



Análisis de la cobertura del servicio de recolección de residuos sólidos no peligrosos en la parroquia rural La Merced para la creación de una ruta óptima y propuesta de un plan de gestión de residuos

Dueñas Muñoz, Deysi Alexandra y Santacruz Jaramillo, Karen Sofía

Departamento de Ciencias de la Tierra y de 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

PhD. Rodríguez Espinosa Fabián Francisco

29 de junio del 2023

29/6/23, 11:49

Revisión Trabajo de Titulación

Informe de originalidad

NOMBRE DEL CURSO
REVISIÓN DE PROYECTO DE TITULACIÓN



PhD. Rodríguez Espinosa Fabián Francisco

NOMBRE DEL ALUMNO
DEYSI ALEXANDRA DUEÑAS MUÑOZ

C. C.:1706853759

NOMBRE DEL ARCHIVO
CORRECCIONES_TESIS_DUEÑAS_SANTACRUZ rev Plagio1.docx

SE HA CREADO EL INFORME
29 jun 2023

Resumen

Fragments marcados	0	0 %
Fragments citados o entrecuillados	3	0,2 %
Coincidencias de la Web		
rae.es	2	0,1 %
scribd.com	1	0,1 %



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **"Análisis de la cobertura del servicio de recolección de residuos sólidos no peligrosos en la parroquia rural La Merced para la creación de una ruta óptima y propuesta de un plan de gestión de residuos"** fue realizado por las señoritas **Dueñas Muñoz, Deysi Alexandra y Santacruz Jaramillo, Karen Sofía**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 29 de junio de 2023



FABIAN FRANCISCO
RODRIGUEZ ESPINOSA

PhD. Rodríguez Espinosa Fabián Francisco

C. C.:1706853759



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción
Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

Responsabilidad de Autoría

Nosotras, **Dueñas Muñoz, Deysi Alexandra** y **Santacruz Jaramillo, Karen Sofia**, con cédulas de ciudadanía n°1726875659 y n°0401499983, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Análisis de la cobertura del servicio de recolección de residuos sólidos no peligrosos en la parroquia rural La Merced para la creación de una ruta óptima y propuesta de un plan de gestión de residuos** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolqui, 29 de junio de 2023

.....
Dueñas Muñoz, Deysi Alexandra

C.C.: 1726875659

.....
Santacruz Jaramillo, Karen Sofia

C.C.: 0401499983



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción
Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

Autorización de Publicación

Nosotras **Dueñas Muñoz, Deysi Alexandra y Santacruz Jaramillo, Karen Sofía**, con cédulas de ciudadanía n°1726875659 y n°0401499983, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Análisis de la cobertura del servicio de recolección de residuos sólidos no peligrosos en la parroquia rural La Merced para la creación de una ruta óptima y propuesta de un plan de gestión de residuos** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 29 de junio de 2023

.....
Dueñas Muñoz, Deysi Alexandra

C.C.: 1726875659

.....
Santacruz Jaramillo, Karen Sofía

C.C.: 0401499983

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a:

A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor han estado conmigo hasta el día de hoy.

A mis padres quienes, con su amor, paciencia, esfuerzo y sacrificio me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, valentía y perseverancia, de no temer las adversidades porque ustedes están conmigo siempre.

A mis hermanos y cuñado por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

A mis amigos, por apoyarnos en esta etapa, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, a medida que más los conocía la universidad se hacía más sencilla, de verdad mil gracias por todos los momentos vividos y las experiencias que hoy me llevo.

Finalmente, también quiero agradecer a mis docentes, ya que sin ellos no sabría lo que se ahora, gracias por su tiempo y dedicación en enseñarnos y guiarnos, por darnos las herramientas necesarias para enfrentarnos al mundo laboral, por sus horas invertidas gracias.

Alexandra Dueñas

“Este trabajo de titulación está dedicado a mi guía y protector Dios. A mis padres Anita y Marcelo quienes siempre confiaron en mí y me apoyaron en cada momento, por su amor incondicional, y ser mi fuente de inspiración.

A mis hermanas por darme ánimos en momentos de desesperación. A mis abuelitos Edgar, Ligia y Raquelita por siempre estar pendientes de mí y animarme en cada momento. A mis amigos quienes siempre tuvieron las palabras adecuadas en cada momento”

Sofía Santacruz

Agradecimiento

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

Mi más profundo agradecimiento a mi tutor de tesis el Dr. Fabián Rodríguez, por aceptarme como su tesista y por el tiempo y paciencia que dedico para guiarme por este último escalón universitario, gracias por dirigirme y compartir su conocimiento con mi persona.

También quiero agradecer a mi compañera de tesis, por su paciencia y predisposición, sin tu colaboración y constante supervisión no hubiésemos terminado, gracias.

Alexandra Dueñas

Quiero agradecer a todas las personas que hicieron este sueño posible.

A mi familia por siempre apoyarme y nunca dejarme decaer ante los obstáculos que se presentaban.

A las lindas amistades que se fueron creando en cada etapa de esta etapa universitaria, y una de ellas es mi compañera de tesis gracias por ser parte de este proceso.

Finalmente, a mi tutor de tesis el Dr. Fabian Rodríguez por siempre motivarnos para ser mejores.

Sofía Santacruz

Índice de Contenidos

Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Resumen.....	18
Abstract.....	19
Capítulo I.....	20
Introducción.....	20
Antecedentes.....	20
Planteamiento del problema.....	23
Justificación e importancia.....	24
Objetivos.....	26
Objetivo general.....	26
Objetivos específicos.....	26
Metas.....	27
Hipótesis de investigación.....	27
Capítulo II.....	29
Marco Teórico.....	29
Fundamento teórico.....	29
Base conceptual.....	33
Fundamentación legal.....	35
Capítulo III.....	37
Metodología.....	37
Metodología de desarrollo del proyecto.....	37

Descripción del área de estudio	38
Barrios que conforman a la Parroquia la Merced	39
Características geográficas del área de estudio.....	40
Diagnostico socioeconómico de la parroquia la Merced	41
Población	41
Educación	43
Analfabetismo	44
Tipo de vivienda.....	44
Clasificación económica de la población por actividad	45
Empleo y desempleo	47
Modo de eliminación de desechos sólidos en la vivienda.....	47
Evolución del servicio de recolección de residuos solidos no peligroso de la parroquia La Merced 2015-2022	48
Hogares atendidos y no atendidos por el servicio de recolección de residuos	48
Porcentaje de cobertura del servicio de recolección de basura por barrios	49
Estimación y proyección de la generación de residuos en la parroquia 2022-2030	50
Estimación y proyección de la población (2022-2030).....	50
Generación de residuos en la parroquia y por barrios	51
Densidad poblacional vs generación de residuos por barrios.....	55
Metodología para el diagnóstico actual del servicio de recolección de residuos	57
Levantamiento de las rutas actuales del servicio de recolección de residuos no peligrosos a pie de vereda en la parroquia.....	58

Tipos de vías	60
Identificación de puntos críticos	61
Metodología usada para la implementación de las bases de una propuesta de plan de gestión de residuos.....	62
Creación de las encuestas	62
Creación de rutas optimas	66
Análisis costo beneficio	71
Capitulo IV	73
Análisis de Resultados.....	73
Evolución del Servicio de Recolección de Residuos Sólidos no Peligrosos de la parroquia La Merced, 2015-2022.	73
Hogares atendidos y no atendidos por el servicio de recolección de residuos	73
Porcentaje de cobertura del servicio de recolección de basura por barrios	75
Estimación y proyección de la generación de residuos en la parroquia 2022-2030	78
Estimación y proyección de la población (2022-2030).....	78
Generación de residuos en la parroquia y por barrios	81
Densidad poblacional vs generación de residuos por barrios.....	82
Diagnóstico actual del servicio de recolección de residuos.....	85
Levantamiento de las rutas actuales del servicio de recolección de residuos no peligrosos a pie de vereda en la parroquia.....	85
Tipos de vías	91
Puntos críticos	92

Metodología usada para la implementación de las bases de una propuesta de plan de gestión de residuos.....	93
Caracterización de residuos en la parroquia	93
Resultados de las encuestas	98
Rutas optimas	101
Análisis costo beneficio	108
Capítulo V	114
Propuesta de las Bases para un Plan de Gestión De Residuos Sólidos de la Parroquia La Merced.....	114
Introducción.....	114
Objetivo general	115
Objetivos específicos.....	115
Problema	115
Presupuesto	118
Rutas de recolección.....	118
Equipo de trabajo	120
Actividades a realizar	121
Formación.....	121
Capítulo VI	123
Conclusiones.....	123
Recomendaciones.....	124
Bibliografía.....	126

Apéndice.....133

Índice de Tablas

Tabla 1.	Población de la Parroquia La Merced por grupos de edad	42
Tabla 2.	Nivel de instrucción en la parroquia La Merced	43
Tabla 3.	Nivel de analfabetismo en la parroquia La Merced	44
Tabla 4.	Tipo de vivienda en la parroquia La Merced	44
Tabla 5.	Tenencia de vivienda en la parroquia La Merced	45
Tabla 6.	Clasificación económica en la parroquia La Merced	46
Tabla 7.	Condición de actividad económica en la parroquia La Merced	47
Tabla 8.	Eliminación de desechos en la parroquia La Merced.....	48
Tabla 9.	Tabla de atributos de los barrios de la parroquia y población estimada.....	51
Tabla 10.	Tabla de atributos estimación de población y generación de residuos	55
Tabla 11.	Tabla de atributos de densidad poblacional	56
Tabla 12.	Acciones a realizar por el vehículo al momento de brindar el servicio de recolección	58
Tabla 13.	Reglas topológicas de líneas	60
Tabla 14.	Cálculo de la recolección per cápita.....	81
Tabla 15.	Características de las rutas actuales en la zona de estudio	86
Tabla 16.	Distancias promedio de las rutas actuales	88
Tabla 17.	Caracterización de residuos sólidos en la parroquia La Merced.....	94
Tabla 18.	Distribución de la muestra por barrios.....	99
Tabla 19.	Tipo de generación de residuos por barrio.....	100
Tabla 20.	Composición de la tabla de atributos de "RED_VIAL"	102
Tabla 21.	Tabla de atributos con los parámetros para el VRP"	104
Tabla 22.	Distancia y tiempo de las micro rutas de la parroquia La Merced.....	104
Tabla 23.	Valor de la tasa de recolección que se cobra en la parroquia	109

Tabla 24.	Costo operativo de las rutas de EMASEO tomando en cuenta solo el área de estudio	110
Tabla 25.	Costos respecto a ropa de trabajo y EPP's	111
Tabla 26.	Costos totales para la ruta nueva.....	112
Tabla 27.	Presupuesto mensual para la operación de las nuevas rutas.	118
Tabla 28.	Horario de recolección de desechos orgánicos por zonas	120
Tabla 29.	Horario de recolección de desechos inorgánicos por zonas.....	120

Índice de Figuras

Figura 1.	Diagrama de la metodología del proyecto	38
Figura 2.	Delimitación del área de estudio.....	39
Figura 3.	Mapa de Pendientes	41
Figura 4.	Población de la Parroquia La Merced por género.....	42
Figura 5.	Categorías de ocupación Parroquia La Merced.....	46
Figura 6.	Visor de geocercas, horarios y frecuencias del DMQ	52
Figura 7.	Mapa de Geocercas del DMQ	52
Figura 8.	Encuesta de recolección de información sobre gestión de residuos sólidos	64
Figura 9.	Mapa de hogares atendidos por el servicio de recolección para 2015.....	74
Figura 10.	Mapa de hogares atendidos por el servicio de recolección para 2018	74
Figura 11.	Mapa de hogares atendidos por el servicio de recolección para 2022	75
Figura 12.	Mapa de cobertura del servicio de recolección para 2015	76
Figura 13.	Mapa de cobertura del servicio de recolección para 2018	77
Figura 14.	Mapa de cobertura del servicio de recolección para 2022	78
Figura 15.	Mapa de estimación de la expansión urbana al 2022.....	79
Figura 16.	Mapa predictivo de expansión urbana al 2025	80
Figura 17.	Mapa predictivo de expansión urbana al 2030	80
Figura 18.	Mapa de generación de residuos por barrio	82
Figura 19.	Mapa de densidad poblacional vs generación de residuos por barrio 2022	83
Figura 20.	Mapa predictivo al 2025 respecto a la densidad poblacional vs generación de residuos por barrio	84
Figura 21.	Mapa predictivo al 2030 respecto a la densidad poblacional vs generación de residuos por barrio	85
Figura 22.	Modelo espacial del servicio de recolección a pie de vereda – Ruta La Merced- Concepción	89

Figura 23.	Modelo espacial del servicio de recolección a pie de vereda – Ruta La Merced-Concepción	89
Figura 24.	Rutas de recolección La Merced-Concepción y El Tingo-Alangasí, día Martes....	90
Figura 25.	Rutas de recolección La Merced-Concepción y El Tingo-Alangasí, día Jueves ...	90
Figura 26.	Rutas de recolección La Merced-Concepción y El Tingo-Alangasí, día Sábado ..	91
Figura 27.	Porcentaje del material del que están hechas las vías en la parroquia.	92
Figura 28.	Barrio Guantugloma, calle universitaria, quebradas Huanguila y Casachupa	92
Figura 29.	Mapa de punto críticos en la parroquia La Merced	93
Figura 30.	Caracterización de residuos sólidos en la parroquia La Merced.....	95
Figura 31.	Composición de rechazo	95
Figura 32.	Composición de plástico	96
Figura 33.	Composición del papel y cartón	97
Figura 34.	Composición de potenciales y poder calorífico alto.....	97
Figura 35.	Composición del vidrio.....	97
Figura 36.	Composición del metal.....	98
Figura 37.	Composición de materiales multicapa.....	98
Figura 38.	Presenta el servicio de recolección en la zona de estudio	100
Figura 39.	Resultados de la pregunta 16 en la encuesta.	101
Figura 40.	División zonal de la parroquia La Merced	103
Figura 41.	Micro ruta para la Zona 1	106
Figura 42.	Micro ruta para la Zona 2.....	107
Figura 43.	Micro ruta para la Zona 3.....	108
Figura 44.	Costo operativo elaborado por EMASEO ruta La Merced-Concepción	109
Figura 45.	Costo operativo elaborado por EMASEO ruta El Tingo-Alangasí-Angamarca....	110
Figura 46.	Diagrama causa efecto	116
Figura 47.	Calles estrechas	117

Figura 48. Puntos críticos en la parroquia La Merced118

Resumen

El presente trabajo tiene por objetivo principal analizar la cobertura del servicio de recolección de residuos sólidos no peligrosos en la parroquia La Merced para la creación de una ruta óptima y propuesta de las bases de un plan de gestión de residuos. Este estudio nace del hecho de que el 26, 3% de la población que habita en la parroquia no recibe este servicio de recolección a pesar de que pagan una tasa mensual que se refleja en la planilla eléctrica, razón por la cual se pretende saber cómo estas personas gestionan sus residuos mediante la aplicación de encuestas a un grupo muestral de la población, analizando si mediante la creación de rutas que abarquen una mayor extensión se podría solucionar la problemática existente.

El análisis de cobertura del servicio de recolección de residuos sólidos y creación de las micro rutas óptimas en la parroquia rural La Merced, se realizará desde una perspectiva geográfica y medio ambiental, utilizando herramientas geográficas como los SIG, cartografía física y digital actualizada, geodatabases, levantamiento de datos, recolección de la información, ubicación de coordenadas, seguimiento en espacio y tiempo de la ruta actual de recolección, tipos y cantidad de residuos generados en la parroquia y demás recursos que permitan desarrollar la investigación de la mejor forma posible.

Para ello se dividió a la parroquia en tres zonas donde cada zona tiene una micro ruta con una frecuencia de horario de 2 a 3 veces por semana, siendo uno de estos días de recolección en el que solo se recolectan desechos inorgánicos que han sido separados en la fuente. Mediante el análisis costo beneficio se puso demostrar que la aplicación de las micro rutas creadas en el presente proyecto beneficiaría a la parroquia ya que su costo de inversión mensual (\$9.834,34) es menor que los ingresos que reciben en la tasa de recaudación (\$1.2518,38), mientras que para las rutas actuales existentes existe un déficit de \$8.864,00.

Palabras clave: ruta óptima, vías, residuos sólidos, recolección.

Abstract

The main objective of this paper is to analyze the coverage of the non-hazardous solid waste collection service in the parish of La Merced for the creation of an optimal route and proposal of the bases of a waste management plan. This study is born from the fact that 26.3% of the population living in the parish does not receive this collection service despite paying a monthly fee that is reflected in the electrical sheet, this is why it is intended to know how these people manage their waste through the application of surveys to a sample group of the population, analyzing whether the creation of routes covering a greater extension could solve the existing problem.

The coverage analysis of the solid waste collection service and creation of optimal micro routes in the rural parish La Merced, will be carried out from a geographical and environmental perspective, using geographic tools such as GIS, up-to-date physical and digital mapping, geodatabases, data collection, information collection, coordinate location, space and time tracking of the current collection path , types and quantity of waste generated in the parish and other resources that allow the best possible development of research.

For this purpose, the parish was divided into three areas where each zone has a micro-route with a frequency of 2 to 3 times a week, being one of these days of collection in which only inorganic waste is collected that have been separated at the source. Through the cost-benefit analysis, it was demonstrated that the application of the micro routes created in the present project would benefit the parish since its monthly investment cost (\$9,834.34) is lower than the income received in the collection rate (\$1,2518.38) while for existing routes there is a deficit of \$8,864.00.

Keywords: optimal route, roads, solid waste, collection.

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

El Programa de las Naciones Unidas y el Medio Ambiente (PNUMA), señala que existen diferentes formas de contaminar el aire, agua y tierra del planeta en que habitamos e identifica seis tipos de polución: del aire, del agua dulce, de la tierra y suelo, marítima, química y por residuos (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2022). La contaminación no solo representa una amenaza para la salud humana y el medio ambiente, sino también perjudica a la economía, las consecuencias de la contaminación como el impacto generado en los ecosistemas junto con la pérdida de productividad representan costos económicos significativos para sus gobernantes (ONU, 2017).

Los seis tipos de contaminación mencionados, tienen en común que una de sus varias fuentes de polución son los residuos sólidos urbanos (RSU); siendo después de la agricultura, el petróleo y el gas, el tercer productor de emisiones de metano, el cual es uno de los principales gases causantes del efecto invernadero en el planeta y por ende del calentamiento global (Ozuna Gutiérrez & Buenrsotro Delgado, 2008). El sector de los residuos es responsable del 20% de las emisiones de metano generadas, siendo los desechos sólidos orgánicos procedentes de vertederos y basureros los que representan la mayor parte de emisiones del gas metano y dióxido de carbono en su proceso de descomposición (Siegel, 2022).

Los residuos no solo contaminan el aire, también la producción de lixiviados provenientes de la descomposición de los residuos contaminan el agua; la mala gestión de los desechos degradan los suelos, contribuyendo a la pérdida de fertilidad en estos; parte de los residuos sólidos son arrojados a los océanos y aguas costeras, en especial la basura plástica, por lo que se estima que para el 2050 en los océanos existirá más plástico que peces (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2022); la mala disposición final de los productos químicos que muchas veces se encuentran mezclados con los residuos terminan en contaminar vertederos,

océanos, a polinizadores, amenazando las funciones de los ecosistemas al que ingresan (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2022).

Se estima que hasta el año 2016 el planeta generaba en promedio 2010 millones de toneladas de residuos sólidos al año, de lo cual alrededor del 33% de los residuos no se les proporcionaba un manejo ambiental seguro. Los desechos generados por persona a nivel mundial están en un rango de [0,11 a 4,54] Kilogramos/día, siendo los países con altos ingresos los que generan una mayor cantidad de residuos al año, pues alrededor del 34% o 683 millones de toneladas de residuos provienen de dichos países (Kaza et al; 2018).

En los países de ingresos altos tan solo el 30% de sus desechos son de material orgánico, siendo el sobrante desechos secos reciclables, incluidos plástico, papel, cartón, metal y vidrio, mientras que en los países de ingresos bajos el 75% de su basura procede de materia orgánica (ONU, 2017). En países de América Latina y el Caribe a diario se producen casi 540 mil toneladas de residuos sólidos urbanos (ONU, 2017), donde más del 50% de estos residuos son desechos orgánicos, la producción promedio por habitante en esta región es de aproximadamente 0,99 kg/día (Kaza et al; 2018).

A pesar de que en América Latina y el Caribe existe una cobertura del servicio de recolección al 89,9%, un 45% del total de residuos generados no tienen una disposición final adecuada por lo que terminan en vertederos o son quemados a cielo abierto, causando impactos ambientales (Matínez et al; 2011). En la región la gestión integral de residuos sólidos es responsabilidad de los municipios, sin embargo, tan solo el 19,8% de estos cuentan con planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS), evidenciando que la separación de residuos sólidos en América Latina y el Caribe está muy poco desarrollado (Matínez et al; 2011).

Por su parte en Ecuador durante el año 2017 se generaron 12 337,26 toneladas diarias de basura, estimando una producción per cápita promedio de 0,86 kilogramos al día. El 66,5 % de los desperdicios son orgánicos y el 33,5% inorgánico (Morán, 2020), sin embargo, tan solo

el 12,9% de estos se recicla, mientras que del 87,1% restante, 53,2% se arroja a rellenos sanitarios, el 22,3% en vertederos a cielo abierto y 11,6% termina en celdas emergentes (Kaza et al; 2018).

En Ecuador a partir del año 2010 se creó el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (MAE-PNGIDS), el cual tienen por objetivo impulsar la gestión de residuos sólidos en el país, con un enfoque integral y sostenible, para lograr disminuir la contaminación ambiental y lograr la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos, por medio de estrategias, planes y actividades de capacitación y estímulo a los actores relacionados (MAATE, 2022).

En el estudio realizado por EMASEO EP (2019) sobre la caracterización de los residuos sólidos, indica que los quiteños generan alrededor de 1.891,35 ton/día, donde alrededor de 2'386.383 personas que conforman el área urbana del DMQ producen 1.718,20 ton/día de residuos sólidos y los 303.767 habitantes que conforman el área rural producen 173,15 ton/día. En términos individuales, cada habitante de la zona urbana produce alrededor de 0,72 kg/ día de residuos sólidos, mientras que cada habitante del área rural produce 0,57 Kg de residuos sólidos por día (EMASEO EP, 2019).

El presente estudio se lo llevará a cabo en la parroquia rural La Merced, en la cual hasta el año 2010 según los datos del INEC, el 71% de su población contaban con la cobertura del servicio de recolección de residuos, mientras que el 29% de la población sobrante gestionaban sus residuos de la siguiente manera: el 23, 2% quemaban su basura, el 2,6 % la enterraban y el 3,2% la arrojaban en terrenos baldíos, quebradas, ríos, acequias o canales (GAD Parroquial La Merced, 2018). Los residuos sólidos producidos en la parroquia se caracterizan según la EMGIRS EP (2016) en: el 56% material orgánico, el 19% plásticos, 10% papel, 7% cartón, 3% vidrio y los residuos varios representan el 5% faltante.

Planteamiento del problema

Actualmente la facilidad y rapidez en la producción, distribución y consumo de productos, así como el crecimiento de la población, han convertido la generación de residuos sólidos domésticos en un problema socio-ambiental (EMASEO EP, 2019). La importancia de una correcta gestión de residuos se debe a los impactos negativos de forma directa e indirecta, reversibles y permanentes que la mala gestión de estos puede ocasionar tanto en el medio ambiente como en la salud de los pobladores (CEPAL, 2016).

En Ecuador hasta el año 2014 la gestión de residuos tenía una cobertura ineficiente, donde tan solo el 30% de la basura generada recibía tratamiento adecuado mientras que el 70% restante era arrojado a cuerpos de agua, quebradas, terrenos baldíos y basureros clandestinos, derivando en la contaminación de estos (Alianza por la Solidaridad, 2014).

En el DMQ el organismo municipal encargado de la gestión de residuos, es la Empresa Pública Metropolitana de Aseo de Quito - EMASEO EP, la cual brinda el servicio de barrido y recolección de residuos sólidos domiciliarios e industriales no peligrosos en todo el DMQ (EMASEO EP, 2022); donde parte de los residuos recolectados en el área urbana antes de ser arrojados en el relleno sanitario el Inga pasan por una separación de materiales reutilizables en la Planta de Separación de Residuos Sólidos Urbanos, la cual es dirigida por la EMGIRS-EP (Naranjo, 2020).

La parroquia rural La Merced situada a 25 km al sur-este de la capital, cuenta con una extensión de 31,64 km² y una población de 8.394 habitantes hasta el año 2010 (GAD Parroquial La Merced, 2022). En el censo realizado por el INEC en el año 2010 se menciona que el 97,3% de la población de La Merced tienen servicio eléctrico, pero tan solo el 71% de su población cuenta con la cobertura del servicio de recolección de basura, servicio que es ejecutado por EMASEO EP, ya que la parroquia pertenece al DMQ.

Si bien el 71% de la población en La Merced tiene acceso al servicio de recolección de residuos, aproximadamente el 97,3% de sus residentes pagan una tarifa de recolección de

basura que se carga a su factura de electricidad, lo que significa una diferencia del 26,3% de la población en La Merced que no está siendo atendida por EMASEO EP, a pesar de pagar por este servicio. El presente estudio busca determinar la efectividad de la cobertura del servicio de residuos sólidos urbanos, identificando las limitaciones del servicio, las acciones de los afectados y los barrios más afectados.

Adicionalmente se pretende proponer una ruta óptima que otorgue una mayor cobertura del servicio de recolección de basura brindado por EMASEO EP y en vista de que la parroquia no cuenta con un plan para el manejo de desechos sólidos generados se propondrá un plan de manejo de desechos que permita a la parroquia gestionar sus residuos de la mejor manera posible.

Justificación e importancia

El crecimiento demográfico urbano, ha originado un incremento en la generación de residuos y en la demanda de alimentos, al mismo tiempo que, ha dado lugar a la explotación de cultivos intensivos a gran escala, utilizando cada vez mayores cantidades de productos químicos inorgánicos; todo este proceso desde los cultivos hasta el consumo generan desechos los cuales si son mal gestionados, pueden en un periodo largo de tiempo traer las siguientes consecuencias: Volverse puntos de proliferación de enfermedades y animales transmisores como roedores, cucarachas, entre otros, que terminan enfermando al ser humano (CCA, 2017), también se da la contaminación al aire debido a la generación de gases entre ellos metano (gas de efecto invernadero) causados por el proceso de descomposición de los residuos orgánicos, la contaminación de las aguas subterráneas, el agua dulce y el suelo padecen afectaciones debido a la acción de los líquidos percolados, los cuales al llegar a contaminarse la biota acuática y el suelo hacen de estas áreas inutilizables por largos periodos de tiempo, sin mencionar el deterioro visual y paisajístico por la acumulación de desechos en lugares no aptos (Fernández Colomina, 2005).

El Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (2021) indica que hasta el año 2010 en el DMQ habitaban 2'319.671 habitantes, que generaban alrededor de 1.622 toneladas/día de residuos (EMASEO, 2010) , proyectando que hasta el año 2020 la población tuviese un aumento del 20% es decir que habitasen 2'781.641 personas en el DMQ, capaces de generar 2.200 toneladas/día de residuos (PRIMICIAS, 2020).

De los residuos generados por los quiteños el 60% corresponde a desechos orgánicos y el 40% (880 toneladas) son desechos inorgánicos conformados en su mayoría por cartón, vidrio, caucho, plástico y desechos peligrosos, de los cuales tan solo el 0.9% son reciclados y el resto llevados al relleno sanitario el Inga (PRIMICIAS, 2020).

En la parroquia La Merced, hasta el año 2010 aproximadamente el 29% de sus habitantes no contaban con el servicio de recolección de residuos; esto debido a la ubicación y características geológicas y geográficas existente en la región, que impedían el acceso de los vehículos recolectores en diferentes sectores de la parroquia, ocasionando que esta parte de la población eliminasen sus residuos arrojándolos a quebradas o quemándolos (INEC, 2010), y como sub consecuencias la proliferación de roedores en quebradas y enfermedades respiratorias a sus pobladores debido a la contaminación del aire (GAD Parroquial La Merced, 2018).

Para saber cómo ha cambiado esta situación es necesario realizar un diagnóstico actual del servicio de recolección de residuos sólidos no peligrosos en la parroquia a fin de conocer que sectores y por qué razón estos sectores carecen del servicio de recolección, además de saber cuál es el destino final de los residuos que no son recolectados por este servicio. Con la información recopilada se determinará la viabilidad de diseñar una nueva ruta de recolección de residuos sólidos urbanos para la parroquia La Merced. Ruta que será optimizada mediante el uso de sistemas de información geográfica (SIG) y formará parte de la propuesta del plan de gestión de residuos a presentar en el presente proyecto, a fin de ampliar y mejorar el servicio de recolección actual existente en la parroquia.

Esta investigación se relaciona con el Objetivo de Desarrollo Sostenible sobre Producción y consumo responsable (ODS12), que tiene como meta reducir considerablemente la generación de residuos sólidos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización (PNUD, 2022); con la creación de una ruta óptima se puede garantizar una disposición final adecuada para los residuos sólidos no peligrosos, además de contribuir con la meta propuestas en el Plan Nacional de Desarrollo 2021-2025 de incrementar de un 73,6% a un 80% la disposición final adecuada de los residuos sólidos no peligrosos, cumpliendo así con el Objetivo de Desarrollo Nacional número 3 de Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y las futuras generaciones.

Objetivos

Objetivo general

Analizar la cobertura del servicio de recolección de residuos sólidos no peligrosos en la parroquia La Merced para la creación de una ruta óptima y propuesta de un plan de gestión de residuos, mediante investigación bibliográfica histórica, levantamiento de información y aplicación de herramientas geográficas, a fin de contribuir con el mejoramiento del servicio en el área de estudio.

Objetivos específicos

- Diagnosticar el sistema actual de recolección de basura en la parroquia La Merced.
- Analizar la cobertura del servicio de recolección de residuos sólidos no peligrosos de la parroquia La Merced.
- Identificar la tendencia de expansión urbana y predecir el aumento poblacional y la generación de residuos de los años 2025 y 2030 de la parroquia La Merced.
- Evaluar los escenarios de la cobertura de recolección de servicios óptimos y determinar la ruta optima mediante la aplicación de herramientas geoespaciales y análisis costo-beneficio

- Diseñar las bases para una propuesta de plan de gestión de residuos sólidos no peligrosos en la parroquia La Merced.

Metas

- [1] Actualización de información cuantitativa y cualitativa de la parroquia rural La Merced sobre tipos de residuos sólidos, gestión de los residuos sólidos, peso de residuos generados, peso de residuos recolectados, nivel socioeconómico de los habitantes, número de habitantes.
- [2] Una geodatabase con la información cartográfica.
- [3] Tres mapas multitemporales de cobertura del servicio de recolección de residuos a escala de trabajo 1:5000.
- [4] Tres mapas multitemporales de hogares atendidos y no atendidos por el servicio de recolección a escala de trabajo 1:5000.
- [5] Mapa de ubicación de los lugares que se usan para botar los residuos sólidos a escala de trabajo 1:5000.
- [6] Mapa de densidad poblacional vs Generación de residuos a escala de trabajo 1:5000.
- [7] Mapa de generación de residuos por barrio a escala de trabajo 1:5000.
- [8] Mapa predictivo de expansión urbana a escala de trabajo 1:5000
- [9] Mapa predictivo del aumento de densidad poblacional vs la generación de residuos sólidos a escala de trabajo 1:5000.
- [10] Mapas de rutas óptimas establecidas a escala de trabajo 1:5000.
- [11] Bases del Plan de Gestión de Residuos Sólidos no peligrosos

Hipótesis de investigación

El análisis de cobertura del servicio de recolección de residuos sólidos junto con el uso de herramientas geográficas permitirá determinar una ruta óptima capaz de abarcar mayor cobertura del servicio de recolección de basura en la parroquia La Merced y brindará apoyo en

la creación de un plan de gestión de residuos sólidos no peligrosos, con un costo-beneficio aceptable.

Capítulo II

Marco Teórico

Fundamento teórico

La contaminación por residuos sólidos ordinarios y peligrosos, son causa de problemas ambientales, en zonas urbanas rurales e industriales, el inadecuado manejo de estos residuos genera un impacto ambiental negativo, amenazando la sostenibilidad y sustentabilidad ambiental (Carosio, 2008).

