



**Cálculo de rutas óptimas para la recolección y barrido manual de desechos en el Cantón
Ambato mediante el uso de herramientas geoinformáticas**

Caizaluisa Caizaluisa, Alejandra Edith y Campaña Poveda, Joselyn Dennise

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

Ing. Padilla Almeida, Oswaldo Vinicio, Ph.D.

26 de Agosto de 2021



Document Information

Analyzed document	CAIZALUISA Y CAMPAÑA_TESIS.pdf (D112035134)
Submitted	9/3/2021 5:18:00 PM
Submitted by	Marcelo
Submitter email	mv.garcia@uta.edu.ec
Similarity	7%
Analysis address	mv.garcia.uta@analysis.orkund.com

Oswaldo
Padilla
Almeida

Firmado digitalmente por Oswaldo
Padilla Almeida
Miembro de Investigación (MI)
en Oswaldo Padilla Almeida,
en Universidad de los Voses Andinos
ESPE, en Departamento de Ciencias de
la Tierra y la Construcción,
mailto:oswald@univas.edu.ec
Fecha: 2021.09.03 16:03:45 -05'00'

Sources included in the report

W	URL: https://docplayer.es/171148407-Universidad-tecnologica-indoamerica.html Fetched: 1/5/2020 4:11:50 PM		2
W	URL: https://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/ Fetched: 9/3/2021 5:19:00 PM		3
W	URL: https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21304/1/TESIS.pdf Fetched: 9/3/2021 5:19:00 PM		2
W	URL: https://doi.org/10.33936/eca_sinergia.v8i2.825 Fetched: 9/3/2021 5:19:00 PM		4
W	URL: http://www.epmgidsa.gob.ec/inicio/wp-content/uploads/2020/04/25.-ORDENANZA-MANEJO-INTEGRAL-DE-DESECHOS-SOLIDOS_1440.pdf Fetched: 9/3/2021 5:19:00 PM		17
W	URL: https://www.tungurahua.gob.ec/images/archivos/transparencia/2017/AgendaTerritorialTungurahua2016.pdf Fetched: 9/3/2021 5:19:00 PM		3
W	URL: https://www.ambato.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/200.315.2.pdf Fetched: 5/8/2020 12:58:09 AM		13
W	URL: http://www.igm.gob.ec/work/files/cartabase/enie/ENIEIV_A4.htm#:~:text=Carta Fetched: 9/3/2021 5:19:00 PM		1
W	URL: https://repository.ucatolica.edu.co/jspui/bitstream/10983/6800/5/DOCUMENTO.pdf Fetched: 9/3/2021 5:19:00 PM		3
W	URL: https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/299/2/628.442M357.pdf Fetched: 9/3/2021 5:19:00 PM		5
W	URL: https://mappinggis.com/2019/10/que-es-la-topologia-y-como-crearla-en-arcgis-pro/ Fetched: 9/3/2021 5:19:00 PM		2
W	URL: https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/topologies/topology-basics.htm Fetched: 9/3/2021 5:19:00 PM		1

Curiginal

W	URL: http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/220/72 Fetched: 9/3/2021 5:19:00 PM	 4
W	URL: https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/network-analyst/what-is-a-network-dataset.htm Fetched: 9/3/2021 5:19:00 PM	 3
W	URL: https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/network-analyst/types-of-network-analyses.htm Fetched: 9/3/2021 5:19:00 PM	 3
SA	UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO / submission.pdf Document submission.pdf (D76332672) Submitted by: bsupe4692@uta.edu.ec Receiver: deadv.pved.03.uta@analysis.orkund.com	 4
W	URL: https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/what-is-a-geodatabase.htm Fetched: 9/3/2021 5:19:00 PM	 1
SA	UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO / submission.docx Document submission.docx (D76332667) Submitted by: jnunez0910@uta.edu.ec Receiver: deadv.pved.03.uta@analysis.orkund.com	 1
W	URL: http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/3031 Fetched: 9/3/2021 5:19:00 PM	 1
W	URL: https://www.elcomercio.com/actualidad/mercado-mayorista-ambato-coronavirus-alimentos.html Fetched: 9/3/2021 5:19:00 PM	 1
W	URL: https://elproductor.com/2019/12/ecuador-fiesta-de-la-fruta-y-de-las-flores-patrimonio-inmaterial-de-la-region-andina/ Fetched: 9/3/2021 5:19:00 PM	 2
W	URL: https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19136 Fetched: 9/3/2021 5:19:00 PM	 1
W	URL: https://doi.org/10.1155/2018/4586376 Fetched: 9/3/2021 5:19:00 PM	 1

