Cordero, Pérez Pareja, González Suárez, Luis Cordero, José Mejía, Colombia, Cristóbal Colón, 10 de Agosto y Antonio Benítez, Hospital de Machachi. Cada martes a Tandapi.

Tabla 7.

Sectores y días de recolección de RSM, Sur Oriental de Machachi

Sur Oriental de Machachi	
Días	Sectores
Lunes	Café de la Vaca, Panamericana Sur, Guitig, Puichig, Eucaliptos, San Isidro.
Martes y viernes	Calle a Tucuso, Tucuso, camino viejo, camino a Chanisas, San Antonio de Chanisas, Arteta, la Cosmorama, Pilongo, Barrio Primavera I y II, Panamericana sur lado izquierdo de subida, Barrio la Avanzada, gasolinera la Avanzada, Café de la Vaca.
Miércoles	Café de la vaca, Panzaleo, Camino viejo, San José de Cutuglagua.
Jueves	Santa Rosa de Tahuachi, Pinllocruz, San Isidro, Eucaliptos, Guitig, San Agustín, Santa Rosa de los Molinos, Agro San Alfonso y Flor de Machachi, Barrio San Alfonso.

Tabla 8.

Sectores y días de recolección de RSM, Hacinamientos

Hacinamientos	
Días	Sectores
Lunes, martes, miércoles, jueves y viernes	Gasolinera Silva, mercado Central, mercado Mayorista, colegio Machachi, Hacinamientos, calle el Hogar, calle la Gallera, Barrio San Antonio de Uribe, Barrio Tahuachi, Urb. San Antonio, Urb. Sindicato Municipal.
Lunes y viernes	Gasolinera Silva II, el camal, el Playón, recolección de vísceras de pollo.
Miércoles	Plaza de ganado, camal, Mamaguacho, cooperativa de vivienda Tesalia, cementerio.

- **Mapas temáticos de las rutas de recolección de RSM, parroquias Aloasí y Machachi**

La Figura 4 muestra la ruta de recolección de residuos sólidos que sigue el vehículo número 9 en la zona Sur Oriental de Machachi.

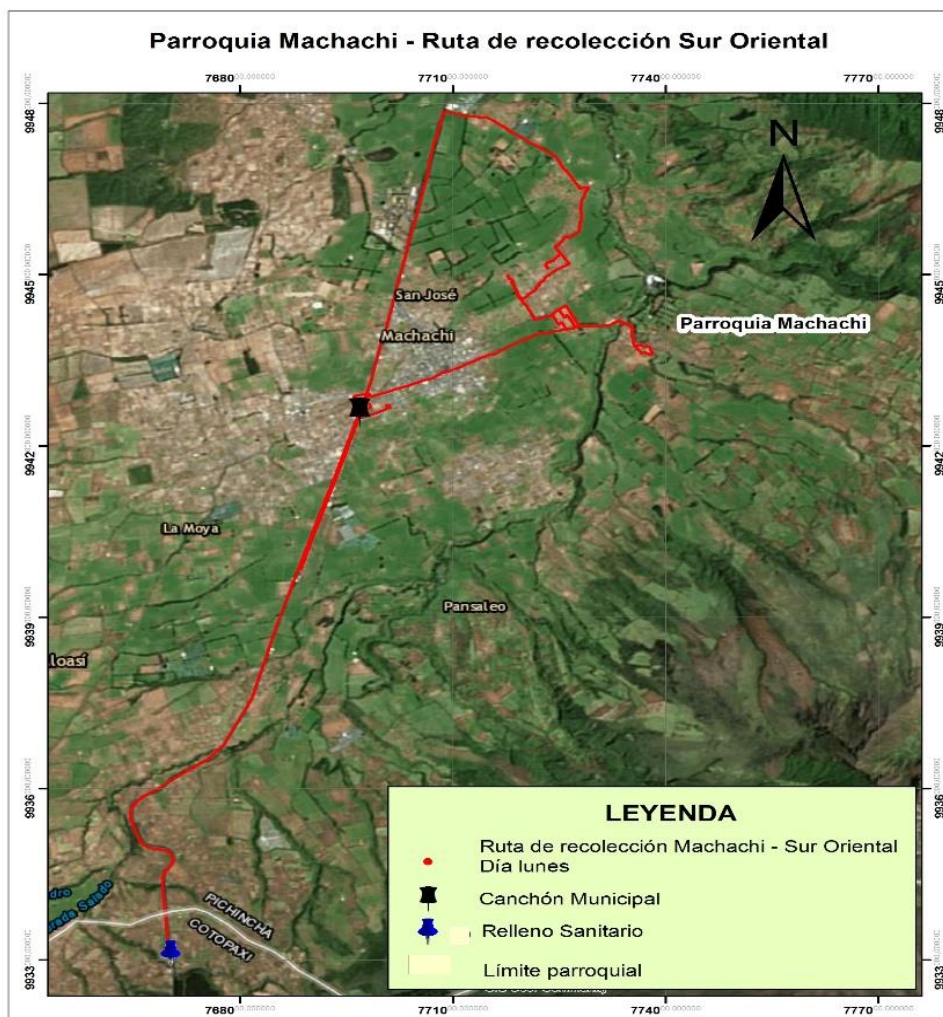


Figura 4. Ruta de recolección Sur Oriental Machachi, lunes y jueves

Se realizaron mapas temáticos de las 11 rutas de recolección de residuos sólidos actuales (Anexos 1-10). Todos los vehículos recolectores iniciaron y finalizaron las rutas en el canchón municipal, lugar donde se guardan los vehículos recolectores hasta la siguiente jornada de trabajo.

3.1.2 Construcción y análisis de redes de transporte

La segunda fase para diseñar las nuevas rutas de recolección es realizar el análisis de red, en el que se buscó simular los recorridos que deberán realizar los vehículos recolectores para cubrir el servicio de recolección en las parroquias de Aloasí y Machachi.

3.1.2.1 Creación de una capa tipo línea

Se creó una capa tipo línea, en la que se digitalizó las vías y las calles faltantes en la red vial base. Para cada tramo de la vía se consideró un nodo inicial y final que sirvió para identificar el sentido vial; si la digitalización fue en el mismo sentido de la vía se asignó en la Tabla de atributos la abreviatura “FT”, si la digitalización fue en sentido contrario al sentido de la vía se asignó “TF”, caso contrario, cuando el sentido es bidireccional el campo se dejó con un espacio en blanco (Figura 5).

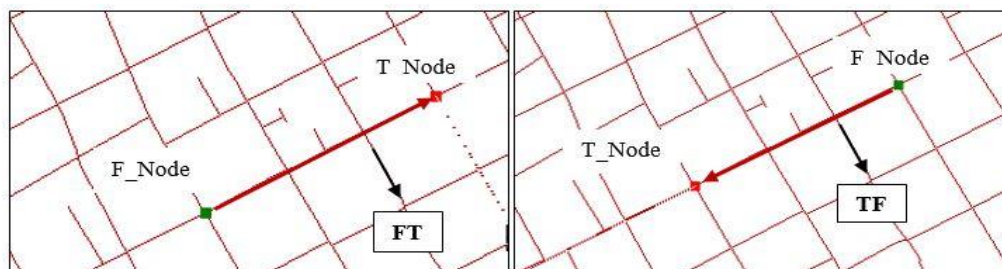


Figura 5. Sentido vial

Dentro de la Tabla de atributos de la capa de vías se creó otros campos necesarios para la creación del Network Dataset, como se detalla a continuación:

- Nombre: se refiere al nombre de las calles de las parroquias.
- Tipo: sirve para establecer los límites de velocidad, indica si la calle de circulación es un pasaje, calle o carretera.
- Material: indica si el material de la red vial es de tierra, adoquín, piedra o asfalto.

- Oneway: almacena e indica la dirección de digitalización de cada segmento de vía.
- Longitud: indica la distancia de la calle, la misma que fue calculada en la capa de vías, con la herramienta “Calculate Geometry”, en unidades de metros.
- F_Node: nodo inicial
- T_Node: nodo final
- Tiempo: indica el tiempo de desplazamiento en minutos para cada uno de los tramos de la calle, desde el nodo inicial hasta el nodo final. Existen dos campos de tiempo “FT_MINUTOS” y “TF_MINUTOS”.

Para el cálculo del atributo tiempo, se utilizó la ecuación 1:

$$t = \frac{D * K}{V}$$

(Ec. 1)

Donde:

- T= tiempo que demora en desplazarse el vehículo recolector, en cada segmento de vía.
- K= constante de tiempo, igual a 60 minutos.
- V= velocidad de circulación vehicular.
- D= distancia en metros de cada segmento de la vía.

La Figura 6 muestra la Tabla de atributos de la capa vías, se detalla las características de las calles, pasajes y carreteras de las parroquias de Aloasí y Machachi.

Nombre, tipo y material de las calles

Velocidad

nombre	tipo	material	LONGITUD	F Node	T Node	Oneway	Velocidad	FT MINUTOS	TF MINUTOS
SIN NOMBRE	PASAJE	ADOQUIN	0,091401	100	100		40	0,137101	0,13710
CALLE B	PASAJE	PIEDRA	0,124931	100	100		30	0,249861	0,249861
SIN NOMBRE	PASAJE	TIERRA	0,081356	100	100		30	0,162712	0,162712
SIN NOMBRE	PASAJE	TIERRA	0,072215	100	100		30	0,144429	0,144429
SIN NOMBRE	PASAJE	TIERRA	0,454963	100	100		30	0,909925	0,909925
SIN NOMBRE	PASAJE	TIERRA	0,078615	100	100		30	0,157229	0,157229
COLINA	PASAJE	TIERRA	0,048548	100	100		30	0,097097	0,097097
SIN NOMBRE	PASAJE	TIERRA	0,076753	100	100		30	0,153506	0,153506
SIN NOMBRE	PASAJE	TIERRA	0,079594	100	100		30	0,159187	0,159187
ALBERTO LLUMIGUSIN	PASAJE	TIERRA	0,158419	100	100		30	0,316838	0,316838
MARQUEZA DE SOLANDA	CALLE	ADOQUIN	0,022921	100	100		40	0,034382	0,034382
PANAMERICANA SUR	CARRETER	ASFALTO	0,204349	100	100	T	70	0,175156	0,175156
SIN NOMBRE	CALLE	PIEDRA	0,187423	100	100		40	0,281134	0,281134
SUCRE	CALLE	PIEDRA	0,064831	100	100		40	0,097247	0,097247
MARQUEZA DE SOLANDA	CALLE	ADOQUIN	0,026307	100	100		40	0,039461	0,039461
SIN NOMBRE	CALLE	PIEDRA	0,035252	100	100		40	0,052878	0,052878

Sentido de las calles.

Tiempo de recolección en cada calle.

Figura 6. Tabla de atributos – red vial, parroquia Aloasí y Machachi

3.1.2.2 Paradas para la recolección de residuos sólidos

El método de recolección de residuos utilizado en el cantón Mejía, es el denominado a “pie de vereda”, es decir, los residuos son recolectados en las veredas de cada domicilio. Considerando que el número de paradas que realiza el vehículo recolector es directamente proporcional al número de viviendas en cada parroquia, existen 6.370 paradas que debe realizar el vehículo recolector entre las parroquias de Aloasí y Machachi (Dirección de Avalúos y Catastro del cantón Mejía, 2016).

Para disminuir el tiempo de procesamiento en la creación de las nuevas rutas de recolección, se procedió a contar el número total de viviendas existentes en cada una de las calles que delimitan una manzana, debido a que al iniciar el “análisis de red” se realizan miles de iteraciones y el tiempo aumenta si existen mayor número de puntos a procesar. En cada parada se consideró el tiempo de

recolección para cada vivienda, esto quiere decir, si se agruparon 10 casas en 1 sola parada, el tiempo de recolección que tendrá ese punto será el de las 10 casas.

Cada número sobre la calle representa una parada que deberá realizar el vehículo recolector para recoger los residuos de cada domicilio (Figura 7).



Figura 7. Número de viviendas por manzana

3.1.2.3 Creación de una capa tipo punto (Paradas de recolección)

Después de realizar el conteo de todas las calles de Aloasí y Machachi, se creó una capa tipo punto, denominado "Paradas de recolección", en el que se editó un punto sobre todas las calles que rodean a las manzanas de las parroquias de Aloasí y Machachi; el punto representa a todas las casas que se encuentran en cada una de las calles.

Dentro de la Tabla de atributos de la capa "Paradas de recolección", se crearon otros campos necesarios para la creación del Network Dataset, considerando las siguientes condiciones:

- De acuerdo al INEC (2010), el promedio de personas por hogar es de 4 personas.