Para Phillips (2021) los residuos sólidos son tan antiguos como la humanidad, a medida que el ser humano paso de nómada a sedentario durante el período Neolítico 5000 años A.C, el problema de la generación de residuos se volvió más agudo y es que con el establecimiento de las poblaciones en un lugar fijo y el aumento de integrantes en ella, surgió la necesidad de buscar lugares donde arrojar los residuos producidos, esta tendencia duró hasta la edad media, donde los residuos producidos en las pequeñas aldeas eran en su mayoría orgánicos y se los usaba como abono y comida para sus cosechas y animales respectivamente, mientras que en las grandes urbes cada familia se encargaba de gestionar sus desechos arrojando la basura e incluso sus propios excrementos por las ventanas hacia las calles sin pavimentar, provocando con estas acciones la proliferación de malos olores, la propagación de plagas y de enfermedades (Sustainable Forestry Initiative Inc., 2016).

Sin embargo, no fue hasta la revolución industrial que la eliminación de residuos se hizo difícil de sostener. Junto con la expansión urbana e industrial llegó el aumento de la producción. La producción en masa significó también el consumo en masa y por ende el aumento de desechos (Carosio, 2008), los cuales empezaron a ser enterrados en fosas, se los acumulaban en las riberas o eran arrojados a los ríos y mares (Botkin & Keller, 2011).

Ya para los primeros años del siglo XX, los gobiernos iniciaron con la creación de sistemas sanitarios, mediante la creación de empresas dedicadas a recolectar la basura casa por casa, calle por calle; para este momento la composición de desechos también había

cambiado, disminuyendo la cantidad de estiércol, animales muertos, cenizas y aumentando nuevos desechos como los embalajes, las cajas y productos de un solo uso (tazas y papel desechables). La basura empezó a recolectarse para ser concentrada y contenida en vertederos, arrojada en rellenos de quebradas, quemadas mediante incineración en fosas al aire libre o arrojadas al río (Sustainable Forestry Initiative Inc., 2016).

Para mediados del siglo XX, la mala calidad del aire, la contaminación del agua y el creciente aumento de vertederos y demás lugares donde seguir arrojando la basura se presentaban como los efectos secundarios de las técnicas de eliminación de residuos anteriormente mencionadas, estas problemáticas junto con la concienciación pública y la preocupación por el deterioro de nuestro medio ambiente generaron la creación de la primera ley de protección del medio ambiente en 1969 (Botkin & Keller, 2011).

Durante la década de 1970 a 1980 con el reconocimiento de la existencia de residuos peligrosos para las personas y el medio ambiente, algunos movimientos ambientalistas expresaron su preocupación por la manera en que se eliminaban estos residuos (Oteng-Ababio et al; 2018), derivando así en la implementación de una serie de leyes a favor del medioambiente, como la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos y la Ley Integral de Respuesta, Compensación y Responsabilidad Medioambiental, entre otras, en Estados Unidos, siendo estas las primeras leyes a favor del medio ambiente a nivel mundial (Botkin & Keller, 2011).

Al mismo tiempo que se implementaban las leyes mencionadas anteriormente, la técnica de jerarquía de gestión de residuos sólidos empezó a tomar fuerza; esta técnica tenía como propósito la reducción de desechos mediante el uso de las "4R": reducir, reutilizar, reciclar y recuperar recursos en medida de lo posible, de tal forma que la eliminación de materiales en vertederos deba considerarse sólo si ninguna de las "4R" eran aplicables (Oteng-Ababio et al; 2018). Desde entonces varias han sido las investigaciones respecto a la gestión de los residuos sólidos y la forma de tratarlos, todas con un mismo objetivo; disminuir los

efectos ambientales negativos que conlleva la generación y eliminación de residuos (Betanzo-Quezada et al; 2016).

La correcta gestión de residuos, no es solo de beneficio paisajístico, sino también medioambiental y humano, su mala gestión afecta a todos, en especial a las poblaciones más vulnerables de la sociedad; gente que vive en la periferia cerca de botaderos a cielo abierto, que rebuscan entre la basura cualquier cosa que les pueda ser útil arriesgándose a perder la vida trabajando en lugares inseguros, sufriendo repercusiones en la salud e incluso perdiendo sus hogares por los deslizamientos de tierra que son comunes en los vertederos clandestinos (Kaza et al; 2018).

Para evitar lo mencionado anteriormente, la eliminación de vertederos a cielo abierto junto con la creación de rellenos sanitarios de última generación, se vuelven necesarios, sin embargo la creación de rellenos no suele tener gran acogida por la opinión pública debido a que nadie quiere un relleno cerca de su hogar a causa de las malas experiencias que han dejado los vertederos antiguos (Oteng-Ababio et al; 2018), Además que los rellenos sanitarios son bastantes caros, teniendo un costo aproximado de 390 mil dólares americanos/ha y esto tan solo en el proceso de creación, por lo que su valor aumentaría al considerar los gastos de operación, mantenimiento y cierre del relleno (Quito Informa, 2021). Es por estas razones por las que un enfoque integral para la correcta gestión de residuos sólidos debe considerar otros aspectos aparte de la disposición final de los residuos (Oteng-Ababio et al; 2018).

El Consejo Nacional de Competencias (2019) plantea una serie de actividades relacionadas con el ciclo de vida de los residuos llamada “Gestión Integral de Residuos Sólidos”, que indica el proceso que pueden seguir los productos una vez terminada su vida útil, esto con la finalidad de disminuir los desechos que llegan a los vertederos de basura, este proceso generalmente consta de las siguientes etapas:

- Clasificación: Consiste en la separación y clasificación de residuos, esta puede ocurrir antes o después de la recolección de los desechos.

- **Recolección:** Implica acumular los residuos producidos en el hogar, comercio, parques, etc. en fundas o contenedores para su posterior traslado.
- **Reciclaje y reutilización:** Después de la clasificación de residuos los materiales reciclables y reutilizables se procesan para la creación de nuevos productos.
- **Trasladado y Transporte:** Implica llevar los residuos recogidos a las estaciones de transferencia o a instalaciones de tratamiento.
- **Tratamiento y disposición:** Los desechos que no pueden ser reutilizados o reciclados pasan a ser enterrados en vertederos o incinerados, mientras que los desechos orgánicos se pueden convertir en abono o energía.

Según Gálvez von Collas (1990) la mayoría de la inversión en la gestión integral de residuos se dan en las etapas de recolección, traslado y transporte representando entre el 80% y 90 % del costo total del manejo de residuos, esto a razón de que los residuos generados son recogidos de puerta a puerta por vehículos de recolección en cada barrio.

Sin embargo Araiza Aguilar & José Zambrano (2015) menciona que es la etapa de recolección donde el servicio prestado presenta mayores deficiencias debido a que las rutas que hacen los vehículos no pasan por todas las calles que deberían, y es que hasta antes de la existencia de softwares capaces de automatizar y crear rutas idóneas para optimizar recursos, estas rutas eran diseñadas en base al criterio del técnico e incluso de los choferes que conocían la ciudad, provocando mayor incidencia en algunas vías y sesgando el ruteo en otras.

Variables como la distancia, el tiempo de recorrido, cobertura, combustible, cantidad de personal, tipo de vehículo, topografía del lugar, se vuelven condicionantes al momento de establecer la mejor ruta a seguir, haciendo que una ruta de recolección eficiente beneficia en costos operativos a la empresa mientras que una ruta ineficiente se transforma a largo plazo en un gasto significativo para la misma, agotando de manera innecesaria recursos que podrían invertirse en las demás etapas de la gestión integral de residuos (Aguado Aranda & Jiménez de Vega, 2022).

Razón por la cual actualmente las herramientas del Sistemas de información Geográfica (SIG) han tomado relevancia al momento de diseñar rutas óptimas para brindar el servicio de recolección de residuos, tomando en cuenta variables como el tiempo de trabajo, la distancia del recorrido, entre otros factores (Araiza Aguilar & José Zambrano, 2015).

Base conceptual

En la presente investigación se utilizará terminología específica, para lo cual se partirá de los conceptos desecho y residuo según la Real Academia Española (2022) define a desecho como “Aquello que queda después de haber escogido lo mejor y más útil de algo” y a residuo como “Material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación”; de estas definiciones, está claro que los dos términos se pueden usar indistintamente.

Los desechos es lo que se puede considerar como basura, pues ya cumplieron con su utilidad y no se les puede reutilizar, reciclar o darles una nueva utilidad, mientras que los residuos son las cosas que incluso después de haber cumplido su función, se las puede reutilizar en la creación de nuevos productos (Valencia, 2022).

Con respecto a la clasificación de residuos se pueden clasificar dependiendo de la fuente de origen (municipales, industriales, hospitalarios, de construcción), por su composición (orgánico, papel, cartón, vidrio, metales, entre otros) y según sus características (peligrosos, no peligrosos, inerte) (Nuestraesfera, 2014).

Los residuos sólidos son un subproducto de las actividades humanas y se han producido desde los inicios del hombre, su número y variedad aumenta cada día debido al aumento de la población y al desarrollo de la tecnología y la industria, además, su incorrecta disposición final plantea serios problemas al medio ambiente, contaminado tanto el agua, como el aire y suelo (Leiton Rodriguez & Revelo Maya, 2017).

La política ambiental se diseña considerando la implementación de la gestión integrada de los residuos sólidos, ya sea peligroso o no peligrosos, como término aplicado a todas las actividades relacionadas con el manejo de las diversas corrientes de residuos en la sociedad,

con el objetivo de gestionarlos de manera compatible con el medio ambiente y la salud pública (Rodríguez Herrera, 2012).

Una ruta es un camino o itinerario realizado por una persona o vehículo que sale de un punto y recorre varios lugares cumpliendo las acciones que se deben llevar a cabo para finalmente regresar al punto de partida. Una ruta ineficiente se transforma a largo plazo en un gasto significativo, agotando de manera innecesaria recursos de la empresa. La optimización de rutas se presenta como una alternativa que permite definir el mejor camino a seguir de las locaciones que se van a visitar. Definido por Aguado Aranda & Jiménez de Vega (2022) una ruta óptima no es lo mismo que una ruta corta, pues esta última es solo una de las características que se toma en cuenta al momento de crear una ruta óptima, junto con otras variables como el tiempo de traslado, la distancia entre dos puntos, tráfico, topografía del lugar y más.

En el presente proyecto se realizará la creación de rutas óptimas con la ayuda de los sistemas de información geográfica (SIG) el cual es un marco para recopilar, administrar y analizar datos, enraizado en la ciencia de la geografía, un SIG integra varios tipos de datos, utilizando mapas y escenas 3D para analizar la ubicación espacial y organizar capas de información para su visualización; con esta capacidad única los SIG revelan conocimientos profundos ocultos en los datos, como relaciones, patrones y situaciones, lo que ayuda a los usuarios a tomar decisiones más informadas (Ascencio Silva, 2022).

Las redes son sistemas lineales interconectados y continuos, donde cada arco puede tener un sinnúmero de características como dirección, distancia, tiempo de circulación, costos, entre otros (Padilla Almeida & Bosque Sendra, 2012). Las redes de transporte según Rodríguez Villalobos (2007) son un grafo en donde los arcos representan las vías, mientras que los vértices son las uniones de la red, llamadas nodos.

Las herramientas de análisis de redes permiten la optimización de rutas, en términos de tiempo, distancia, área de cobertura, entre otras, minimizando factores que hace de la ruta

menos eficiente (Serna-Uran et al; 2016), esto gracias al desarrollo informático integrado de forma inteligente en los SIG, que permiten al software automatizar la creación de rutas, en función de las necesidades del usuario.

Para conocer la rentabilidad de la nueva ruta óptima en comparación de la ruta actual se procede a realizar el análisis costo beneficio el cual según Aguilera Díaz (2017) es un avalúo del costo tal de crear un proyecto y lo que se puede obtener de él, en otras palabras, la rentabilidad del proyecto para esto es importante tomar en cuenta los costos operativos, este tipo de costos en los que gasta una empresa en el desarrollo de la propia actividad del negocio. Los costos se clasifican en: *costos directos* que es la afectación directa e inmediata del precio de un producto o servicio, es un gasto directamente relacionado con la realización y producción del producto o servicio ofrecido por la empresa (Nuño, 2017); los costos indirectos son costos que no son directamente atribuibles a la producción de un determinado bien o servicio; son costos en los que ocurre una entidad durante el desarrollo de sus actividades, cuya imputación es más complicada por no estar directamente relacionados con la producción.

Fundamentación legal

El presente trabajo de titulación se basa en leyes y reglamentos que ayudan tanto a las personas como al medio ambiente a lograr una armonía, es así que se reconoce en la Constitución de la República los (artículos 14, 66, 72, 83, 264, 313, 415) donde indican que la población tiene derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así mismo , la naturaleza tiene derechos como son a la restauración, donde se logra recuperar y conservar la misma (Asamblea Nacional Constituyente, 2008).

En cuanto a la Gestión Integral de Residuos y Desechos en el Código Orgánico del Ambiente se encuentran los (artículos 224, 232, 593, 603, 604), donde menciona la debida disposición y gestión para contribuir al desarrollo sostenible a través de un conjunto de políticas intersectoriales y nacionales en todos los ámbitos de gestión, así también como la actividad de los recicladores en esta cadena (Asamblea Nacional, 2017).

La Gestión Integral de Residuos en el DMQ necesita una estrategia para lograr el manejo de los desechos es por esto que la Secretaría del Ambiente ha formulación el Plan Maestro de Gestión Integral de Residuos (PMGIR), donde se utilizara también como guía los Objetivos 2: “Fomento de la reutilización, rehúso, reciclaje y otros aprovechamientos de los residuos generados”, Objetivo 4: “Fomento de la inclusión social de los minadores en los diversos procesos de gestión de residuos”, Objetivo 6: “Promover actuaciones de I+d+i (Investigación (I), Desarrollo (D) e innovación (i) tecnológica) dirigidos al ecodiseño, recolección, tratamiento y aprovechamiento de residuos”, para de esta manera aportar a la sostenibilidad, así mismo garantizando la calidad de los servicio de la gestión de residuos (Secretaria del Ambiente, 2015).

Capítulo III

Metodología

Metodología de desarrollo del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto, la metodología utilizada fue la siguiente: Primero se recopiló información histórica sobre el servicio de recolección en la parroquia, además de conocer la situación socioeconómica de esta tomando como guía el censo del 2010, a su vez se recopiló información cartográfica importante para la generación de la cartografía temática.

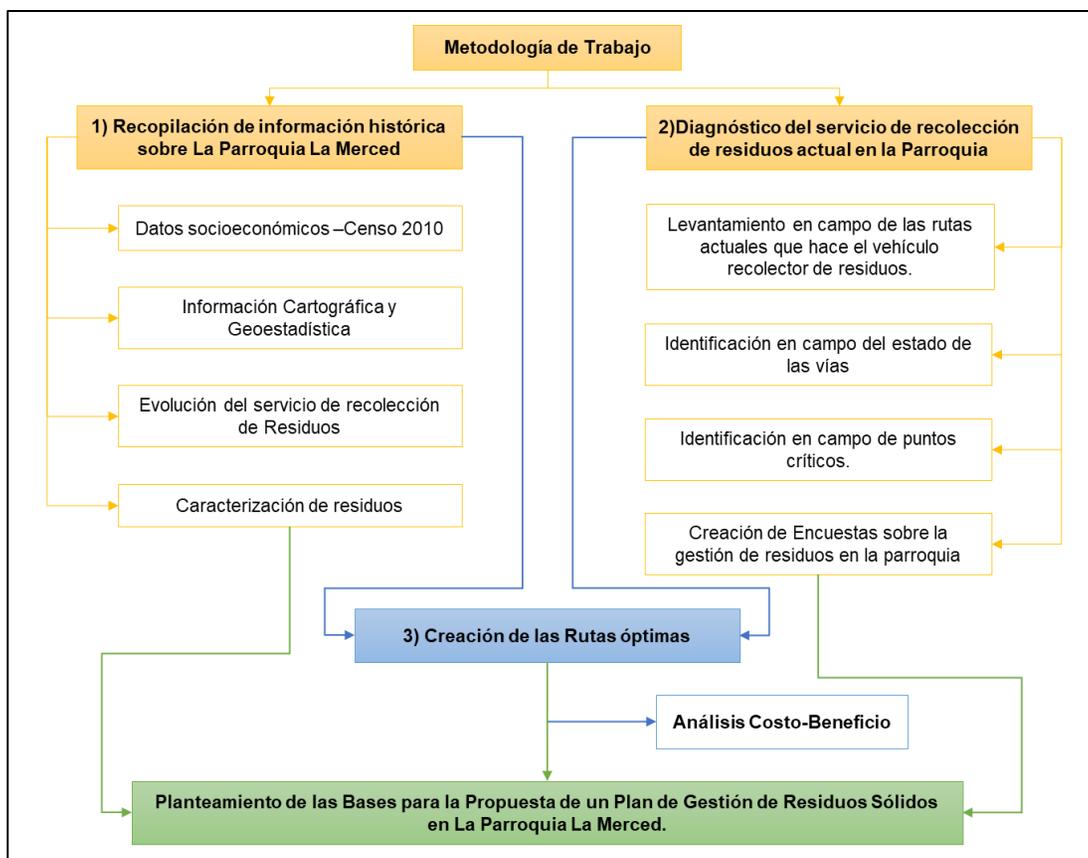
Posteriormente se realizó un diagnóstico actual del sistema de recolección de basura en la parroquia, para esto se levantaron las rutas que hacen los vehículos recolectores en campo, se tomaron las coordenadas de puntos críticos, se visualizó el estado de las vías y la accesibilidad existente en cada barrio de la parroquia.

Después del diagnóstico, se empezó a desarrollar la información necesaria para plantear las bases para la propuesta de un plan de gestión de residuos, para esto primero se recopiló información sobre la composición de los residuos y se realizaron encuestas a una muestra de la población sobre como gestionan sus residuos y la posibilidad de que separen sus residuos en la fuente, dato importante del que dependería la fiabilidad de crear rutas óptimas en función del tiempo que abarquen todos los barrios de la parroquia.

Una vez creadas las rutas y asignados los días de recolección para residuos orgánicos e inorgánicos, se realizó un análisis costo beneficio comparando los gastos de las dos rutas actuales que tiene EMASEO EP mismas que pasan por una parte de la parroquia la Merced y parroquias aledañas vs cuanto le costaría a EMASEO implementar rutas más pequeñas e individuales que brinden este mismo servicio pero solo para la parroquia La Merced, para finalmente realizar las bases de la propuesta de un plan de gestión de residuos en beneficio de la comunidad perteneciente a la parroquia (Figura 1).

Figura 1.

Diagrama de la metodología del proyecto



Descripción del área de estudio

La parroquia rural La Merced (figura 2), perteneciente al Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), se localiza al sur- este de la capital, en la Administración Zonal Valle de los Chillos, limitando al norte con las parroquias de Cumbayá y Tumbaco, al este y parte del sur con la parroquia rural de Pintag y al sur y oeste con la parroquia de Alangasí (GAD Parroquial La Merced, 2022).

Abarca una superficie aproximada de 31,68 km², que representa el 4,72% de la extensión territorial de la Administración Zonal Valle de los Chillos y está conformada por 23 barrios limitados de manera natural por quebradas y quebradillas (GAD Parroquial La Merced, 2018). Las cifras del INEC indican que hasta el año 2010 en la parroquia rural La Merced

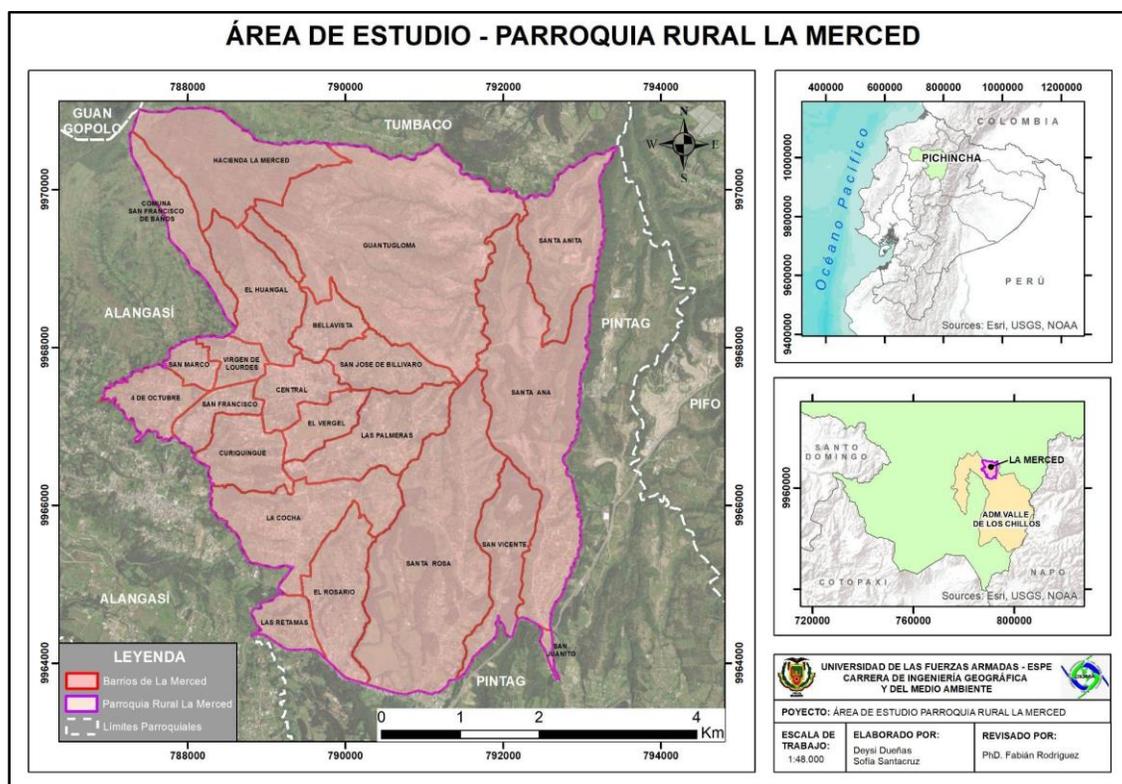
existían 8.394 habitantes, con una densidad poblacional de 264,29 hab/ km² y una estimación del aumento en su población de 12.219 habitantes para el año 2019.

Barrios que conforman a la Parroquia la Merced

- | | | |
|-------------------------|---------------|--------------------|
| ✓ 4 de octubre | ✓ Curiquingue | ✓ El Rosario |
| ✓ San Marco | ✓ El Huangal | ✓ Santa Rosa |
| ✓ San Francisco | ✓ Sarahurco | ✓ San Vicente |
| ✓ Hacienda la Merced | ✓ Las Retamas | ✓ Santa Ana |
| ✓ La Virgen de Lourdes | ✓ Central | ✓ Santa Anita |
| ✓ San José de Billivaro | ✓ La Cocha | ✓ San Juanito |
| ✓ Las Palmeras | ✓ El Vergel | ✓ Comuna San |
| ✓ Guantugloma | ✓ Bellavista | Francisco de Baños |

Figura 2.

Delimitación del área de estudio



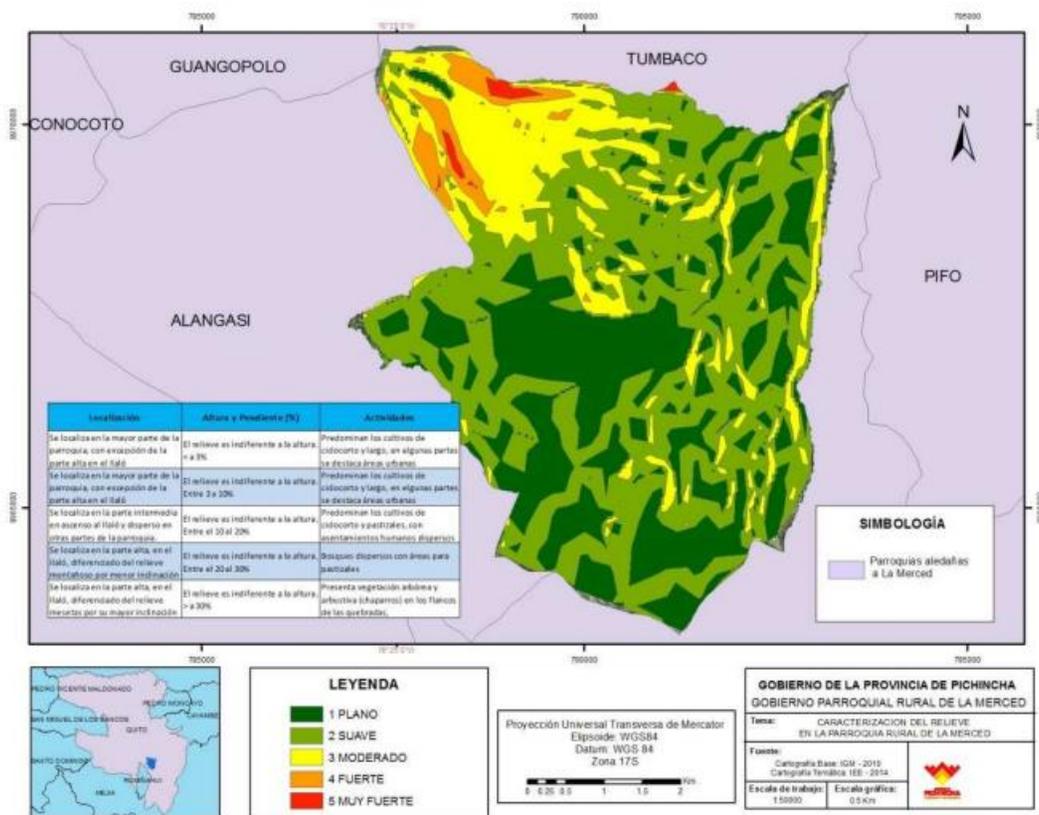
Características geográficas del área de estudio

Se encuentra asentada a 2.500 m.s.n.m. en la parte occidental y aumentando hasta una altura máxima de 3.140 m.s.n.m. en la parte alta del Ilaló norte, tiene un clima templado con temperaturas promedio de 18°C. El área que conforma la parroquia La Merced se caracteriza por tener varias alrededor de 24 quebradas y quebradillas, además de ser el lugar donde nacen los ríos Alcantarilla e Inga (GAD Parroquial La Merced, 2018); esta topografía del lugar ha hecho difícil el crecimiento urbano ordenado, los barrios que se ha ido creando a través del tiempo lo han hecho mediante la repartición de huasipungos de lo que alguna vez fueron haciendas aisladas las unas de otras, dispersando a la población y dificultando el acceso a algunas zonas actualmente habitadas (GAD Parroquial La Merced, 2022).

Alrededor de 25,15 km² de la parroquia presentan un relieve plano y suave con pendientes menores al 3% y 10% respectivamente; 5,49 km² tienen un relieve moderado de pendientes entre el 10-20%, mientras que el resto del área de estudio está constituido por un relieve fuerte y muy fuerte con pendientes que van del 20 al 50% de inclinación respecto a la horizontal del terreno (figura 3). La mayor parte de asentamientos humanos en la parroquia se encuentran en los relieves planos y suaves, en el relieve moderado que es la parte intermedia del ascenso al Ilaló se identifican asentamientos humanos dispersos que van disminuyendo a medida que el relieve trasciende de moderado a fuerte y muy fuerte (GAD Parroquial La Merced, 2018).

Figura 3.

Mapa de Pendientes



Nota. Mapa de pendientes. Escala de información 1:50.000. Tomado de (GAD Parroquial La Merced, 2018).

Diagnostico socioeconómico de la parroquia la Merced

Mediante el diagnóstico social se pretende describir a los pobladores y su situación, tal que se pueda conocer las necesidades y potencialidades existentes en la parroquia y que podrían ser mejoradas, por lo cual a través del estudio de datos estadísticos se pretende reflejar la realidad de los habitantes de la zona de estudio.

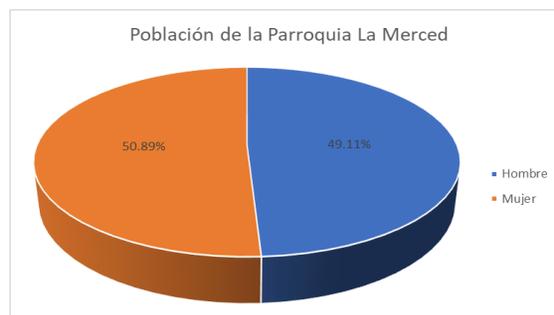
Población

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2010) la parroquia La Merced estuvo compuesta por 8.394 habitantes para el año 2010, como se observa en la figura

4 el 9,11% corresponde al género masculino con 4.122 habitantes y el 50,89% mujeres con 4.272 habitantes (Figura 4).

Figura 4.

Población de la Parroquia La Merced por género



Nota. Tomado de (INEC, 2010)

Además, en la tabla 1 se indica la población según los grupos de edad existentes en la parroquia La Merced:

Tabla 1.

Población de la Parroquia La Merced por grupos de edad

Parroquia	Total
Menor de 1 año	146
De 1 a 4 años	680
De 5 a 9 años	902
De 10 a 14 años	900
De 15 a 19 años	823
De 20 a 24 años	786
De 25 a 29 años	778
De 30 a 34 años	618
De 35 a 39 años	558
De 40 a 44 años	467
De 45 a 49 años	402
De 50 a 54 años	341
De 55 a 59 años	270
De 60 a 64 años	220
De 65 a 69 años	165
De 70 a 74 años	137

De 75 a 79 años	78
De 80 a 84 años	68
De 85 a 89 años	34
De 90 a 94 años	15
De 95 a 99 años	4
De 100 años y más	2
Total, población	8394

Nota. Tomado de (INEC, 2010)

En los datos obtenidos se puede observar que la mayor cantidad de la población es joven en un rango de 5 a 39 años, también se puede identificar que la población de adulto mayor es menos representativa es decir un 5.99 % del total de la población.

Educación

Conocer el nivel de educación en la parroquia nos permitirá posteriormente saber qué estrategias implementar en el plan de gestión para poder llegar a los habitantes de la parroquia, si es factible el uso de trípticos, panfletos escritos o se debe buscar otras alternativas. La información sobre el nivel de educación en la parroquia se obtuvo de la plataforma del (INEC, 2010), los datos del censo indican que entre un rango de edad de 15 a 49 años cuentan con un nivel de instrucción tanto primario secundario y educación básica siendo estos los valores más altos según los datos obtenidos (Tabla 2).

Tabla 2.

Nivel de instrucción en la parroquia La Merced

Nivel de instrucción más alto al que asiste o asistió	Total
Centro de Alfabetización/(EBA)	14
Preescolar	69
Primario	772
Secundario	542
Educación Básica	721
Bachillerato - Educación Media	221
Ciclo Post bachillerato	11
Superior	328
Postgrado	12

Se ignora	10
Total	2,700

Nota. Tomado de (INEC, 2010)

Analfabetismo

Las cifras obtenidas por parte de INEC (2010) respecto al nivel de analfabetismo de la parroquia son favorables, por lo que la mayoría de la población es decir el 91,42% sabe leer, y escribir y tan solo el 8,58% es analfabeta (Tabla 3), esto es de gran ayuda para fomentar en ellos la educación ambiental.

Tabla 3.

Nivel de analfabetismo en la parroquia La Merced

Categoría	Total	Porcentaje %
Alfabeto	5271	91.42
Analfabeto	495	8.58
Total	5766	100

Nota, Tomado de (INEC, 2010)

Tipo de vivienda

Según los datos del INEC (2010) en la mayoría del territorio predomina las viviendas tipo casa o villa corresponde el 86,07%; el 6,08% corresponde a departamentos y cuartos en casa de inquilinato, y el 7,86% corresponde a mediagua, covacha, choza u otra vivienda particular, donde se puede evidenciar que el mayor porcentaje corresponde a viviendas estables como se indica en la tabla 4.

Además, la mayoría de estas viviendas (72,9%) corresponde a viviendas propias que se encuentran pagadas en su totalidad o en proceso de pago, donadas, regaladas o heredadas (tabla 5).

Tabla 4.

Tipo de vivienda en la parroquia La Merced

TIPO DE VIVIENDA	Total	%
Casa/Villa	1884	86,07

Departamento en casa o edificio	95	4,34
Cuarto(s) en casa de inquilinato	38	1,74
Mediagua	169	7,72
Covacha	1	0,05
Choza	1	0,05
Otra vivienda particular	1	0,05
Total	2189	100

Nota. Tomado de (INEC, 2010)

Tabla 5.