Oswaldo
Padilla
Almeida

Firmado digitalmente por Oswaldo
Padilla Almeida
Número de reconocimiento (RN)
ca-Oswaldo Padilla Almeida,
ca-Universidad de las Fuerzas Armadas
ESPE, ca-Departamento de Ciencias
de la Tierra y de la Construcción,
email-ospad@espe.edu.ec, c-EC
Fecha: 2021.09.03 14:17:06 -0500'



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, “Cálculo de rutas óptimas para la recolección y barrido manual de desechos en el cantón Ambato mediante el uso de herramientas geoinformáticas” fue realizado por las señoritas Caizaluisa Caizaluisa, Alejandra Edith y Campaña Poveda, Joselyn Dennise el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 26 de agosto de 2021

Firma:

Oswaldo
Padilla
Almeida

Firmado digitalmente por Oswaldo Padilla
Almeida
Nombre de reconocimiento (DN):
cn=Oswaldo Padilla Almeida, o=Universidad
de las Fuerzas Armadas ESPE,
ou=Departamento de Ciencias de la Tierra y
de la Construcción,
email=ospadilla@espe.edu.ec, c=EC
Fecha: 2021.08.24 10:19:13 -05'00'

Ing. Padilla Almeida, Oswaldo Vinicio, Ph.D.

Director

C.C. 1709776650



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotras, **Caizaluisa Caizaluisa, Alejandra Edith y Campaña Poveda, Joselyn Dennise**, con cédulas de ciudadanía N° 1750175794 y N° 1805234992, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"Cálculo de rutas óptimas para la recolección y barrido manual de desechos en el cantón Ambato mediante el uso de herramientas geoinformáticas"** 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.

Sangolquí, 26 de agosto de 2021

Firma:

Caizaluisa Caizaluisa, Alejandra Edith

C.C.: 1750175794

Firma:

Campaña Poveda, Joselyn Dennise

C.C.: 1805234992



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotras, **Caizaluisa Caizaluisa, Alejandra Edith y Campaña Poveda, Joselyn Dennise**, con cédulas de ciudadanía N° 1750175794 y N° 1805234992, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **"Cálculo de rutas óptimas para la recolección y barrido manual de desechos en el cantón Ambato mediante el uso de herramientas geoinformáticas"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 26 de agosto de 2021

Firma:

Caizaluisa Caizaluisa, Alejandra Edith

C.C.: 1750175794

Firma:

Campaña Poveda, Joselyn Dennise

C.C.: 1805234992

Dedicatoria

A Nicole, que hoy en día se encuentra brillando en el cielo...

Este logro se lo quiero dedicar a Nico, hace un mes ella empezó a viajar por el cielo y las estrellas, y yo no dejo de pensarla, extrañarla y de preguntarme cómo es posible que físicamente ella ya no esté con nosotros. Hay días de mucha oscuridad, tratando de entender ese pequeño hilo que une la vida con la muerte, y como se puede aprender a vivir sin alguien que amas. Tu pronta partida ha marcado un antes y un después, nada volverá a ser igual, días cálidos, días grises, días solo días. Aprender a vivir sin ti está resultando muy difícil, porque es admitir que nunca más volveré a escuchar tu risa, pero tengo la esperanza de volvernos a encontrar, de abrazarte y decirte lo mucho que te quiero. Luchaste hasta el final, lo diste todo y aunque sea incierto, te aseguro que acá en la tierra viviré en honor a tu memoria.

A mis padres Anita y Alejo, por el amor y la paciencia.

A mis hermanas Eri y Anita, por ser mis mejores amigas.

A mis pedacitos de cielo, mis sobrinas Emi y Lucy, por ser luz y amor en mi vida.

Alejandra Caizaluisa

Dedicatoria

A Dios por ser mi guía en cada paso que doy, mi amparo y mi refugio en cada una de mis batallas.