- GDHD: se refiere a la generación de residuos sólidos per cápita en la parroquia de Aloasí y Machachi, la generación es igual a 0,43 (Kg/hab día) y 0,72 (Kg/hab día), respectivamente (Dirección de Servicios Públicos e Higiene , 2016).
- GDCD: se refiere a la generación de residuos sólidos casa día, considerando 4 habitantes por casa.
- Capacidad de recolección del vehículo: 15 m³.
- Frecuencia: se refiere al número de veces/día que el vehículo recolector, visita cada vivienda.
- Tiempo de servicio: se refiere al tiempo de recolección en cada vivienda; el tiempo fue tomado en campo y fue igual a 00:00:08 segundos, equivalente a 0,1333 minutos.
- Jornada de trabajo: 7 am – 15:30 pm (Dirección de Servicios Públicos e Higiene , 2016).
- N_Casas: se refiere al número de viviendas que se encuentran en cada calle que delimita a una manzana, considerando a una manzana como al espacio urbano delimitado por calles por todos los lados.
- Nombre: se refiere si la propiedad es una casa, escuelas, colegios, mercados, camal u hospitales.

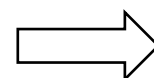
La Figura 8, muestra la Tabla de atributos creada dentro del shape “Paradas de recolección”

Nombre	Descripcio	servicetim	GDCD	VTI	VTF	Frecuencia	tiemposerv	NCasas	GDHD 1
Casa	Casa promedio de 4 habitantes	0,133333	2,88	0	0	1	0,399999	3	0,72
Casa	Casa promedio de 4 habitantes	0,133333	2,88	0	0	1	0,666665	5	0,72
Casa	Casa promedio de 4 habitantes	0,133333	2,88	0	0	1	0,933331	7	0,72
Casa	Casa promedio de 4 habitantes	0,133333	2,88	0	0	1	0,399999	3	0,72
Casa	Casa promedio de 4 habitantes	0,133333	2,88	0	0	1	0,533332	4	0,72

Figura 8. Tabla de atributos - paradas de recolección de residuos

Después de realizar el conteo de todas las casas que reciben el servicio de recolección, se obtuvo un total de 302 paradas para la parroquia de Aloasí y 1.151 paradas para la parroquia de Machachi (Figura 9).

Continúa



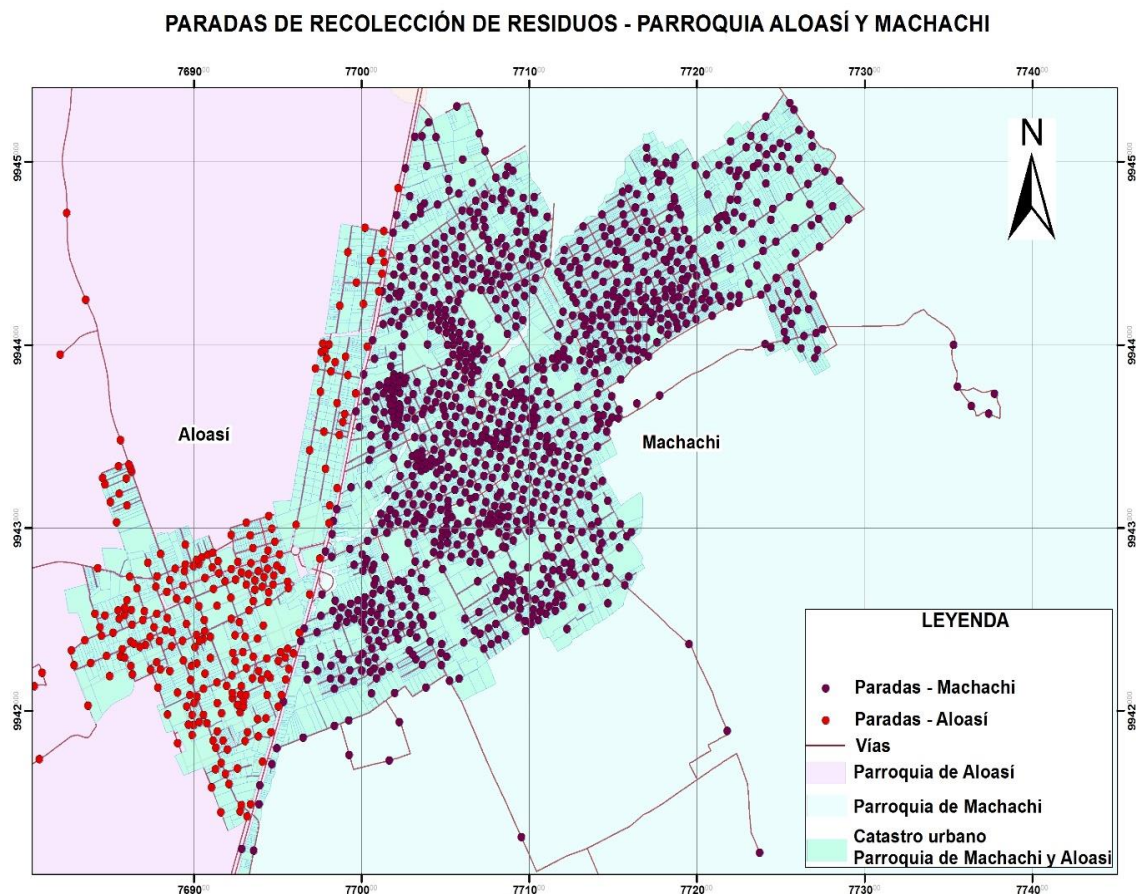


Figura 9. Paradas de recolección de residuos, en las parroquias de Machachi y Aloasi.

3.1.2.4 Creación del Network Dataset

El Network dataset es un conjunto de datos con atributos diferentes que ayuda a modelar las impedancias, las restricciones y la jerarquía dentro de un análisis de red. Para realizar un análisis mediante la extensión Network Analyst de ArcGIS, el análisis siempre se realiza en un dataset de red. El Dataset puede incluir entidades simples como líneas y puntos, sin embargo, para el caso de estudio el Dataset se creó a partir de un shape de líneas.

En la barra de herramientas del ArcMap, se seleccionó la herramienta ArcCatalog y, se buscó la carpeta que contiene el shape vías, mediante el botón derecho se seleccionó la opción “Import” y la pestaña “Feature Class (múltiple)”, con la que generamos un Feature dataset.

Posteriormente, sobre el Feature Class de vías generado y mediante el botón derecho, se seleccionó la opción “New”, para iniciar con la generación del Network Dataset. Primero se asignó el nombre que tendrá el Network Dataset, a continuación las capas que influirán, en este caso fue únicamente el shape de vías. La siguiente opción se refiere a lugar donde queremos que se cree cada nodo, para que las rutas a generar tengan mayor movilidad dentro de la red, se seleccionó la opción “Any Vertex”, que creó nodos en cada vértice de los segmentos de vías.

Debido a que existe una diferencia de altura en las vías, específicamente en el intercambiador ubicado en la Panamericana Sur, sector Aloasí, se seleccionó la opción “Using Z Coordinate Values From Geometry”, para que en el análisis de red sea considerado los desniveles en las calles (ArcGIS Desktop, 2017).

Finalmente para terminar la construcción del Network Dataset, el último paso es añadir la impedancia o la característica principal que tendrá las nuevas rutas generadas, para el presente proyecto la impedancia fue el tiempo, debido a que se quiere disminuir el tiempo de recolección sin disminuir la cobertura del servicio.

3.1.2.5 Problema de generación de rutas para vehículos

Dentro del Network Analyst las órdenes se refieren a los domicilios, restaurantes o sitios de inspección a los que se debe dar servicio en una ruta establecida. En el análisis de red, el objetivo principal es dar un mejor servicio a las órdenes y minimizar el coste total de funcionamiento para la flota de vehículos. Así, mientras el solucionador de rutas de ArcGIS Network Analyst encuentra la

mejor ruta para que un único vehículo visite muchas paradas, el solucionador de “Problemas de Ruta Vehicular” (VRP) encuentra las mejores rutas para que una flota de vehículos atienda muchas órdenes. Además, el solucionador VRP puede resolver problemas más concretos porque hay disponibles numerosas opciones, como asignar capacidades de vehículos a cantidades de órdenes, proporcionar descansos a los conductores y emparejar órdenes para darles servicio en la misma ruta (ArcGIS Desktop, 2017).

Después de seleccionar el “solucionador de VRP”, se creó una “Capa de análisis”, donde se almacenó las entradas, parámetros y los resultados del problema de generación de rutas. Para crear la capa de análisis se seleccionó la herramienta Network Analyst y la opción “New Vehicle Routing Problem”, inmediatamente apareció en la ventana Network Analyst las 13 clases de análisis de red: Órdenes, Depósitos, Rutas, Visitas a depósito, Cortes, Zonas de ruta, Puntos de semilla de ruta, Renovaciones de ruta, Especialidades, Pares de órdenes, Barreras de punto, Barreras de línea y Barreras de polígono (ArcGIS Desktop, 2017).

Al crear la capa de análisis inmediatamente aparece en la Tabla de contenido como una capa compuesta con el nombre de “Problema de Generación de Rutas para Vehículos” y, consta de nueve capas de entidades: Órdenes, Visitas a depósito, Depósitos, Puntos de semilla de ruta, Rutas, Zonas de ruta, Barreras de punto, Barreras de línea y Barreras de polígono. Cada capa tiene una simbología y puede ser modificada en el cuadro de propiedades (ArcGIS Desktop, 2017).

3.1.2.6 Capa de entidades de órdenes

En la capa de entidades de “órdenes” se cargó el conjunto de casas que representan las paradas que realizará el vehículo recolector, para este caso se cargó la capa de puntos creada anteriormente.

En la capa de entidades, se almacena las órdenes que forman parte de una capa para el análisis del problema de generación de rutas para vehículos. La orden puede tener un tiempo de servicio, que es el tiempo necesario para completar el trabajo en la orden, en este caso el tiempo de recolección de residuos, que puede ser el mismo para todas las órdenes o puede ser exclusivo para cada orden.

- **Propiedades de orden**

Existen diferentes campos de entrada de órdenes, sin embargo, el número de campos a utilizar depende del tipo de servicio a realizar. Para cargar información como: registros, características, gráficos u objetos de análisis de red, en la ventana de Network Analyst, dar clic derecho en la opción órdenes y cargar ubicaciones “Load Locations”.

- **Depósitos**

Los depósitos se refieren al lugar de salida y llegada del vehículo recolector, ahí se agregó como lugar de inicio de cada ruta al canchón municipal y, como lugar de llegada el relleno sanitario. Se eligió dos ventanas de tiempo, la primera se denomina “TimeWindowStart1” y en ella se ingresó el horario en el que deberán salir los vehículos recolectores del canchón municipal; las rutas iniciaran desde las 7 h 00 min hasta un máximo de 7 h 30min. La segunda ventana de tiempo se denomina “Time End”, en ella se ingresó el horario en el que deberán llegar los vehículos recolectores nuevamente al canchón municipal para ser guardados hasta la siguiente jornada laboral.

Después de llenar todos los campos de órdenes y depósitos, se procedió a resolver el problema de vehículos de ruta, dando clic en la opción “Resolver” ubicado en la barra de herramientas de Network Analyst.

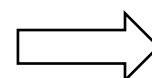
La Tabla 9 muestra la descripción de los campos de entrada, utilizados para el problema de generación de rutas de recolección de residuos sólidos.

Tabla 9.

Campos de entrada de órdenes y depósitos

Campo de entrada	Descripción
Nombre	Se refiere al nombre del objeto de análisis de red. El nombre debe ser único, debido a que actúa como una clave principal. Los nombres de órdenes no distinguen entre mayúsculas y minúsculas y no pueden estar vacíos, incluso aunque la orden se excluya de la operación de resolución.
Id de objeto	Campo ID administrado por el sistema.
Descripción	Es la información descriptiva sobre la orden. Puede contener cualquier información textual para la orden y no tiene ninguna restricción de singularidad.
Tiempo de servicio	Esta propiedad específica cuánto tiempo se empleará en la ubicación de red cuando la ruta la visite; es decir, almacena el valor de impedancia para la ubicación de red. Un valor de cero o nulo indica que la ubicación de red no requiere ningún tiempo de servicio.
Cantidad de recogida	Se refiere al tamaño de la recogida. Puede especificar el tamaño de cualquier dimensión que desee, como peso, volumen o cantidad. Para el caso de estudio, se refiere a la cantidad de desechos sólidos generados.
Frecuencia	Se refiere al número de veces que el vehículo recolector debe pasar por ese lugar.
Nombre del depósito inicial	Se refiere al nombre del lugar donde iniciará la ruta de recolección (canchón municipal).
Nombre del depósito final	Nombre donde finaliza la ruta de recolección (relleno sanitario).

Continúa



Hora de inicio más temprana	Hora de inicio más temprana del servicio de recolección (7:15 am)
Última hora de inicio	Última hora de inicio (7:30 am).