Tenencia de vivienda en la parroquia La Merced

Categoría	Total	Porcentaje (%)
Propia y totalmente pagada	1037	47,07
Propia y la está pagando	113	5,13
Propia (regalada, donada, heredada o por posesión)	456	20,70
Prestada o cedida (no pagada)	323	14,66
Por servicios	79	3,59
Arrendada	192	8,72
Anticresis	3	0,14
Total	2203	100

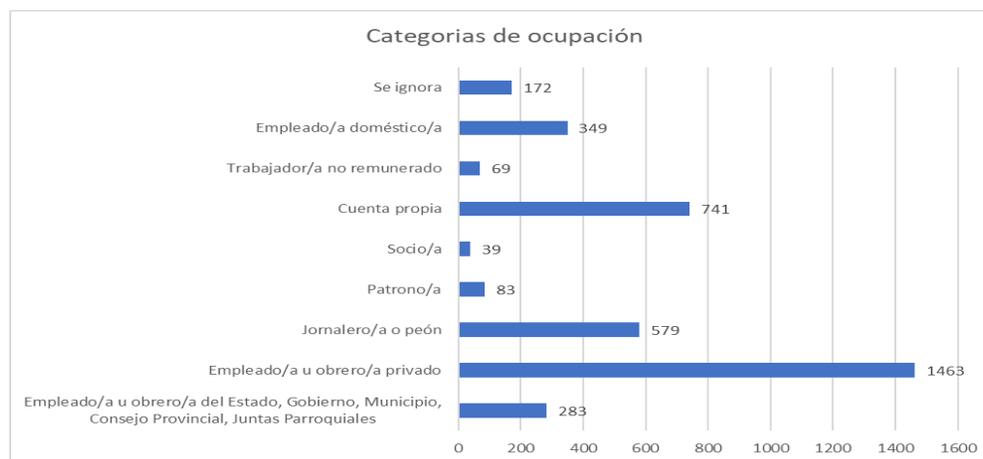
Nota. Tomado de (INEC, 2010)

Clasificación económica de la población por actividad

Respecto a la actividad económica de la parroquia La Merced la figura 5 muestra que según los datos del INEC (2010), el 95,45% de la población se encuentra en Empleados u obreros privados, actividades por cuenta propia, como jornaleros o peón, actividades domésticas, y actividades comerciales, lo que es de gran beneficio para el desarrollo de la misma.

Figura 5.

Categorías de ocupación Parroquia La Merced.



Nota. Tomado de (INEC, 2010)

La economía de la parroquia como se observa en la tabla 6, se basa en: un 20,68% en la construcción, seguido de un 15,39% de industrias manufactureras, un 11,34% en el comercio y un 7,64% en la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. La actividad de la construcción no se realiza en su totalidad dentro de la parroquia sino en parroquias cercanas por lo tanto no es considerada de mayor grado para el desarrollo de la parroquia, sin embargo, la industria manufacturera al ser la segunda actividad con mayor porcentaje si se considera de mayor grado para el desarrollo de la misma como son actividades textiles, trabajos con madera o servicios de mecánica.

Tabla 6.

Clasificación económica en la parroquia La Merced

Clasificación económica	Total	Porcentaje (%)
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	298	7,64
Explotación de minas y canteras	4	0,10
Industrias manufactureras	600	15,39
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	12	0,31
Distribución de agua, alcantarillado y gestión de deshechos	14	0,36
Construcción	806	20,68
Comercio al por mayor y menor	442	11,34
Transporte y almacenamiento	168	4,31

Actividades de alojamiento y servicio de comidas	93	2,39
Información y comunicación	34	0,87
Actividades financieras y de seguros	25	0,64
Actividades inmobiliarias	10	0,26
Actividades profesionales, científicas y técnicas	107	2,74
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	100	2,57
Administración pública y defensa	135	3,46
Enseñanza	112	2,87
Actividades de la atención de la salud humana	67	1,72
Artes, entretenimiento y recreación	48	1,23
Otras actividades de servicios	108	2,77
Actividades de los hogares como empleadores	333	8,54
No declarado	263	6,75
Trabajador nuevo	119	3,05
Total	3898	100

Nota. Tomado de (INEC, 2010)

Empleo y desempleo

Según los datos obtenidos del INEC (2010) el 58,33% corresponde a la población económicamente activa, dentro de este grupo se encuentran trabajos como los de construcción y la industria manufacturera y el 41,67% pertenecen a la población económicamente inactiva (tabla 7); cabe mencionar que estos datos corresponden a la población en edad de trabajar.

Tabla 7.

Condición de actividad económica en la parroquia La Merced

Condición de actividad	Género		Total	Porcentaje %
	Hombre	Mujer		
PEA	2310	1578	3888	58,33
PEI	945	1833	2778	41,67
Total	3255	3411	6666	100

Nota. Tomado de (INEC, 2010)

Modo de eliminación de desechos sólidos en la vivienda

Para conocer cómo se eliminan los desechos sólidos en la parroquia, se procedió a elaborar la tabla 8, con datos del INEC (2010), donde se evidencia que el 70,99% de los desechos son eliminados mediante el carro recolector de basura, el 23,21% son quemados, el 2,60% se entierran y el 3,2% de los desechos se arrojan a terrenos baldíos, quebradas, ríos o mediante otra forma.

Tabla 8.*Eliminación de desechos en la parroquia La Merced*

Categoría	Total	Porcentaje %
Por carro recolector	1554	70,99
La arrojan en terreno baldío o quebrada	28	1,28
La queman	508	23,21
La entierran	57	2,60
La arrojan al río, acequia o canal	4	0,18
De otra forma	38	1,74
Total	2189	100

Nota. Tomado de (INEC, 2010)

Evolución del servicio de recolección de residuos sólidos no peligroso de la parroquia La Merced 2015-2022

Hasta el año 2010, el 70,99% de la eliminación de residuos en la parroquia se lo hacía mediante vehículo recolector (INEC, 2010), a continuación, se presenta la metodología empleada para saber cómo ha ido evolucionando la cobertura del servicio de recolección durante los últimos años, tomando como referencia el año 2015, 2018 y 2022, de los que se dispone la información cartográfica.

Hogares atendidos y no atendidos por el servicio de recolección de residuos

Para conocer el número de suministros atendidos y no atendidos por el servicio de recolección de residuos durante los años 2015, 2018 y 2022, se utilizaron los *shapes* de “SUMINISTROS” proporcionados por EMASEO EP (2022), donde cada suministro representa un hogar con medidor eléctrico, lo que significa que todos los hogares reflejados en este *shape* pagan la tasa de recolección que está incluida en la planilla eléctrica.

A fin de saber qué hogares fueron atendidos, se clasificó el *shape* de suministros en “atendidos y no atendidos”, dato que se encuentra en la columna “RECOLECCIO” de la tabla de atributos de los *shapes* “SUMINISTROS, para saber la cantidad de suministros atendidos y no atendidos se abrió la tabla de atributos de dicho *shape* y con un *select by attributes* se

seleccionó <<RECOLECCIO=ATENDIDOS>>, seleccionando a los hogares que cumplían esta condición y mostrando la cantidad en la parte inferior de la tabla de atributos.

Porcentaje de cobertura del servicio de recolección de basura por barrios

En la parroquia La Merced existen 23 barrios, sin embargo, después de conocer la cantidad de suministros atendidos, se pudo observar que existían barrios con poca a nula cobertura de este servicio, para saber que barrios y en qué medida carecen del servicio de recolección, se contabilizó la cantidad de suministros que pertenecía a cada barrio y cuántos de estos estaban siendo atendidos.

El proceso de cálculo consistió en cargar el *shape* denominado “BARRIO_LA_MERCED_2015-2018-2022”, se creó tres columnas por año (2015,2018 y 2022) con los nombres: Nhogar, hogaraten y porcncnt, en la primera columna se colocó el número total de suministros en cada barrio, calculado mediante un *select by location* entre el *shape* “SUMINISTROS” y el *shape* “BARRIO_LA_MERCED_2015-2018-2022”; en la segunda columna se colocaron los suministros atendidos por barrio, calculados igualmente con un *select by location* entre los dos *shapes* mencionados anteriormente; finalmente en la tercera columna mediante una regla de tres simple entre la primer y segunda columna se calculó el porcentaje de suministros tendidos.

Después de calcular el porcentaje de cobertura por barrio (porcncnt), se cambió la simbología del *shape* “BARRIO_LA_MERCED_2015-2018-2022”, en cuatro categorías donde un porcentaje de cobertura del (0-25)% significaba una cobertura nula es decir que ningún hogar cuenta con el servicio de recolección en el barrio, de (25 a 50)% es cobertura media significando que menos de la mitad de los hogares de los barrios involucrados cuentan con el servicio de recolección, de (50 a 70)% cobertura parcial es decir que más de la mitad de hogares disponen de este servicio y de (75 a 100)% cobertura total interpretándose que todo a casi todo el barrio cuenta con el servicio de recolección.

Estimación y proyección de la generación de residuos en la parroquia 2022-2030

Para saber cuántos residuos se generan y se generarán a futuro en la parroquia, primero se debe calcular el número total de habitantes y la generación de residuos per cápita (PPC) que producen cada uno de ellos para los años 2022, 2025 y 2030.

Estimación y proyección de la población (2022-2030)

Según los datos del INEC (2010), en la parroquia había un total de 8.394 personas y 2.204 hogares, dando un promedio de 3,8 habitantes por vivienda y con una tasa del crecimiento del 4,22%. Para tener un estimado de la población actual primero se duplicó el *shape* "BARRIOS_LA_MERCED_2015-2018-2022" y se le dio el nombre de "BARRIOS_LA_MERCED_PREDICCIÓN_2030", de la tabla de atributos del nuevo *shape* se borraron todas las columnas a excepción de las columnas que vienen por default y las columnas de NOMBRE y F_VIVIENDA que tienen el nombre de los barrios y el número de hogares que tienen servicio eléctrico en cada barrio respectivamente.

Luego se creó la columna "Prom_per_h" en la que se colocó el promedio de habitantes por hogar (3,8), y la columna "pob_estmd" en la que se multiplicó el número de hogares por el promedio de habitantes por hogar (tabla 9). Una vez obtenida la estimación de la población del 2022, se procedió a proyectar la población para el año 2025 y 2030, para esto se crearon dos columnas "pobla_2025 y pobla_2030", utilizamos la herramienta *field calculator* en cada columna e ingresamos la siguiente ecuación:

$$Pf = Po * (1 + r)^t \quad (1)$$

Donde:

Pf= Población futura (pobla_2025 y pobla_2030)

Po= Población inicial (pob_estmd)

r= Tasa de crecimiento (4,22%)

t=Tasa en años comprendido entre Pf (2025, 2030) y Po (2022)

Tabla 9.

Tabla de atributos de los barrios de la parroquia y población estimada

OBJ	Shape *	NOMBRE	F_VIVIENDA	Prom_per_h	pob_estmd	pobla_2025	pobla_2030
1	Polygon	4 DE OCTUBRE	154	3,8	585	691	852
2	Polygon	COMUNA SAN FRNACISC	0	3,8	0	0	0
3	Polygon	SAN MARCO	184	3,8	699	826	1018
4	Polygon	SAN FRANCISCO	394	3,8	1497	1769	2179
5	Polygon	HACIENDA LA MERCED	5	3,8	19	22	28
6	Polygon	LA VIRGEN DE LOURDES	141	3,8	536	633	780
7	Polygon	CURIQUINGUE	138	3,8	524	619	763
8	Polygon	EL HUANGAL	162	3,8	616	728	897
9	Polygon	SARAHURCO	6	3,8	23	27	33
10	Polygon	LAS RETAMAS	89	3,8	338	399	492
11	Polygon	CENTRAL	472	3,8	1794	2120	2611
12	Polygon	LA COCHA	413	3,8	1569	1854	2284
13	Polygon	EL VERGEL	173	3,8	657	776	956
14	Polygon	BELLAVISTA	128	3,8	486	574	707
15	Polygon	EL ROSARIO	192	3,8	730	863	1063
16	Polygon	LAS PALMERAS	223	3,8	847	1001	1233
17	Polygon	SAN JOSÉ DE BILLIVARO	119	3,8	452	534	658
18	Polygon	GUANTUGLOMA	193	3,8	733	866	1067
19	Polygon	SANTA ROSA	265	3,8	1007	1190	1466
20	Polygon	SAN VICENTE	74	3,8	281	332	409
21	Polygon	SANTA ANA	141	3,8	536	633	780
22	Polygon	SANTA ANITA	19	3,8	72	85	105
23	Polygon	SAN JUANITO	17	3,8	65	77	95

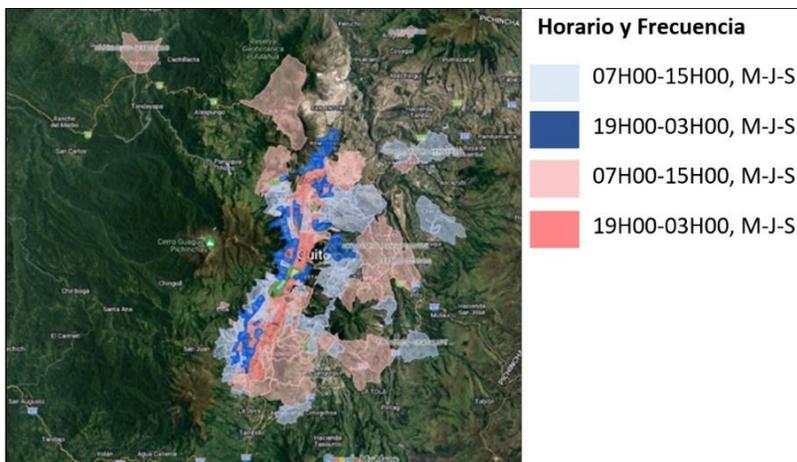
Posteriormente se sumaron los habitantes de todos los barrios para saber la población total en la merced en el 2022, 2025 y 2030.

Generación de residuos en la parroquia y por barrios

Para determinar la generación de residuos es importante conocer lo que es una geocerca por lo tanto según CONSORCIO RECOBAQ (2018) una geocerca es la delimitación del área de trabajo, alberga la información de la ruta, horario y frecuencia que cumple el servicio de recolección a pie de vereda, en la geocerca se puede visualizar que día y hora pasa el vehículo recolector por cada zona del DMQ, como se muestra en la figura 6, dentro de cada geocerca existe una única ruta que debe seguir el vehículo recolector del servicio de recolección a pie de vereda.

Figura 6.

Visor de geocercas, horarios y frecuencias del DMQ

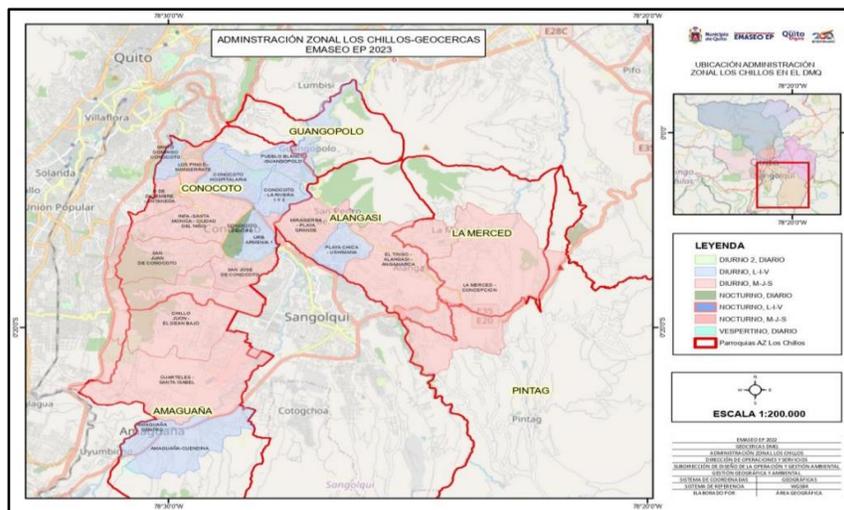


Nota. Tomado de (EMASEO V. , 2022)

En el informe proporcionado por EMASEO (2023), indica que existen dos geocercas que pasan por la parroquia, cada geocerca tiene su ruta de recolección, ambas los días martes, jueves y sábado en horario diurno (figura 7). Para calcular la generación de residuos en la merced, se partió del dato de residuos recolectados, y el número de suministros dentro de la geocerca, por los cuales se supone pasa el vehículo recolector de residuos.

Figura 7.

Mapa de Geocercas del DMQ



Nota. Tomado de (EMASEO, 2023)

El servicio de recolección de residuos en la parroquia la merced está cubierto por dos geocercas El tingo-Alangasí-Angamarca y La Merced-Concepción, que a su vez pasan por las otras parroquias que se mencionan en sus nombres y forman parte de la ruta que debe hacer el vehículo recolector de basura los días martes, jueves y sábado en el horario diurno.

Una vez que el vehículo de recolección ha culminado con la ruta, los residuos recolectados son pesados y subidos a la base de datos de EMASEO EP, siendo el personal de esta institución quién nos proporcionó el promedio del peso de residuos que recoge el vehículo recolector los días martes, jueves y sábado en estas dos rutas.

Una vez conocido el peso de residuos recolectados los días martes, jueves y sábado, de ambas rutas se procedió a sumar el peso de los tres días para cada ruta a fin de saber cuántos residuos se recolectan a la semana. Luego de saber las toneladas recolectadas por ruta (ton/semana), se dividió este valor para los 7 días de la semana y se realizó una conversión de unidades pasando de toneladas/día a kilogramos/día.

Para el cálculo del RPC (Recolección per cápita), se aplicó la ecuación 2, donde el # de habitantes se calculó multiplicando 3,8 que es el promedio de habitantes por hogar por el número de suministros (hogares con servicio de luz) dentro cada geocerca.

$$RPC = \frac{\text{Recolección } \left(\frac{kg}{día}\right)}{\# \text{ Habitantes}} \quad (2)$$

Después de obtener los RPC de las dos geocercas, se sacó el promedio de la recolección per cápita. Con este valor y asumiendo que dentro de las geocercas el porcentaje de recolección de residuos es del 100%, se interpreta que el promedio de la recolección per cápita (RPC) es igual al promedio de la producción per cápita (PPC) de residuos sólidos dentro de las dos geocercas.

Para saber cuántos residuos (kg/día) produce y producirá en 2025 y 2030 la parroquia La Merced, se agregaron tres columnas al shape de

“BARRIOS_LA_MERCED_PREDICCIÓN_2030”, donde se calcularon la cantidad de residuos aproximados que producen los habitantes de cada barrio en 2022 y la cantidad que posiblemente producirán a futuro en 2025 y 2030, para este cálculo se utilizó la herramienta *Fiel Calculator* en la cual se ingresó la ecuación 4, esta ecuación es el despeje de la ecuación 3, que utiliza EMASEO para calcular la producción per cápita (PPC).

$$PPC \left(\frac{kg}{día\ persona} \right) = \frac{Producción \left(\frac{kg}{día} \right)}{\# Habitantes} \quad (3)$$

$$Producción \left(\frac{kg}{día} \right) = PPC * \# Habitantes \quad (4)$$

Donde:

PPC= Producción per cápita, el valor utilizado es el del RCP calculado con la ecuación 2

#Habitantes= Número de habitantes, se utilizan los datos de las celdas: pob_estmd; pobla_2025; pobla_2030, respectivamente.

Producción (kg/día) = La cantidad de residuos que se produce por barrio, se utilizan las celdas: estmd_prod; prod2025kg; prod2030kg, respectivamente; como se visualiza en la (Tabla 10).

Tabla 10.

Tabla de atributos estimación de población y generación de residuos

BARRIOS_LA_MERCED_PREDICCION_2030									
NOMBRE	F VIVIENDA	Prom per h	pob_estmd	pobla_2025	pobla_2030	estmd_prod	prod2025kg	prod2030kg	
COMUNA SAN FRNACISC	0	3,8	0	0	0	0	0	0	0
HACIENDA LA MERCED	5	3,8	19	22	28	5,1794	5,9972	7,6328	
SARAHURCO	6	3,8	23	27	33	6,2698	7,3602	8,9958	
SAN JUANITO	17	3,8	65	77	95	17,719	20,9902	25,897	
SANTA ANITA	19	3,8	72	85	105	19,6272	23,171	28,623	
SAN VICENTE	74	3,8	281	332	409	76,6006	90,5032	111,4934	
LAS RETAMAS	89	3,8	338	399	492	92,1388	108,7674	134,1192	
SAN JOSE DE BILLIVARO	119	3,8	452	534	658	123,2152	145,5684	179,3708	
BELLAVISTA	128	3,8	486	574	707	132,4836	156,4724	192,7282	
CURIQUINGUE	138	3,8	524	619	763	142,8424	168,7394	207,9938	
LA VIRGEN DE LOURDES	141	3,8	536	633	780	146,1136	172,5558	212,628	
SANTA ANA	141	3,8	536	633	780	146,1136	172,5558	212,628	
4 DE OCTUBRE	154	3,8	585	691	852	159,471	188,3666	232,2552	
EL HUANGAL	162	3,8	616	728	897	167,9216	198,4528	244,5222	
EL VERGEL	173	3,8	657	776	956	179,0982	211,5376	260,6056	
SAN MARCO	184	3,8	699	826	1018	190,5474	225,1676	277,5068	
EL ROSARIO	192	3,8	730	863	1063	198,998	235,2538	289,7738	
GUANTUGLOMA	193	3,8	733	866	1067	199,8158	236,0716	290,8642	
LAS PALMERAS	223	3,8	847	1001	1233	230,8922	272,8726	336,1158	
SANTA ROSA	265	3,8	1007	1190	1466	274,5082	324,394	399,6316	
SAN FRANCISCO	394	3,8	1497	1769	2179	408,0822	482,2294	593,9954	
LA COCHA	413	3,8	1569	1854	2284	427,7094	505,4004	622,6184	
CENTRAL	472	3,8	1794	2120	2611	489,0444	577,912	711,7586	

Finalmente, con la herramienta *Statistics* se calculó el total de residuos generados en la parroquia además se clasificaron a los barrios en 4 rangos, en función de la cantidad de residuos que genera la parroquia en 2022, y que se prevé que generará en 2025 y 2030.

Densidad poblacional vs generación de residuos por barrios

Para calcular la densidad poblacional, usando de nuevo el *shape* de “BARRIOS_LA_MERCED_PREDICCION 2030”, en la tabla de atributos se creó otra columna en la cual se calculó el área en hectáreas, con este dato junto con el número de habitantes y generación de residuos por barrio creados anteriormente, se procede a calcular la densidad poblacional para los años 2022, 2025 y 2030.

Se crearon 3 columnas en el *shape* en cuestión, con los nombres “h_ha_2022, h_ha_2025 y h_ha_2030” y en la herramienta *Field Calculator* se ingresó las columnas que contenían los datos utilizando la ecuación 5, para luego sumar la densidad poblacional de todos los barrios, dando como resultado la densidad poblacional de la parroquia para los años anteriormente especificados (tabla 11).

$$\text{Densidad poblacional} = \frac{\text{Total de habitantes}}{\text{Área del barrio (ha)}} \quad (5)$$

Donde:

Total, de habitantes= Número de habitantes que existe en cada barrio, estos datos están contenidos en las celdas con nombre: pob_estmd; pobla_2025; pobla_2030, del shape BARRIOS_LA_MERCED_PREDICION_2030

Área del barrio (ha)= Es la extensión de la superficie que ocupa cada barrio, la celda que contiene este valor es "Area_ha" y esta medida en hectáreas.

Tabla 11.

Tabla de atributos de densidad poblacional

BARRIOS_LA_MERCED_PREDICION_2030										
OBJ	NOMBRE	F_VIVIENDA	Prom_per_h	pob_estmd	pobla_2025	pobla_2030	Area_ha	h_ha_2022	h_ha_2025	h_ha_2030
1	4 DE OCTUBRE	154	3,8	585	691	852	68,734111	8,874778	10,053232	12,395592
2	COMUNA SAN FRNACISC	0	3,8	0	0	0	78,636522	0	0	0
3	SAN MARCO	184	3,8	699	826	1018	28,523922	25,557495	28,95815	35,689342
4	SAN FRANCISCO	394	3,8	1497	1769	2179	47,355395	32,963509	37,355828	46,013765
5	HACIENDA LA MERCED	5	3,8	19	22	28	197,23796	0,1014	0,11154	0,141961
6	LA VIRGEN DE LOURDES	141	3,8	536	633	780	38,012872	14,705545	16,652254	20,519365
7	CURIQUINGUE	138	3,8	524	619	763	87,757878	6,221664	7,053498	8,694376
8	EL HUANGAL	162	3,8	616	728	897	133,271693	4,817227	5,462525	6,730612
9	SARAHURCO	6	3,8	23	27	33	23,360239	1,027387	1,15581	1,412657
10	LAS RETAMAS	89	3,8	338	399	492	43,389066	8,112643	9,195865	11,339262
11	CENTRAL	472	3,8	1794	2120	2611	66,175168	28,258334	32,036186	39,455888
12	LA COCHA	413	3,8	1569	1854	2284	185,91571	8,799687	9,972261	12,285137
13	EL VERGEL	173	3,8	657	776	956	54,31037	12,612693	14,288247	17,602532
14	BELLAVISTA	128	3,8	486	574	707	54,854742	9,242592	10,464	12,888585
15	EL ROSARIO	192	3,8	730	863	1063	125,660597	6,055995	6,867706	8,459295
16	LAS PALMERAS	223	3,8	847	1001	1233	140,383051	6,289933	7,13049	8,783112
17	SAN JOSE DE BILLIVARO	119	3,8	452	534	658	79,210211	5,946203	6,741555	8,30701
18	GUANTUGLOMA	193	3,8	733	866	1067	572,418686	1,334687	1,512879	1,86402
19	SANTA ROSA	265	3,8	1007	1190	1466	452,333095	2,321298	2,630805	3,240974
20	SAN VICENTE	74	3,8	281	332	409	115,776229	2,530744	2,867601	3,532677
21	SANTA ANA	141	3,8	536	633	780	393,478657	1,420662	1,608728	1,982318
22	SANTA ANITA	19	3,8	72	85	105	164,635855	0,455551	0,516291	0,637771
23	SAN JUANITO	17	3,8	65	77	95	5,637283	12,06255	13,659064	16,852091

Para los mapas de densidad poblacional vs generación de residuos por barrios, se cargó dos veces el mismo *shape* pero se les dio una diferente simbología, clasificando al primero en función de su densidad poblacional y el segundo en función de los residuos generados por barrio, otorgándole al primero las variables visuales color y valor, mientras que al segundo las variables color, forma y tamaño.

Metodología para el diagnóstico actual del servicio de recolección de residuos

EMASEO EP, utiliza diferentes metodologías de recolección dependiendo del lugar, cantidad de producción, costos de servicio e infraestructura vial, entre las diferentes metodologías están:

- El barrido manual: El cual se realiza en las calles principales del DMQ, parques, plazas y sitios con gran afluencia de personas, en este servicio los trabajadores barren la ciudad y colocan los residuos en fundas que después son recolectadas por los vehículos de recolección a pie de vereda (EMASEO EP, 2022).
- Recolección de pie de vereda: Es el servicio más común de recolección, consiste en que las personas coloquen sus residuos fuera de sus hogares, por lo general en veredas o pegados a los postes para ser recolectados posteriormente por un vehículo recolector de carga posterior y tres trabajadores que se encargan de colocar los residuos dentro del vehículo. Los vehículos recorren una ruta específica en base a un horario y frecuencia establecidos (EMASEO EP, 2022).
- Recolección por contenerización: La recolección contenerizada de superficie, consiste en la colocación de contenedores (recipiente donde se coloca los residuos sólidos urbanos) ubicados de forma estratégica en el DMQ, en este servicio las personas depositan sus residuos en los contenedores para ser posteriormente retirados por vehículos especializados de carga lateral, el cual tiene un brazo mecanizado capaz de levantar el contenedor, colocarlo de cabeza y sacudirlo para que los residuos caigan dentro de la caja del vehículo, en este servicio se brinda mantenimiento y limpieza de los contenedores frecuentemente (EMASEO EP, 2022).
- Servicio de soterrado: Se encuentran instalados en el Centro Histórico de Quito, estos contenedores tienen forma de buzones pegados al suelo, en este sistema

el ciudadano debe levantar la tapa del buzón u arrojar las fundas de residuos por el viaducto hasta que estas fundas lleguen al subsuelo, compuesto por tres buzones en la superficie y tres contenedores debajo de los buzones en el subsuelo que son recolectados posteriormente por vehículos recolectores de carga posterior (EMASEO EP, 2022).

En la parroquia La Merced el servicio que se brinda es el de recolección a pie de vereda. A continuación, se detalla lo que se realizó para el diagnóstico del servicio de recolección actual:

Levantamiento de las rutas actuales del servicio de recolección de residuos no peligrosos a pie de vereda en la parroquia

El servicio de recolección en la parroquia está cubierto por dos rutas: El Tingo-Alangasí-Angamarca y La Merced-Concepción, usando la aplicación “*wikiloc*” se levantó el camino por el que van las dos rutas, en la tabla 12 se indican las acciones a realizar por el vehículo al momento de brindar el servicio de recolección:

Tabla 12.

Acciones a realizar por el vehículo al momento de brindar el servicio de recolección

Movimientos	Descripción	Tiempo
C.O-Primer Viaje	Es el desplazamiento del vehículo desde el Centro de Operaciones (Forestal u Occidental) hasta la geocerca asignada.	Dependerá de la distancia entre el CO y la Geocerca
Inicio del Primer viaje-Fin del Primer viaje	Es el inicio de la ruta dentro de la geocerca, los trabajadores empiezan a recoger los residuos hasta que el vehículo esté lleno.	Dependerá de la capacidad de almacenamiento del vehículo y de la cantidad de residuos producidos.
Fin del primer viaje-Estación de Transferencia	En cuanto el vehículo esté lleno, se irrumpe la ruta para ir a descargar los residuos en la estación de transferencia más cercana.	Va a depender de la distancia entre donde terminó el primer viaje y la ubicación de la estación de transferencia (Norte o Sur).

Estación de Transferencia-Inicio del Segundo Viaje	Después de descargar los residuos, el vehículo recolector se dirige nuevamente a la geocerca asignada e iniciando en la parte de la ruta que se quedó al finalizar el primer viaje.	Va a depender de la distancia entre la estación de transferencia (Norte o Sur) y donde terminó el primer viaje.
Inicio del Segundo Viaje-Fin del Segundo Viaje	Inicia donde termina el primer viaje hasta donde avance la capacidad de carga del vehículo. Nota: La mayoría de rutas se cubren en dos viajes.	Al igual que el primer viaje va a depender de la capacidad de carga del vehículo y la cantidad de residuos a recolectar.
Fin del Segundo Viaje- Estación de Transferencia	Una vez terminado el segundo viaje, el vehículo se traslada a la estación de transferencia más cercana para depositar ahí los residuos recolectados.	Depende de la distancia entre el fin del segundo viaje y la ubicación de la estación de transferencia.
Estación de transferencia - Centro de Operaciones	Después de que el vehículo haya cubierto la totalidad de la ruta y descargado los residuos este procede a regresar al centro de operaciones.	De 30 a 45 minutos.

Nota. Tomado de (EMASEO, 2023)

El levantamiento de cada ruta se llevó a cabo los días martes, jueves y sábado en horario diurno esto a razón de que dependiendo del día de recolección la ruta que hace el vehículo varía un poco, al igual que el número de viajes que realiza para culminar la ruta y la cantidad de residuos recolectados.

Las rutas generadas por *wikiloc* fueron exportadas en formato *.gpx*, usando el software *ArcGIS* con la herramienta opción *GPX to Features*, ubicada en la caja de herramientas → *Conversion Tools* → *From GPS*, se transformó de *.gpx* a *shapefile*, la ruta cargada estaba representada por puntos, por lo que se creó un nuevo *shapefile* de líneas y se digitalizó la ruta siguiendo los puntos del *shape* de puntos. Después de digitalizar las dos rutas con sus respectivos trayectos, usando la herramienta clip se recortó el tramo de ruta que pasa dentro de la parroquia en ambas rutas y se calculó la distancia que recorrían los vehículos dentro de la zona de estudio.