A mis queridos padres Luis y Jake, cuyo esfuerzo y amor incondicional por sus hijos, no tienen límites.

A mi hermano Leo, quien ha sido mi compañía en mis caídas y aciertos.

A mis adorados abuelitos: Juanita (+), Conchita (+), Julio (+), ángeles en el cielo, quienes me han criado con tanto amor y han sido un eje central en mi formación como ser humano.

A mi tía Gloria, quien me brindó la calidez de su hogar y el apoyo necesario para cursar mis estudios.

A mí, por tener el coraje de no rendirse, soñar alto y perseguir sus ideales día con día.

Joselyn Campaña

Agradecimiento

Al Ing. Oswaldo Padilla, por ser nuestro guía en la elaboración de este proyecto para culminarlo de manera satisfactoria.

Al Ing. Izar Sinde por su colaboración como docente evaluador, más allá de la revisión del proyecto, agradezco por todo su conocimiento y su gran corazón como mi profesor.

A la EPM-GIDSA, por la apertura y confianza puesta en nosotros para la elaboración del proyecto.

A Joss, mi compañera y socia de tesis, por el gran trabajo en equipo, la amistad que sembramos y las charlas eternas que hicieron de este tiempo más ameno.

A mi familia y amigos, quienes estuvieron junto a mí compartiendo momentos increíbles y ayudándome a crecer como ser humano. Un agradecimiento eterno y de corazón hacia ustedes.

Alejandra Caizaluisa

Agradecimiento

A Dios, por haberme dado la oportunidad de percibir este logro, y permitirme soñar con muchos más.

A mis padres por su amor, apoyo y empuje para alcanzar día con día, éxito y bienestar. A mi hermano por los momentos de alegría y complicidad que me ha sabido brindar. A toda mi familia, unida y fraterna, quienes siempre estuvieron al pendiente de mí.

A mis pequeñas, Pelusa y Nieve, quienes son la alegría y luz de mi corazón.

A mi mejor amiga Sophy, quien ha sido mi soporte en cada paso de mi vida, con una palabra de aliento, a pesar de la distancia, o un cálido abrazo.

A mi compañera de tesis, Alejita, con quien hemos superado cada obstáculo que se nos ha presentado, y quien se ha convertido en una amiga más.

A mis amigos de toda la vida, y aquellos que pude conocer a lo largo de este caminar.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, especialmente a la carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente, por haberme recibido en sus aulas como una discípula más.

A nuestro director de tesis, Ing. Oswaldo Padilla, por su apoyo en la realización de este proyecto de tesis, su tiempo, paciencia y enseñanzas.

A nuestro docente evaluador, Ing. Izar Sinde, por sus aportes, y experiencias compartidas para llegar a ser grandes profesionales.

A la EPM-GIDSA, por la apertura y confianza depositada en nosotras.

A cada una de las personas que me han faltado nombrar personalmente y con las que me he cruzado en esta etapa de mi vida, quienes dichosamente se han convertido en mis maestros.

Joselyn Campaña

Índice de Contenido

Urkund _____	2
Certificado del director del trabajo de titulación _____	4
Autoría de responsabilidad _____	5
Autorización de publicación de la ESPE _____	6
Dedicatoria _____	7
Agradecimiento _____	9
Resumen _____	22
Abstract _____	23
Capítulo I _____	24
Antecedentes _____	24
Planteamiento del problema _____	26
Justificación e importancia del problema _____	27
Área de influencia _____	28
<i>Población</i> _____	31
<i>Zona urbana</i> _____	31
<i>Zona rural</i> _____	31
Equipamientos _____	34
<i>Sanitarios</i> _____	35
<i>Recreativos</i> _____	36
<i>Espacios públicos</i> _____	38
Turismo _____	38
Red vial _____	39
Fauna y Flora _____	43