Fuente: (ArcGIS Desktop, 2017)

3.1.3 Análisis SIG

Para las nuevas ruta de recolección se consideró realizar rutas de recolección separadas y unificadas, esto quiere decir, se generó rutas de recolección solo para la parroquia de Aloasí, otras rutas solo para la parroquia de Machachi y una ruta unificada que cubre las dos parroquias, con el objetivo de identificar cuál de las rutas generadas posean la distancia productiva mayor a la distancia total de recolección.

Posteriormente se comparó la distancia recorrida, tiempo de recolección, número de rutas y consumo de combustible, entre las rutas de recolección generadas y las rutas de recolección actuales que tienen las parroquias de Aloasí Y Machachi.

3.2 Tasa de recolección de basura para el GAD Municipal del cantón Mejía

Para realizar la recaudación de la tasa de recolección de basura, el Municipio del cantón Mejía a través de la Dirección de Servicios Públicos e Higiene ha clasificado a los clientes como:

- Generadores comunes: menor a 500 kilogramos de desechos sólidos/mes
- Generadores especiales: mayor a 500 kilogramos de desechos sólidos/mes
- Generadores de Desechos Biopeligrosos

Para el caso de los generadores especiales y biopeligrosos el pago por la tasa de recolección lo realizan en la Dirección Financiera del GAD Municipal del cantón Mejía. Mensualmente la Dirección emite un Título de Crédito a todos los clientes que superan los 500 Kg/mes, por un valor mensual de \$44,99 por cada tonelada de residuos sólidos comunes ingresados al relleno sanitario. Las empresas que se encuentran dentro de esta categoría son: Food Service, Agro San Alfonso, Adelca, Muebles Gallardo, Agro Umbria S.A., Ecofroz, Paraiso S.A., El Ordeño, Invedelca, Gisela Peñaherrera y Dicorne S.A.

Actualmente el GAD Municipal del cantón Mejía tiene un convenio con la Empresa Eléctrica Quito – Agencia Machachi, para el cobro de la tasa de recolección de basura para generadores comunes; el valor a recaudar es el 10% del consumo eléctrico (kWh/mes) y se lo realiza en las planillas eléctricas.

3.2.1 Cálculo para la Tasa de recolección de basura para generadores comunes- categoría residencial

De acuerdo a los artículos 566 y 568 del COOTAD (2015), los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales y Distritales, tienen la facultad de determinar tasas por la prestación de servicios públicos, uno de ellos la de recolección de basura. Actualmente no existe una fórmula a nivel nacional para el cobro de la tasa de recolección de basura que tenga relación directa con el volumen de residuos generados, por esto razón, la estructura de cálculo de la tasa de recolección de basura varía de un municipio a otro.

Sin embargo, después de realizar una revisión bibliográfica se identificó que el valor de la tasa de recolección en los municipios del Ecuador se calcula de dos formas: la primera es cobrar un porcentaje a través de las planillas eléctricas o de agua potable, el valor dependerá de las cláusulas establecidas al momento de realizar el convenio entre las instituciones y el municipio. La segunda es utilizar una fórmula matemática que relaciona los costos operativos que tiene el

municipio por el servicio de recolección y el número de kWh consumidos por cada usuario; a pesar de ser una fórmula que no relaciona directamente el volumen de residuos generados, el valor de la tasa de recolección que debe pagar cada usuario es acorde a los costes que implica dar el servicio de recolección. Por esta razón, el presente proyecto propone desarrollar la fórmula matemática establecida en el Registro Oficial del Ecuador (2016) y adaptarla a las condiciones socioeconómicas del cantón Mejía.

La tasa de recolección para generadores comunes, se calcula en función de la siguiente ecuación (2):

$$TGC = (CO * Fr + CF * Fi) * Ks \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

- TGC = Tarifa para generadores comunes (USD \$/mes)
- CO = Costo operativo mensual por familia (USD \$/mes)
- Fr = Factor de reajuste de costos operativos
- CF = Costos Financieros o Cargo Fijo mensual por contribuyente (USD \$/mes)
- Fi = Factor de reajuste por variación de la tasa de interés
- Ks = Factor de subsidio, categoría residencial.

3.2.1.1 Costos Operativos (CO)

Los costos operativos están compuestos por los costos directos e indirectos, es el valor que le cuesta al GAD Municipal del cantón Mejía dar el servicio de recolección al año (Sánchez, 2015). Los Costos operativos incluyen el servicio de barrido, recolección, reciclaje y disposición final de residuos.

La Tabla 10 muestra la distribución de los Costos Operativos en el presupuesto asignado para el servicio de recolección de residuos sólidos en el año 2017.

Tabla 10.

Campos de entrada de órdenes y depósitos

Costos Operativos			
Rubros	Total	Coficiente	Simbología
Mano de obra	272.519,52	0,287	B
Equipo y Maquinaria	300.000	0,316	E
Repuestos	233.503,30	0,246	R
Combustibles	58.800	0,062	C
Prendas de vestir y herramientas	65.843,80	0,069	P
Varios	19.838,4	0,021	X
TOTAL.....\$	950.505,02	1,000	

Fuente: (Dirección de Servicios Públicos e Higiene , 2016)

La Figura 10 muestra los costos operativos que tuvo el municipio de Mejía en el año 2017 para prestar el servicio de recolección de residuos sólidos.

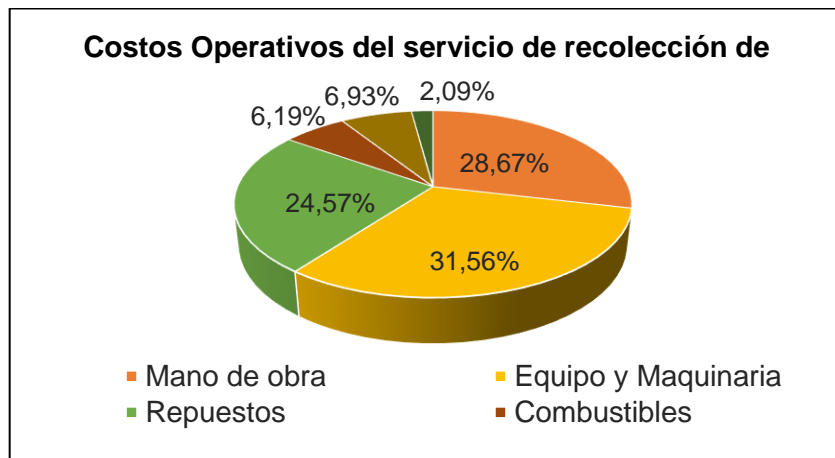


Figura 10. Distribución de los Costos Operativos

En el año 2017 el rubro que cobro más importancia fue el de Equipo y Maquinaria con el 31,56%, seguido de Mano de obra con el 28,67%, repuestos con el 24,57%, combustible con el 6,19%, uniformes y herramientas para el personal de recolección, barrido, reciclaje, compost y administrativo el 6,93 y varios con el 2,09%.

- **Cálculo de los costos operativos**

El cálculo del costo operativo mensual por familia se determinó con la siguiente ecuación 3:

$$CO = \text{Costo por tonelada} * \text{Cantidad de basura generada por familia/mes}$$

$$CO = 5,92 \text{ USD } \$.\text{mes}^{-1}$$

(Ec.3)

La Tabla 11 describe los parámetros utilizados para el cálculo de los Costos Operativos, como el costo por tonelada de basura y generación per cápita de residuos en el cantón Mejía.

Tabla 11.

Datos para el cálculo de los Costos Operativos

DESCRIPCIÓN	VALOR
Costo por tonelada de basura	87,20 USD \$/mes
Generación per cápita del cantón Mejía	0,57 Kg/hab./día
Número de integrantes por familia	4
Cantidad de basura generada por familia/mes.	0,07 Ton/familia/mes

Fuente: (Dirección de Servicios Públicos e Higiene , 2016), (INEC, 2010)

3.2.1.2 Costos Financieros (CF)

Los costos Financieros se refieren al número de créditos, valor de cada crédito, tasa de interés y cuota mensual que mantienen una institución. Actualmente el municipio de Mejía pretende desarrollar el proyecto: “Construcción del Mercado Central de Machachi”, sin embargo, el crédito está a la espera de ser aprobado por el Banco de Desarrollo. Por esta razón, para el cálculo de los CF se consideró los créditos del 2016 que el municipio mantiene con el Banco del Estado por concepto de “Actualización del Catastro” (Anexo 11).

La Tabla 12 muestra el valor del crédito, años plazo, tasa de interés y cuota mensual de crédito que debe cancelar el municipio de Mejía al Banco del Estado.

Tabla 12.

Datos para el cálculo de los Costos Financieros

Concepto	Valor	Años plazo	Tasa de interés	Cuota mensual del crédito
Actualización del sistema Catastral.	\$ 190.000,00	5 años	7,11 %	\$ 3.762,23

Fuente: (Dirección Financiera-GAD Municipal del cantón Mejía, 2017)

El Costo Financiero mensual por contribuyente se calculó con la siguiente ecuación 4:

$$CF = \frac{\text{Costo financiero mensual}}{\text{Número de usuarios del servicio de recolección de basura}} \quad (\text{Ec. 4})$$

$$CF = \frac{3.762,23}{34.000}$$

$$CF = 0,11 \text{ USD } \$.\text{mes}^{-1}$$

3.2.1.3 Factor de reajuste de Costos Operativos (Fr)

El factor de reajuste de los costos operativos se calcula mensualmente de acuerdo a la ecuación 5:

$$Fr = 0,29 \frac{B1}{Bo} + 0,32 \frac{E1}{Eo} + 0,25 \frac{R1}{Ro} + 0,06 \frac{C1}{Co} + 0,07 \frac{P1}{Po} + 0,02 \frac{X1}{Xo} \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde:

- Bo= salario mensual mínimo para auxiliar de limpieza, vigente a agosto del 2017.
- B1= salario mensual mínimo para auxiliar de limpieza, vigente a noviembre del 2017.
- Eo= índice de precios de equipo y maquinaria de aseo de vías públicas a nivel nacional, vigente a agosto del 2017.
- E1= índice de precios de equipo y maquinaria de aseo de vías públicas a nivel nacional (IPCO), vigente a noviembre del 2017.
- Ro= índice de repuestos para maquinaria de construcción (IPCO), vigente a agosto del 2017.
- R1= índice de repuestos para maquinaria de construcción (IPCO), vigente a noviembre del 2017.
- Co= índice de precios de combustible (5% gasolina extra, 95% diésel) nivel nacional, vigente a agosto del 2017.
- C1= índice de precios de combustible (5% gasolina extra, 95% diésel) nivel nacional, (IPCO), vigente a noviembre del 2017.
- Po= índice de precios de prendas de vestir y calzado a nivel nacional (IPC), vigente a agosto del 2017.
- P1= índice de precios de prendas de vestir y calzado a nivel nacional (IPC), vigente a noviembre del 2017.
- Xo= índice general de bienes y servicios a nivel nacional, vigente a agosto del 2017.

- X1= índice general de bienes y servicios a nivel nacional, vigente a noviembre del 2017.

El factor de reajuste se actualizará mensualmente en base a los índices antes detallados, los mismos que estarán sujetos a los incrementos salariales decretados por el Gobierno Central del Ecuador (Sánchez, 2015).

Para los índices base se tomaron los valores de agosto del 2017, mes en el que inició el proyecto y, para los índices actuales diciembre 2017, a excepción del salario básico unificado que se actualizará una vez por año.

La Tabla 13 muestra los “Índices de Precios de Equipo y Maquinaria de la Construcción” (IPCO) e “Índice de Precio al Consumidor” (IPC), publicados en los boletines mensuales del INEC.

Tabla 13.

Índices para el cálculo del Factor de reajuste de costo operativo

Índice del Precio al Consumidor e Índice de Precio de Equipo y Maquinaria					
Bo=	\$ 375,00	Ro=	132,63	Xo=	105,42
B1=	\$ 375,00	R1=	132,63	X1=	104,82
Eo=	147,89	Po=	89,49	Co=	137,34
E1=	148,26	P1=	88,16	C1=	137,34

Fuente: (INEC, 2017)

- **Cálculo del Factor de Reajuste**

La Tabla 14 detalla la nueva estructura de cálculo para el Factor de Reajuste.

Tabla 14.

Datos para determinar el Factor de Reajuste al 31 de diciembre de 2017

Rubros	Coeficiente	Índice base Ago.	Índice actualizado Dic.	Relación (I1/I0)	Fr
	(1)	(I0)	(I1)	(2)	(1)x(2)
B	0,29	375,00	375,00	1,00	0,29
E	0,32	147,89	148,26	1,00	0,32
R	0,25	132,63	132,63	1,00	0,25
C	0,06	137,34	137,34	1,00	0,06
P	0,07	89,49	88,12	0,99	0,07
X	0,02	105,42	104,82	0,99	0,02
	1,000	Factor de reajuste (Fr)			1,00

3.2.1.4 Factor de reajuste por variación de la tasa de interés (Fi)

Depende de la tasa de interés vigente en el mercado financiero. El presente proyecto utilizó el valor de la tasa de interés más alta de los créditos que mantiene el municipio de Mejía con el Banco del estado. De acuerdo al Banco de Desarrollo (2017), la Tasa de interés vigente a la fecha de actualización es del 7,11% y, la Tasa de interés actual por concepto de actualización del Catastro es de 7,11%.