Tipos de vías

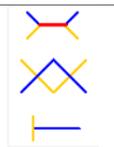
La cartografía vial usada como insumo inicial corresponde al *shape* proporcionado por los técnicos de EMASEO EP (2022), de los ejes viales del DMQ del año 2016 a escala 1:5000, la información proporcionada se validó en campo, en un período de cinco días, durante 4 horas en los cuales se recorrió todos los barrios de la parroquia, lo que permitió eliminar vías inexistentes, verificar el sentido vial, el material de las vías (tierra, lastrado, empedrado, adoquinado y asfaltado), aumentar vías que no existían en el *shape* proporcionado y determinar por cuales calles no puede ingresar el vehículo.

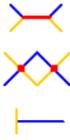
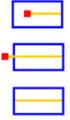
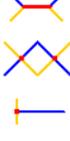
La generación del *shape* de vías es importante ya que se lo usará como malla, al momento de crear las rutas óptimas, es por esto que debe estar digitalizado correctamente, haciendo necesario una corrección topológica de la cartografía vial a utilizar, para esto primero se creó una *Geodatabase* con el nombre “LA_MERCED”, dentro de esta se crea un *Feature Dataset* de nombre “VIAS_LA MERCED”, sistema de coordenadas WGS84 UTM Zona17S y se importa el *shape* “RED_VIAL” el cual se convierte de *shapefile* a un *future class*.

Dentro de *Arc Catalog* se selecciona el *Future Dataset* “VIAS_LA MERCED” y con clic derecho se selecciona la opción *New* → *Topology*, se selecciona el *Future Dataset* a utilizar (RED_VIAL) y se aplican las siguientes reglas topológicas de la tabla 13:

Tabla 13.

Reglas topológicas de líneas

Reglas	Gráfico	Descripción
Must not overlap		La línea de una capa no debe superponer líneas de la misma capa si esto no se cumple se considera un error.

Must not intersect		La línea no debe intersectar o superponer otras líneas de la misma capa. Cualquier línea donde la característica se superpone o cualquier punto de intersección es un error.
Must not have dangles		La línea de una capa debe tocar líneas de la misma capa en ambos extremos. Cualquier extremo donde la línea no toque otra línea es un error.
Must not have pseudo nodes		La línea de una capa debe tocar más de una línea de la misma capa en sus puntos finales. Cualquier punto final donde la línea toca otra línea es un error.
Must not intersect or touch interior		La línea de una capa debe tocar líneas de la misma capa en sus extremos. Cualquier línea donde las características se superponen o cualquier punto de intersección es un error.

Nota. Tomado de (esri, 2022)

Se identifican los errores y se procede a corregirlos, usando las herramientas de edición topológica.

Identificación de puntos críticos

Según EMASEO EP (2016) los puntos críticos se generan por la mala disposición de los residuos sólidos de la población, en estos puntos se pueden encontrar escombros, basura domiciliaria, cadáveres de animales, e incluso enseres y electrodomésticos, depende de la cantidad de residuos estos puntos se limpia con ayuda de maquinaria como volquetas o recolectores.

La identificación de puntos críticos en la parroquia se hizo en campo durante el mismo tiempo que se validó la información cartográfica vial, se tomaron como puntos críticos quebradas con presencia de escombros además de calles y lotes en los que hubo fundas de basura a pesar de no ser el día correcto de recolección, para esto se tomaron evidencias fotográficas con la aplicación *wikiloc* misma que almacena las coordenadas del punto crítico,

para posteriormente exportarlos en extensión .gpx y mediante el uso del software *ArcGis* con la herramienta opción *GPX to Features*, ubicada la caja de herramientas→ *Conversion Tools*→ *From GPS*, pasar los datos de .gpx a *shapefile* y así poder crear el modelo espacial de puntos críticos en la parroquia.

Metodología usada para la implementación de las bases de una propuesta de plan de gestión de residuos

Para realizar las bases de la propuesta del plan de gestión de residuos en la parroquia La Merced es necesario saber qué tipos de residuos se producen en la parroquia, en qué porcentaje se producen, como son gestionados además de la predisposición que tengan los pobladores de separar los residuos en la fuente.

Para saber la caracterización de los residuos de la parroquia La Merced, se utilizó la información proporcionada por EMASEO 2023, mientras que para saber cómo gestionan los moradores de la parroquia sus residuos y que tan fiable es crear nuevas rutas de recolección de residuos optimizadas y que abarquen mayor distancia, se realizaron encuestas en cada barrio de la parroquia.

Creación de las encuestas

Para saber cuántos hogares se debían encuestar se calculó la muestra para una población de 3.702 viviendas que hay en la parroquia, el tipo de muestreo realizado fue muestreo por estratificación, por lo que después de saber el tamaño de la muestra se realizó una regla de tres para saber cuántas muestras toca hacer por barrio, finalmente en campo se seleccionó de manera aleatoria las viviendas que se van a encuestar.

La ecuación aplicada para el cálculo de la muestra de las viviendas de la parroquia La Merced, fue la siguiente:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * N + (Z_{\alpha}^2 * p * q)} \quad (6)$$

Donde:

n= muestra	→	?
N = Total de viviendas	→	3.889
Z_{α} = Constante en función del nivel de confianza	→	1,96
p= porción esperada	→	0,5
q= 1 – p	→	0,5

Después de calcular el número total de viviendas a ser encuestadas, se calculó el porcentaje que representan el número de viviendas de cada barrio con el total de viviendas en La Parroquia, y este porcentaje se lo multiplicó por el número total de encuestas, obteniendo así el número de encuesta que se debe hacer por barrio y este valor se lo redondeo al inmediato superior debido a que las encuestas son un valor entero, razón por lo que la cantidad de encuestas a realizar aumento un poco.

Como se observa en la figura 8, la encuesta consta de 17 preguntas enfocadas plenamente en como las viviendas encuestadas gestionan sus residuos sólidos, esta encuesta fue elaborada en Google Forms, los datos se llenaron de manera digital guardándose en la nube para posteriormente ser tratados y analizados.

Figura 8.

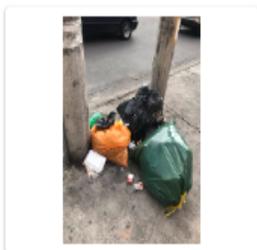
Encuesta de recolección de información sobre gestión de residuos sólidos

ENCUESTA DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	
Parroquia la Merced	
La función de guardar está inhabilitada	
NOMBRE DEL BARRIO	3. ¿A la semana cuantas fundas de basura genera?
Tu respuesta _____	Tu respuesta _____
# De Integrantes en el Hogar	4. ¿De que tamaño son las fundas de basura que genera a la semana?
Tu respuesta _____	<input type="checkbox"/> Pequeña (18' x 24') <input type="checkbox"/> Mediana (23' x 28') <input type="checkbox"/> Grande (30' x 36')
# De personas adultas	5. ¿Cómo eliminan la mayoría de sus residuos sólidos?
Tu respuesta _____	<input type="checkbox"/> Los quema <input type="checkbox"/> Arroja a quebradas <input type="checkbox"/> Carro recolector <input type="checkbox"/> Entierran <input type="checkbox"/> Otro: _____
# De niños (de 0 a13 años)	6. ¿El servicio de energía eléctrica es brindado por la empresa eléctrica pública?
Tu respuesta _____	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No
1. ¿Sabe usted qué son los residuos sólidos?	7. ¿Pasa el carro recolector de basura cerca de su casa?
<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No
2. ¿Qué tipo de residuo se produce en mayor cantidad en su casa?	8. ¿Qué día pasa el carro recolector de basura?
<input type="checkbox"/> Papel <input type="checkbox"/> Plástico <input type="checkbox"/> Vidrio <input type="checkbox"/> Cartón <input type="checkbox"/> Orgánico <input type="checkbox"/> Otro: _____	<input type="radio"/> L-V <input type="radio"/> M-J-S <input type="radio"/> Otro: _____

9. ¿Con que frecuencia pasa el carro recolector de basura?

- Todas las semanas
- Cada 15
- Cada mes
- Otro: _____

10. ¿Hasta que pase el carro recolector de basura, donde coloca sus fundas?



- Altillos (Canastitas)
- En el suelo (Vereda, Postes)
- Otro: _____

11. Del 1 al 5 califique el servicio de recolección, siendo uno lo mas bajo y 5 lo mas alto.

- Muy malo 1 2 3 4 5 Muy bueno
-

12. Conoce algún lugar donde arrojen la basura (Ej: Quebradas, ríos, parques, veredas, etc.)

Ingrese la Dirección en 'Otro'

- Sí
- No
- Otro: _____

13. ¿Separa y dispone adecuadamente los residuos sólidos que usted genera?

- Sí
- No

13. ¿Separa y dispone adecuadamente los residuos sólidos que usted genera?

- Sí
- No

14. ¿Qué hace con los residuos orgánicos?

- Compost
- Alimento para animales
- Arroja a la basura
- Otro: _____

15. ¿Qué hace con los residuos inorgánicos?

- Reutiliza
- Vende a recicladores
- Regala a los recicladores
- Arroja a la basura
- Otro: _____

16. Si recibiera capacitaciones sobre como clasificar la basura, ¿estaría dispuesto a implementarlo en su hogar?

Colocar el porque en la opción 'Otros'

- Sí
- No
- Otro: _____

17. ¿Estaría dispuesto ha asistir a capacitaciones, talleres, mingas y eventos relacionados con la gestión de residuos en su parroquia?

- Sí
- No

Creación de rutas optimas

Después de culminada la investigación en campo (levantamiento de rutas, encuestas, reconocimiento del territorio, entre otros) y del análisis de los resultados de las encuestas, el siguiente paso fue la creación de rutas optimas que lleguen a todos los barrios de la parroquia, a fin de minimizar errores humanos como sesgar calles o pasar varias veces por un mismo lugar se utilizó el software ArcGIS como método de apoyo. A continuación, se describe el proceso realizado:

Creación de la malla vial

Para crear una ruta, es importante que existan calles sobre las cuales deba seguir el vehículo recolector. Para esto se utilizó el *feature class* "RED VIAL" al que anteriormente ya se le había corregido la topología. En la tabla de atributos de la "RED_VIAL", se puede observar la siguiente información:

- TOPONIMIA: Esta celda contiene el nombre de las vías.
- ONEWAY: Indica el sentido de la vía, esta depende del sentido en el que se digitalizo cada tramo, si se digitalizo en sentido contrario al sentido vial se representa como "TF" y si se digitalizo en el mismo sentido de la vía su abreviatura será "FT", pero cuando el sentido de la vía es bidireccional la celda tiene la letra "N"
- CATEGORÍA: Describe el material de la vía, pudiendo ser un camino de tierra, lastrado, empedrado, adoquinado o asfaltado.
- distancia_m: Representa la longitud del segmento de vía en metros.

Para la creación del *Network Dataset* se crearon 4 columnas más con la siguiente información.

- Velo_kmh: Contiene el valor máximo de velocidad permitida en cada carretera.
- Velo_recol: Es la velocidad máxima a la que debe ir el vehículo de recolección de residuos al momento de brindar el servicio de recolección, Loachamin

subdirector de la dirección de suboperaciones de EMASEO EP indica que, para el servicio de recolección a pie de vereda, el vehículo debe ir entre una velocidad de (5 a 15) km/h para darles tiempo al personal recolector de agarrar las fundas de residuos y colocarlas en el vehículo.

- F_MINUTOS y T_MINUTOS: Es el tiempo expresado en minutos que demoraría el vehículo en cubrir cada segmento de vía. Para el cálculo del tiempo se utilizó la siguiente ecuación:

$$t = D * \frac{K}{V} \quad (7)$$

Donde:

- t= Tiempo que le toma al vehículo recolector transitar por cada segmento de vía.
- D= Distancia en metros de cada segmento de vía.
- K= La constante de tiempo en minutos, esto debido a que la velocidad está en (km/h).
- V= Velocidad, en este caso se tomó como velocidad el rango de (5 a 15) km/h que es al que debe ir el vehículo recolector, asignado una velocidad de 15km/h en las Avenidas principales y una velocidad de 7 km/h en avenidas secundarias.

Una vez completado los campos requeridos, en *ArcMap* se abre *ArcCatalog* y se procede a la creación de la Malla vial, para ello primero se debe activar la extensión *Network Analyst* ubicado en la barra de herramientas, después desde *ArcCatalog* se creó un nuevo *Network Dataset* utilizando el *Feature Dataset* de nombre "VIAS_LA_MERCED", de ahí se le dio el nombre de Malla_Vial_ND y se eligió la capa "RED_VIAL" para el análisis.

Posteriormente para habilitar los giros clic en "YES", en la siguiente pestaña para crear las conexiones de red se eligió la opción any vertex que conectaba cada segmento de otro segmento, en el campo de elevación como no existen puentes, intercambiadores o vías a

desnivel se seleccionó la opción None, después se le agrego los siguientes atributos a la Malla_Vial_ND:

- **ONEWAY:** El sentido vial que tendrá la malla, cumple el papel de ser una restricción al momento de conectar las rutas, en la opción *evaluators*, se puede modificar las características de estos atributos, es ahí donde se elige la celda *ONEWAY* de la tabla de atributos de la RED_VIAL
- **Longitud:** En este atributo se configuran las características, asignando a la distancia como un costo, medido en metros y los datos cargados deben ser de la tabla de atributos de “RED_VIAL”, columna “distancia_m”.
- **Minutos:** Al igual que en longitud, el atributo minutos es un costo, representado en minutos, las celdas que pertenecientes a la capa RED_VIAL que se utilizan en estos atributos son las columnas FT_MINUTES y TF_MINUTES.

En el siguiente paso se llenó la fecha general de la propiedad de direcciones, en el campo *Name* se colocó la celda de TOPONIMIA, se configuró las unidades en metros y minutos terminando finalmente de construir el *Network Dataset*.

Zonas a ser cubiertas por las rutas optimas generadas

Como la Parroquia tiene una extensión grande el servicio de recolección de residuos no se puede realizar en un solo día, por lo que es preciso dividir la parroquia en tres zonas de recolección, para esto y considerando que los barrios centrales son los que más producen mientras que los barrios periféricos su relieve dificulta el acceso a ciertos tipos de vehículos, se dividió a la parroquia en tres zonas, donde se pretende que cada zona tenga una ruta de recolección con una frecuencia semanal mínima de 2 días.

Puntos de recolección de los residuos solidos generados por la parroquia

Para saber por dónde debe crearse la ruta de recolección de residuos aparte de tener la malla vial es necesario saber dónde están ubicadas las viviendas a las que se les brindara este

servicio, para esto se trabajó con el shape de suministros al cual se le agrego en la tabla de atributos ocho columnas que contenían la siguiente información.

- **servicetim:** Es el tiempo promedio que se demoraría un recolector de basura en recolectar los residuos producidos por hogar, el tiempo se lo calculó usando la siguiente ecuación:

$$T_s = \frac{P_p * T_t}{P_t} \quad (8)$$

Donde:

- **Ts=** Tiempo de servicio
- **Pp=** Peso parcial en Kg de los desechos generados por hogar, para este dato se multiplicó el PPC de la parroquia (0,27 kg/día persona) por el número promedio de habitantes por hogar en la parroquia que es 4.
- **Tt=**Es el tiempo total en minutos destinado al tiempo de servicio (6:00:00 horas=360 minutos)
- **Pt=** Es el peso total recolectado diariamente en la parroquia
- **GDC:** Es la cantidad de residuos generados en los hogares (kg/día), para ello se multiplicó el PPC de la parroquia por 4 personas.
- **Tiempodese:** Es el tiempo que toma recolectar los residuos sólidos por hogar en segundos.
- **Frecuencia:** Las veces que pasa el vehículo recolector por la parroquia en un día de recolección.

Como las micro rutas de recolección van a estar en función de las tres zonas establecidas en el ítem anterior, se procedió a seleccionar los suministros que estaban dentro la zona 1 y haciendo un data export data se creó un nuevo shape que contenía solo los suministros pertenecientes a los barrios de la zona 1, lo mismo se hizo para la zona 2 y 3.

También se creó un nuevo shape con la ubicación del punto de salida y llegada del vehículo recolector de residuos estos puntos son el mismo lugar el centro de operaciones La Forestal,

además de la ubicación del relleno sanitario el Inga que será el punto de descarga del vehículo, todos esto en el sistema de coordenadas WGS84 UTM17S.

Creación de las rutas optimas con la herramienta “Vehicle routing problem” del Software ArcGIS

El software *ArcGIS* ofrece varias opciones para la creación de rutas, sin embargo, para este caso de estudio la más idónea a utilizar fue la herramienta “*New Vehicle routing problem*” (*VRP*), ya que permite ingresar varios datos a tomar en cuenta al momento de realizar el servicio de recolección, como el peso del vehículo, el tiempo del servicio, lugar de salida, descarga y llegada del vehículo, puntos de recolección al que debe llegar el vehículo, entre otros atributos.

Para la aplicación de esta herramienta fueron necesarios los siguientes insumos: *Network Dataset* “Malla_vial”, shape de suministros, shape de puntos de salida, descarga y llegada, a continuación, se detallará el paso a paso que se siguió para generar la micro ruta de la zona 1, siendo este proceso el mismo que se usaría posteriormente para las micro rutas de la zona 2 y 3, pero con sus respectivos shapes de suministros.

Lo primero que se hizo fue cargar el *Network Dataset* “Malla_vial” en el software, junto con el shape *SUMINISTROS_ZONA_1*, después con la herramienta *Network Analyst*, se seleccionó la opción “*New Vehicle routing problem*”, en el campo de *Orders*, se cargó el shape *SUMINISTROS_ZONA_1*, en el subcampo de inicio de la ruta y final de la ruta se colocó 07h10 am a 14h00 pm esto debido a que la jornada laboral debe ser de 8 horas diarias y que el servicio de recolección de residuos horario diurno que hace EMASEO es en el horario de 07h00 am a 15h00 pm, el tiempo de finalización de la ruta se colocó a las 14h00 porque la hora restante es el tiempo que le tomaría al vehículo recolector ir y descargar los residuos en el relleno Sanitario y regresar al Centro de Operaciones que vendría siendo el GAD de la parroquia La Merced, este viaje desde la parroquia hasta el relleno le lleva al vehículo aproximadamente 35 min cargado de residuos y 25 minutos estando vacío.

En el subcampo Location Position, se activó el uso de la geometría, en este campo se debe colocar la distancia máxima que la ruta que se va a generar debe estar de los residuos a recolectar ósea de los suministros (viviendas), como el servicio que se brinda es recolección a pie de vereda y en base a lo mencionado por Loachamín (2022) quien menciona que “la distancia máxima a la que debería pasar el vehículo recolector de una vivienda en un área rural debe ser de 250m y en un área urbana 100m” se colocó el valor de 250m en dicho subcampo.

En el campo llamado Depots, se cargó el shape de puntos de salida, descarga y llegada y en el campo de Routes en propiedades se llenaron los subcampos Name (nombre que se le dará a la ruta), también se eligió la celda que contenía el punto de salida, el de llegada y el de depósito, se ingresó la hora de inicio de la ruta y la hora final. Finalmente, en Layer properties que es el campo que leerá las celdas del Network Dataset “Malla _vial” se coloca como restricción la columna Oneway que indica el sentido vial de cada tramo, las unidades deben estar en minutos para el tiempo y metros para la distancia y seleccionamos como atributo a optimizar al tiempo, es decir que la ruta que se va a crear será la que tome menos tiempo recorrer y llegue a todos los suministros.

Análisis costo beneficio

El enfoque de costo-beneficio evalúa el costo total de crear un proyecto y lo que se puede obtener de él, es decir, la rentabilidad, para aplicar este enfoque, es importante considerar que se comparan dos o más alternativas. En este enfoque, el costo se considera como cualquier recurso dado para lograr un objetivo específico y se mide en unidades monetarias, los recursos (tasa de recolección) se invierten para beneficios a corto o largo plazo; el rendimiento, por otro lado, es el ahorro obtenido en la inversión inicial, cuando se quiere saber si un proyecto es factible hay que comparar los costos y beneficios, cuando los beneficios superan a los costos se puede explicar que es un proyecto rentable, al contrario cuando los costos superan a los beneficios (Aguilera Díaz, 2017).

En el presente proyecto se evaluó el costo de inversión de la ruta actual existente y de las micro rutas óptimas creadas, para decidir cuál sería la más conveniente en términos de área cubierta, distancia, tiempo, tipo de vehículo y costo de operación, por otro lado, se contempla como beneficio la tasa de recolección que pagan los pobladores de la parroquia en la planilla de luz.

Para calcular cual alternativa presenta un mayor beneficio para la parroquia se aplicó la siguiente ecuación:

$$\frac{B}{C} = \frac{VAN}{VAC} \quad (9)$$

Donde:

- B/C= Costo – Beneficio
- VAN= Valor Actual de los Ingresos Totales Netos (Tasa de recolección en la Parroquia)
- VAC= Valor Actual de los Costos de inversión (Costo de operación de las rutas antiguas y las rutas creadas)

Los costos se medirán en función del costo de operación, el costo de mano de obra, el costo de equipo de protección para los trabajadores, el número de horas laborales y la distancia recorrida. Mientras que los beneficios serán medidos por el porcentaje de hogares a los que se les brinda el servicio de recolección y el valor que se paga por este servicio en la planilla de luz.

Capítulo IV

Análisis de Resultados

Evolución del Servicio de Recolección de Residuos Sólidos no Peligrosos de la parroquia La Merced, 2015-2022.

A continuación, se presentan como resultado los modelos espaciales que indican cómo ha ido evolucionando la cobertura del servicio de recolección de residuos sólidos en la parroquia durante los últimos años, tomando como referencia el año 2015, 2018 y 2022.

Hogares atendidos y no atendidos por el servicio de recolección de residuos

En las figuras 9,10 y 11 presentadas a escala 1:30.000, se observan los hogares atendidos y no atendidos dentro de la parroquia, por el servicio de recolección de residuos durante los años 2015,2018 y 2022 respectivamente.

Como se visualiza en la figura 9, durante el año 2015 la parroquia tenía 1.928 hogares registrados en la Empresa Eléctrica Quito, de los cuales 1.196 hogares (62,14%) si recibían el servicio de recolección de residuos cerca de sus hogares y que 730 hogares (37,86%) no recibían este servicio.

En el año 2018 en la parroquia había 3.458 hogares con el servicio de luz eléctrica, de estos hogares 2.099 (60,70 %) eran atendidos por EMASEO EP, mientras el otro 39,30% ósea 1.359 hogares no recibieron el servicio de recolección de residuos (Figura 10).

Mientras que en la figura 11, se evidencia los hogares atendidos y no atendidos por el servicio de recolección de residuos a inicios del año 2022, se observa que existen 2.710 hogares que han sido atendidos por este servicio lo que representa el 69,68% y 1.179 hogares que no eran atendidos representando el 30,32% de un total de 3889 hogares existentes en la parroquia.

Figura 9.

Mapa de hogares atendidos por el servicio de recolección para 2015

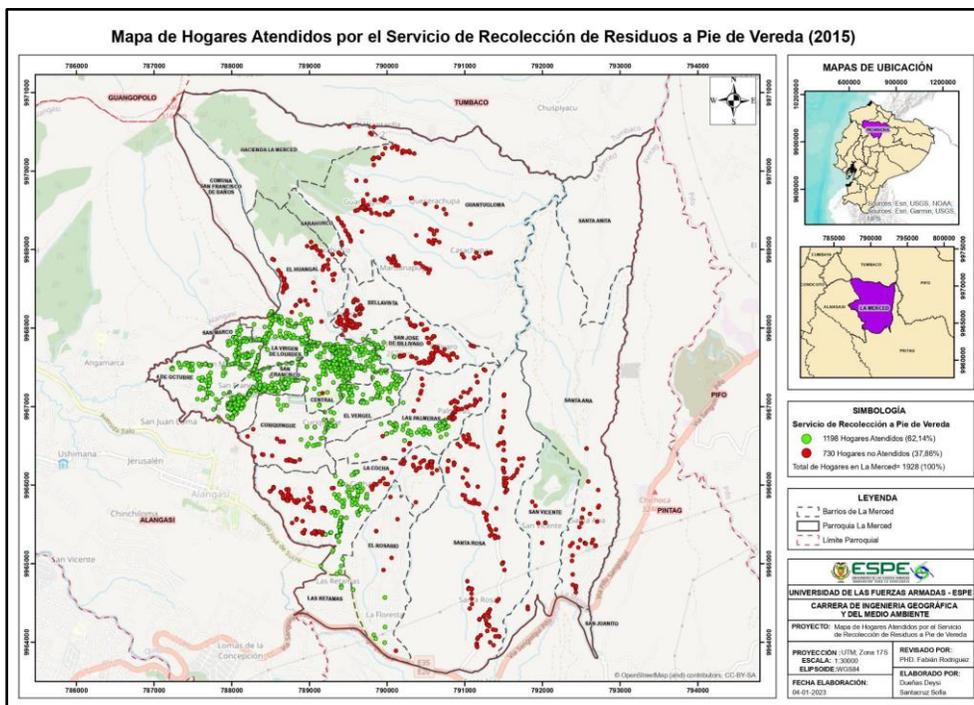


Figura 10.

Mapa de hogares atendidos por el servicio de recolección para 2018

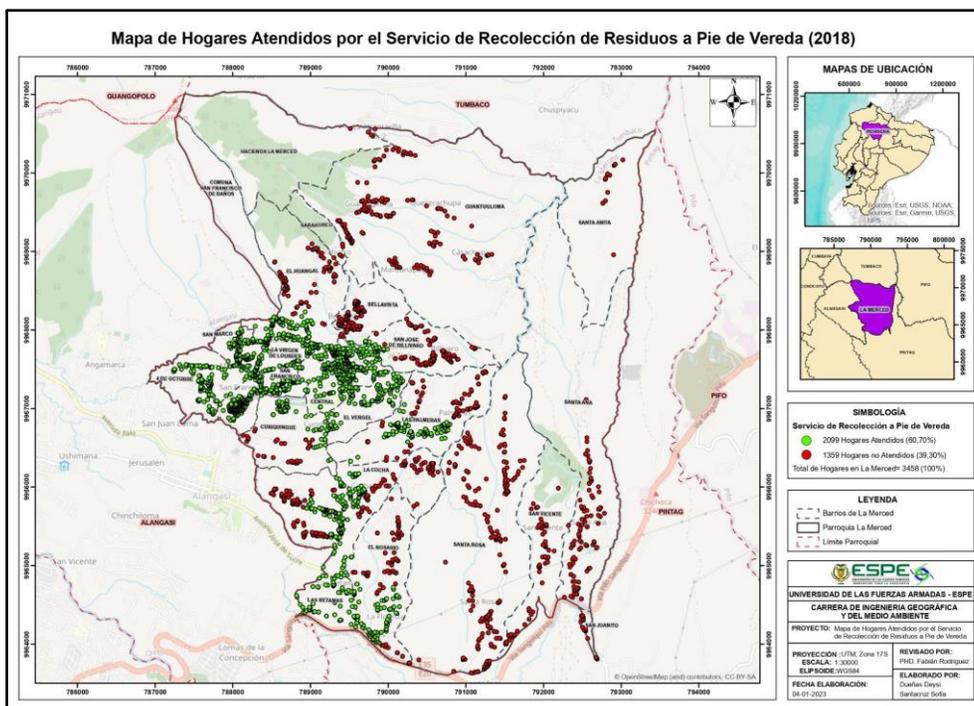
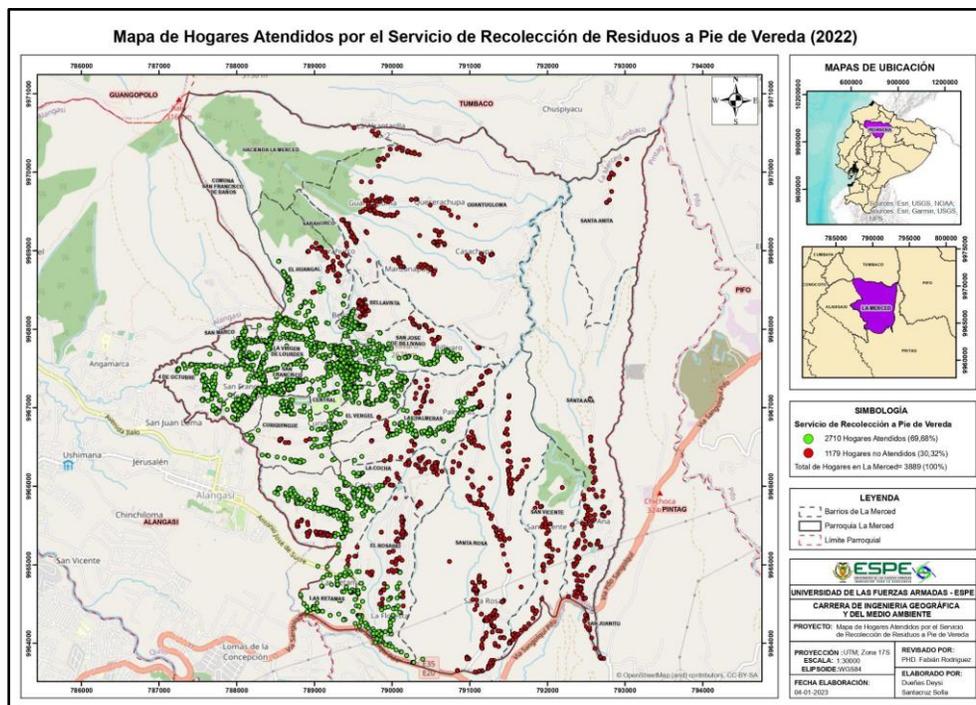


Figura 11.

Mapa de hogares atendidos por el servicio de recolección para 2022



Porcentaje de cobertura del servicio de recolección de basura por barrios

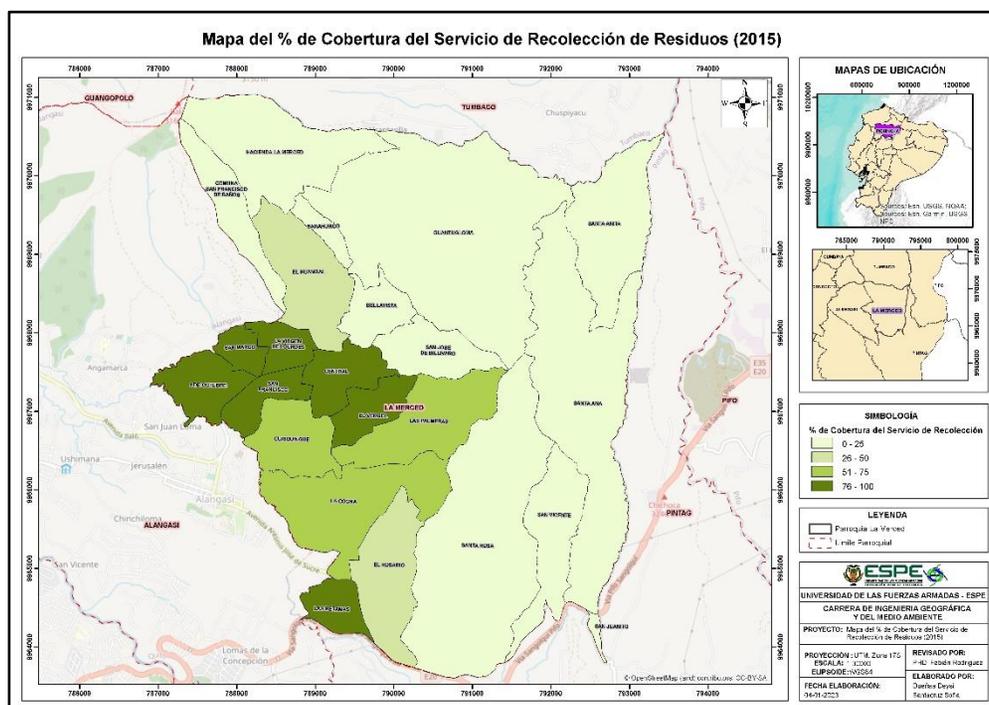
Los modelos cartográficos presentados en las figuras 12,13 y 14 indican el porcentaje de cobertura del servicio de recolección que hubo en cada uno de los barrios de la parroquia durante los años 2015,2018 e inicios del 2022.