	12
Topografía_____	43
Clima _____	44
Gestión de residuos _____	45
<i>Eliminación de residuos</i> _____	46
<i>Recolección de residuos</i> _____	47
Objetivos _____	48
<i>Objetivo General</i> _____	48
<i>Objetivos Específicos</i> _____	48
Metas _____	48
Capitulo II _____	50
Desecho / residuo _____	50
<i>Clasificación de los residuos</i> _____	50
Manejo de desechos _____	52
Gestión Integral de Desechos Sólidos de Ambato (GIDSA) _____	53
<i>Limpieza de vías y espacios públicos</i> _____	54
<i>Recolección y transporte de residuos sólidos</i> _____	55
Rutas de recolección _____	57
Diseño de rutas _____	58
<i>Macro rutas</i> _____	58
<i>Micro rutas</i> _____	62
Sistemas de Información Geográfica (SIG) _____	63
<i>Topología</i> _____	63
<i>Análisis de redes</i> _____	65
<i>Network Dataset</i> _____	68
<i>Herramienta de análisis de redes</i> _____	69
Capítulo III _____	78
Recolección de información _____	79

Estado actual de los servicios de recolección de residuos y barrido manual _____	79
<i>Recolección de desechos sanitarios</i> _____	79
<i>Recolección de carga posterior</i> _____	84
<i>Barrido manual</i> _____	89
Construcción de redes _____	94
<i>Generación de la red vial</i> _____	94
<i>Edición de la capa de red vial</i> _____	95
<i>Creación de una geodatabase</i> _____	96
<i>Topología de redes</i> _____	97
<i>Campos de una red vial</i> _____	97
<i>Creación del Network Dataset</i> _____	101
Análisis geoespacial de las rutas de recolección de desechos sanitarios _____	104
<i>Paradas de recolección</i> _____	105
<i>Creación de la capa de puntos</i> _____	107
<i>Zonificación y frecuencia</i> _____	108
<i>Diseño de rutas de recolección de desechos sanitarios</i> _____	110
Análisis geoespacial de las rutas de recolección de carga posterior _____	113
<i>Paradas de recolección</i> _____	114
<i>Pesaje de basura recolectada</i> _____	117
<i>Zonificación y frecuencia</i> _____	123
<i>Diseño de rutas de recolección de desechos de carga posterior</i> _____	126
Análisis geoespacial de las rutas de recolección de barrido manual _____	135
<i>Trayectos de recolección</i> _____	136
<i>Zonificación y frecuencia</i> _____	141
<i>Diseño de rutas de barrido manual</i> _____	141
Capítulo IV _____	143
Geodatabase _____	143
Red vial actualizada _____	145
Rutas de recolección _____	145

<i>Rutas de recolección de desechos sanitarios</i>	145
<i>Rutas de recolección de desechos de carga posterior</i>	150
<i>Rutas de barrido manual</i>	156
Discusión de resultados y propuesta	165
<i>Ejes viales</i>	165
<i>Recolección de desechos sanitarios</i>	166
<i>Recolección de carga posterior</i>	168
<i>Barrido manual</i>	169
Capítulo V	171
Conclusiones	171
Recomendaciones	172
Referencias Bibliográficas	175
Anexos	184

Índice de Tablas

Tabla 1. Situación actual de los asentamientos humanos de las parroquias rurales _____	31
Tabla 2. Establecimientos de salud del Cantón Ambato _____	35
Tabla 3. Parques del Cantón Ambato _____	36
Tabla 4. Estado vial en las parroquias rurales de Ambato _____	39
Tabla 5. Reglas de topología disponibles en ArcGIS _____	64
Tabla 6. Descripción de las macro rutas de recolección de desechos sanitarios _____	80
Tabla 7. Descripción de las macro rutas de recolección de carga posterior _____	85
Tabla 8. Descripción de las macro rutas de recolección de barrido manual _____	90
Tabla 9. Personal y maquinaria de trabajo de barrido manual _____	91
Tabla 10. Tiempo de trabajo de recolección de carga posterior _____	125
Tabla 11. Elementos de barrido manual _____	140
Tabla 12. Tipo de establecimientos de desechos sanitarios _____	146
Tabla 13. Total de establecimientos en la Zona 1 _____	148
Tabla 14. Total de establecimientos en la Zona 2 _____	148
Tabla 15. Total de establecimientos en la Zona 3 _____	149
Tabla 16. Distancia recorrida en las zonas de recolección de desechos sanitarios _____	150
Tabla 17. Frecuencia de recolección de desechos de carga posterior _____	151
Tabla 18. Peso, tiempo, y distancia de cada ruta de recolección _____	155
Tabla 19. Zona 1 del Grupo 1 de trabajo de barrido manual _____	157