El factor de reajuste por variación de la tasa de interés se calculó de acuerdo a la ecuación 6:

$$Fi = \frac{\text{Tasa vigente a la fecha de actualización \%}}{\text{Tasa actual del Banco del Estado}} \quad (\text{Ec. 6})$$

$$Fi = \frac{7,11 \%}{7,11 \%}$$

$$Fi = 1,00$$

- **Cálculo para la Tarifa plana de recolección de basura**

Una vez calculado el costo operativo por familia, costo financiero mensual por contribuyente, factor de reajuste de costos operativos y el factor de reajuste por variación de la tasas de interés, se puede determinar el costo de recolección para una tarifa plana, es decir el valor será el mismo para todos los usuarios, sin considerar el consumo de los kWh.

$$TGC = (CO * Fr + CF * Fi) * Ks \quad (\text{Ec. 7})$$

Sin aplicar ningún tipo de subsidio eléctrico, la tasa para generadores comunes sería de 6,03 USD \$/mes.

3.2.1.5 Factor de Subsidio (Ks)

El factor de subsidio “Ks” se calcula en base al consumo de energía eléctrica al mes. Para la categoría doméstica o residencial el factor “Ks” se calcula con la ecuación 8.

$$Ks = \frac{[(Y2 - Y1) * C]}{X2 - X1} + Y1 \quad (\text{Ec. 8})$$

Donde:

- C= Consumo promedio de energía kWh/mes
- X₁= Consumo mínimo de kWh/mes
- X₂= Consumo de kWh/mes, de acuerdo al tipo de subsidio.
- Y₁= Precio del kWh/mes, de acuerdo al subsidio utilizado.
- Y₂= Precio máximo del kWh/mes

La Empresa Eléctrica tiene identificado a sus clientes mediante los medidores de energía eléctrica, al realizar el cobro de la tasa de recolección de basura a

través de las planillas eléctricas, cada medidor de energía es considerado un cliente para la Dirección de Servicios Públicos e Higiene del cantón Mejía.

Actualmente los clientes que reciben el servicio eléctrico de la Empresa Eléctrica Quito – Agencia Machachi, se benefician con las tarifas diferenciales como son: tercera edad, discapacitados y la tarifa de la dignidad, que les permiten recibir un subsidio por consumo del servicio, gracias a las políticas públicas impulsadas por el Gobierno Nacional, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable y ejecutadas por la Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP (CNEL, 2016).

Sin embargo, el presente proyecto considero utilizar el subsidio de la Tarifa Dignidad para el cálculo de la Tasa de Recolección para Generadores Comunes, porque a nivel nacional el 61% de los 4'012.476 usuarios residenciales se benefician con esta tarifa. Según la Corporación Nacional del Ecuador (2016) “Esta tarifa constituye un incentivo para que los clientes sigan ahorrando energía y contribuye a la economía familiar al revertir ese ahorro en otros gastos del hogar”. Para el cálculo de la tasa de recolección de basura propuesta, se consideró lo siguiente:

- Subsidio para los usuarios que consumen menos de 110 kWh/mes.
- El umbral para los clientes que están dentro de la categoría residencial, el punto máximo es 400 kWh.
- El precio del kWh de acuerdo al subsidio de la Tarifa Dignidad es 4 centavos.
- Consumo mínimo de electricidad es 0 kWh.
- $a = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$
- $b = Y_1$
- $Ks = a * C + b$
- Condición: si $(C < 400; (a * C + b); (a * 400 + b))$

3.2.2. Cálculo de la nueva Tasa de Recolección de basura – categoría residencial

Con toda la información analizada se establece los valores para el cálculo de la nueva Tasa de recolección de basura para Generadores Comunes, categoría residencial, como indica la Tabla 15.

Tabla 15.

Datos para el cálculo de la Tasa de recolección de basura para Generadores Comunes

TGC= (CO * Fr + CF * Fi) * Ks					
CO=	5,92	TGC plana=	6,03	Y1=	0,04
CF=	0,11	Umbral=	400,00	Y2=	1,00
Fr=	1,00	X1=	0,00	a=	0,01
Fi=	1,00	X2=	110,00		

Con la nueva estructura tarifaria se subsidia a los usuarios que consumen menos de 110 kWh.mes⁻¹ y, los usuarios que consumen más de 400 kWh pagarían una tasa de \$21,28 dólares mensuales por el servicio de recolección de basura, como se puede observar en la Tabla 16.

Tabla 16.

Cálculo de la nueva estructura tarifaria categoría residencial

Consumo promedio (kWh)	CO*Fr +CF *Fi	Ks	Total TGC
0	6,03	0,04	0,24
5	6,03	0,08	0,50
10	6,03	0,13	0,77
20	6,03	0,21	1,29
30	6,03	0,30	1,82
40	6,03	0,39	2,34
50	6,03	0,48	2,87
60	6,03	0,56	3,40
70	6,03	0,65	3,92
80	6,03	0,74	4,45

90	6,03	0,83	4,97
100	6,03	0,91	5,50
120	6,03	1,09	6,55
140	6,03	1,26	7,60
160	6,03	1,44	8,66
180	6,03	1,61	9,71
190	6,03	1,70	10,23
200	6,03	1,79	10,76
250	6,03	2,22	13,39
300	6,03	2,66	16,02
350	6,03	3,09	18,65
400	6,03	3,53	21,28
450	6,03	3,53	21,28
500	6,03	3,53	21,28
1000	6,03	3,53	21,28

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Rutas de recolección de residuos sólidos

4.1.1. Rutas de recolección de residuos sólidos actuales

Para identificar las actuales rutas de recolección de residuos sólidos establecidas por la Dirección de Servicios Públicos e Higiene del GAD Municipal Mejía, se asignó los siguientes sufijos para la parroquia de Machachi: “CO” para la zona Centro Oriental, “COC” para la zona Centro Occidental, “SO” para la zona Sur Oriental, “H” para las zona de hacinamientos y el sufijo “A” para la parroquia de Aloasí. El análisis de las rutas actuales de recolección de residuos sólidos se muestra en las siguientes Tablas:

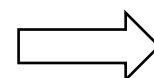
La Tabla 17, muestra las rutas actuales de la parroquia de Machachi, la distancia recorrida y el tiempo empleado en la recolección. Se puede observar que para cumplir el servicio de recolección en la parroquia, cada ruta recorre una distancia promedio de 54,94 Km, siendo la ruta más larga la SO3 con una distancia de 85,73 Km con un tiempo igual a 7 horas y 45 minutos, mientras que la ruta más corta es la SO4 con una distancia igual a 29,90 Km y un tiempo de recolección igual a 7 horas y 30 minutos.

Tabla 17.

Rutas de recolección actuales – parroquia Machachi

	Sufijos	Tiempo total (hora: minuto)	Distancia (Km)
Centro Oriental	CO1(orgánica)	06 h 38 min	61,07
	CO2	06 h 00 min	72,79
Centro Occidental	COC 1	04 h 59 min	52,54
	SO1	06 h 30 min	51,31

Continúa



Sur Oriental	SO2	06 h 35 min	37,75
	SO3	07 h 15 min	85,73
	SO4	07 h 30 min	29,90
Hacinamientos	H1	06 h 18 min	48,49
Total:		51 h 45 min	439,58

En la Tabla 18, se muestran las rutas de recolección de residuos para la parroquia de Aloasí, la distancia recorrida y el tiempo de recolección. Para cumplir el servicio de recolección en la parroquia, cada ruta recorre una distancia promedio de 83,08 Km, siendo la ruta más larga la A3 con una distancia de 91,41 Km y con un tiempo de 7 horas y 14 minutos, mientras que la ruta más corta es la A1 con una distancia de 74,76 Km y un tiempo de recolección igual a 7 horas y 47 minutos.

Tabla 18.

Rutas de recolección actuales – parroquia Aloasí

	Sufijos	Tiempo total (hora: minuto)	Distancia (Km)
Aloasí	A1	06 h 47 min	74,76
	A2	06 h 03 min	83,08
	A3	06 h 14 min	91,41
Total:		19 h 04 min	249,25

De acuerdo a la Dirección de Servicios Públicos e Higiene del cantón Mejía (2016), los choferes que realizan el servicio de recolección de residuos deben retirar la orden de combustible, la misma que autoriza 35 galones cada 3 días, para un recorrido aproximado de 300 Km, esto quiere decir 11,67 galones/día u 11,67 galones/100Km (Anexo 12).

Se verifico en campo que la frecuencia de recolección de residuos sólidos que tiene cada una de las rutas en las parroquias de Aloasí y Machachi, va desde 1

hasta 5 días por semana, es decir, desde 4 hasta 20 días al mes, respectivamente.

La Tabla 19 muestra el consumo de combustible (Diésel) que tendrán los vehículos recolectores con las rutas propuestas.

Tabla 19.

Consumo de combustible actual – parroquia Aloasí y Machachi

	Rutas	Frecuencia de recolección (días/mes)	Consumo de combustible (gal/día)	Consumo de combustible (gal/mes)
Machachi	CO1	12	11,67	140
	CO2	8	11,67	93,36
	COC 1	12	11,67	140
	SO1	4	11,67	46,68
	SO2	8	11,67	93,36
	SO3	4	11,67	46,68
	SO4	4	11,67	46,68
	H1	20	11,67	233,35
		Total:	93,36	840,16
Aloasí	A1	8	11,67	93,28
	A2	8	11,67	93,28
	A3	4	11,67	46,64
		Total:	35,01	233.20

El consumo total de combustible actual para cubrir las 11 rutas de recolección de residuos sólidos en las parroquias de Aloasí y Machachi es de 1.073,36 galones.mes⁻¹. La ruta con mayor consumo de combustible pertenece a la parroquia de Machachi y es la ruta H1 con un total de 233,4 gal.mes⁻¹, a diferencia de la ruta A3 que es la que presentó menor consumo de combustible con un valor total de 46,64 gal.mes⁻¹ y pertenece a la parroquia de Aloasí.

Los resultados obtenidos de las rutas de recolección de residuos sólidos actuales se muestran a continuación:

- Número de rutas – Machachi: 8 rutas
- Número de rutas – Aloasí: 3 rutas
- Distancia recorrida – Machachi: 439,58 Km
- Distancia recorrida – Aloasí: 249,25 Km
- Distancia total recorrida: 688,83 Km
- Tiempo empleado – Machachi: 51 h 45 min
- Tiempo empleado – Aloasí: 19 h 04 min
- Tiempo total empleado: 70 h 49 min
- Consumo de combustible – Machachi: 93,36 gal.día⁻¹ y 840,16 gal.mes⁻¹
- Consumo de combustible – Aloasí: 35,01 gal.día⁻¹ y 233,20 gal.mes⁻¹
- Consumo total de combustible: 128,37 gal.día⁻¹ y 1073,36 gal.mes⁻¹

4.1.2. Rutas de recolección de residuos sólidos generadas

Para el diseño de las nuevas rutas de recolección de RSM se consideró generar rutas separadas y unificadas; esto quiere decir, rutas que cubran solo la parroquia de Aloasí, otras que cubran solo la parroquia de Machachi y, otras unificadas que cubre las dos parroquias.

Se obtuvo un total de 302 paradas de recolección para la parroquia de Aloasí, 1.151 para la parroquia de Machachi y, 1.461 para Machachi y Aloasí. Posteriormente se realizó el análisis de red con la herramienta Network Analyst del ArcGIS y se generó: 3 rutas de recolección de residuos para la parroquia de Aloasí, 5 para la parroquia de Machachi y 6 rutas unificadas para Machachi y Aloasí. Los sufijos A1 hasta A3 corresponden a las rutas de la parroquia Aloasí, los sufijos M1 hasta M5 a las rutas de Machachi y, los sufijos AM1 hasta AM6 corresponden a las rutas unificadas, como se detallan en las siguientes Tablas:

La Tabla 20 muestra el número de rutas generadas para la parroquia de Machachi, la distancia recorrida y el tiempo empleado en la recolección de los residuos.

Tabla 20.