En la figura 12, se puede observar cómo durante el año 2015 tan solo 7 de los 23 barrios tenían una cobertura mayor al 75% en la recolección de residuos, estos barrios son: 4 de Octubre, San Marco, La Virgen de Lourdes, San Francisco, Central, El Vergel y Las Retamas; por otro lado los barrios como: Curiquingue, Las Palmeras y La Cocha tuvieron una cobertura parcial del servicio menor del 75% pero mayor al 50%, esto a razón de que están cerca de los barrios con cobertura total y comparten vías, a medida que los barrios se alejan de las vías por las que realiza la ruta el vehículo recolector, el porcentaje de hogares atendidos disminuye y por ende el porcentaje de cobertura del servicio también, como se observa en los barrios: El Huangal y El Rosario, que tienen una cobertura menor al 50% del servicio y barrios como

Comuna San Francisco de Baños, Hacienda La Merced, Sarahurco, Bellavista, San José de Billivaro, Guantugloma, Santa Anita, Santa Ana, Santa Rosa, San Vicente y San Juanito tienen una cobertura nula a casi nula ó sea un porcentaje de cobertura del 0% al 25%, debido a que la ruta de recolección de residuos que hace el vehículo recolector no pasa por estos barrios, que son los más alejados de la parte urbanizada en la parroquia.

Figura 12.

Mapa de cobertura del servicio de recolección para 2015

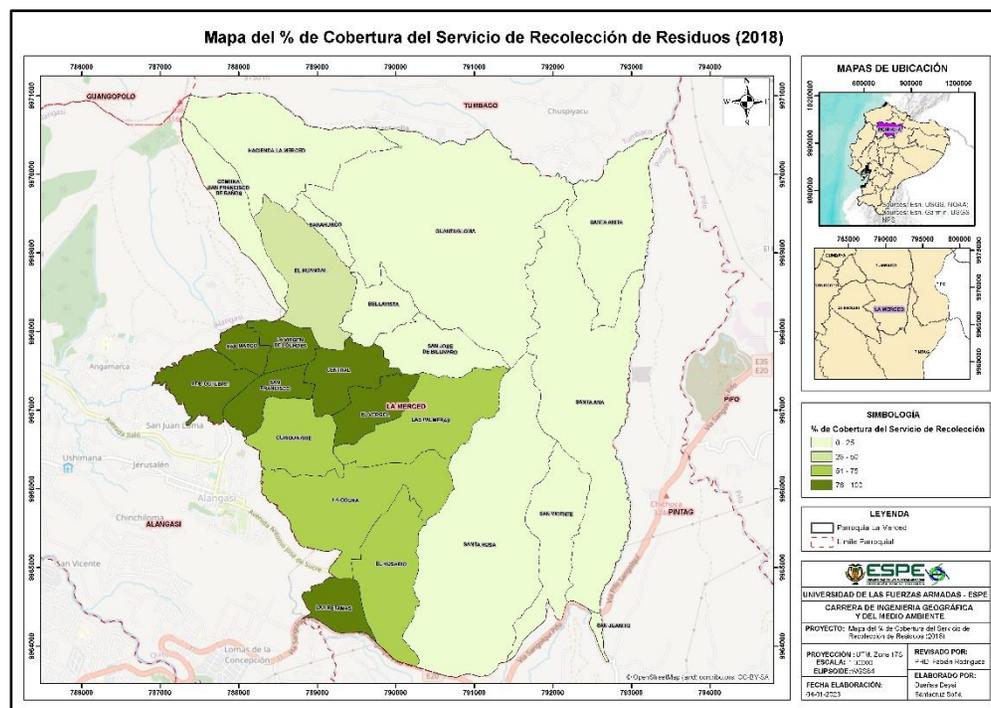


En la figura 13 se indica el mapa de cobertura del servicio de recolección de residuos para el año 2018. Los barrios que cubre el servicio brindado por EMASEO EP dentro de la parroquia es con más de un 75% de cobertura en los barrios: 4 de Octubre, San Marco, La Virgen de Lourdes, San Francisco, Central, El Vergel y Las Retamas; con una cobertura parcial entre el 50% a 75% los barrios Curiquingue, Las Palmeras, La Cocha, y El Rosario; para este año tan solo el barrio El Huangal tuvo una cobertura media menor al 50% pero mayor al 25%, mientras que el resto de barrios que son: Comuna San Francisco de Baños, Hacienda La

Merced, Sarahurco, Bellavista, San José de Billivaro, Guantugloma, Santa Anita, Santa Ana, Santa Rosa, San Vicente y San Juanito existía una cobertura nula.

Figura 13.

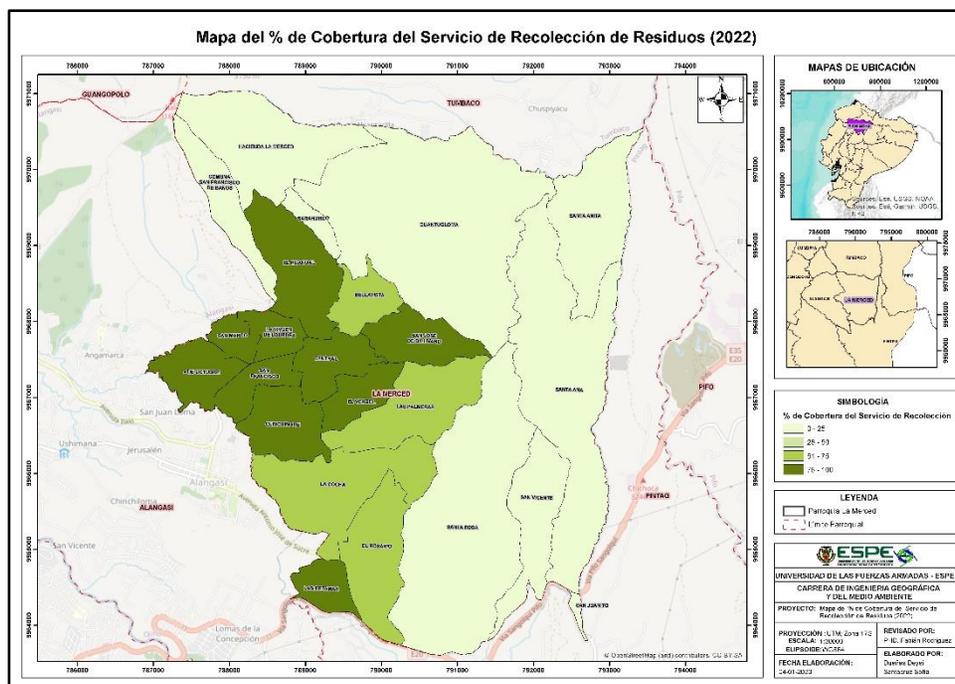
Mapa de cobertura del servicio de recolección para 2018



Para el año 2022, como se observa en la figura 14 los barrios que tienen una cobertura total ósea mayor al 75% son 10 de 23 siendo estos barrio los siguientes: 4 de Octubre, San Marco, La Virgen de Lourdes, El Huangal, San Francisco, Central, San José de Billivaro, El Vergel, Curiquingue y Las Retamas; con una cobertura parcial mayor al 50% están los barrios Bellavista, Las Palmeras, La Cocha, y El Rosario; mientras que barrios como Comuna San Francisco de Baños, Hacienda La Merced, Sarahurco, Guantugloma, Santa Anita, Santa Ana, Santa Rosa, San Vicente y San Juanito se mantienen con una cobertura muy baja del servicio menor al 25%, dato que se repitió durante los tres años analizados.

Figura 14.

Mapa de cobertura del servicio de recolección para 2022



Estimación y proyección de la generación de residuos en la parroquia 2022-2030

Para saber cuántos residuos se generan y se generarán a futuro en la parroquia, primero se debe calcular el número total de habitantes y la generación de residuos per cápita (PPC) que producirán cada barrio para los años 2022, 2025 y 2030.

Estimación y proyección de la población (2022-2030)

En la Figura 15, 16 y 17 se observan los modelos espaciales de expansión urbana para el año 2022, 2025 y 2030 respectivamente, donde es notorio que la expansión urbana se da en los barrios ubicados al sur-oeste de la parroquia como son: La Central, San Francisco y La Cocha, seguido de los barrios San Marcos, Las Palmeras, El Rosario y Santa Rosa.

La estimación y proyecciones realizadas indican que la población de la Merced pasará de 14.695 habitantes en el 2022, a 16.619 habitantes para el 2025 y para el 2030 serán 20.476 habitantes, es decir que existirá un incremento de 5.781 personas del 2022 al 2030.

También se puede observar que los barrios con menos personas están en la parte norte de la Parroquia, esto tiene lógica considerando que en la parte noroeste está ubicado el llaló y en la parte este son tierras de cultivo, que tienen pendiente fuertes y muy fuertes, por lo que el desplazamiento humano a estas áreas es menos intenso que en la parte sur, al menos hasta el año 2025, pues para el año 2030, se puede observar como el aumento de población en el barrio Guantungloma, hace que este pase del tercer quintil (1.001 a 1.500 habitantes) al cuarto quintil que tiene un rango de 1.501 a 2.000 habitantes.

Figura 15.

Mapa de estimación de la expansión urbana al 2022

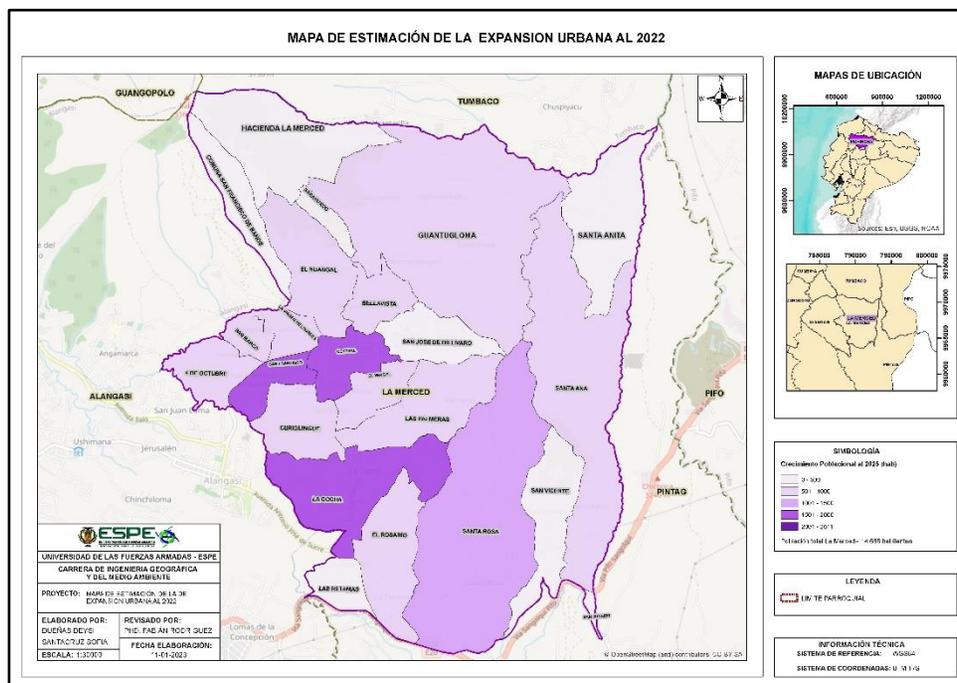


Figura 16.

Mapa predictivo de expansión urbana al 2025

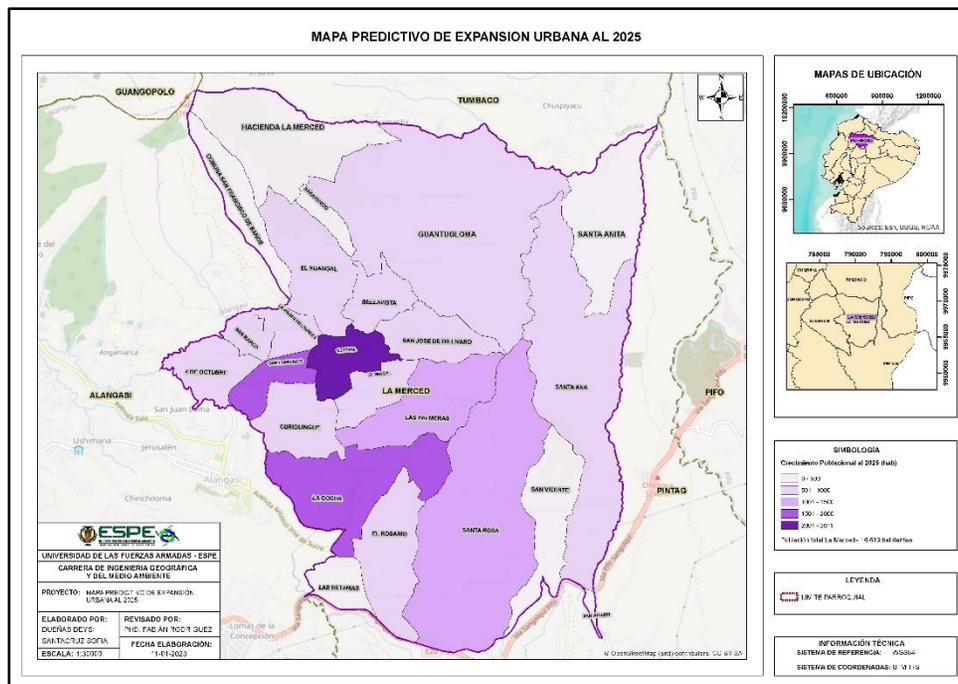
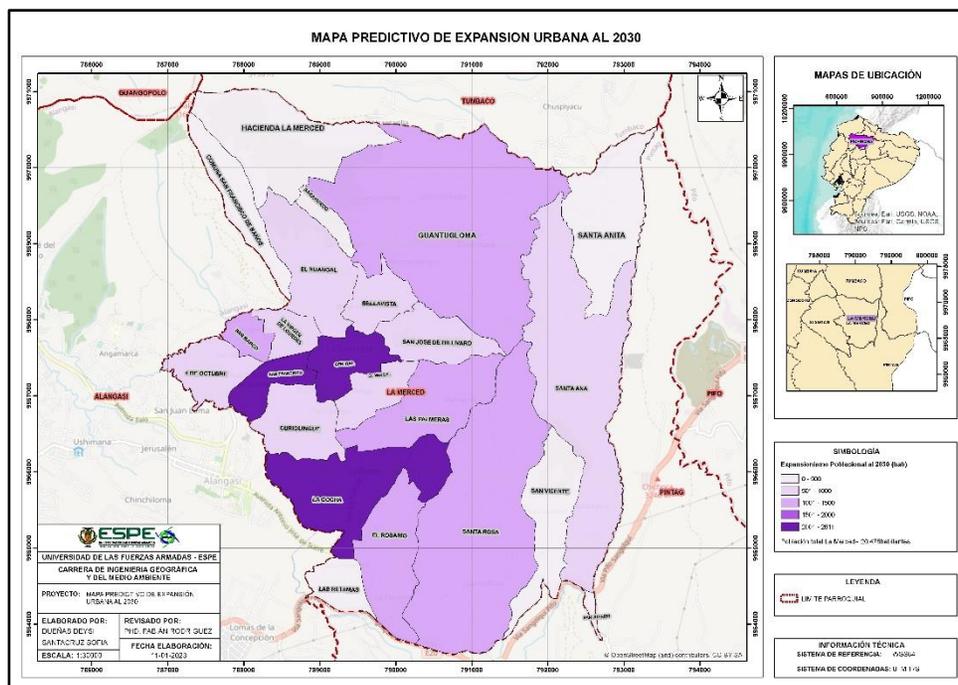


Figura 17.

Mapa predictivo de expansión urbana al 2030



Generación de residuos en la parroquia y por barrios

Como se mencionó en la metodología, el servicio de recolección de residuos en la parroquia la merced se realiza los días martes, jueves y sábado por dos rutas: El tingo-Alangasí-Angamarca y La Merced-Concepción, en la tabla 14 se observa que el peso promedio de recolección por semana que cargan los vehículos en las dos rutas son de 37,5 y 23,23 toneladas, esto transformado a Kg/día da un valor de 5.357,14 y 3.318,57 respectivamente.

Tabla 14.

Cálculo de la recolección per cápita

Parroquia	Geocercas	Toneladas Recolectadas			Promedio Ton/semana	Promedio Ton/día	Promedio Kg/día	# Promedio personas x hogar	Suministros totales	Habitantes	RPC (Kg/día Persona)
		M	J	S							
LA MERCED	El Tingo-Alangasí-Angamarca	13,1	13,5	10,8	37,5	5,36	5357,14	3,8	4943	18783	0,29
	La Merced-Concepción	8,3	6,5	8,43	23,23	3,32	3318,57	3,8	3359	12764	0,26

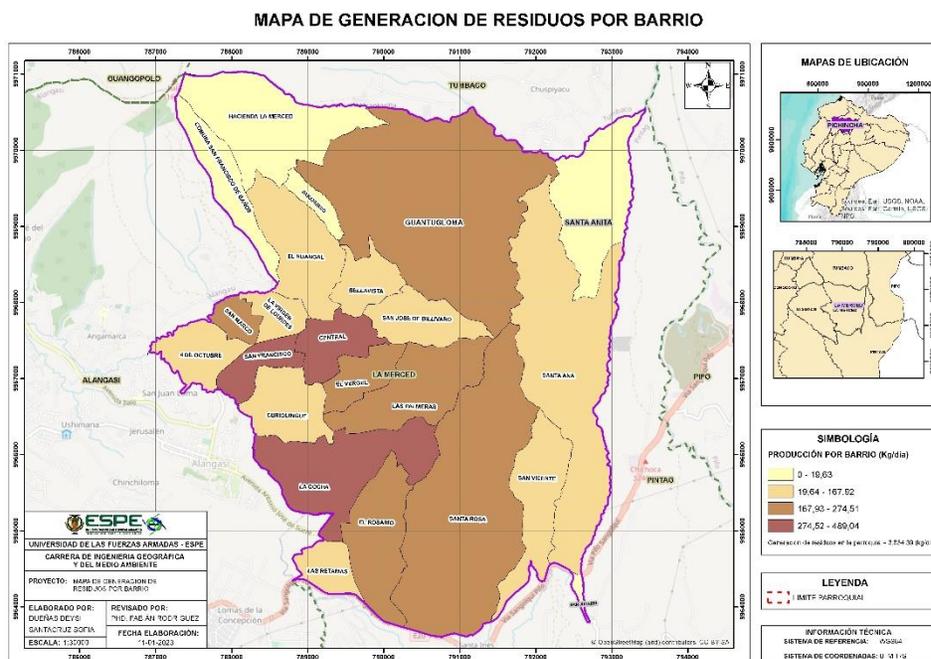
En la tabla 14 también se pueden observar los dos RPC calculados anteriormente aplicando la ecuación dos, a estos valores se les sacó un promedio dando como resultado que la recolección promedio de residuos sólidos por persona (RCP) entre las dos geocercas es de 0,2726 kg/día persona. Mismo valor que posteriormente se utilizó en la ecuación 4, como PPC de la parroquia para calcular la cantidad de residuos (Kg/día barrio) que esta produce en el 2022 y producirá en 2025 y 2030.

A continuación, en la figura 18 se presentan el modelo espacial sobre la cantidad aproximada de residuos que genera cada barrio en el año 2022. Este modelo espacial se lo presenta a escala 1:30.000, que permite visualizar todos los barrios pertenecientes a la

parroquia La Merced. Como se observa en la figura 18 los barrios San Francisco, Central y La Cocha son los que mayor cantidad de residuos generan con un intervalo que va desde los 274,51 kg/día a 489,04 kg/día; seguidos por los barrios: San Marco, Guantugloma, El Vergel, Las Palmeras, El Rosario y Santa Rosa que generan entre 167,92 a 274,51 kg/día; la mayoría de barrios (9 de 23) generan diariamente entre 19,63 a 167,92 kilogramos de residuos, estos barrios son: 4 de Octubre, La Virgen de Lourdes, El Huangal, Bellavista, San José de Billivaro, Curiquingue, Santa Ana, San Vicente y Las Retamas; por otra lado los que menos residuos generan son los barrios Comuna San Francisco de Baños, Hacienda La Merced, Sarahurco, que están ubicados en las faldas del Ilalo y los barrios Santa Anita, y San Juanito con una producción de residuos de máximo 19,62 kg/día.

Figura 18.

Mapa de generación de residuos por barrio



Densidad poblacional vs generación de residuos por barrios

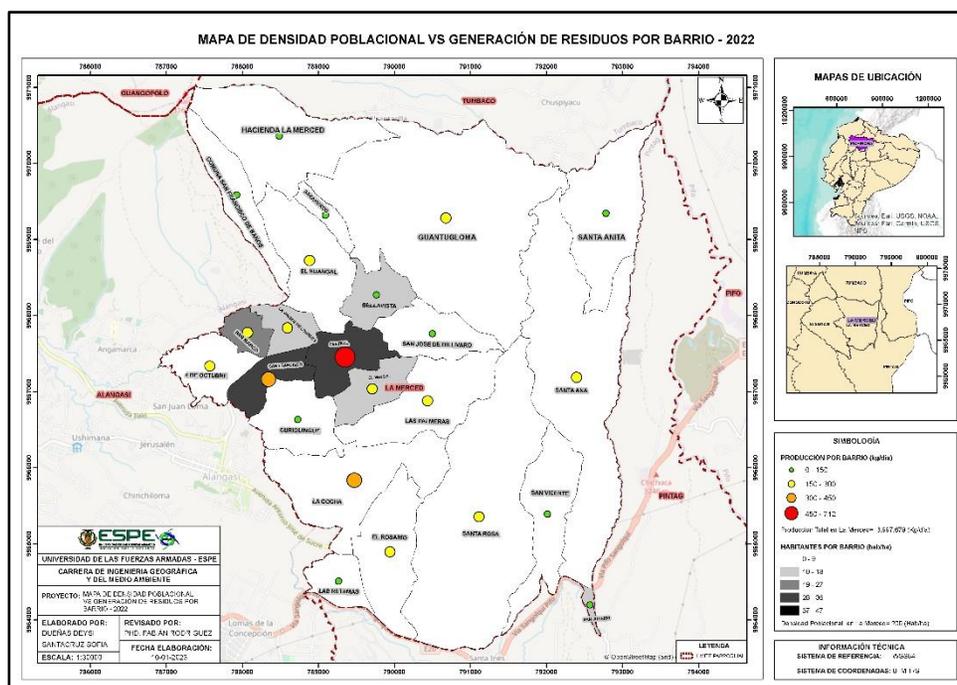
La generación de residuos es directamente proporcional al aumento poblacional, por lo que a medida que aumente la población en un barrio, la cantidad de residuos producidos

también va a aumentar, mientras que el área de ocupación por habitante es inversamente proporcional al número de habitantes, ya que mientras más personas existan en un barrio, el área por habitante va a disminuir.

La figura 19 indica la densidad poblacional vs la generación de residuos por barrio en la parroquia y se presenta a escala 1:30.000. Como se puede observar existe una mayor densidad poblacional y generación de residuos en los barrios con menor área como es el barrio Central con una densidad de 27,11 habitantes/ha y una generación de residuos de 489,04 kg/día.

Figura 19.

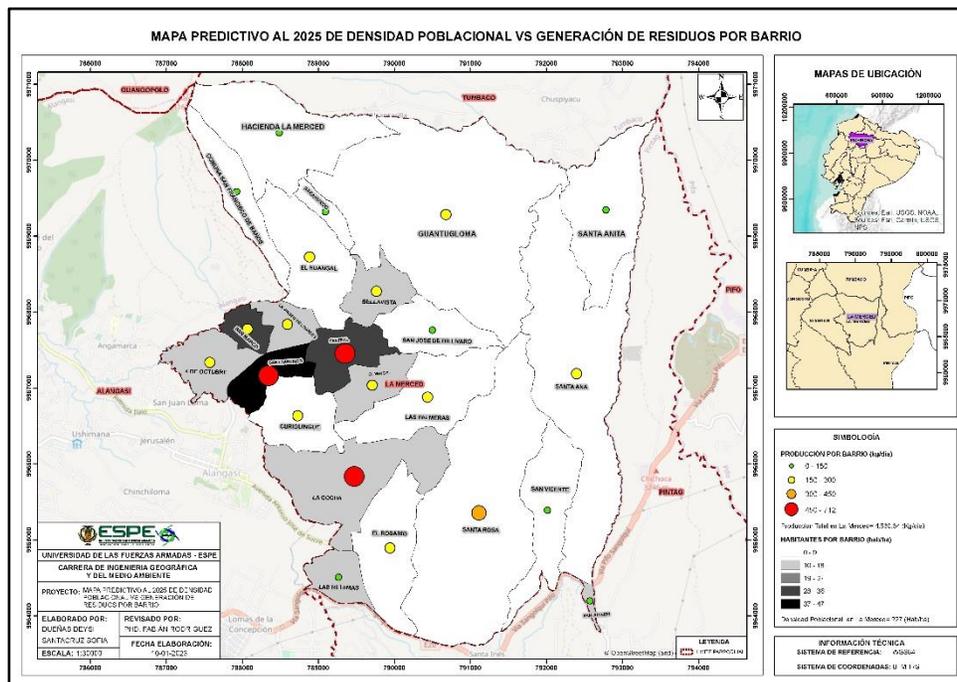
Mapa de densidad poblacional vs generación de residuos por barrio 2022



En la figura 20 y 21 se observa como para los años 2025 y 2030 los barrios La Central, La Cocha y San Francisco serán los que mayor producción de residuos generen dentro del intervalo de 450 a 712 Kg/día. Sin embargo, los barrios con mayor densidad poblacional serán para el 2025 solo el barrio San Francisco y para el 2030 San Francisco y La Central con una densidad poblacional de 33 a 47 habitantes/ha.

Figura 20.

Mapa predictivo al 2025 respecto a la densidad poblacional vs generación de residuos por barrio

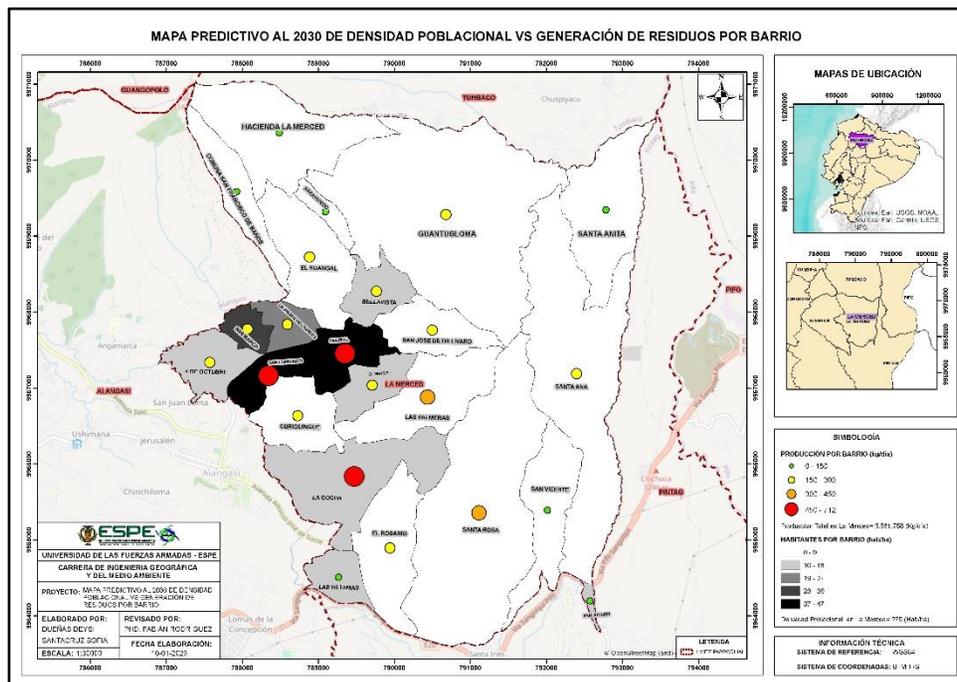


Los barrios con menor producción para el 2030 vendrían siendo Hacienda La Merced, Comuna San Francisco de Baños, Sarahurco, Santa Anita, Las Retamas, San Vicente y San Juanito, con una producción de 0 a 150 kg/día. Cabe mencionar que la mayoría de barrios presentan una densidad poblacional muy baja debido a la gran extensión de área de estos mismos y los pocos asentamientos que existen en estas zonas.

Se estima que la producción total de residuos para el año 2025 en la parroquia rural La Merced va a ser de 4.530, 339 kg/día con una densidad poblacional de 226,295 habitantes/ha mientras que para el año 2030 la producción será de 5.581,758 kg/día y densidad poblacional de 278,828 habitantes/ha, mostrando un incremento del 23,20% en ambos aspectos dentro de un período de 5 años.

Figura 21.

Mapa predictivo al 2030 respecto a la densidad poblacional vs generación de residuos por barrio



Diagnóstico actual del servicio de recolección de residuos

En la parroquia La Merced el servicio que se brinda es el de recolección a pie de vereda, los moradores de la parroquia sacan sus fundas los días martes, jueves o sábado dependiendo del día de recolección en que el vehículo recolector pasa por sus hogares.

Levantamiento de las rutas actuales del servicio de recolección de residuos no peligrosos a pie de vereda en la parroquia

El servicio de recolección en la parroquia está cubierto por dos rutas: El Tingo-Alangasí-Angamarca y La Merced-Concepción, las fechas en que se levantaron ambas rutas se detallan a continuación en la tabla 15, junto con la cantidad de residuos recolectados en peso (ton) y el número de viajes realizados entre la parroquia y el vertedero de basura el Inga.

Tabla 15.

Características de las rutas actuales en la zona de estudio

Ruta La Merced Concepción (martes 29/11/2022)				
Traslados		Distancia (km)	Tiempo	Peso (ton)
Traslado 1	C.O Forestal -La Merced	20,32	0:33:00	
1er Viaje	Inicio de ruta de recolección	17,97	3:29:00	
Traslado 2	La Merced- El Inga	14,29	0:37:00	
Descarga	El Inga		0:11:00	5,43
Traslado 3	El Inga- La Merced	12,22	0:24:00	
2do Viaje	Reanudación de la ruta de recolección	13,48	1:47:00	
Traslado 4	La Merced- E.T. Sur	29,97	0:44:00	
Descarga	Estación de Transferencia Sur (E.T)		0:13:00	2,87
Traslado 5	E.T.Sur - C.O Forestal	6,34	0:08:00	
TOTAL		114	8:06:00	8,3
Ruta La Merced Concepción (jueves 22/12/2022)				
Traslados		Distancia (km)	Tiempo	Peso (ton)
Traslado 1	C.O Forestal -La Merced	21,86	0:39:00	
1er Viaje	Inicio de ruta de recolección	37,46	3:27:00	
Traslado 2	La Merced- E.T. Sur	27,52	1:03:00	
Descarga	Estación de Transferencia Sur (E.T)		0:17:00	6,5
Traslado 3	E.T.Sur - C.O Forestal	6,35	0:10:00	
TOTAL:		93,19	5:36:00	6,5
Ruta La Merced Concepción (sábado 3/12/2022)				
Traslados		Distancia (km)	Tiempo	Peso (ton)
Traslado 1	C.O Forestal -La Merced	21,92	0:30:00	
1er Viaje	Inicio de ruta de recolección	20,01	3:00:00	
Traslado 2	La Merced- El Inga	12,22	0:41:00	
Descarga	El Inga		0:09:00	4,51
Traslado 3	El Inga- La Merced	9,674	0:22:00	
2do Viaje	Reanudación de la ruta de recolección	8,41	1:50:00	
Traslado 4	La Merced- E.T. Sur	27,1	0:48:00	
Descarga	Estación de Transferencia Sur (E.T)		0:05:00	3,92

Traslado 5	E.T.Sur - C.O Forestal	6,35	0:11:00	
TOTAL:		105,684	7:36:00	8,43
Ruta El Tingo-Alangasí-Angamarca (martes 13/12/2022)				
Traslados		Distancia (km)	Tiempo	Peso (ton)
Traslado 1	C.O Forestal -El Tingo _Alangasí	12,46	0:31:00	
1er Viaje	Inicio de ruta de recolección	13,44	2:25:00	
Traslado 2	El Tingo _Alangasí- El Inga	15,38	0:29:00	
Descarga	El Inga		0:10:00	10,84
Traslado 3	El Inga- El Tingo _Alangasí	7,16	0:19:00	
2do Viaje	Reanudación de la ruta de recolección	16,02	2:36:00	
Traslado 4	El Tingo _Alangasí- E.T. Sur	25,97	0:30:00	
Descarga	Estación de Transferencia Sur (E.T)		0:05:00	10,84
Traslado 5	E.T.Sur - C.O Forestal	6,34	0:13:00	
TOTAL:		96,77	7:18:00	21,68
Ruta El Tingo-Alangasí-Angamarca (jueves 08/12/2022)				
Traslados		Distancia (km)	Tiempo	Peso (ton)
Traslado 1	C.O Forestal -El Tingo _Alangasí	13,33	0:45:00	
1er Viaje	Inicio de ruta de recolección	18,31	3:26:00	
Traslado 2	El Tingo _Alangasí- El Inga	15,83	0:33:00	
Descarga	El Inga		0:10:00	10,89
Traslado 3	El Inga- El Tingo _Alangasí	7,16	0:19:00	
2do Viaje	Reanudación de la ruta de recolección	10,765	1:16:00	
Traslado 4	El Tingo _Alangasí- E.T. Sur	29,863	0:51:00	
Descarga	Estación de Transferencia Sur (E.T)		0:05:00	2,64
Traslado 5	E.T.Sur - C.O Forestal	6,35	0:11:00	
TOTAL:		101,608	7:36:00	13,53
Ruta El Tingo-Alangasí-Angamarca (sábado 10/12/2022)				
Traslados		Distancia (km)	Tiempo	Peso (ton)
Traslado 1	C.O Forestal -El Tingo _Alangasí	13,307	0:25:00	
1er Viaje	Inicio de ruta de recolección	32,25	5:16:00	
Traslado 2	El Tingo _Alangasí- El Inga	26,2	0:50:00	
Descarga	El Inga		0:09:00	10,84
Traslado 3	El Inga- C.O Forestal	39,27	1:04:00	
TOTAL:		111,027	7:44:00	10,84

En la tabla 16 se puede observar los km promedio que recorren las rutas La Merced - Concepción y El Tingo-Alangasí-Angamarca, de estos km tan solo 20,68 Km son de recolección de residuos dentro de la parroquia La Merced para la ruta La Merced-Concepción y 4,77Km son los que recorre la ruta El tingo-Alangasí-Angamarca, el resto de km recorridos es la recolección en las parroquias aledañas y los traslados respectivos.