Tabla 20. Zona 2 del Grupo 1 de trabajo de barrido manual _____	159
Tabla 21. Jornada de barrido de la Zona 1 - Grupo 1 _____	162
Tabla 22. Jornada de barrido de la Zona 2 - Grupo 1 _____	163
Tabla 23. Jornada de barrido del Grupo 2 _____	163
Tabla 24. Distancias / Frecuencia de trabajo _____	164
Tabla 25. Propuesta de personal de barrido _____	170

Índice de Figuras

Figura 1. Área de estudio _____	30
Figura 2. Mercado Mayorista de Ambato _____	35
Figura 3. Ubicación de los establecimientos de salud _____	36
Figura 4. Ubicación de los principales parques de Ambato _____	37
Figura 5. Fiesta de las Flores y las Frutas _____	38
Figura 6. Red vial Ambato _____	39
Figura 7. Pendientes del cantón Ambato _____	44
Figura 8. Relleno sanitario _____	45
Figura 9. Disposición de desechos sólidos del cantón Ambato _____	46
Figura 10. Porcentajes de las formas de eliminación de la basura por parroquia _____	47
Figura 11. Gestión Integral de Residuos _____	53
Figura 12. Barrido Manual _____	55
Figura 13. Recolección por carga posterior _____	56
Figura 14. Recolección de desechos hospitalarios _____	57
Figura 15. Representación de zonificación _____	59
Figura 16. Sistema y elementos de una red _____	66
Figura 17. Red vial y ruta respectiva _____	68
Figura 18. Componentes básicos del análisis de red _____	69
Figura 19. New OD Cost Matrix _____	71

Figura 20. New Route _____	72
Figura 21. Ejemplo de la aplicación de VRP _____	73
Figura 22. New Vehicle Routing Problem _____	74
Figura 23. New Service Area _____	75
Figura 24. Instalación más cercana _____	76
Figura 25. New Location-Allocation _____	77
Figura 26. Diagrama de la metodología aplicada _____	78
Figura 27. Tracking de recolección de la Zona 1 _____	81
Figura 28. Tracking de recolección de la Zona 2 _____	82
Figura 29. Tracking de recolección de la Zona 3 _____	83
Figura 30. Tracking de recolección de la Zona S/n _____	83
Figura 31. Descripción de las micro rutas de recolección de desechos sanitarios _____	84
Figura 32. Tracking de recolección de la Zona 11 _____	87
Figura 33 Descripción de las micro rutas de recolección de carga posterior _____	88
Figura 34. Servicio de barrido en el cantón Ambato _____	89
Figura 35. Descripción de las micro rutas de barrido manual del grupo 1 _____	92
Figura 36. Descripción de las micro rutas de barrido manual del grupo 2 _____	93
Figura 37. Modelo cartográfico de la construcción de redes _____	94
Figura 38. Red vial del cantón Ambato _____	95
Figura 39. Tabla de atributos de la red vial del cantón Ambato _____	96

Figura 40. Tabla de atributos editada de la red vial del cantón Ambato _____	96
Figura 41. Límites de velocidad _____	99
Figura 42. Tabla de atributos de ejes viales del cantón Ambato _____	100
Figura 43. Configuración del atributo “Jerarquía” de Network Dataset _____	102
Figura 44. Expresión del campo de evaluadores para Oneway _____	103
Figura 45. Uso de restricción de tiempo de giro _____	103
Figura 46. Configuración final de las propiedades de Network Dataset _____	104
Figura 47. Modelo cartográfico de las rutas de recolección de desechos sanitarios _____	105
Figura 48. Usuarios catastrados para el servicio de recolección de desechos sanitarios _____	106
Figura 49. Base de datos del catastro actualizado de recolección de desechos sanitarios _____	106
Figura 50. Puntos de recolección actualizados de desechos sanitarios _____	107
Figura 51. Puntos de recolección de desechos sanitarios _____	108
Figura 52. Puntos de recolección de desechos sanitarios – Zona 1 (Casco Central) _____	109
Figura 53. Puntos de recolección de desechos sanitarios – Zona 2 (Norte) _____	109
Figura 54. Puntos de recolección de desechos sanitarios – Zona 3 (Sur) _____	110
Figura 55. Ventana principal de “New Route” _____	111
Figura 56. Locaciones cargadas _____	112
Figura 57. Propiedades del layer de ruta _____	113
Figura 58. Modelo cartográfico de las rutas de recolección de desechos de carga posterior _____	114