Rutas de recolección generadas - parroquia Machachi

Rutas de recolección de residuos - Machachi				
	Rutas	N° paradas	Tiempo total (hora: minuto)	Distancia (Km)
Machachi	M 1	250	06 h 22 min	102,99
	M 2	273	06 h 34 min	108,66
	M 3	300	06 h 41 min	115,88
	M 4	273	07 h 29 min	131,11
	M 5	55	06 h 27 min	208,13
Total:		1151	31 h 57 min	666,77

La distancia promedio para cubrir el servicio de recolección en la parroquia de Machachi es de 133,35 Km, siendo la ruta más larga la M5 con una distancia igual a 208,13 Km y un tiempo de 6 horas y 27 minutos, mientras que la ruta más corta es la M1 con una distancia igual a 102,99 Km y un tiempo de recolección igual a 6 horas y 22 minutos.

La Tabla 21, muestra el número de rutas generadas para la parroquia de Aloasí, la distancia recorrida y el tiempo empleado en la recolección de los residuos.

Continúa

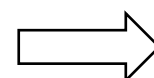


Tabla 21.*Rutas de recolección generadas - parroquia Aloasí*

Rutas de recolección de residuos - Aloasí				
	Rutas	N° paradas	Tiempo total (hora: minuto)	Distancia (Km)
Aloasí	A1	100	05 h 42 min	113,33
	A 2	101	05 h 50 min	93,64
	A 3	101	07 h 18 min	180,98
Total:		302	18 h 50 min	387,95

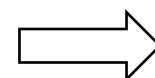
La distancia promedio de recolección en la parroquia de Aloasí es 129,32 Km. La ruta más larga la A3 con una distancia igual a 180,98 Km y un tiempo de 7 horas y 18 minutos, mientras que la ruta más corta es la A2 con una distancia igual a 93,64 Km y un tiempo de recolección igual a 5 horas y 50 minutos.

La Tabla 22, muestra el número de rutas generadas, distancia recorrida y el tiempo que emplearan las rutas propuestas unificadas para la parroquia de Aloasí y Machachi.

Tabla 22.*Rutas de recolección generadas – unificadas*

Rutas de recolección de residuos – Machachi y Aloasí				
	Rutas	N° paradas	Tiempo total (hora: minuto)	Distancia (Km)
Unificadas (Aloasí y Machachi)	AM 1	233	06 h 56 min	123,35
	AM 2	280	07 h 49 min	107,23
	AM 3	280	06 h 57 min	112,80
	AM 4	280	06 h 52 min	111,50

Continúa



	AM 5	280	08 h 37 min	158,71
	AM 6	108	08 h 26 min	291,91
Total:		1.461	45 h 37 min	905,50

La distancia promedio de recolección para las parroquias de Aloasí y Machachi es de 150,92 Km, siendo la ruta más larga la AM6 con una distancia igual a 291,91 Km y con un tiempo de 8 horas y 26 minutos, mientras que la ruta más corta es la AM2 con una distancia igual a 107,23 Km y un tiempo de recolección igual a 7 horas y 49 minutos.

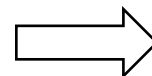
La Tabla 23, muestra el consumo de combustible para las nuevas rutas de recolección, para el cálculo se consideró el consumo de 35 galones cada 3 días para un recorrido aproximado de 300 Km.

Tabla 23.

Consumo de combustible para las rutas generadas

	Rutas	Distancia recorrida (Km)	Consumo de combustible (gal.día ⁻¹)
Machachi	M1	102,99	12,02
	M2	108,66	12,68
	M3	115,88	13,52
	M4	131,11	15,29
	M5	208,13	24,28
		Total:	77,79
Aloasí	A1	113,33	13,22
	A2	93,64	10,92
	A3	180,98	21,11
		Total:	45,25
	AM1	123,35	14,39

Continúa



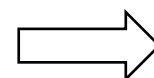
Aloasí y Machachi (Unificadas)	AM2	107,23	12,51
	AM3	112,80	13,16
	AM4	111,50	13,01
	AM5	158,71	18,52
	AM6	291,91	34,06
Total:			105,65

El consumo total de combustible para las rutas de recolección de residuos en la parroquia de Machachi es de 77,79 gal.día⁻¹, para la parroquia de Aloasí de 45,25 gal.día⁻¹ y para las rutas unificadas entre Machachi y Aloasí de 105,65 gal/día. Las rutas con mayor consumo de combustible fueron las M5, A3 y AM6, con un total de 24,28 gal.día⁻¹, 21,11 gal.día⁻¹ y 34,06 gal.día⁻¹, respectivamente. Por otra parte, las rutas con menor consumo de combustible fueron la M1, A2 y AM2, con un consumo igual a 12,02 gal/día, 10,92 gal.día⁻¹ y 12,5 gal.día⁻¹, respectivamente.

Se realizaron mapas temáticos en los que se muestran las 14 rutas de recolección de residuos sólidos no peligrosos generados; 6 mapas pertenecen a las rutas de recolección unificada, 3 a las rutas de recolección para la parroquia Aloasí y 5 a las rutas de recolección para la parroquia de Machachi (Anexo 13-17).

La Figura 11 muestra las 3 rutas de recolección de residuos sólidos generadas para la parroquia de Aloasí.

Continúa



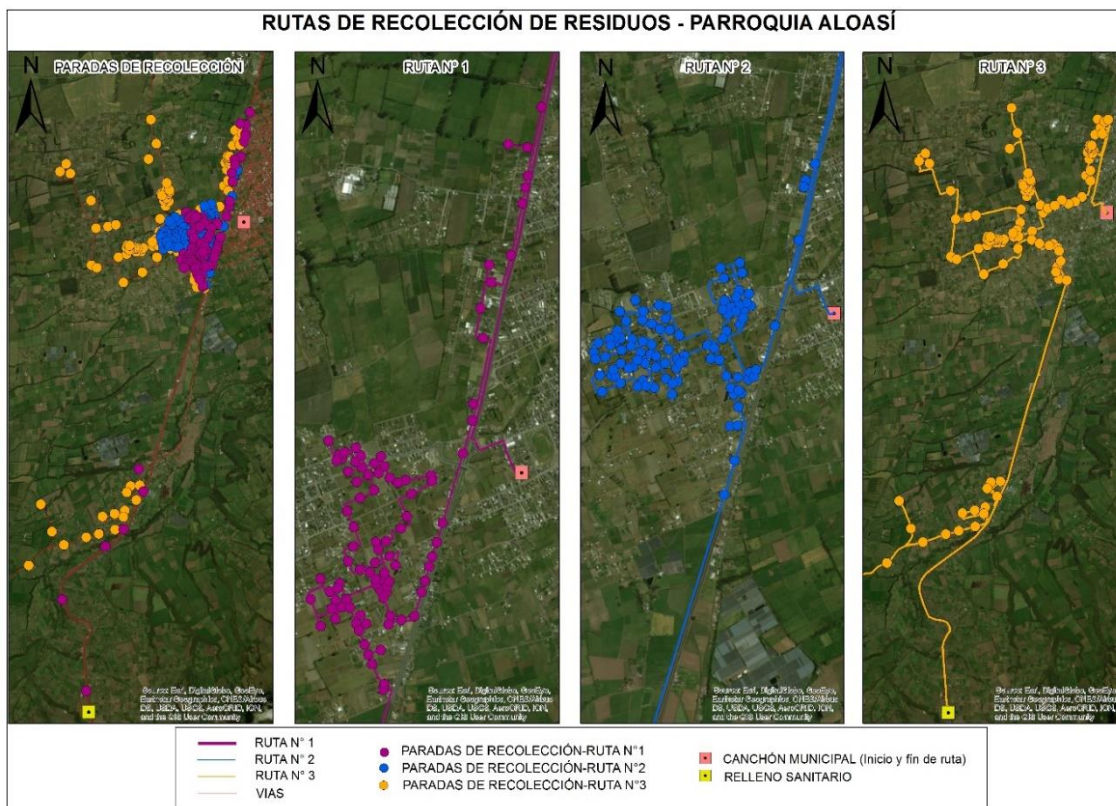


Figura 11. Rutas de recolección de residuos propuesta – parroquia Aloasi

Los resultados que se obtuvieron al generar las rutas de recolección de residuos unificadas y separadas se muestran a continuación:

- Distancia recorrida – rutas Machachi: 666,77Km
- Distancia recorrida – rutas Aloasi: 387,95 Km
- Distancia recorrida – rutas Unificadas: 905,5 Km
- Tiempo empleado – rutas Machachi: 31 h 57 min
- Tiempo empleado – rutas Aloasi: 18 h 50 min
- Tiempo empleado – rutas Unificadas: 45 h 37 min
- Consumo de combustible – rutas Machachi: 77,79 gal.día⁻¹
- Consumo de combustible – rutas Aloasi: 45,25 gal.día⁻¹
- Consumo de combustible – rutas Unificadas: 105,65 gal.día⁻¹

4.1.3. Comparación de resultados - rutas generadas

La Tabla 24 realiza una comparación entre las rutas de recolección generadas para Aloasí, Machachi y la ruta unificada (Aloasí y Machachi), tomando en cuenta los parámetros de distancia recorrida, tiempo de recolección, consumo de combustible y número de rutas.

El análisis servirá para seleccionar las rutas que tengan los parámetros más bajos y compararlas con las rutas de recolección actuales.

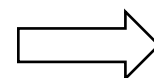
Tabla 24.

Comparación de las rutas de recolección generadas

Comparación			
Parámetros	Rutas de Aloasí + Rutas Machachi	Rutas Unificadas	Diferencia
Número de rutas	8	6	2
Distancia recorrida	1054,72 Km	905,50 Km	149,22
Tiempo de recolección	50 h 47 min	45 h 37 min	05 h 10 min
Consumo de combustible	123,04 gal/día	105,65 gal/día	17,39 gal/día

La Figura 12 muestra una comparación entre las variables de las rutas de recolección de residuos individuales y unificadas.

Continúa



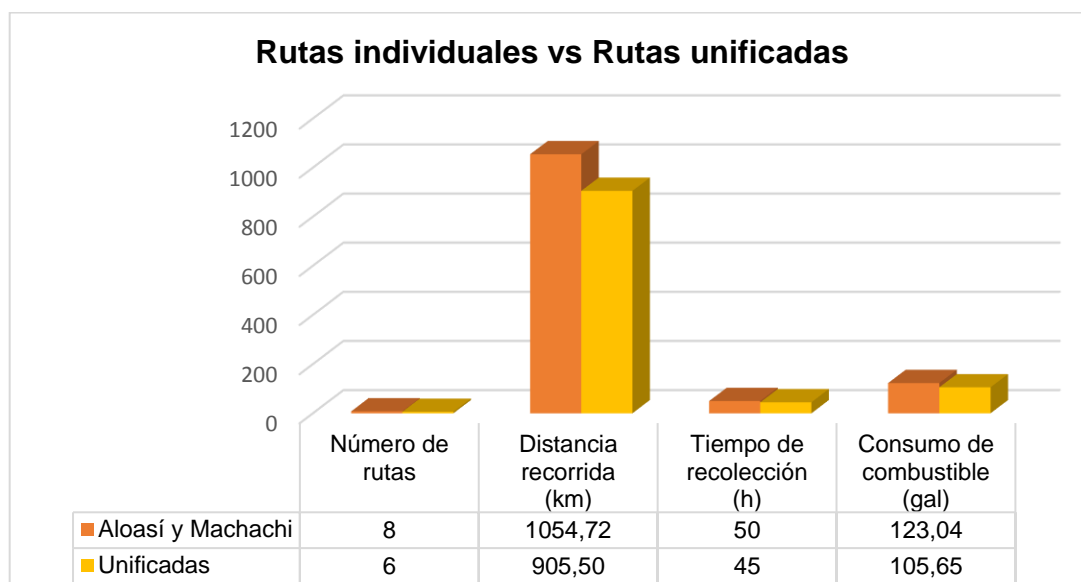


Figura 12. Comparación de variables-rutas individuales y unificadas

Después de realizar una comparación entre las rutas individuales y unificadas, se concluye que la distancia recorrida en las rutas unificadas es menor, sin embargo, se optimiza 05 h 10 min en el tiempo de recolección, 17,39 gal.día⁻¹ en el consumo de combustible y 2 rutas respecto a las rutas individuales de Aloasí y Machachi. Por lo tanto, las rutas de recolección de residuos propuestas a comparar con las rutas de recolección actuales, serán las unificadas.

4.1.4 Comparación de resultados - rutas actuales vs rutas propuestas

Al unificar las rutas de recolección de residuos para las parroquias de Aloasí y Machachi, la ruta Orgánica y de Hacinamientos que se realiza solo para el Centro Oriental y Occidental de Machachi deben mantenerse por las siguientes razones:

- La ruta de Hacinamientos no puede iniciar después de las 5 de la mañana, debido a que a las siete de la mañana los patios del mercado deben encontrarse completamente limpios para realizar la feria.

- Al unificar las rutas de Aloasí y Machachi los vehículos recolectores recogerán residuos orgánicos e inorgánicos y los mezclarán, por lo que no tendría sentido las campañas de separación en la fuente que realiza el Municipio en la parroquia de Machachi.