Tabla 16.

Distancias promedio de las rutas actuales

Ruta El Tingo-Alangasí-Angamarca			Ruta La Merced Concepción		
Días	Distancia(Km)	Tiempo	Días	Distancia(Km)	Tiempo
Martes	96,77	7:18:00	Martes	88,43	5:50:00
Jueves	101,61	7:36:00	Jueves	79,83	4:22:11
Sábado	111,03	7:44:00	Sábado	84,53	5:18:23
Promedio	103,14	7:32:40	Promedio	84,26	5:10:11

La figura 22 muestra el modelo espacial del recorrido que hace el vehículo recolector de residuos de la ruta La Merced Concepción mientras que la figura 23 indica el modelo espacial del recorrido que hace el vehículo recolector de la ruta El Tingo-Alangasí-Angamarca, la ruta de color azul representa el primer viaje, mientras que la ruta de color rojo el segundo viaje que hacen los vehículos dentro de la geocercas.

Mientras que en las figuras 24,25 y 26 se pueden visualizar las calles por las que pasan cada ruta dentro de la parroquia los días martes, jueves y sábado respectivamente, donde el camino en rojo es el recorrido que hace la ruta la Merced Concepción y el camino azul el recorrido hecho por la ruta El Tingo-Alangasí-Angamarca.

Figura 22.

Modelo espacial del servicio de recolección a pie de vereda – Ruta La Merced-Concepción

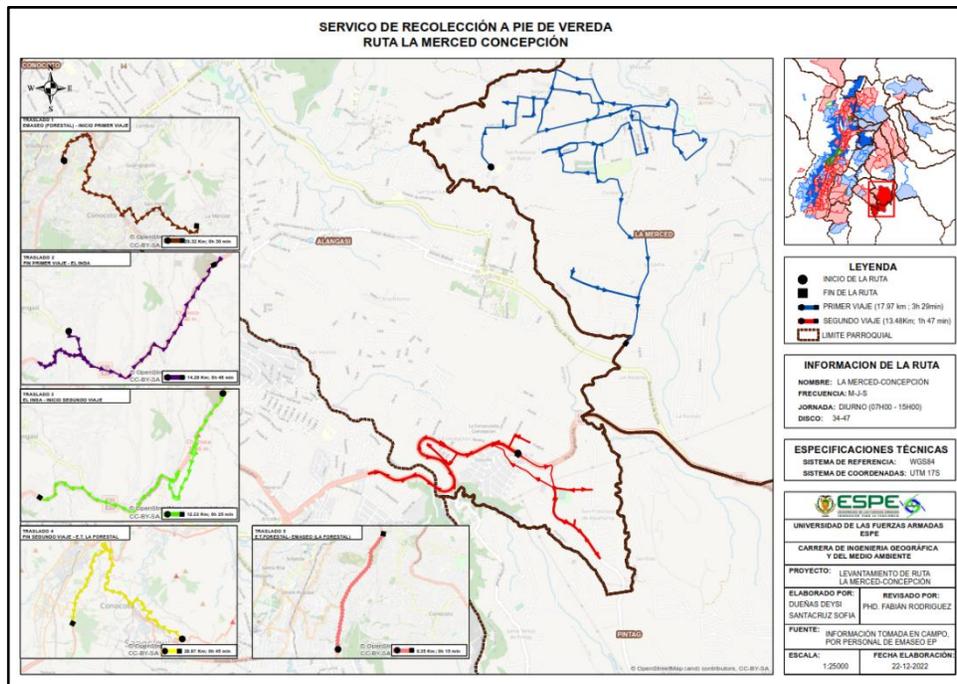


Figura 23.

Modelo espacial del servicio de recolección a pie de vereda – Ruta La Merced-Concepción

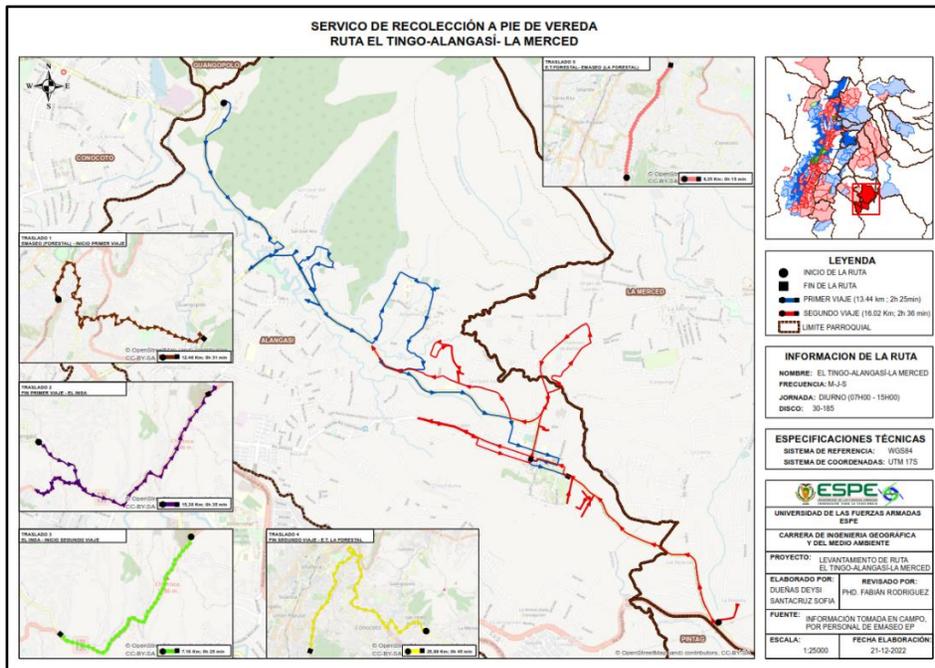


Figura 24.

Rutas de recolección La Merced-Concepción y El Tingo-Alangasí, día Martes

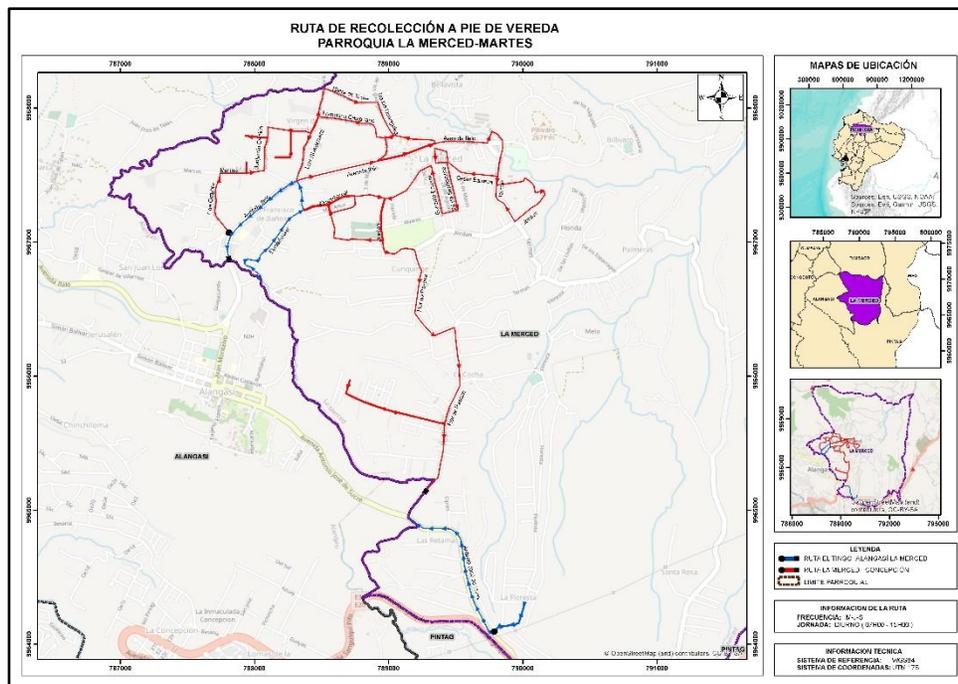


Figura 25.

Rutas de recolección La Merced-Concepción y El Tingo-Alangasí, día Jueves

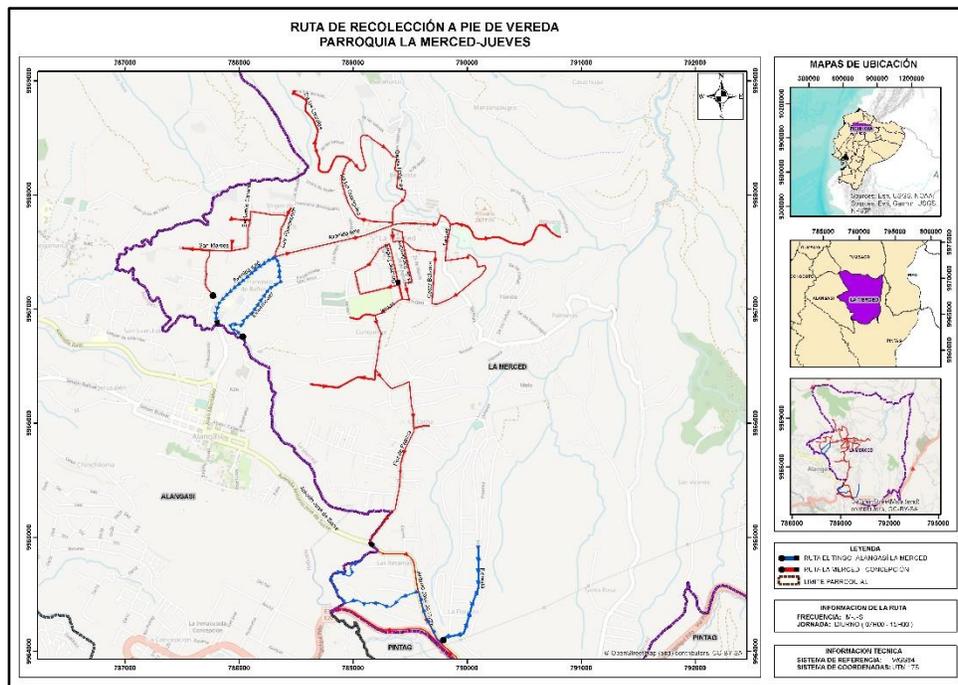
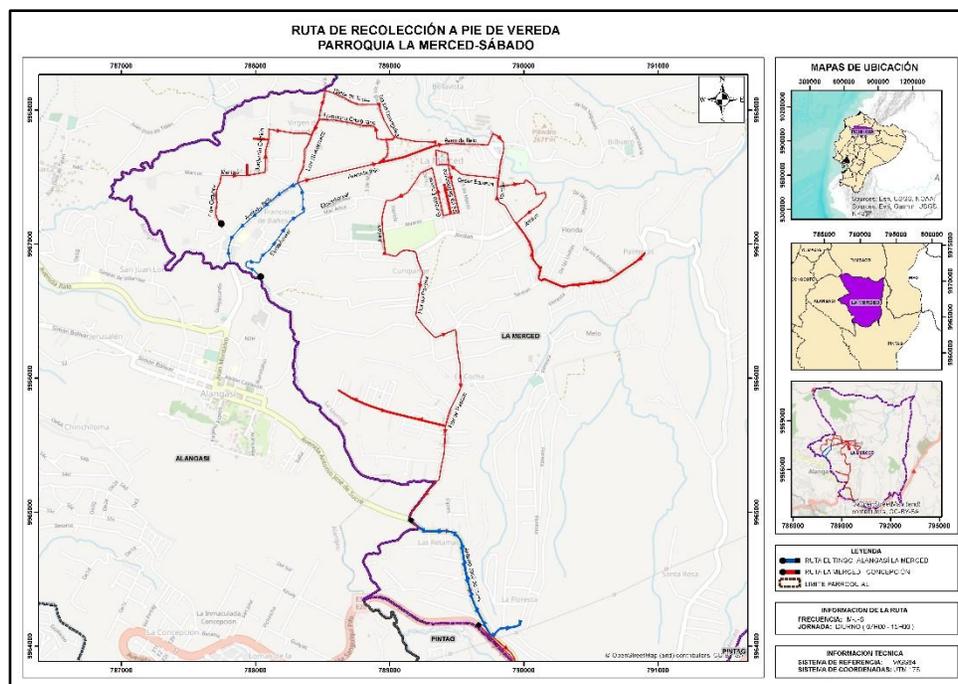


Figura 26.

Rutas de recolección La Merced-Concepción y El Tingo-Alangasí, día Sábado

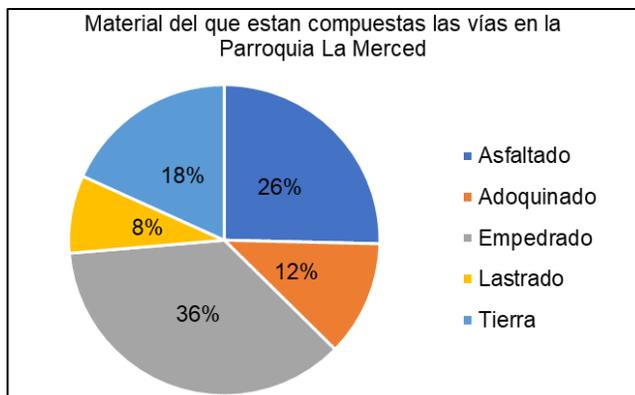


Tipos de vías

En la parroquia la Merced existe aproximadamente 110,15 km de vías, dónde el 95% de ellas son vías en doble sentido, se identificaron vías de diferente material de construcción, 27,95km de vía son de asfalto, el 13,24 km están adoquinadas, 39,95 km son vías empedradas, unos 8,93 km son caminos lastrados y 20,08 km son vías de tierra, en la figura 27 se indica en porcentaje el material del que están hechas las vías en la parroquia.

Figura 27.

Porcentaje del material del que están hechas las vías en la parroquia.



Puntos críticos

Se identificaron 14 puntos críticos, presentes en su mayoría en quebradas como se muestra en la figura 28, los principales desechos que existían en estos puntos eran escombros de materiales para construcción, algunos estaban cerca de quebradas y otros a un borde de las vías Floresta, Termas, Flor de Pascua, en la figura 29 se identifican las coordenadas de los puntos críticos que existen dentro de la parroquia.

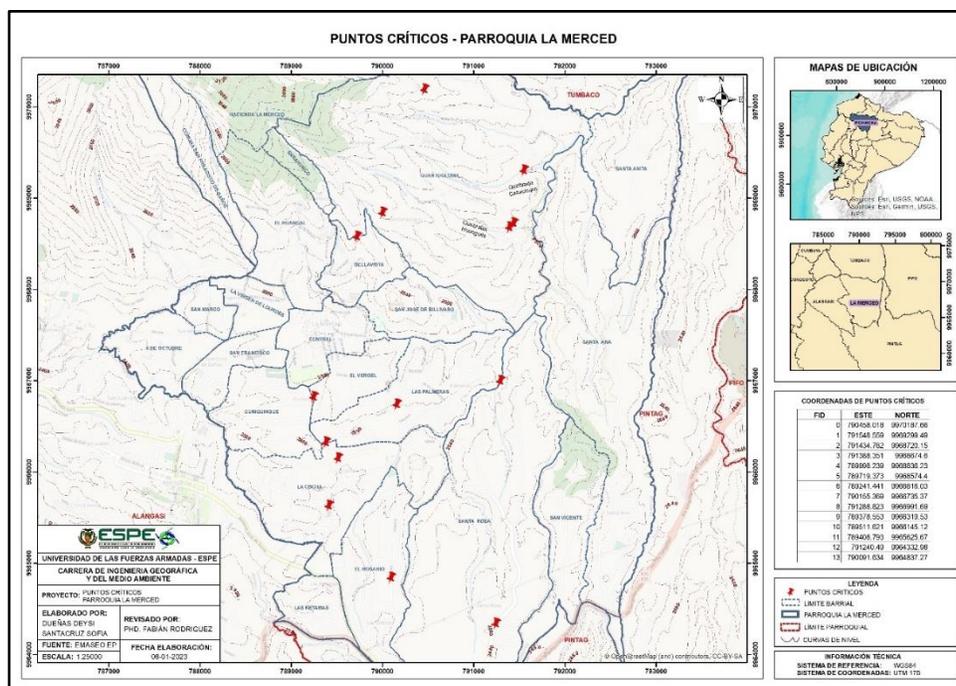
Figura 28.

Barrio Guantugloma, calle universitaria, quebradas Huanguila y Casachupa



Figura 29.

Mapa de punto críticos en la parroquia La Merced



Metodología usada para la implementación de las bases de una propuesta de plan de gestión de residuos

A continuación, se indica el proceso realizado para la implementación para las bases de una propuesta de plan de gestión de residuos.

Caracterización de residuos en la parroquia

En la tabla 17 se detallan los grupos y subgrupos de residuos sólidos que se generan en la parroquia según EMASEO (2023). Tanto en la tabla 17 como en la figura 30 se puede observar que la mayor parte de la composición de los desechos de la parroquia La Merced son residuos orgánicos el cual representa el 53,93%, seguido por los residuos de rechazo como sanitarios, pañales y varios con un 14,46%, los plásticos representan un 12,28%, el papel y cartón un 7,26%, los potenciales y poder calorífico alto como son textiles, pieles, cueros y madera procesada un 6,12%, el vidrio un 2,43% y otros derechos como metal, Tetrapak,

pétreos, residuos eléctricos y residuos peligrosos un 3,52% del total de residuos generados (EMASEO, 2023).

Tabla 17.

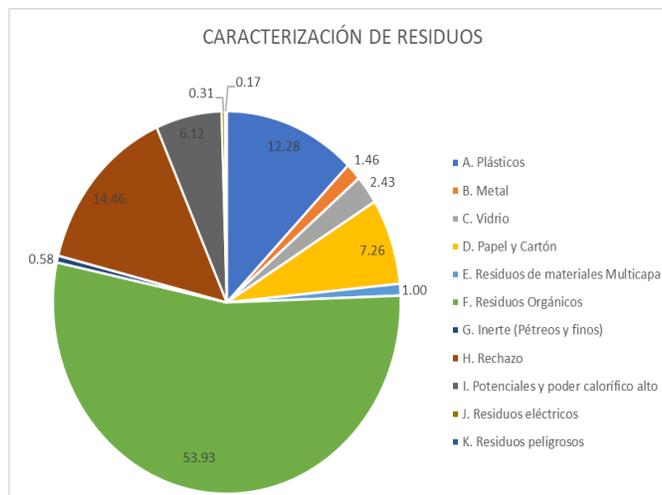
Caracterización de residuos sólidos en la parroquia La Merced

Subproducto		Total
A. Plásticos	%	%
Plástico polietileno de alta densidad	3,57	12,28
PET	1,46	
Polipropileno y demás tipos de plásticos	2,63	
Plástico polietileno de baja densidad	3,99	
Poliestireno	0,63	
B. Metal		
Metal ferroso	1,1	1,46
Metal no ferroso	0,36	
C. Vidrio		
Envase de vidrio transparente y de color	2,15	2,43
Vidrio plano cristalino y de color, roto	0,28	
D. Papel y Cartón		
Papel bond	0,6	7,26
Papel para escritura e impresión	3,01	
Cartón	3,65	
E. Residuos de materiales Multicapa		
TetraPak	0,63	1
Otros Materiales multicapa	0,37	
F. Residuos de alimentos y poda (Orgánicos)	53,93	53,93
G. Inerte (Pétreos y finos)	0,58	0,58
H. Rechazo		
Sanitarios y pañales	13,94	14,46
Varios	0,52	
I. Potenciales y poder calorífico alto		
Textiles	3,43	6,12
Pieles y cueros	0,89	
Madera procesada	1,8	
J. Residuos eléctricos, electrónicos y consumibles	0,31	0,31
K. Residuos peligrosos	0,17	0,17
Total	100	100

Nota. Tomado de (EMASEO, 2023)

Figura 30.

Caracterización de residuos sólidos en la parroquia La Merced



En las figuras 31,32,33,34,35,36 y 37 se detallan la composición de cada grupo de residuos. Para el rechazo (Figura 31) que representa el 14,46% de los residuos generados en la parroquia el 13,94% son sanitarios y pañales y el 0,52% son residuos varios (EMASEO, 2023).

Figura 31.

Composición de rechazo



El 12,28% de los plásticos generados,3,99% corresponden a plástico polietileno de baja densidad, 3,57% de los residuos son plástico de polietileno de alta densidad, 2,63% polipropileno y demás tipo de plásticos, 1,46% son PET (Polietileno Tereftalato) y el 0,63% son poliestireno (Figura 32) (EMASEO, 2023).

Según (REPSOL, 2022) los polietilenos de alta densidad son muy utilizados por la rigidez y resistencia del material ya que son aplicables para envases tanto de cosméticos productos de limpieza y lácteos. En cuanto a los polietilenos de baja densidad al tener buena resistencia al impacto y resistencia térmica y química además de ser flexible se los encuentra en productos como fundas plásticas, para juguetes, tuberías y otros.

Figura 32.

Composición de plástico

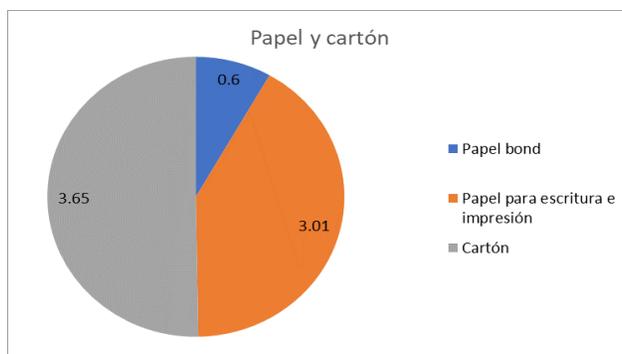


La figura 33 detalla que el 7,26% de los residuos generados en la parroquia corresponde a papel y cartón, del cual el 3,65% representa el cartón, el 3,01% papel para escritura e impresión y el 0,6% corresponde a papel bond (EMASEO, 2023). Del 6,12% de los residuos de potencial y poder calorífico alto de la parroquia el 3,43% son textiles, 1,8% madera procesada y el 0,89% pieles y cueros (Figura 34) (EMASEO, 2023).

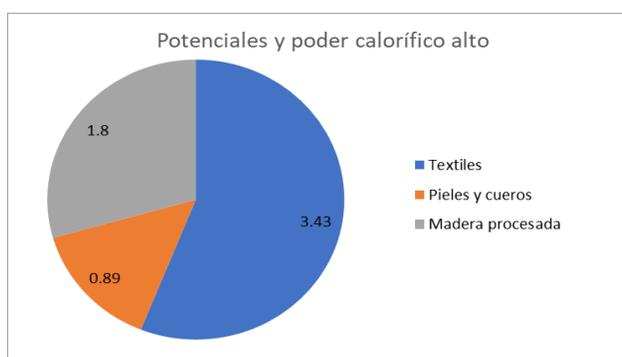
Mientras que en la figura 35 se observa que del 2,43% del vidrio generado en los residuos de la parroquia el 2,15% corresponde a envases de vidrio tanto transparentes como de color, y tan solo el 0,28% representa el vidrio plano cristalino y de color y roto (EMASEO, 2023).

Figura 33.

Composición del papel y cartón

**Figura 34.**

Composición de potenciales y poder calorífico alto

**Figura 35.**

Composición del vidrio



Mientras que del 1,46% del metal presente en los residuos generados 1,1% corresponde a metal no ferroso, y el 0,36% a metal ferroso (Figura 36). Finalmente, la figura 37 indica que el 1% del material multicapa que se genera en la parroquia un 0,63% son Tetrapak y 0,37% otros materiales multicapa (EMASEO, 2023).

Figura 36.

Composición del metal

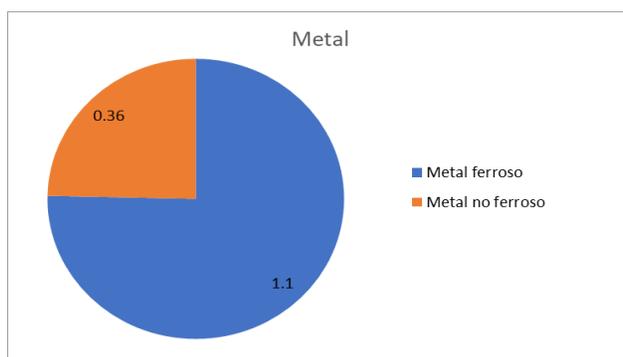
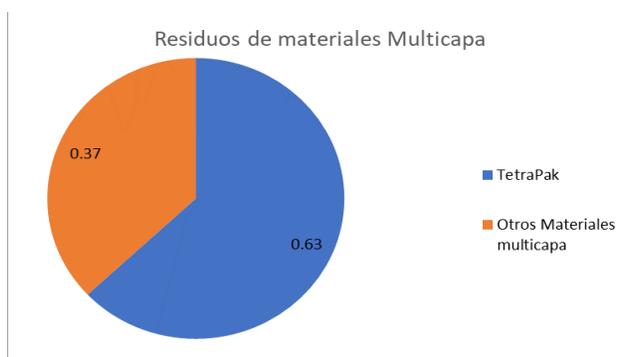


Figura 37.

Composición de materiales multicapa



Resultados de las encuestas

El número total de viviendas a encuestar fue de 349 representando el 100% de la muestra, después de obtener el porcentaje de viviendas que existían en cada barrio se lo multiplico por el número total de encuestas y el valor obtenido se lo subió al inmediato superior, de esta forma se obtuvo el número de encuestas que se debían hacer por barrio como se detalla en la tabla 18, siendo finalmente un total de 361 encuestas.

Tabla 18.*Distribución de la muestra por barrios*

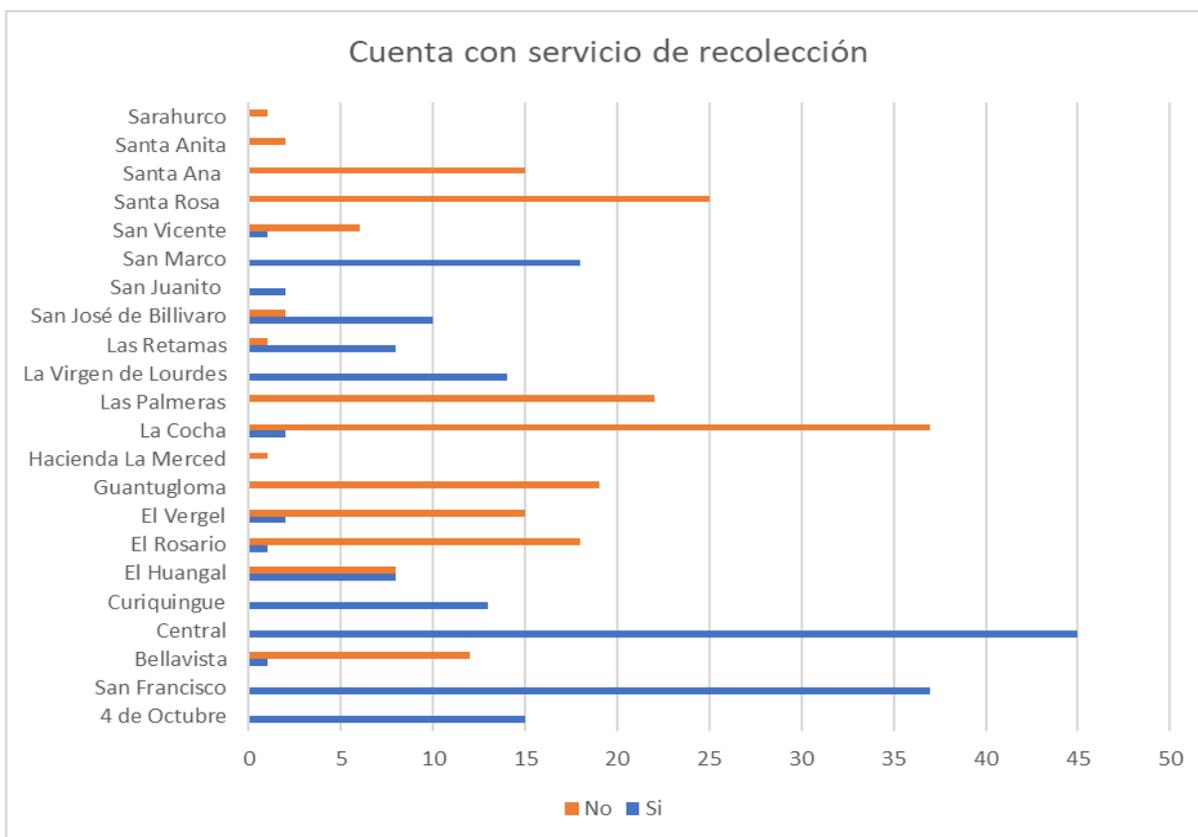
Nombre	Viviendas	Porcentaje (%)	Encuestas
4 De Octubre	154	4,16	15
Comuna San Francisco De Baños	0	0	0
San Marco	184	4,97	18
San Francisco	394	10,64	37
Hacienda La Merced	5	0,14	1
La Virgen De Lourdes	141	3,81	14
Curiquingue	138	3,73	13
El Huangal	162	4,38	16
Sarahurco	6	0,16	1
Las Retamas	89	2,40	9
Central	472	12,75	45
La Cocha	413	11,16	39
El Vergel	173	4,67	17
Bellavista	128	3,46	13
El Rosario	192	5,19	19
Las Palmeras	223	6,02	22
San José De Billivaro	119	3,21	12
Guantugloma	193	5,21	19
Santa Rosa	265	7,16	25
San Vicente	74	2	7
Santa Ana	141	3,81	15
Santa Anita	19	0,51	2
San Juanito	17	0,46	2
Total	3702	100	361

En la sección de apéndice se presenta el análisis de los resultados completos de la encuesta procesados

Según la información obtenida en la encuesta se encuentra que aproximadamente el 49% de la población encuestada no cuenta con el servicio de recolección y el 51% de la población encuestada si cuenta con este servicio (figura 38), además en la tabla 19 se evidencia que en la parroquia se genera mayor cantidad de residuos orgánicos y papel.

Figura 38.

Presenta el servicio de recolección en la zona de estudio

**Tabla 19.**

Tipo de generación de residuos por barrio

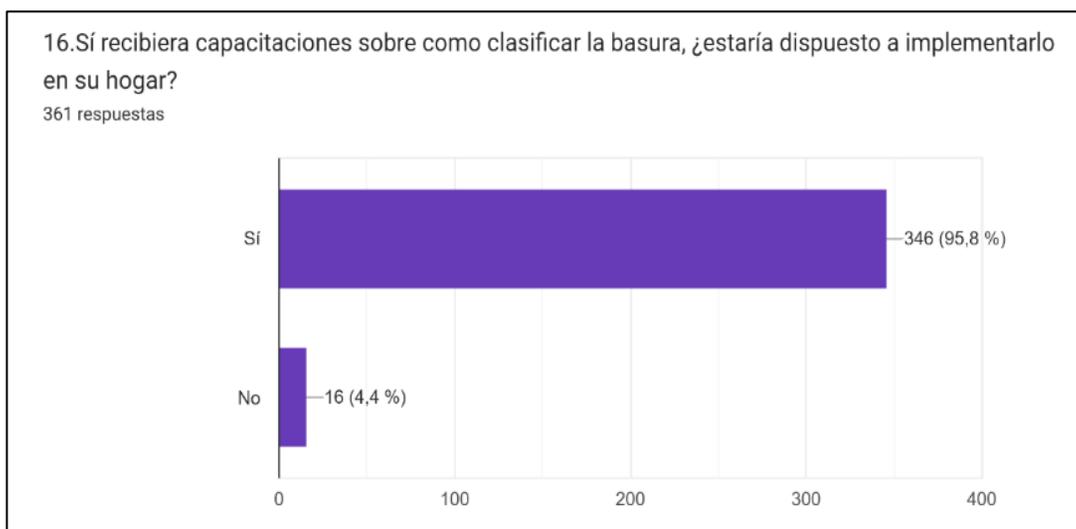
Barrio	Papel	Vidrio	Orgánico	Cartón	Plástico
4 de Octubre	15	2	15	9	13
San Francisco	34	19	14	22	26
Bellavista	4	1	13	0	4
Central	36	8	34	20	34
Curiquingue	13	11	2	11	12
El Huangal	15	5	16	11	16
El Rosario	1	0	19	0	0
El Vergel	9	1	17	5	6
Quantugloma	3	0	19	0	0
Hacienda La Merced	0	0	1	0	0
La Cocha	28	1	37	8	11
Las Palmeras	6	0	21	0	0

La Virgen de Lourdes	4	4	10	4	5
Las Retamas	7	0	9	2	6
San José de Billivaro	11	1	12	8	12
San Juanito	1	0	2	0	1
San Marco	17	3	18	11	18
San Vicente	7	2	7	2	5
Santa Rosa	12	5	23	5	7
Santa Ana	8	2	11	1	9
Santa Anita	0	0	1	0	2
Sarahurco	1	0	1	0	0
Total	232	65	302	119	187

La figura 39 muestra que del 100% de hogares encuestados el 95,8% están dispuestos a aprender como clasificar los residuos sólidos, es decir hacer clasificación en la fuente, lo cual es una buena señal para optar por la creación de rutas óptimas como parte de las bases para el plan de gestión de residuos.

Figura 39.

Resultados de la pregunta 16 en la encuesta.



Rutas óptimas

Creación de la malla vial

En la tabla 20 se indican los atributos creados en el future class "RED_VIAL" necesarios para a creación del Network Dataset (Malla vial).

Tabla 20.

Composición de la tabla de atributos de "RED_VIAL"

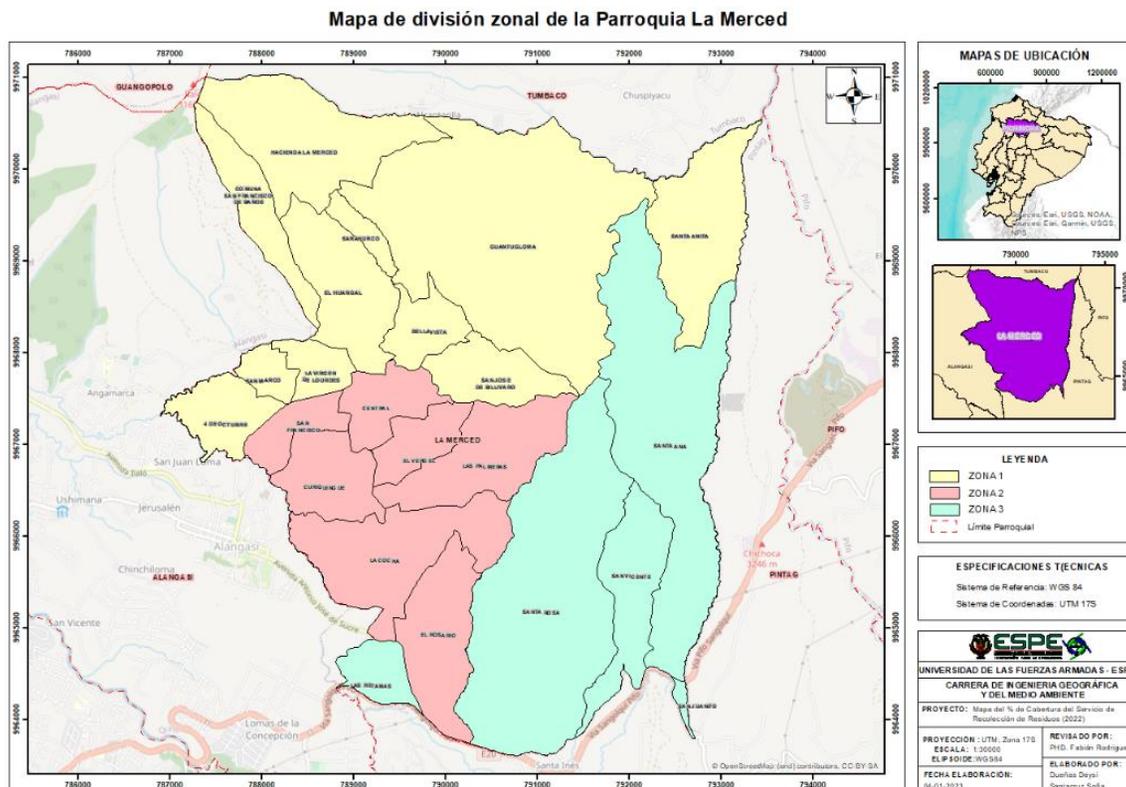
TOPONIMIA	ONE WAY	CATEGORIA	distncia_m	Velo_kmh	velo_recol	F MINUTOS	T MINUTOS
VIA PIFO-SANGOLQUI	N	ASFALTADO	1329,510012	70	15	5,31804	5,31804
VIA PIFO-SANGOLQUI	N	ASFALTADO	2411,368226	70	15	9,645473	9,645473
VIA PIFO-SANGOLQUI	N	ASFALTADO	875,569706	70	15	3,502279	3,502279
UNIVERSITARIA	N	EMPEDRADO	1288,562846	70	15	5,154252	5,154252
UNIVERSITARIA	N	ASFALTADO	592,987758	70	15	2,371951	2,371951
UNIVERSITARIA	N	ASFALTADO	305,804568	70	15	1,223218	1,223218
UNIVERSITARIA	N	ASFALTADO	702,938193	70	15	2,811753	2,811753
UNIVERSITARIA	N	ASFALTADO	115,306853	70	15	0,461227	0,461227
UNIVERSITARIA	N	ASFALTADO	1131,353046	70	15	4,525413	4,525413
UNIVERSITARIA	N	ASFALTADO	477,805101	70	15	1,911221	1,911221
UNIVERSITARIA	N	EMPEDRADO	506,269363	70	15	2,025078	2,025078
TERMAS	N	EMPEDRADO	735,379665	30	7	6,303254	6,303254
TERMAS	N	EMPEDRADO	385,929039	30	7	3,307963	3,307963
TERMAS	FT	EMPEDRADO	124,177277	30	7	1,064377	1,064377
TERMAS	N	EMPEDRADO	92,426783	30	7	0,79223	0,79223
TERMAS	N	EMPEDRADO	60,751966	30	7	0,520731	0,520731
TERMAS	N	EMPEDRADO	97,796671	30	7	0,838257	0,838257
TERMAS	N	EMPEDRADO	68,842665	30	7	0,59008	0,59008
TERMAS	N	EMPEDRADO	319,652664	30	7	2,73988	2,73988
TERMAS	N	EMPEDRADO	133,357806	30	7	1,143066	1,143066
TERMAS	N	EMPEDRADO	257,852727	30	7	2,210166	2,210166
TERMAS	N	EMPEDRADO	115,558501	30	7	0,990502	0,990502
MERCED	N	EMPEDRADO	1822,510472	30	7	15,621518	15,621518
MARCOS	N	ADOQUINADO	354,783276	30	7	3,040999	3,040999
MANZANA PUGRO	N	EMPEDRADO	966,619855	30	7	8,285313	8,285313
MAC ARTUR	N	EMPEDRADO	208,085491	30	7	1,78359	1,78359
LUIS RIVADENEIRA	N	ADOQUINADO	214,583454	30	7	1,839287	1,839287
LUIS RIVADENEIRA	N	ADOQUINADO	430,404322	30	7	4,145054	4,145054

Zonas a ser cubiertas por las rutas optimas generadas

Como se mencionó en la metodología para la creación de las micro rutas se dividió a la Parroquia en tres zonas como lo muestra la figura 40. Los barrios que conforman la Zona 1 son: 4 de Octubre, San Marco, La Virgen de Lourdes, Comuna San Francisco de Baños, Hacienda La Merced, El Huangal, Sarahurco, Bellavista, San José de Billivaro, Guantugloma y Santa Anita; en los barrios de la Zona 2 se encuentran: San Francisco, Curiquingue, Central, La Cocha, El Vergel y Las Palmeras; y los barrios: Las Retamas, El Rosario, Santa Rosa, San Vicente, Santa Ana y San Juanito pertenecen a la Zona 3.

Figura 40.

División zonal de la parroquia La Merced



Puntos de recolección de los residuos sólidos generados por la parroquia

Para saber por qué lugares (puntos) debe pasar el vehículo recolector de residuos, se utilizó el shape de suministros que son las viviendas que existen en la parroquia y se le agregó algunos atributos a la tabla de contenidos de este shape, necesarios al momento de crear las micro rutas óptimas. En la tabla 21 se observan los atributos atribuidos que son las coordenadas de ubicación de cada vivienda, el tiempo que le tomaría a los recolectores recoger los residuos de cada vivienda que es de 0,1178 minutos que vendrían siendo 7 segundos aproximadamente, además de la frecuencia con la que se planea pase el vehículo recolector por cada hogar en un mismo día.

Tabla 21.

Tabla de atributos con los parámetros para el VRP”

FID *	Shape *	ESTE	NORTE	PARROQUIA	TIPO SUMIN	TASABASURA	KWH	servicetim	GDC	tiempodese	FRECUENCIA	
1	Point	789736,6744	9964863,349	LA MERCED	Residencial		1,03	66	0,102375	1,0904	6,142471	1
2	Point	792635,3591	9965863,657	LA MERCED	Residencial		1,4	90	0,102375	1,0904	6,142471	1
3	Point	799853,8315	9964146,672	LA MERCED	Residencial		6,77	258	0,102375	1,0904	6,142471	1
4	Point	792739,2675	9965732,324	LA MERCED	Residencial		0,61	31	0,102375	1,0904	6,142471	1
5	Point	789862,3591	9964438,534	LA MERCED	Residencial		5,8	211	0,102375	1,0904	6,142471	1
6	Point	789474,37	9964878,598	LA MERCED	Residencial		1,14	77	0,102375	1,0904	6,142471	1
7	Point	790845,2241	9963650,887	LA MERCED	Residencial		0	0	0,102375	1,0904	6,142471	1
8	Point	792373,9574	9965077,026	LA MERCED	Residencial		2,57	119	0,102375	1,0904	6,142471	1
9	Point	790058,4345	9965055,482	LA MERCED	Residencial		1,41	91	0,102375	1,0904	6,142471	1
10	Point	792534,6655	9965558,431	LA MERCED	Residencial		0,31	1	0,102375	1,0904	6,142471	1
11	Point	792382,2793	9965031,548	LA MERCED	Residencial		6,3	311	0,102375	1,0904	6,142471	1
12	Point	791300,4669	9964374,974	LA MERCED	Residencial		2,99	126	0,102375	1,0904	6,142471	1
13	Point	791388,1324	9965358,999	LA MERCED	Residencial		1,73	108	0,102375	1,0904	6,142471	1
14	Point	791274,2026	9964272,834	LA MERCED	Residencial		3	127	0,102375	1,0904	6,142471	1
15	Point	792618,6289	9966074,828	LA MERCED	Residencial		1,05	168	0,102375	1,0904	6,142471	1
16	Point	792023,7276	9965025,841	LA MERCED	Residencial		0,73	44	0,102375	1,0904	6,142471	1
17	Point	791044,5926	9965989,557	LA MERCED	Residencial		2,95	124	0,102375	1,0904	6,142471	1
18	Point	790145,4788	9965409,538	LA MERCED	Residencial		7,11	274	0,102375	1,0904	6,142471	1
19	Point	790138,439	9965346,73	LA MERCED	Residencial		9,42	329	0,102375	1,0904	6,142471	1
20	Point	791437,6974	9964545,097	LA MERCED	Residencial		0	0	0,102375	1,0904	6,142471	1
21	Point	790054,4994	9965411,374	LA MERCED	Residencial		9,21	319	0,102375	1,0904	6,142471	1
22	Point	791497,0768	9966215,751	LA MERCED	Residencial		6,9	264	0,102375	1,0904	6,142471	1
23	Point	791622,4904	9964101,097	LA MERCED	Residencial		1,03	66	0,102375	1,0904	6,142471	1
24	Point	791941,1826	9964978,304	LA MERCED	Residencial		1,38	88	0,102375	1,0904	6,142471	1
25	Point	791842,675	9965718,43	LA MERCED	Residencial		3,99	157	0,102375	1,0904	6,142471	1
26	Point	791910,3174	9965734,596	LA MERCED	Comercial		1,11	49	0,102375	1,0904	6,142471	1
27	Point	792037,7591	9965516,977	LA MERCED	Residencial		1,73	108	0,102375	1,0904	6,142471	1
28	Point	792504,544	9964358,445	LA MERCED	Comercial		1,71	85	0,102375	1,0904	6,142471	1
29	Point	791520,9775	9965939,064	LA MERCED	Residencial		4,33	174	0,102375	1,0904	6,142471	1
30	Point	789105,9119	9964404,393	LA MERCED	Residencial		0,33	3	0,102375	1,0904	6,142471	1
31	Point	790866,6903	9966278,205	LA MERCED	Residencial		4,64	190	0,102375	1,0904	6,142471	1

Micro rutas optimas creadas con Software ArcGIS

Utilizando la herramienta “New Vehicle routing problem” (VRP) del Network Analyst de ArcGis se crearon las micro rutas de recolección para la parroquia logrando establecer el tiempo que el vehículo tomará para lograr cubrir el área; como resultado se obtuvo 3 micro rutas, una por cada división zonal de la parroquia como se detalla en la tabla 22.

Tabla 22.

Distancia y tiempo de las micro rutas de la parroquia La Merced

RUTA ZONA 1			
Traslados		Distancia (km)	Tiempo
Traslado 1	C.O.Forestal	20,13	0:40:38
1er Viaje	Inicio ruta de recolección	46,17	4:29:47
Traslado 2	Fin 1er viaje- Relleno sanitario el Inga	12,60	1:00:23
Traslado 3	Relleno Sanitario El Inga-C.O.Forestal	34,30	1:29:39
TOTAL=		113,18	7:40:27
RUTA ZONA 2			
Traslados		Distancia (km)	Tiempo
Traslado 1	C.O.Forestal	20,04	0:40:38
1er Viaje	Inicio ruta de recolección	44,96	4:25:55

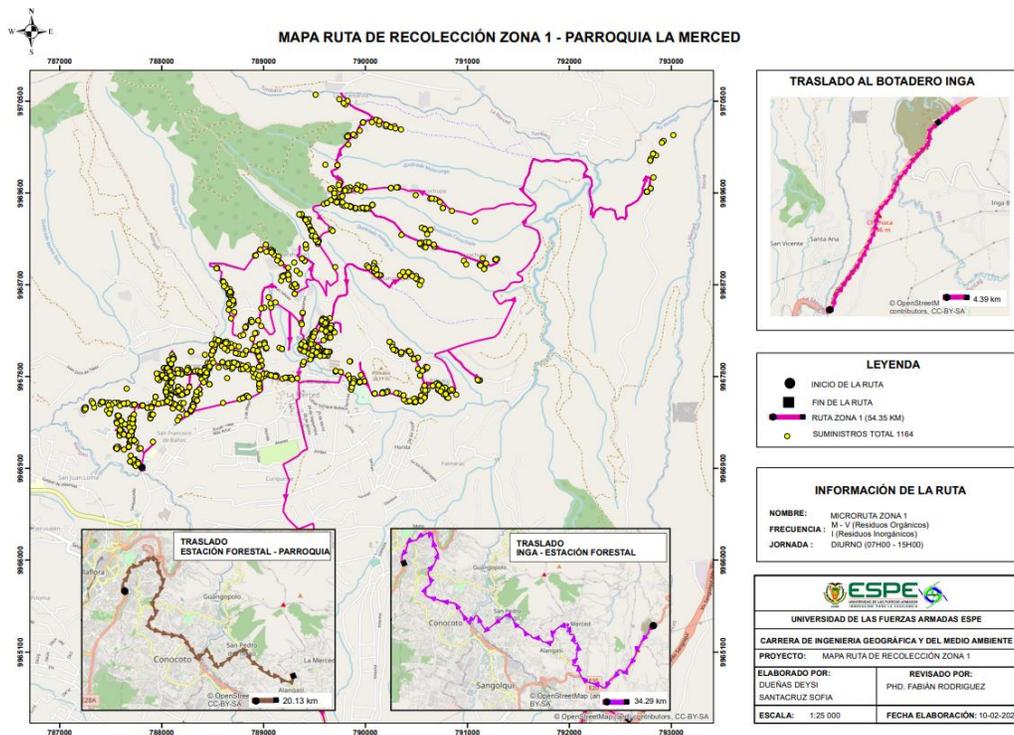
Traslado 2	Fin 1er viaje- Relleno sanitario el Inga	8,91	0:38:04
Traslado 3	Relleno Sanitario El Inga-C.O.Forestal	34,30	1:29:39
TOTAL=		108,19	7:14:16
RUTA ZONA 3			
Traslados		Distancia (km)	Tiempo
Traslado 1	C.O.Forestal	20,08	0:40:38
1er Viaje	Inicio ruta de recolección	54,27	5:20:29
Traslado 2	Fin 1er viaje- Relleno sanitario el Inga	4,33	0:10:34
Traslado 3	Relleno Sanitario El Inga-C.O.Forestal	34,30	1:29:39
TOTAL=		113,00	7:41:20

Micro ruta Zona 1

En la figura 41 se indica la micro ruta para la Zona 1 la cual cubre los barrios 4 de Octubre, San Marco, La Virgen de Lourdes, Comuna San Francisco de Baños, Hacienda La Merced, El Huangal, Sarahurco, Bellavista, San José de Billivaro, Guantugloma y Santa Anita, la micro ruta sale desde el centro de operaciones de EMASEO ubicado en La Forestal, inicia la ruta de recolección en el barrio 4 de Octubre y termina en el barrio San José de Billivaro, para iniciar su trayecto hacia el relleno sanitario el Inga y posteriormente regresar al centro de operaciones de La Forestal, el vehículo recolector recorre una distancia de 54,35 km y atiende a un total de 1164 suministros, en un tiempo de 7:40:27 horas.

Figura 41.

Micro ruta para la Zona 1

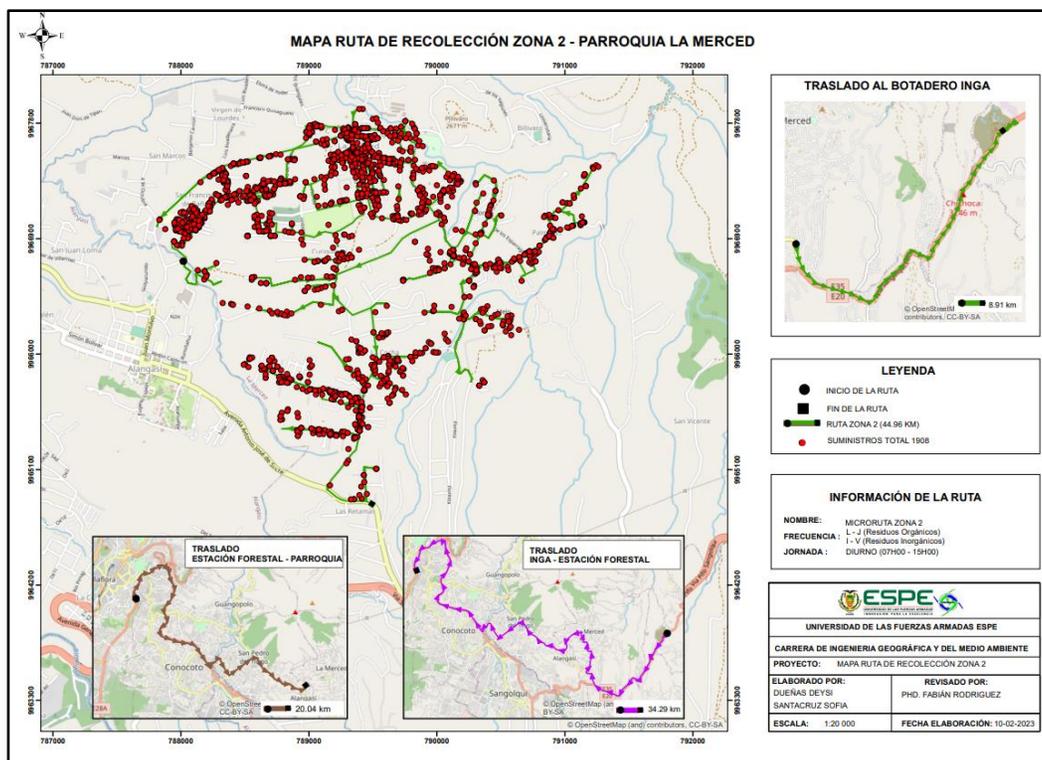


Micro ruta Zona 2

En la figura 42 se indica la micro ruta para la Zona 2 la cual cubre los barrios San Francisco, Curiquingue, Central, La Cocha, El Vergel y Las Palmeras, al igual que la micro ruta de la zona 1 parte del centro de operaciones de La Forestal e inicia la ruta de recolección en el barrio San Francisco hasta llegar al barrio El Rosario, para iniciar su trayecto hacia el relleno sanitario el Inga por la calle Antonio José de Sucre hasta salir a la vía Sangolquí Pifo, posteriormente a la descarga el vehículo regresa al centro de operaciones La Forestal, terminando su jornada de trabajo. El vehículo recolector recorre una distancia de 44,96 km, cubriendo un total de 1908 suministros, en un lapso de tiempo de 7:14:16 horas.

Figura 42.

Micro ruta para la Zona 2

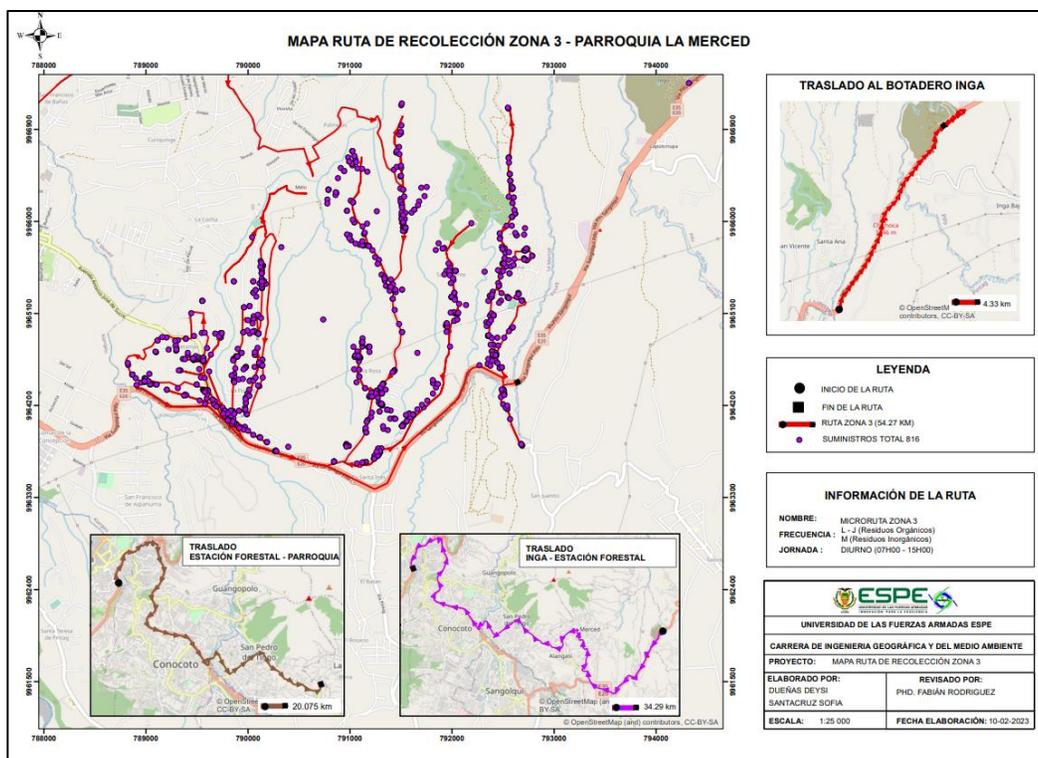


Micro ruta Zona 3

En la figura 43 se indica la micro ruta para la Zona 3 la cual cubre los barrios Las Retamas, El Rosario, Santa Rosa, San Vicente, Santa Ana y San Juanito, sale del centro de operaciones de La Forestal e inicia su jornada de recolección en el barrio Santa Rosa y termina su jornada de recolección en el barrio San Vicente que conecta con la vía Sangolquí Pifo donde inicia el trayecto para la descarga en el relleno sanitario el Inga, posteriormente a la descarga el vehículo regresa al centro de operaciones La Forestal terminando su jornada de trabajo. El vehículo recolector recorre una distancia de 54,27 km, atendiendo a un total de 816 suministros en un periodo de tiempo de 7:41:20 horas.

Figura 43.

Micro ruta para la Zona 3



Análisis costo beneficio

Para iniciar con el análisis de costo beneficio se obtuvo información respecto al presupuesto con el que cuenta la parroquia es decir la tasa de recolección en la parroquia de estudio, esta tasa es atribuida por el país a determinadas actividades lícitas de los contribuyentes, y sus productos no deben tener destinos distintos a los servicios públicos. Generalmente el recaudo es a través de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado, Empresa Eléctrica o cualquier entidad que tenga convenio con la municipalidad, en el caso de nuestro estudio es la Empresa Eléctrica de Quito (Gualichicomín Juiña, 2018). En la tabla 23 se detalla el valor de la tasa de recolección que se recauda en la parroquia La Merced.

Tabla 23.

Valor de la tasa de recolección que se cobra en la parroquia

Tipo	Promedio \$/mes
Comercial	\$ 1.123,65
Industria	\$ 1.045,32
Otros	\$ 487,78
Residencial	\$ 9.861,63
Total, general	\$ 12.518,38

Nota. Tomado de (EMASEO, 2023)

Además, se conoce el costo total por mes que EMASEO gasta en las dos rutas que pasan por la parroquia. Como se observa en figura 44 realizar la ruta La Merced-Concepción le cuesta a la empresa \$9.692,14 valor que incluye el sueldo de 1 chofer y 3 obreros, el costo de la ropa de trabajo, el EEP'S, maquinaria y mantenimiento además de los costos indirectos que tiene la empresa EMASEO. Por otro lado, la figura 45 nos indica los costos de operación de la ruta El Tingo-Alangasí-Angamarca la cual tomas las mismas variables que la ruta La Merced Concepción para calcular los costos operativos indicando que esta ruta le cuesta a EMASEO \$18.028,16 dólares al mes, recalcando que estas dos rutas se hacen pasando un día es decir que 13 días al mes.

Figura 44.

Costo operativo elaborado por EMASEO ruta La Merced-Concepción

CARGA POSTERIOR 25 yd3	1	
CHOFER	1	
OBRERO DE RECOLECCIÓN	3	
OPERACIÓN DÍAS/MES	13	
Componentes del costo		
Sueldos	\$ 4.583,80	47%
Ropa de Trabajo y EPP's	\$ 107,95	1%
Equipos y Herramientas	\$ 6,85	0%
Maquinaria y Mantenimiento	\$ 3.482,54	36%
Costos Indirectos	\$ 1.511,01	16%
Total costos (\$/mes)	\$9.692,14	100%

Nota. Tomado de (EMASEO, 2023)

Figura 45.

Costo operativo elaborado por EMASEO ruta El Tingo-Alangasí-Angamarca

CARGA POSTERIOR 25 yd3	1	
CHOFER	1	
OBREO DE RECOLECCIÓN	3	
OPERACIÓN DÍAS/MES	13	
Componentes del costo		
Sueldos	\$ 4.583,80	25%
Ropa de Trabajo y EPP's	\$ 107,95	1%
Equipos y Herramientas	\$ 6,85	0%
Maquinaria y Mantenimiento	\$ 10.727,92	60%
Costos Indirectos	\$ 2.601,64	14%
Total costos (\$/mes)	\$ 18.028,16	100%

Nota. Tomado de (EMASEO, 2023)

El costo de operación de las dos rutas da un total de \$27.720,3 dólares al mes, sin embargo es necesario recalcar que estas dos rutas no solo pasan por la parroquia La Merced, sino también por parroquias y barrios aledaños, razón por la cual y para el presente estudio se calculó el valor que le cuesta a EMASEO realizar estas dos rutas de recolección pero solo dentro de la parroquia y los traslados del centro de operaciones y el relleno sanitario, dando los valores que se muestran en la tabla 24, misma que indica que el costo de operación para la ruta La Merced Concepción dentro de la parroquia de estudio sería de \$7.830,995 dólares mensuales y el de la ruta El Tingo-Alangasí- Angamarca de \$ 13.551,38 dólares mensuales, sumando un total de \$ 21.382,37 dólares al mes.

Tabla 24.

Costo operativo de las rutas de EMASEO tomando en cuenta solo el área de estudio

Ruta La Merced Concepción					
Días	Distancia (Km)	Tiempo (h)	COSTO EMASEO		
Martes	88,43	5,83			
Jueves	79,83	4,37	RUTA	km	\$/mes
Sábado	84,53	5,31	TOTAL	104,29	9.692,14
Promedio	84,26	5,17	LA MERCED	84,27	7.831,00
Ruta El Tingo-Alangasí-Angamarca					
Días	Distancia (Km)	Tiempo (h)	COSTO EMASEO		
Martes	66,32	2,89			
Jueves	74,18	3,76	RUTA	km	\$/mes

Sábado	92,07	3,50	TOTAL	103,14	18.028,16
Promedio	77,52	3,38	LA MERCED	77,52	13.551,38

Para saber cuánto costaría la implementación de las nuevas micro rutas creadas en la parroquia, se procedió a calcular los costos operativos, entre ellos los valores de la ropa de trabajo y equipos de protección personal (EPP's) para el personal que se ocuparía con cumplir las rutas creadas, los valores asignados son los que EMASEO ocupa, como se detalla en la tabla 25.

Tabla 25.

Costos respecto a ropa de trabajo y EPP's

	Ropa de trabajo y EPP's	Unidad	Precio	Total/año	Total/mes
			unitario		
Chofer	Botín	1	\$34,41	\$34,41	\$2,87
	Camiseta tipo polo manga larga	2	\$15,06	\$30,13	\$2,51
	Chompa impermeable 3/4	1	\$35,89	\$35,89	\$2,99
	Gafas lente oscura	1	\$4,94	\$4,94	\$0,41
	Gorra jean	1	\$4,71	\$4,71	\$0,39
	Guantes de cuero	2	\$8,53	\$17,05	\$1,42
	Pantalón jean	2	\$16,80	\$33,60	\$2,80
	Traje de bioseguridad poliéster	1	\$17,36	\$17,36	\$1,45
	Mascarilla	12	\$0,56	\$6,72	\$0,56
	Total, chofer			\$184,81	\$15,40
Ayudantes	Botín	12	\$34,41	\$412,90	\$34,41
	Camiseta tipo polo manga larga	18	\$24,83	\$446,94	\$37,25
	Chompa impermeable normal	6	\$54,03	\$324,17	\$27,01
	Gafas lente oscura	6	\$4,94	\$29,63	\$2,47
	Gorra jean	6	\$5,57	\$33,39	\$2,78
	Gorra jean normal	6	\$4,71	\$28,27	\$2,36
	Guantes de cuero cortos	18	\$1,30	\$23,44	\$1,95
	Pantalón jean con cinta reflectiva	12	\$20,21	\$242,57	\$20,21
	Traje de bioseguridad poliéster	6	\$17,36	\$104,16	\$8,68
	Mascarilla	72	\$0,56	\$40,32	\$3,36
Total, Ayudantes			\$1'685,79	\$140,48	
Total. de Ropa de trabajo y EPP's				\$1'870,60	\$155,88

Nota. Información obtenida de Informe N° 231-SDPG-2021

En la tabla 26 se detallan los costos totales de inversión, para el cumplimiento de las rutas y que estas puedan llegar a los lugares designados, se propone el uso de dos vehículos pequeños con una capacidad de carga de 3 a 6 toneladas, 2 choferes y 6 obreros de recolección.