Por lo tanto, el tiempo de recolección de la ruta Orgánica y de Hacinamientos se sumará al tiempo de recolección de las rutas propuestas unificadas, como se detalla a continuación:

- Tiempo de recolección – Rutas unificadas: 45h 37 min
- Tiempo de recolección - Ruta orgánica: 6h 38 min
- Tiempo de recolección – Ruta hacinamientos: 6h 18 min
- Tiempo Total de recolección – Ruta propuesta: 58h 33 min

La Tabla 25 realiza una comparación entre las rutas de recolección de actuales y las rutas de recolección propuestas unificadas, tomando en cuenta la distancia recorrida, tiempo de recolección incluido el tiempo de la ruta orgánica y hacinamientos, consumo de combustible y número de rutas.

Tabla 25.

Comparación rutas actuales vs rutas generadas unificadas

Comparación

Parámetros	Rutas actuales	Rutas propuestas	Diferencia
Número de rutas	11	8	5
Distancia recorrida	688,83 Km	905,50 Km	-216,67 Km
Tiempo de recolección	70 h 49 min	58 h 33 min	12 h 16 min
Consumo de combustible	128,37 gal.día ⁻¹	105,65 gal.día ⁻¹	22,72 gal.día ⁻¹

Al comparar las rutas actuales y las rutas propuestas, se observó que la distancia recorrida en las rutas propuestas es mayor, sin embargo se logró disminuir: 12 h 16 min en el tiempo de recolección, 22,72 gal.día⁻¹ en el consumo de combustible y, 3 rutas de recolección de residuos, respecto a las actuales.

Considerando el precio de comercialización de combustible diésel en PETROECUADOR es de USD 1,03 por galón, las rutas de recolección actuales tienen un gasto de USD 132,22 al día, sin embargo, las rutas de recolección propuestas tendrán un gasto de USD\$ 108,82 al día, lo que representaría un ahorro del 17,7 % en costos para combustibles.

4.1.5 Mapas de las rutas de recolección de residuos sólidos propuestas

La Figura 13 muestra las 8 rutas de recolección de residuos sólidos no peligrosos, propuestas para las parroquias de Aloasí y Machachi.

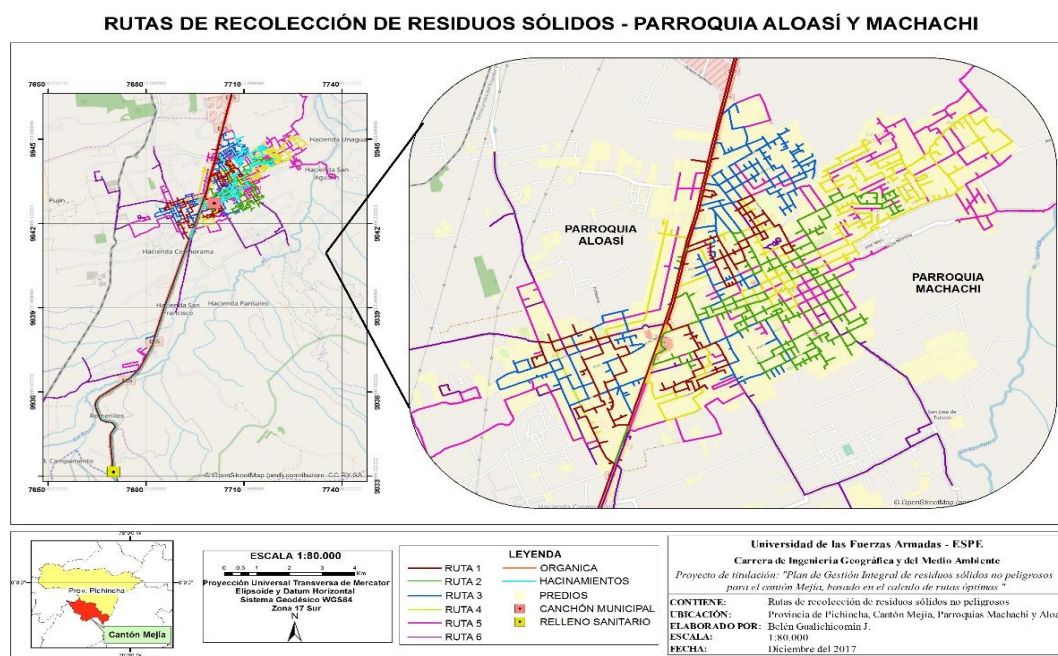


Figura 13. Rutas de recolección de residuos propuestas

Las rutas de recolección propuestas, contienen 6 rutas unificadas para la parroquia de Aloasí y Machachi y, 1 ruta orgánica y 1 de hacinamientos para la parroquia de Machachi (Anexos 18-25).

La Figura 14 muestra la ruta de recolección número 3, propuesta para la parroquia de Aloasí y Machachi.

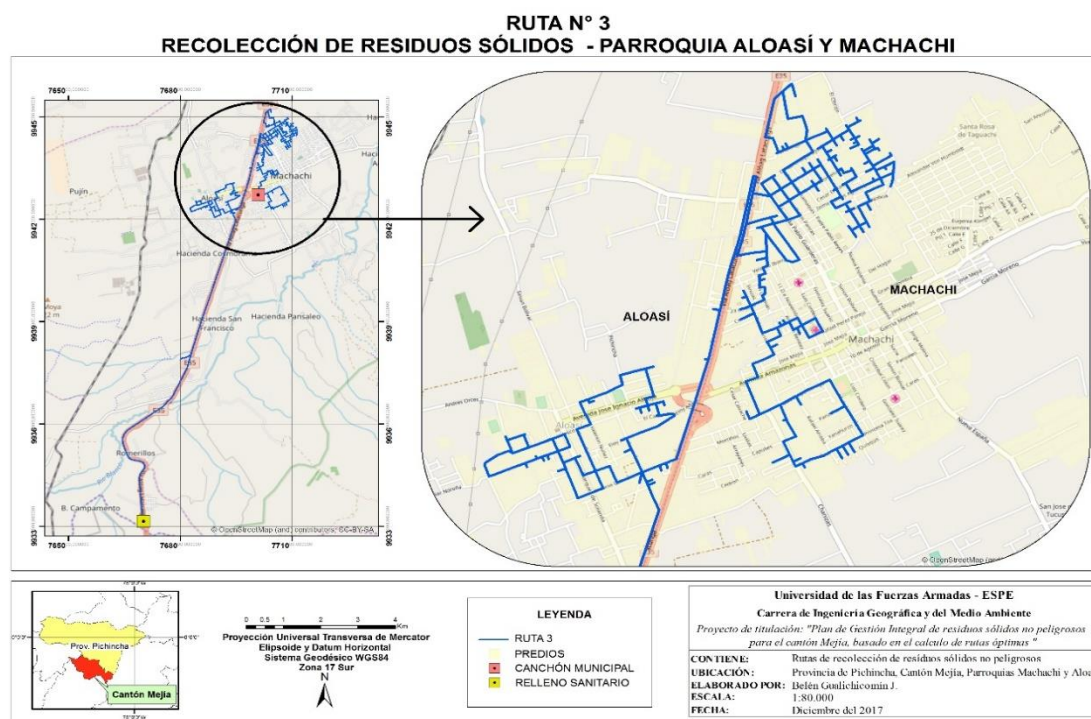


Figura 14. Ruta de recolección de residuos N°3

4.2 Tasa de recolección de basura para Generadores Comunes sector residencial

En función de los costos operativos que tuvo la Dirección de Servicios Públicos e Higiene del cantón Mejía por el servicio de recolección de residuos sólidos en el año 2017, la fórmula propuesta para el cobro de la Tasa de Recolección de basura es la siguiente:

$$TGC = (5,92 * 1,00 + 0,11 * 1,00) * Ks \quad (\text{Ec. 9})$$

Con la nueva estructura tarifaria el factor “Ks” dependerá del tipo de subsidio que se aplique los usuarios, mientras los kWh del subsidio a utilizar sea menor, el valor de la Tasa de recolección de basura aumentara o viceversa.

4.2.1 Tarifas para la Tasa de recolección de basura

Para que los usuarios clasificados como generadores comunes categoría residencial, puedan acceder al valor de la Tasa de recolección de basura calculada en el presente proyecto, no deberan superar los 400 kWh.mes⁻¹, caso contrario ingresaran a la categoría comercial o industrial y, el valor del consumo de los kWh se ajustarán a lo que establecen las Ordenanzas Municipales del cantón Mejía.

En la Tabla 26 se realizó una comparación entre los valores de la Tasa de recolección para Generadores Comunes, aplicando el subsidio de 110 kWh establecido por el gobierno Central, 150 kWh consumo promedio nacional y 190 kWh consumo promedio del cantón Mejía (Empresa Eléctrica Quito, 2015). La comparación se realizó para observar la variación que existen entre los precios, al aplicar un subsidio diferente.

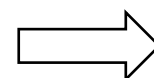
Tabla 26.

Tarifas para la Tasa de recolección de basura con subsidios menores a 110 kWh, 150 kWh y 190 kWh

Comparación

Consumo (kWh)	Consumo <110 kWh		Consumo <150 kWh		Consumo <190 kWh	
	Ks	Total TGC	Ks	Total TGC	Ks	Total TGC
0	0,04	0,24	0,04	0,24	0,04	0,24
5	0,08	0,50	0,07	0,43	0,07	0,39
10	0,13	0,77	0,10	0,63	0,09	0,55
20	0,21	1,29	0,17	1,01	0,14	0,85
30	0,30	1,82	0,23	1,40	0,19	1,15

Continúa



40	0,39	2,34	0,30	1,78	0,24	1,46
50	0,48	2,87	0,36	2,17	0,29	1,76
60	0,56	3,40	0,42	2,56	0,34	2,07
70	0,65	3,92	0,49	2,94	0,39	2,37
80	0,74	4,45	0,55	3,33	0,44	2,68
90	0,83	4,97	0,62	3,71	0,49	2,98
100	0,91	5,50	0,68	4,10	0,55	3,29
120	1,09	6,55	0,81	4,87	0,65	3,89
140	1,26	7,60	0,94	5,64	0,75	4,50
160	1,44	8,66	1,06	6,41	0,85	5,11
180	1,61	9,71	1,19	7,18	0,95	5,72
190	1,70	10,23	1,26	7,57	1,00	6,03
200	1,79	10,76	1,32	7,95	1,05	6,33
250	2,22	13,39	1,64	9,88	1,30	7,85
300	2,66	16,02	1,96	11,81	1,56	9,38
350	3,09	18,65	2,28	13,74	1,81	10,90
400	3,53	21,28	2,60	15,67	2,06	12,42
450	3,53	21,28	2,60	15,67	2,06	12,42
500	3,53	21,28	2,60	15,67	2,06	12,42
1000	3,53	21,28	2,60	15,67	2,06	12,42

De acuerdo a la Empresa Eléctrica de Quito (2015) el consumo promedio para los clientes que se encuentran dentro de la categoría residencial del cantón Mejía, es igual a 190 kWh.mes⁻¹, tomando este valor para el cálculo de la TGC propuesta, el valor a cancelar sería igual a USD\$ 6,03. Sin embargo, al considerar la Tarifa Dignidad para el cálculo de la TGC propuesta, se beneficiarían únicamente los clientes que consumen menos de 110 kWh.mes⁻¹ y, las personas con un consumo promedio igual a 190kWh deberán pagar un valor igual a USD\$ 10,23 por la Tasa de recolección de basura.

Considerando que el valor final de la tasa de recolección de basura dependerá de las Ordenanzas Municipales de cada municipio, se deja a consideración del GAD Municipal del cantón Mejía, el aplicar el factor de subsidio “Ks” que beneficie tanto a los clientes y al municipio (2015).

La Figura 15 muestra el valor que deben cancelar los clientes que se encuentran dentro de la categoría residencial, por el servicio de recolección de basura, aplicando el subsidio de 110 kWh, 150 kWh y 190 kWh.

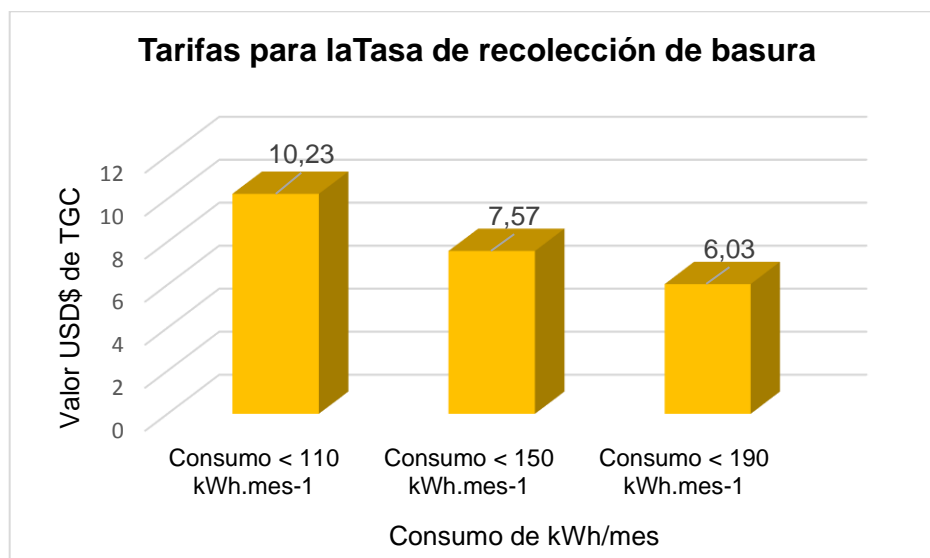


Figura 15. Tarifas de recolección de basura propuestas

CAPÍTULO V

PLAN PARA EL TRANSPORTE Y RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS DEL CANTÓN MEJÍA

Para realizar el Plan para el transporte y recolección de residuos sólidos no peligrosos del cantón Mejía, se realizó un diagrama de causa-efecto, que permitió identificar las actividades que dificultan fortalecer el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos no peligrosos en el cantón Mejía. Además, involucró la participación de autoridades, trabajadores del servicio de recolección, y población en general; de forma que las opiniones y comentarios fueron considerados para el desarrollo del Plan.

5.1 Definición del efecto o problema

En base a levantamiento en campo, revisión de proyectos anteriores y, entrevistas a la población y autoridades de la Dirección de Servicios Públicos e Higiene del cantón Mejía, se planteó al fenómeno como:

“No existen rutas optimizadas para el servicio de recolección, lo que hace difícil mejorar la eficiencia del Plan de Gestión Integral de residuos sólidos del cantón Mejía”.

5.2 Causas que originan el problema de transporte y recolección de residuos

De acuerdo a Galgano (1995), un criterio de subdivisión es el de las “4M” o “5M”: máquinas, mano de obra, método, materiales, medio (entorno de trabajo). Sin embargo, el proyecto utilizó la subdivisión de las “4M” porque cubrieron todas las causas del problema.

Como se muestra en la Figura 16, se identificaron 10 causas, 7 relacionadas a los materiales y medio de trabajo y, las 3 restantes al método de recolección y mano de obra. Las flechas forman los brazos principales del diagrama e indican las categorías de las “4M”, y los números son las causas que originan el problema.

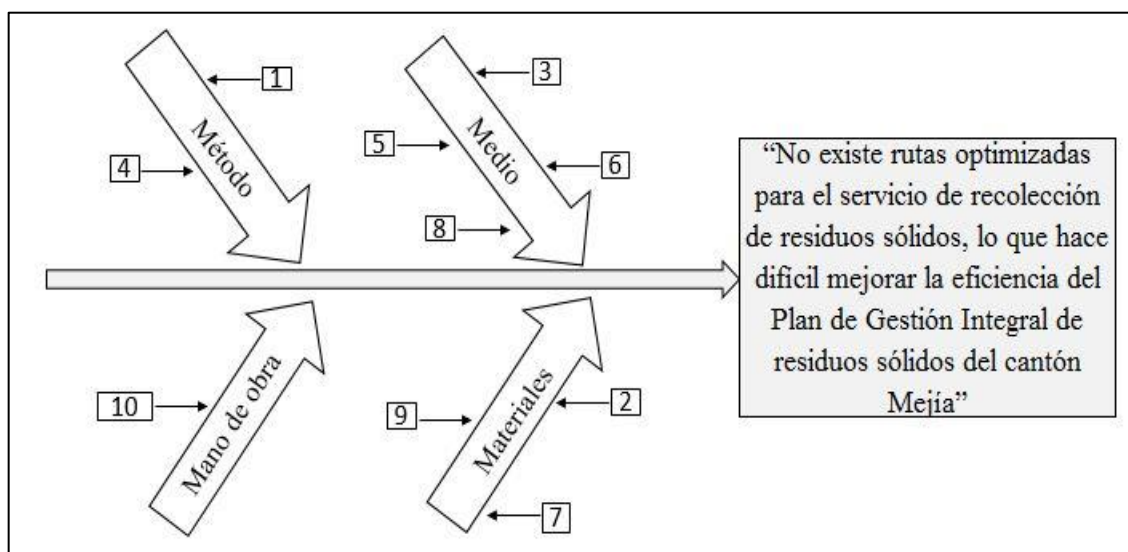


Figura 16. Diagrama causa-efecto

1. No existe el mapeo actual de las rutas de recolección de residuos, por parte de la Dirección de Servicios Públicos e Higiene.
2. En la zona urbana comercial de Machachi, las personas sacan durante todo el día la basura, razón por la cual el camión recolector vuelve a pasar por el mismo sitio.
3. De acuerdo a la población, los vehículos recolectores no respetan los horarios del servicio de recolección de residuos. Sin embargo, el incumplimiento de los horarios de recolección se debe a daños mecánicos de los vehículos.
4. No se realizan mantenimientos preventivos a los camiones recolectores de basura.
5. No existen rutas nocturnas, debido a la limitada cobertura de alumbrado público en algunos sectores de las parroquias rurales del cantón. Sin embargo

en el área urbana la cobertura es completa, por lo que debería considerarse realizar rutas de recolección nocturnas.

6. La orden para abastecer de combustible a los vehículos recolectores, se debe retirar en las oficinas de la Dirección de Servicios Públicos e Higiene, actividad que se realiza dentro del servicio de recolección.
7. En la ruta de recolección Centro Oriental y Centro Occidental de Machachi, existen pasajes sin salida menor o igual a 20 m, donde los camiones recolectores deben ingresar de retro para recoger la basura, incluso si existe una sola bolsa (Figura 17).



Figura 17. Pasaje Gualilagua

8. Los trabajadores que realizan la ruta de recolección de Hacinamientos, pronunciaron que el tiempo de recolección de residuos se incrementa los días después de la feria, debido a que generan mayor cantidad de residuos y al no existir canastas de basura, todos los residuos se los deposita en el suelo y los

animales rompen las fundas y la riegan, incrementando el tiempo de recolección (Figura 18).



Figura 18. Parte trasera del mercado Mayorista

Además los trabajadores que realizan el servicio de recolección mencionan que el tiempo de recolección se optimizaría si al menos existieran canastas de basura de madera, como las que existen en el parque del Chaupi (Figura 19).



Figura 19. Canastas de basura de madera improvisadas por la comunidad

9. En la ruta de recolección Centro Occidental de Machachi, existen calles unidireccionales, donde los vehículos se parquean a los dos lados y dificultan el servicio de recolección de residuos (Figura 20).



Figura 20. Sector Centro Occidental de Machachi

10. Los trabajadores no utilizan diariamente chalecos reflectores ni los complementos del equipo de protección personal (EPP).

5.3 Desarrollo del Plan

5.3.1 Problema

El diseño de las rutas de recolección, falta de colaboración por parte de la población al sacar la basura fuera del horario de recolección, falta de canastas para depositar la basura en los mercados, daños mecánicos de los vehículos, inexistencia de rutas nocturnas para el área urbana, y vehículos parqueados en calles unidireccionales de 1 solo carril, son algunos de los inconvenientes que se presentan al momento de la recolección de la basura en el cantón Mejía.

5.3.2 Justificación

El GAD Municipal del cantón Mejía, como única entidad encargada del sistema de recolección de residuos, cubre una ruta de residuos orgánicos para el centro oriental y occidental de Machachi y, otra ruta de residuos inorgánicos para las siete parroquias rurales del cantón, sin embargo, las rutas actuales no optimizan distancias ni el tiempo, motivo por el cual el servicio de recolección es irregular en algunos sectores.

El presente Plan pretende mejorar el manejo de los residuos sólidos no peligrosos, a través de las actividades de recolección y transporte, indicando las responsabilidades que tienen los actores involucrados y, las acciones que deben tomarse para mejorar el actual servicio. El Plan contempla la participación de las autoridades de la Dirección de Servicios Públicos e Higiene y, la población, que son elementos fundamentales para lograr un eficiente servicio de recolección.

5.3.3 Objetivo General

- Definir un Plan para las actividades de transporte y recolección de residuos sólidos no peligrosos del cantón Mejía, mediante acciones concretas, que permitan fortalecer el servicio de recolección y transporte de los residuos en el cantón.

5.3.4 Objetivos específicos

- Informar a la población las nuevas rutas de recolección generadas, a través de medios de difusión como pancartas, hojas volantes y perifoneo, donde se comunicará el área de cobertura, horarios y frecuencia de las nuevas rutas, actividades que estarán a cargo de la Dirección de Servicios Públicos e Higiene del cantón Mejía.

- Implementar canastas de basura en el mercado Mayorista de la parroquia de Machachi, para disminuir el tiempo de recolección y, evitar que los animales rompan las fundas y dispersen la basura.
- Proporcionar a la Dirección de Servicios Públicos e Higiene, los mapas impresos y en digital de las nuevas rutas de recolección de basura, para fortalecer el control y seguimiento del servicio de recolección.

5.3.5 Matriz de Marco lógico

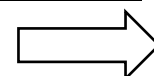
La Tabla 27 muestra los indicadores, medios de verificación y actividades a realizar para cumplir los objetivos del Plan.

Tabla 27.

Matriz de Marco Lógico

Objetivos	Indicadores	Medios de verificación	Actividades
1: Informar a la población las nuevas rutas de recolección, a través de medios de difusión como pancartas, hojas volantes y, perifoneo que informarán el área de cobertura, horarios y frecuencia de las nuevas rutas, actividades que estarán a cargo de la Dirección de Servicios Públicos e	Número de hojas volantes, y pancartas entregadas a los presidentes de cada una de las parroquias de estudio. Número de quejas atendidas al mes por la Dirección de Servicios Públicos e Higiene.	Dirección y fotografías de las viviendas que no respeten las nuevas rutas de recolección. Registros diarios de la hora de salida y llegada de los vehículos recolectores.	Citaciones a los propietarios de las casas, que no respeten los horarios y rutas de recolección. Entrega de hojas volantes junto con las cartas de luz, a los habitantes de cada parroquia. Campañas de socialización con los presidentes

Continúa



<p>Higiene del cantón Mejía.</p>			<p>de las juntas parroquiales.</p> <p>· Visita puerta a puerta a los habitantes de las zonas centro oriental y occidental de Machachi, que vivan en calles sin salida, para comunicarles que el servicio de recolección se realizará en la esquina de la calle de cada domicilio.</p>
<p>2: Implementar canastas de basura en el mercado Mayorista de la parroquia de Machachi, para disminuir el tiempo de recolección y, evitar que los animales rompan las fundas y dispersen la basura.</p>	<p>Número de canastas de basura instalados dentro del mercado.</p>	<p>Documentos de recepción y aceptación por parte de la alcaldía, para la implementación de canastas de basura en el mercado Mayorista.</p> <p>Fotografías de las canastas de basura instaladas en el mercado.</p>	<p>Salida de campo al mercado Mayorista, para identificar los lugares en la que se ubicará las canastas de basura y, las medidas que deben tener para abastecer la cantidad de basura del mercado.</p> <p>· Socialización con la Directiva y vendedores del mercado Mayorista, para</p>

			realizar la entrega de las canastas de basura.
<p>3: Proporcionar a la Dirección de Servicios Públicos e Higiene, los mapas impresos y en digital de las nuevas rutas de recolección de basura, para fortalecer el control y seguimiento del servicio de recolección.</p>	<p>Número de mapas de las nuevas rutas de recolección, entregados a la Dirección de Servicios Públicos e Higiene.</p> <p>Una Base de Datos Geográfica por cada ruta generada.</p>	<p>Mapas impresos y en digital de las rutas actuales de recolección levantados en campo.</p> <p>Mapas impresos y en digital, de las nuevas rutas de recolección generadas.</p>	<p>Contrastar si el diseño de las nuevas rutas, siguen cubriendo el área de servicio de recolección.</p> <p>Confirmar si las nuevas rutas de recolección cumplen el horario de trabajo de los choferes y trabajadores.</p> <p>Las dos actividades mencionadas se realizarán con una prueba piloto a cualquiera de las rutas.</p>

5.3.6 Resultados esperados

- Campañas masivas para que la población conozca y se familiarice con las nuevas rutas de recolección.
- Los residuos de las viviendas que se encuentran en pasajes menores a 20 m, se recolectarán en las esquinas de las calles.