Debido a las circunstancias geográficas del terreno y que la cantidad de residuos que recolectarían por día cada ruta no superan las 3 toneladas hasta el año 2030, se propone el uso de estas volquetas que son más pequeñas, permitiéndoles llegar a los barrios con pendiente medias fuertes y fuertes, además que necesitan un menor ángulo de giro que era una de las razones por las cuales los vehículos actuales que tiene EMASEO no entraban algunas calles ya que no podían girar para regresar.

El costo de adquisición de los dos vehículos tiene un estimado de \$50.000 dólares, mismos que deberán ser pagados hasta el año 2030, ósea 7 años en cuotas de \$595,23 dólares cada mes, siendo este último valor el que se le sume junto a los costos de operación y los costos indirectos que EMASEO contempla en el cálculo de presupuesto.

Tabla 26.

Costos totales para la ruta nueva

Costo operativo	Cantidad	Precio unitario/mes	Total/mes
Chofer	2	\$ 614,00	\$ 1.228,00
Obreros de recolección	6	\$ 527,00	\$ 3.162,00
Componentes del costo			
Vehículos diferidos a 84 cuotas ¹	\$ 595,23		
Sueldos ²	\$ 4.390,00		
Ropa de Trabajo y EPP's ³	\$ 155,88		
Maquina y Mantenimiento	\$ 3.482,54		
Costo Directo	\$ 8.623,65		
Costos Indirectos (15%)⁴	\$ 1.293,55		
Total Costos (\$/mes)	\$ 9.917,20		

Nota. ¹ Dos volquetas uno de 3 toneladas y 1 de 6 toneladas, ² Información obtenida de EMASEO-EP LOTAIP 2023, ³ Información obtenida de Informe N° 231-SDPG-2021, ⁴ Información obtenida de Informe N° 03-LFAV-SDO-2023.

Finalmente, con los datos obtenidos tanto por parte de EMASEO y los calculados en las tablas 24, 25 y 26, se procede a aplicar la ecuación 9 tanto para el costo total que gasta

EMASEO en sus dos rutas, como para el costo calculado en el presente proyecto para la implementación de las micro rutas.

$$\frac{B}{C} = \frac{VAN}{VAC} \quad (9)$$

$$\frac{B}{C} = \frac{12.518,38}{21382,371} = 0,585$$

$$\frac{B}{C} = \frac{12.518,38}{\$ 9.917,20} = 1,262$$

Por lo tanto, el cálculo se obtiene que:

Categoría	B/C
EMASEO	0,585
Nueva Ruta	1,262

Después de realizar el ACB, se puede interpretar que las rutas actuales que tienen EMASEO al estar por debajo de 1 indican que no son rentables para la EMPRESA pues cuestan más de los que se recauda en la tasa de recolección de la parroquia, mientras que las micro rutas con un valor de 1,262 en el ACB indican que su implementación es viable ya que su costo operativo es menor que el valor recaudado por la tasa de recolección.

Capítulo V

Propuesta de las Bases para un Plan de Gestión De Residuos Sólidos de la Parroquia La Merced

Introducción

La parroquia rural La Merced situada a 25 km al sur-este de Quito -Ecuador, cuenta con una extensión de 31,64 km² y una población de 8.394 habitantes hasta el año 2010 (GAD Parroquial La Merced, 2022). En el censo realizado por el INEC en el año 2010 se menciona que el 97,3% de la población de La Merced tienen servicio eléctrico, pero tan solo el 71% de su población cuenta con la cobertura del servicio de recolección de basura, servicio que es ejecutado por La Empresa Pública Metropolitana de Aseo de Quito (EMASEO EP).

Los residuos recolectados por EMASEO EP son depositados directamente en el relleno sanitario el INGA, sin pasar por un proceso de separación de residuos sólidos. El hecho de que hasta el año 2010 el 29% de la población en la Merced no tuviesen cobertura del servicio de recolección de residuos refleja la necesidad que existe en la parroquia, de mejorar la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) que se les da actualmente a sus residuos.

Para que exista una correcta gestión de residuos sólidos el (Consejo Nacional de Competencias, 2019) plantea una serie de cinco actividades relacionadas con el ciclo de vida de los residuos, las cuales son: Clasificación de residuos en la fuente, reciclaje y reutilización, recolección, traslado y transporte; y tratamiento y disposición final de residuos. A fin de que exista una buena "Gestión Integral de Residuos Sólidos.

(Gálvez von Collas, 1990) menciona que la mayoría de la inversión en la gestión integral de residuos se dan en las etapas de recolección, traslado y transporte representando entre el 80% y 90 % del costo total del manejo de residuos, esto a razón de que los residuos generados son recogidos de puerta a puerta por vehículos de recolección en cada barrio.

A continuación, se detallan los parámetros utilizados para la creación de las bases de una propuesta de plan de gestión de residuos sólidos en la parroquia La Merced, enfocado en la

creación de nuevas rutas de recolección, en aumentar el porcentaje de cobertura del servicio de recolección y en la separación de los residuos desde la fuente, junto con el presupuesto que esto conlleva.

Objetivo general

Proponer un plan de gestión de residuos sólidos para la parroquia La Merced, implementando acciones concretas para lograr fortalecer el servicio de recolección y lograr cubrir una mayor área.

Objetivos específicos

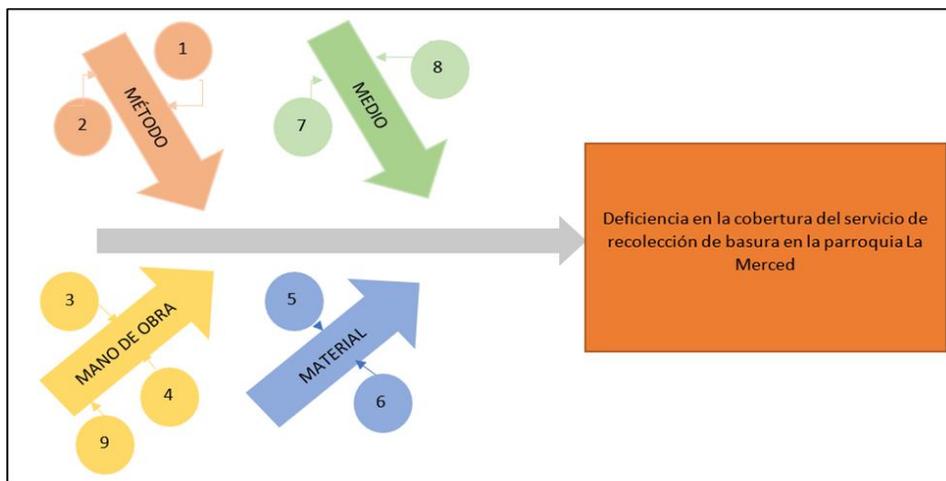
- Proporcionar a EMASEO EP y al Gad Parroquia La Merced las nuevas rutas de recolección.
- Crear altillos para que la población coloque sus residuos en horarios específicos hasta el paso del carro recolector, para evitar que animales callejeros destruyan las fundas.
- Plantar campañas de concientización a la comunidad respecto al nuevo plan de gestión, junto con nuevos horarios.

Problema

Deficiencia en la cobertura del servicio de recolección de basura en la parroquia La Merced

Causas del problema

Con el fin de proponer un Plan de Gestión de Residuos Sólidos para la parroquia La Merced, se elaboró un diagrama de causa – efecto (Figura 46), enfocado en las 4 M's: método, medio, mano de obra y material, en el cual se identificaron actividades que dificultan el fortalecimiento del programa de manejo de residuos sólidos, además, se involucra lo que se evidenció en campo e información recolectada de los pobladores encuestados.

Figura 46.*Diagrama causa efecto*

1. Existen dos rutas de recolección en la parroquia la Merced. Las rutas: La Merced-Concepción y El Tingo-Alangasí-Angamarca, sin embargo, estas dos rutas no pasan por todos los barrios de la zona de estudio, dejando sin este servicio al 29% de la población.
2. La recolección se realiza tres veces por semana (martes, jueves y sábado) en los barrios con mayor número de habitantes, mientras que en otros barrios una vez a la semana y en otros no pasa.
3. El 39,6% de los encuestados indican que, si realizan la separación de los desechos en sus hogares, mientras que, el 60,4% indica que no separan sus residuos (Apéndice, pregunta 13).
4. Cuando los residuos llegan a su disposición final (El Inga) no existe un tratamiento previo de clasificación de residuos, sino que todos son enterrados.
5. Los vehículos suelen estar averiados por lo que a veces suelen salir al recorrido volquetas y su capacidad de almacenamiento no es igual a la del vehículo recolector de carga posterior, por lo que deben realizar múltiples viajes entre La Merced y el Inga, ocasionando pérdida de tiempo.

6. El tipo de vehículos tanto volquetas como carga posterior no son aptos para ciertas áreas de territorio con pendientes fuertes y muy fuertes haciendo que se dificulte el acceso de recolección a estos sitios.
7. Algunas vías son muy estrechas lo que imposibilita que los vehículos existentes en EMASEO puedan ingresar ya sea de frente o de retro, sin embargo, son las únicas vías que permiten el acceso a varios hogares (Figura 47).

Figura 47.

Calles estrechas



8. Debido a la existencia de quebradas las vías que existen en la parroquia no conectan entre ellas, lo que implica que el vehículo pase dos veces por el mismo lugar hasta llegar a una vía que se conecte con otra.
9. En los lugares donde no se presenta el servicio las personas crean puntos críticos en la zona, es decir que arrojan la basura en lotes baldío o quebradas (Figura 48). En las encuestas realizadas un 24% respondió que arrojaban sus residuos a quebradas (Apéndice, pregunta 5).

Figura 48.

Puntos críticos en la parroquia La Merced

**Presupuesto**

En la tabla 27 se detalla el valor que le costaría a EMASEO aplicar las nuevas rutas creadas, este costo es de \$9.917,20 en el que se incluye el que esta incluidos el suelo de los trabajadores, uniforme, EPP's, maquinaria y demás costos ya detallados en las tablas 24,25 y 26 del capítulo anterior.

Tabla 27.

Presupuesto mensual para la operación de las nuevas rutas.

Costo Directo	\$ 8.623,65
Costo Indirecto	\$ 1.293,55
Costo Total (\$/mes)	\$ 9.917,20

Rutas de recolección

En la presente propuesta se realizó 3 micro rutas que pasan por la mayoría de hogares de la parroquia, por lo que los pobladores de la zona deberán dejar sus desechos en la vereda o altillos de sus hogares el día designado de recolección. Para esto se dividió la parroquia en 3 zonas donde:

- La Zona 1, está compuesta por las calles pertenecientes a los barrios: 4 de Octubre, San Marco, La Virgen de Lourdes, Comuna San Francisco de Baños, Hacienda La Merced, El Huangal, Sarahurco, Bellavista, San José de Billivaro, Guantugloma y Santa Anita.

La micro ruta sale desde el centro de operaciones de EMASEO ubicado en La Forestal, inicia la ruta de recolección en el barrio 4 de Octubre y termina en el barrio San José de Billivaro, para iniciar su trayecto hacia el relleno sanitario el Inga y posteriormente regresar al centro de operaciones de La Forestal, el vehículo recolector recorre una distancia de 54,35 km y atiende a un total de 1164 suministros, en un tiempo de 7:40:27 horas y se realizará dicho recorrido los días martes y viernes para la recolección de residuos orgánicos y el día miércoles para la recolección de residuos inorgánicos (Figura 41).

- La zona 2 la cual se compone de los barrios: San Francisco, Curiquingue, Central, La Cocha, El Vergel y Las Palmeras. Parte del centro de operaciones de La Forestal e inicia la ruta de recolección en el barrio San Francisco hasta llegar al barrio El Rosario, para iniciar su trayecto hacia el relleno sanitario el Inga y posteriormente regresar al centro de operaciones La Forestal, terminando su jornada de trabajo.

El vehículo recolector recorre una distancia de 44,96 km, cubriendo un total de 1908 suministros, en un lapso de tiempo de 7:14:16 horas, y se realizará dicho recorrido los días lunes y jueves para la recolección de los residuos orgánicos y miércoles y viernes para recolección de residuos inorgánicos (Figura 42).

- Para la zona 3 la cual se compone de los barrios: Las Retamas, El Rosario, Santa Rosa, San Vicente, Santa Ana y San Juanito, el vehículo recolector sale del centro de operaciones de La Forestal e inicia su jornada de recolección en el barrio Santa Rosa y terminando su jornada en el barrio San Vicente donde inicia el trayecto para

la descarga en el relleno sanitario el Inga y, posteriormente regresé al centro de operaciones La Forestal terminando su jornada de trabajo.

El vehículo recolector recorre una distancia de 54,27 km, atendiendo a un total de 816 suministros en un periodo de tiempo de 7:41:20 horas y se realizará dicho recorrido los días lunes y jueves para la recolección de los residuos orgánicos y martes para recolección de residuos inorgánicos (Figura 43).

En las tablas 28 y 29 se detallan los horarios de recolección semanal en cada zona, tanto para la recolección de desechos orgánicos, como inorgánicos

Tabla 28.

Horario de recolección de desechos orgánicos por zonas

Vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1	Zona 3	Zona 1		Zona 3	Zona 1
2	Zona 2			Zona 2	

Tabla 29.

Horario de recolección de desechos inorgánicos por zonas

Vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1			Zona 1		
2		Zona 3	Zona 2		Zona 2

Equipo de trabajo

La empresa pública de aseo EMASEO EP con apoyo del GAD parroquial La Merced, se encargarán de la planificación y organización general del proyecto durante los primeros 12 meses. Para ejecutar el proyecto se contará con un equipo compuesto por un supervisor, dos conductores y 6 obreros de recolección.

Actividades a realizar

Formación

Los empleados recibirán capacitaciones sobre el tratamiento y la gestión de residuos, riesgos laborales, salud, higiene, procedimientos de recogida y transporte entre otros.

El proyecto ejecutara las siguientes actividades:

- Separación de residuos en la fuente.
- Recolección de residuos a pie de vereda.
- Reciclado de residuos inorgánicos.
- Compostaje de residuos orgánicos.
- Campañas de sensibilización e información.

Separación de residuos en la fuente

Este proceso se lo realizara en cada uno de los hogares realizando la clasificación en desechos orgánicos e inorgánicos, por lo tanto, cada hogar se encargará de sacar los desechos según el día que se especifique tanto para los desechos orgánicos e inorgánicos.

Recolección de residuos a pie de vereda

La recolección de residuos se realizará a pie de vereda es decir que la comunidad dejará sus desechos en altillos cercanos a sus casas para e esta manera evitar que los animales callejeros destruyan las fundas, esta recolección se efectuará según el horario especificado para desechos orgánicos e inorgánicos

Reciclado de residuos inorgánicos

Este tipo de residuos se realizará la clasificación por categorías, y se procederá a vender a empresas que cuenten con los equipos y experiencia necesaria para reciclar adecuadamente el material.

Compostaje de residuos orgánicos

Los desechos orgánicos producidos serán utilizados a manera de compostaje para las tierras de cultivo de la parroquia, para esto se brindaran talleres sobre técnicas de compostaje

a los propietarios de tierras de cultivo que deseen participar en el proyecto de elaboración de compostaje el cual debe ser llevado a cabo en un área proporcionada por el GAD, que cuente con las condiciones necesarias para transformar la materia o residuos sólidos en compost que posteriormente será entregado a los participantes del proyecto para que lo ocupen en sus respectivos terrenos.

Campañas de sensibilización e información

Esta actividad se realizará por parte de GAD parroquial junto con el equipo de trabajo social de EMASEO, los cuales brindarán campañas de socialización a la comunidad respecto a los nuevos horarios y la nueva modalidad de recolección, por medio de la página web del GAD, anuncios en redes sociales, realizando talleres, conferencias, exposiciones, capacitaciones, entre otros, respecto a cómo se realiza la separación de residuos en la fuente.

Además, se informará a la comunidad respecto a la recolección diaria de los residuos a pie de vereda y sobre la implementación de altillos en la zona.

Capítulo VI

En este capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones las cuales se encuentran relacionadas con los objetivos y metas propuestas en el presente proyecto.

Conclusiones

Hasta el año 2010 menos del 9% de la población era analfabeta, y el 91% restante alfabetos, es decir que, saben leer y escribir lo que resulta beneficioso al momento de transmitir información del plan de gestión de residuos mediante el uso de trípticos, talleres comunitarios, conferencias, exposiciones y demás medios de comunicación, además que del 100% de encuestados un 91.9 % indicaron que estarían dispuestos a asistir a estas capacitaciones, talleres y mingas comunitarias (Apéndice, pregunta 16 y 17).

Se puede evidenciar que en el transcurso de los años (2015-2022) la cobertura del servicio de recolección de residuos en la parroquia La Merced ha ido mejorando, sin embargo, aún es menor al 97,3% de hogares que pagan por este servicio en las planillas de luz, también se pudo observar que existe una mayor cobertura del servicio de recolección en barrios donde se presenta mayor cantidad de habitantes, ósea barrios urbanizados.

Los cálculos de expansión urbana indican que para el año 2030 en la parroquia existirán alrededor de 20.476 personas y la producción de residuos será de 5.581,758 kg/día, siendo los barrios: Central, San Francisco y San Marco los de mayor producción y aumento de pobladores, además, los vehículos propuestos para la recolección de residuos se los eligió también para que puedan cumplir hasta este año con la recolección.

Para la recolección se designó dos pequeñas volquetas, con capacidad de carga de 3 y 6 toneladas respectivamente, debido a que para el caso de estudio es mejor utilizar vehículos pequeños pero capaces de ingresar por vías estrechas, girar en carreteras angostas y capaces de subir pendientes fuertes, ya que los vehículos actuales que tiene EMASEO los cuales tienen una capacidad de carga de 12 a 16 toneladas no podían ingresar a estas vías, dejando a varios hogares desentendidos.

En la propuesta para la gestión de los residuos sólidos se especifica la creación de 3 micro rutas y la creación de horarios de recolección para desechos orgánicos e inorgánicos para cada una de las zonas, donde, para la zona 1 se tiene que los desechos orgánicos serán recogidos los días martes y viernes y los desechos inorgánicos el día miércoles, para la zona 2 los días lunes y jueves serán para la recolección de desechos orgánicos y los días miércoles y viernes desechos inorgánicos, y, para la zona 3 la recolección de los desechos orgánicos será los días lunes y jueves y el día martes los desechos inorgánicos.

Mediante el análisis de costo beneficio se comparó los gastos generados por EMASEO (\$ 21.382,371) para brindar el servicio de recolección de residuos sólidos en la parroquia la Merced y cuánto sería el gasto si se implementaran pequeñas rutas pero que abarquen mayor extensión como en la parroquia La Merced (\$ 9.834,34) teniendo como resultado que existe un beneficio-coste de 0,585 para las rutas actuales y 1,262 para las micro rutas creadas, dejando en evidencia que las micro rutas generan un superávit de \$ 2.684,04 dólares al mes en la parroquia, mientras que las rutas actuales representan un déficit de \$8.863,9906 dólares al mes.

Recomendaciones

Es necesario que el GAD y EMASEO EP, tome la iniciativa de socializar los nuevos cambios que se hagan en el servicio de recolección en cuanto a las nuevas rutas, horarios de recolección y tipo de residuos a recolectar por ruta.

Se recomienda que EMASEO cree una planta de compostaje, a fin de que los residuos separados propuestos en el plan de gestión, tengan una disposición final adecuada.

Para la aplicación del plan de gestión de residuos se recomienda seguir las siguientes directrices:

- Cada hogar debería realizar un seguimiento de sus residuos personales, donde se logre conocer cuántos residuos genera a fin de concientizar y tener una idea de cómo reducirlos.

- Tratar de reciclar de la manera más práctica posible, es decir colocando las latas, los vasos y el papel en fundas separadas y sacando estos residuos los días correctos de recolección de residuos inorgánicos.
- Reducir el uso de empaques en medida de lo que le sea posible para esto se puede comprar alimentos a granel.
- Compre productos diseñados para facilitar el reciclaje: Los productos tan grandes como los automóviles y muchos otros artículos están diseñados pensando en el reciclaje.

Hasta el momento se ha hecho progresos significativos en muchas áreas de la ciencia ambiental sin embargo la comprensión científica del medio ambiente sigue detrás de nuestras necesidades de saber y aunque existan marcos jurídicos para la gestión del medio ambiente, ha llegado el momento de buscar soluciones verdaderamente duraderas y más racionales a los problemas medioambientales.

Bibliografía

- Aguado Aranda, A., & Jiménez de Vega, J. (09 de 05 de 2022). *Optimización de Rutas de Transporte*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Obtenido de Ants Route: https://eprints.ucm.es/id/eprint/23027/1/Memoria_OptimizacionRutasTransporte.pdf
- Aguilera Díaz, A. (2017). El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas. *Cofin Habana*, 11(2), 322-343. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2073-60612017000200022&lng=es&tlng=es.
- Alianza por la Solidaridad. (25 de 01 de 2014). *Alianza por la Solidaridad*. Obtenido de Alianza por la Solidaridad: <https://www.alianzaporlasolidaridad.org/areas/justicia-climatica-y-sostenibilidad/ecuador-mejora-de-la-gestion-integral-de-residuos-solidos>
- Araiza Aguilar, J., & José Zambrano, M. (2015). Mejora del servicio de recolección de residuos sólidos urbanos empleando herramientas SIG: un caso de estudio. *Ingeniería*, 19(2), 118-128. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/467/46750925005.pdf>
- Asamblea Nacional*. (2017). Obtenido de Código Orgánico del Ambiente: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
- Asamblea Nacional Constituyente*. (2008). Obtenido de Constitución de la República del Ecuador : https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Ascencio Silva, R. (2022). *Rutas óptimas y los sistemas de información geográfica (SIG) como ventaja competitiva empresarial*. ISEADE- FEPADE Escuela de Negocios. El Salvador: ISEADE- FEPADE Escuela de Negocios. Obtenido de ISEADE FEPADE: <https://www.iseade.edu.sv/index.php/cpc/articulos/negocios/81-rutas-optimas-y-los-sistemas-de-informacion-geografica-sig-como-ventaja-competitiva-empresarial>
- Botkin, D., & Keller, E. (2011). *Environmental Science*. JOHN WILEY & SONS, INC.
- Carosio, A. (2008). El género del consumo en la sociedad de consumo. *La vetana*, 3(27).

- CCA. (2017). Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte, informe sintético. *Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal*, 52. Obtenido de <http://www.cec.org/files/documents/publications/11770-characterization-and-management-organic-waste-in-north-america-white-paper-es.pdf>
- CEPAL. (2016). *GUÍA GENERAL PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS*. (N. Unidad, Ed.) Santiago de Chile, Chile: Naciones Unidas.
- Consejo Nacional de Competencias. (2019). *Informe sobre mapeo de actores generadores de información a nivel territorial e identificación de fuentes de información de la competencia de desechos sólidos*. Consejo Nacional de Competencias (CNC), Quito-Ecuador.
- EMASEO. (2010). *PLAN DE SERVICIOS DE ASEO ADMINISTRACION ZONAL CALDERON*. QUITO: EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE ASEO. Obtenido de https://www.emaseo.gob.ec/documentos/planes_aseo/plandeaseocalderon.pdf
- EMASEO. (2023). *INFORME N° 003-LFAV-SDO2023*.
- EMASEO EP. (2016). Obtenido de Empresa Pública Metropolitana: <http://www.emaseo.gob.ec/emaseo-intensifica-la-recoleccion-en-245-puntos-criticos/>
- EMASEO EP. (2019). *ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO-DMQ*. DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, QUITO.
- EMASEO EP. (2022). *EMPRESA PUBLICA METROPOLITANA DE QUITO* . Obtenido de EMPRESA PUBLICA METROPOLITANA DE QUITO : <http://www.emaseo.gob.ec/la-institucion/>
- EMASEO, V. (2022). *Recolección de residuos domésticos y asimilables a domésticos, este es un servicio prestado puerta a puerta en todo el DMQ*. Obtenido de https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?mid=1BZPF3nfB5_hEXaFTcf4zTIIILa4&ll=0.1653888597031261%2C-78.40646413117526&z=11

EMGIRS EP. (2016). *Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos (EMGIRS EP)*. Obtenido de Relleno Sanitario del DMQ:

<https://www.emgirs.gob.ec/index.php/zentools/zentools-slideshow/45-travels-3/266-gad-parroquial-de-la-merced-recibio-consultoria-sobre-sus-residuos-solidos>

esri. (2022). Obtenido de <https://www.esri.com/>

Fernández Colomina, A. (2005). LA GESTION INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL DESARROLLO SOSTENIBLE LOCAL. *Revista Cubana de Química*, XVII(3), 35-39. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543687013.pdf>

GAD Parroquial La Merced. (2018). *ACTUALIZACIÓN PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL*. GAD PARROQUIAL LA MERCED, LA MERCED. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1768098920001_PDY_OT%20FINAL%20PARROQUIA%20LA%20MERCED_29-10-2015_15-55-17.pdf

GAD Parroquial La Merced. (2022). Obtenido de <http://www.lamerced.gob.ec/web/index.php/en/la-parroquia/informacion-general>

Gálvez von Collas, F. (1990). *Francisco, C. (1990). Recolección de residuos sólidos: manual de instrucción*. Ciclo: Aseo urbano. Obtenido de https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/55900/recoleccionresiduos_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gálvez von Collas, F. (1990). *Recolección de residuos sólidos: manual de instrucción*. Ciclo: Aseo urbano. Obtenido de https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/55900/recoleccionresiduos_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gualichicomín Juiña, D. (2018). *Plan de gestión integral de residuos sólidos no peligrosos para el cantón Mejía*.

- INEC. (2010). *Instituto Nacional de Estadística y Censos*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0*. WORLD BANK GROUP. Washington DC: Urban Development. Obtenido de <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>
- Leiton Rodriguez, N., & Revelo Maya, W. (2017). Gestión integral de residuos sólidos en la empresa Cyrgo SAS. *Revista TENDENCIAS*, 18(2), 103-121.
doi:<https://doi.org/10.22267/rtend.171802.79>
- MAATE. (2022). *Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/hitos-en-la-gestion-integral-de-los-residuos-solidos-en-ecuador/>
- Matínez, E., Tello, P., Daza, D., Soulier, M., & Terraza, H. (2011). INFORME DE LA EVALUACIÓN REGIONAL DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE 2010.
- Morán, S. (23 de 6 de 2020). *PLAN V*. (PLAN V PERIODISMO INDEPENDIENTE) Obtenido de PLAN V: <https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/ecuador-ahogado-basura-esta-lejos-cumplir-metas-ods-al-2030>
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2021). Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2021-2023. Obtenido de https://www.quitohonesto.gob.ec/images/biblioteca/RDC-CMLCC-2021/Anexo_2.pdf
- Naranjo, R. L. (2020). El problema de la basura en Quito visto desde otra perspectiva. *Primicias*. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/firmas/el-problema-de-la-basura-en-quito-visto-desde-otra-perspectiva/>
- NATIONAL GEOGRAPHIC. (15 de 8 de 2022). *NATIONAL GEOGRAPHIC*. Obtenido de NATIONAL GEOGRAPHIC: <https://www.nationalgeographic.com/medio-ambiente/2022/08/cuales-son-los-principales-tipos-de-contaminacion-ambiental>

Nuestraesfera. (2014). *¿Cómo se clasifican los residuos?* Obtenido de

<http://nuestraesfera.cl/zoom/como-se-clasifican-los-residuos/#:~:text=En%20t%C3%A9rminos%20generales%2C%20se%20habla,al%20ser%20reutilizados%20o%20reciclados.https://www.fudeso.cl/2018/09/15/que-son-los-residuos/#:~:text=Residuo%3A%20desecho%20que%20nos%2>

Nuño, P. (2017). *Costes operativos*. Obtenido de <https://emprendepyme.net/costes-operativos.html>

ONU. (21 de 11 de 2017). *ONU PROGRAMA PARA EL MEDIO AMBIENTE*. Obtenido de ONU PROGRAMA PARA EL MEDIO AMBIENTE: <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/aumenta-la-generacion-de-residuos-en-america-latina-y-el-caribe#:~:text=La%20generaci%C3%B3n%20de%20residuos%20s%C3%B3lidos,prese ntados%20en%20un%20evento%20de>

ONU. (4 de 12 de 2017). *ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS*. Obtenido de ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2017/12/nuestro-objetivo-colectivo-debe-ser-un-planeta-libre-de-contaminacion/>

Oteng-Ababio, M., Annepu, R., Bourtsalas, A., Intharathirat, R., & Charoenkit, S. (2018). Urban solid waste management. *Climate Change and Cities*, 553-582.

Ozuna Gutiérrez, J. U., & Buenrsotro Delgado, O. (27 de 10 de 2008). ¡LA BASURA QUE PRODUCES!... ¿CAUSA DEL CAMBIO CLIMÁTICO? (U. M. Hidalgo, Ed.) *Saber mas*, 22, 5. Recuperado el 3 de 2023, de <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/176-numero-2210/339-ila-basura-que-produces-icausa-del-cambio-climatico.html>

Padilla Almeida, O., & Bosque Sendra, . (2012). *CALCULO, ANALISIS Y REPRESENTACION DE TIEMPOS DE EVACUACION EN EL VALLE DE LOS CHILLOS FRENTE A UNA EVENTUAL ERUPCIÓN DEL VOLCÁN COTOPAXI*. Obtenido de

<https://docplayer.es/77758477-Calculo-analisis-y-representacion-de-tiempos-de-evacuacion-en-el-valle-de-los-chillos-frente-a-una-eventual-erupcion-del-volcan-cotopaxi.html>

Phillips, A. (2021). *La historia de la humanidad contada a través de la basura*.

PNUD. (2022). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Obtenido de <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>

PRIMICIAS. (15 de 2 de 2020). *PRIMICIAS*. Obtenido de PRIMICIAS:

<https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/conozca-ruta-basura-quito/>

Quito Informa. (3 de 3 de 2021). *Quito Informa*. Obtenido de Quito Informa:

<http://www.quitoinforma.gob.ec/2021/03/03/quito-tiene-un-nuevo-cubeto-en-el-relleno-sanitario-de-el-inga/>

Real Academia Española . (2022). Obtenido de <https://dle.rae.es/>

RECOBAQ, C. (2018). Oferta renovación parcial de flota de recolectores para EMASEO EP. .

REPSOL. (2022). *Polietileno*.

Rodríguez Herrera, H. (2012). *Gestión Integral de residuos Sólidos. Fundación Universitaria del Área Andina*.

Rodríguez Villalobos, A. (5 de 7 de 2007). Integración de un SIG con modelos de cálculo y optimización de rutas de vehículos CVRP y software de gestión de flotas. *XI Congreso de Ingeniería de Organización*, 10. Obtenido de http://personales.upv.es/arodrigu/IDI/CIO_2007_RodriguezA.pdf

Secretaría del Ambiente. (2015). Obtenido de Plan Maestro Gestión Integral de Residuos: <https://www.emgirs.gob.ec/index.php/component/phocadownload/category/108-modelo-de-gestion?download=2287:6-plan-maestro-gestion-integral-de-residuos>

Serna-Uran, C. A., García-Castrillón, J. A., & Flórez-Londoño, O. (2016). Análisis de Rutas de Transporte de Pasajeros Mediante la Herramienta Network Analyst de Arcgis. Caso Aplicado en la Ciudad de Medellín. *Ingenierías USBMed*, 7(2), 7.

Siegel, K. (30 de 9 de 2022). *CLEAN AIR TASK FORCE*. Obtenido de CLEAN AIR TASK FORCE: <https://www.catf.us/es/2022/09/how-our-trash-contributes-to-climate-change/>

Sustainable Forestry Initiative Inc. (2016). *La basura a traves del tiempo* .

Valencia, D. (2022). *Diferencia Entre Residuo Y Desecho*. Obtenido de <https://a1contenedores.com.mx/infografia/diferencia-entre-residuo-y-desecho/>

Apéndice