- Realizar mantenimientos mecánicos preventivos a los camiones recolectores de basura.
- Para cumplir con los tiempos de recolección, las órdenes de combustible deberán ser retiradas 1 día antes o al terminar las rutas de recolección.
- Proponer rutas de recolección nocturnas para la ruta Centro Occidental u Oriental de Machachi, porque son las parroquias con mayor cobertura en el servicio eléctrico.
- Con el diseño y entrega de las nuevas rutas de recolección a la Dirección de Servicios Públicos e Higiene, se podrá conocer con más detalle el área de cobertura de cada ruta y, en caso que un vehículo recolector sufra desperfectos mecánicos, la ruta deberá ser cubierta por los vehículos recolectores que realizan la ruta más próxima.

5.4 Condiciones para el servicio de recolección con las nuevas rutas optimizadas

Para reducir el número de rutas, tiempo de recolección y, consumo de combustible con las nuevas rutas de recolección, deberán considerarse las siguientes condiciones que fueron utilizadas en el “Análisis de red de transportes”:

- El servicio de recolección de RSM se continuará realizando a través del método de acera, es decir, la recolección será puerta a puerta, recorriendo todas las calles de las parroquias de Machachi y Aloasí.
- Los límites máximos permisibles se tomaron de acuerdo a lo que establece la Agencia Nacional de Tránsito, para vehículos de carga.
- La velocidad de circulación para los vehículos recolectores de basura, se tomó de acuerdo a lo que establece la Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador (2017), para zona perimetral y rectas en carretera el límite máximo

es de 70 (Km/h), calles y curvas en carretera de 40 (Km/h), y para calles sin especificar de 20 (Km/h).

- La velocidad de recolección de residuos será de 12-15 Km/h, tiempo que fue levantado en campo.
- El tiempo promedio de recolección en cada vivienda será de 00:00:08 segundos.
- De acuerdo a la Dirección de Servicios Públicos e higiene, la jornada de trabajo iniciará a las 7 y 30 am y finalizará a las 3 y 30 pm.
- Para las viviendas que se encuentren en pasajes menores a 20 metros, los camiones recolectores recolectarán los residuos en las esquinas de las calles.
- Ninguna ruta de recolección será fragmentada.
- El vehículo recolector dará giros solo al finalizar las calles.
- Las rutas de recolección iniciarán en el canchón municipal y terminan lo más cerca del Centro de Disposición Final "Romerillos".

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Se levantó siete rutas de recolección de residuos para las zona Centro Oriental, Centro Occidental y Sur Oriental de Machachi, una ruta de recolección orgánica para el Centro Oriental y Occidental de Machachi y, tres rutas de recolección de residuos para la parroquia de Aloasí, lo que permitió realizar el macro y micro ruteo para generar las nuevas rutas de recolección, que permitirán fortalecer el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos no peligrosos del cantón Mejía.
- Se diseñaron 8 rutas de recolección de residuos sólidos; respecto a las rutas de recolección actuales disminuyeron 3 rutas de recolección, 12 horas y 16 minutos en el tiempo de recolección y, 22,72 gal.día⁻¹ de combustible diésel, lo que representa un ahorro de USD\$23,4.día⁻¹ por concepto de combustible, equivalente al 17,7%.
- La fórmula para el cálculo de la Tasa de recolección de basura para Generadores Comunes en el sector residencial, será de la siguiente manera: $TGC = (5,92 * 1,00 + 0,11 * 1,00) * Ks$. El factor de subsidio “Ks”, quedará a consideración del GAD Municipal del cantón Mejía.
- El Plan para el transporte y recolección de los residuos sólidos no peligrosos, contiene actividades y condiciones que deberán ejecutarse al poner en marcha las rutas de recolección propuestas; involucra la participación de autoridades, trabajadores y población que permitirán fortalecer el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos en el cantón.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda para las zonas Centro Oriental y Occidental de la parroquia de Machachi, realizar las rutas de recolección de residuos sólidos en la noche, de manera que si algún vehículo recolector sufre un desperfecto mecánico, el vehículo que realiza la ruta nocturna pueda remplazarlo.
- Se recomienda realizar el diseño de las rutas de recolección de residuos sólidos con otros softwares como gvSIG, debido a que también considera el análisis de conectividad, área de influencia y, evento más cercano.
- Para el cálculo de la TGC, se recomienda actualizar mensualmente el número de clientes – categoría residencial y, anualmente los índices IPC e IPCO para el cálculo del factor de reajuste de Costos Operativos.

Referencias Bibliográficas

- Acuerdo Ministerial N° 061 del Ministerio del Ambiente. (04 de 05 de 2015). *Acuerdo N° 061, Reforma libro VI del texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente.* Obtenido de <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/185880/ACUERDO%2B061%2BREFORMA%2BLIBRO%2BVI%2BTULSMA%2B-%2BR.O.316%2B04%2BDE%2BMAYO%2B2015.pdf/3c02e9cb-0074-4fb0-afbe-0626370fa108>
- Agencia Nacional de Tránsito . (2017). *Reglamento General para la aplicación de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial - Límites de velocidad.* Obtenido de <http://www.ant.gob.ec/index.php/component/content/article/49-boletines/189-agencia-nacional-de-transito-participa-en-la-semana-de-seguridad-vial#.WgNHUnZJnIV>
- AME. (2013). *Asociación de Municipalidades Ecuatorianas. GAD Municipales avanzan en Gestión Integral de Resíduos Sólidos.* Obtenido de <https://www.ame.gob.ec/ame/index.php/noticias/noticias-institucionales/845-gad-municipales-avanzan-en-gestion-integral-de-residuos-solidos>
- ArcGIS Desktop. (2017). *Análisis de problema de generación de rutas para vehículos.* Obtenido de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/network-analyst/vehicle-routing-problem.htm>
- ArcGIS Desktop. (2017). *Diseño del Dataset de red.* Obtenido de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/network-analyst/designing-the-network-dataset.htm>

- Asamblea Nacional. (2008). *Constitución del Ecuador*. Obtenido de http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf
- Banco de Desarrollo . (2017). *Simulador tabla de Amortización*. Obtenido de <https://consulta.bde.fin.ec/dashboard/tblCalculo.aspx?m=t>
- Barrientos, M. (2007). *Network Analyst. El análisis de redes desde ArcGis 9.2*. Obtenido de <http://www.comunidadism.es/wp-content/uploads/downloads/2012/01/Network-Analyst-El-An%C3%A1lisis-de-Redes-desde-ArcGIS-9.2.pdf>
- BCU. (2011). *Tasa de interés*. Obtenido de http://www.bcu.gub.uy/Usuario-Financiero/Paginas/Tasas_Interes_Que_es.aspx
- Campos, I. (2000). *Saneamiento Ambiental*. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=lsgrGBGIGeMC&pg=PA120&dq=residuos+organicos&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- CNEL. (2016). *Tarifas Diferenciales*. Obtenido de <https://www.cnelep.gob.ec/tag/tarifa-de-la-dignidad/>
- COOTAD. (2002). *Artículos del Código Orgánico Organización Territorial Autonomía Descentralización*. Obtenido de http://www.finanzas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/CODIGO_ORGANIZACION_TERRITORIAL.pdf
- COOTAD. (2015). *Código Orgánico de Organización Territorial* . Obtenido de http://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/dic15_CODIGO-ORGANICO-DE-ORGANIZACION-TERRITORIAL-COOTAD.pdf
- Dirección de Avalúos y Catastro del cantón Mejía. (2016). Levantamiento catastral de lotes y viviendas. Machachi, Ecuador.
- Dirección de Servicios Públicos e Higiene . (2016). Implementación del sistema de Recolección Diferenciada de Residuos Sólidos Comunes para las parroquias del cantón Mejía. Machachi, Pichincha.

- Dirección Financiera-GAD Municipal del cantón Mejía. (2017). Detalle de los contratos de crédito externos e internos. Machachi, Pichincha, Ecuador.
- Empresa Eléctrica Quito. (2015). *Rubros facturados en la planilla eléctrica*. Obtenido de http://www.eeq.com.ec:8080/nosotros/comunicamos/noticias/-/asset_publisher/PDd0RO7ISu5d/content/la-eeq-informa-a-la-ciudadania-los-rubros-que-se-facturan-en-la-planilla-de-luz;jsessionid=C9C258B0A48F9363429D607C8A31F7EC
- Escudero, A., Molinares, N., Logreira, N., Sisa, A., & Isaacs, M. (2009). *La gestión sostenible de los residuos. Memorias II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos*. Obtenido de <http://www.uninorte.edu.co/documents/72553/660ee3ae-d381-4d55-b5a1-741597b78a51>
- ESRI. (2015). *ArcGIS para transporte público*. Obtenido de <http://ficheros.esri.es/2015/webESRI/Documentacion/Transportes.pdf>
- ESRI. (2017). *Drive Routing Efficiency*. Obtenido de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/network-analyst/types-of-network-analyses.htm>
- FAO. (2003). *Norma para la Gestión ambiental de residuos sólidos no peligrosos*. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/dom60810.pdf>
- Fragoso , L., Ruiz, J., Flores, Z., & Toxky, G. (2016). La sectorización en redes de agua potable para mejorar su eficiencia hidráulica. *SCIELO*, 37(2). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382016000200003
- GAD Municipal del cantón Mejía. (Agosto de 2015). Auditoría Ambiental . *Auditoría Ambiental de Cumplimiento del "Relleno Sanitario del cantón Mejía"*. Machachi, Pichincha, Ecuador.
- GAD Municipal del cantón Mejía. (2016). *Implementación del sistema de Recolección Diferenciada de Residuos Sólidos Comunes en las Parroquias del cantón Mejía*. Machachi, Pichincha, Ecuador.

- GAD Municipal del cantón Mejía. (2017). *Ubicación-Mejía*. Obtenido de Sitio web del cantón Mejía: <http://www.municipiodemejia.gob.ec/>
- Galgano, A. (1995). Los Siete Instrumentos de la Calidad Total. En G. Alberto. Madrid: Día de Santos. Obtenido de <http://wikilibros.blogspot.com/2014/12/los-siete-instrumentos-de-la-calidad.html>
- IGM. (2013). *Geoportal*. Obtenido de <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/wp-content/uploads/2013/03/50000.jpg>
- INEC. (2010). *Información Censal*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-censal-cantonal/>
- INEC. (2017). *Índices de Precios al Consumidor y de la Construcción*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/precios/>
- Jiménez. (2015). *Solid waste management in mexico: between the intetion and the reality*. Obtenido de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjHk7isIL_WAhXJ2yYKHdK4CLEQFggyMAE&url=https%3A%2F%2Fdiainet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F5444145.pdf&usq=AFQjCNEqAp63rTvchuKZAZ8bJDbpBj1BLQ
- Kume, H. (1992). *Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad*. Obtenido de http://frj.bligoo.cl/media/users/23/1185996/files/336153/Hitoshi_Kume.pdf
- MAE. (2010). *Ministerio del Ambiente del Ecuador - Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>
- Márquez, J. (2010). *Macro y Micro ruteo de residuos sólidos residenciales*. Obtenido de <http://repositorio.unisucre.edu.co/browse?type=author&value=M%C3%A1rquez+P%C3%A9rez%2C+Jorge+Nelson>
- ODETTE. (Septiembre de 2009). *Técnicas de la Optimización de Rutas de TRAsnporte y Distribución*. Obtenido de

http://www.odette.es/SGC/downloads/CAM/Vigilancia_Tecnologica_Tecnicas_Optimizacion_Rutas.pdf

ONU. (2012). *Departamento de Asuntos Económicos y Sociales - División de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21spchapter21.htm>

Registro Oficial del Ecuador. (2016). Ordenanza que establece los criterios para la determinación y recaudación de la tasa de recolección de desechos sólidos y aseo. Obtenido de <https://www.registroficial.gob.ec/index.php/registro-oficial-web/publicaciones/ediciones-especiales/item/7468-edici%C3%B3n-especial-no-460.html>

Sánchez, L. (2015). *Análisis de la tasa de recolección de basura y aseo público en la ciudad de Cuenca y generación de una propuesta*. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/4348/1/10904.pdf>

SCRIBD. (2014). *Macroruteo y microruteo de recolección de residuos sólidos*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/248119474/Macroruteo-y-Microruteo-de-Recoleccion-de-Residuos-Solidos-1>

SEMARNAT. (2010). *Residuos Sólidos Urbanos- Glosario*. Obtenido de http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServlet5c54.html

SEMARNAT. (2017). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Norma Mexicana- NMX-AA-091-1987 Calidad del suelo - Terminología*. Obtenido de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/normatividad-aplicable-al-tema-de-residuos>

SENPLADES. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021*. Obtenido de http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf

The World Bank. (2012). *A Global Review of Solid Waste Management*. Obtenido de <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>

Wikiloc. (2017). *Uso de la aplicación Wikiloc*. Obtenido de <https://ayuda.wikiloc.com/category/397-uso-de-la-app>

Zavala, C. (2004). *Guía metodológica para establecer resultados financieros y tasas por servicios municipales*. Obtenido de http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd65/guia_tasas_municipales.pdf

ANEXOS