Figura 59. Información levantada para el servicio de recolección de desechos de carga posterior _____	115
Figura 60. Puntos de recolección de desechos de carga posterior _____	116
Figura 61. Sectores censales del cantón Ambato _____	117
Figura 62. Tabla de atributos de las unidades censales del INEC _____	118
Figura 63. Mapa de densidad poblacional del cantón Ambato _____	119
Figura 64. Sistema contenerizado en el cantón _____	120
Figura 65. Buffer aplicado a los 641 contenedores _____	121
Figura 66. Intersección de polígonos de buffer y sectores censales _____	122
Figura 67. Ejemplo de 2 viajes en la ruta _____	124
Figura 68. Tabla de atributos de los puntos de recolección de carga posterior _____	126
Figura 69. Ventana principal de “New Vehicle Routing Problem” _____	127
Figura 70. Interfaz de procesamiento de rutas de carga posterior _____	128
Figura 71. Propiedades del layer de VRP _____	129
Figura 72. Delimitación zonal de determinadas rutas de atención _____	130
Figura 73. Paradas de recolección cargadas _____	131
Figura 74. Punto de llegada y partida cargados _____	132
Figura 75. Propiedades de rutas _____	133
Figura 76. Ruta 2 de la ZONA 7 _____	134
Figura 77. Ruta 2 de la ZONA 7 dividida en 2 viajes _____	135

Figura 78. Modelo cartográfico de las rutas de barrido manual _____	136
Figura 79. Información levantada para el servicio de barrido manual _____	137
Figura 80. Trayectos totales de prestación de servicio de barrido manual _____	138
Figura 81. Ejemplo de elementos de barrido _____	139
Figura 82. Tabla de atributos de los trayectos de barrido _____	141
Figura 83. Estructura de la geodatabase _____	143
Figura 84. Metadatos de las rutas de la Zona 1 de Carga Posterior _____	144
Figura 85. Mapa de ejes viales actualizados del cantón Ambato _____	145
Figura 86. Ruta de recolección de desechos sanitarios de la Zona 1 (Casco Central) _____	147
Figura 87. Zonas de recolección de carga posterior _____	151
Figura 88. Frecuencia de recolección de desechos de carga posterior _____	153
Figura 89. Rutas de recolección de carga posterior de la Zona 1 _____	154
Figura 90. Ruta de barrido manual del Grupo 1 _____	157
Figura 91. Grupo 2 de trabajo de barrido manual _____	161

Resumen

La recolección de residuos es una fase importante en la gestión de desechos, debido a que la ausencia de servicios apropiados de recolección y limpieza puede dar lugar a la creación de micro - basurales descontrolados. Así mismo, los gastos económicos que puede representar esta etapa para las instituciones son de aproximadamente entre el 50 y 90% de los costos de operación del servicio de limpia, dependiendo de diversos factores, donde uno de ellos es el diseño de rutas de recolección. Por lo tanto, la presente investigación plantea el cálculo de rutas óptimas para tres diferentes servicios que oferta la Empresa Pública Municipal de Gestión Integral de Desechos Sólidos (EPM-GIDSA), los cuáles son: recolección de desechos sanitarios; recolección de desechos de carga posterior; y barrido manual en el cantón Ambato mediante el uso de herramientas geoinformáticas. Actualmente las rutas con las que cuentan se basan en un proceso empírico, con falta de estructuración digital y ausencia de aspectos técnicos. Los ejes viales, los cuales se obtuvieron a partir de OpenStreetMap, fueron el insumo principal para definir los trayectos de recolección. Posteriormente, se generó una metodología específica para cada servicio, a partir de la información recopilada de carácter bibliográfico y cartográfico, y del diagnóstico inicial de cada uno de ellos. La recolección de desechos sanitarios organizó a la ciudad, en base a los puntos identificados, en tres zonas de la ciudad o macro rutas: Norte, Centro y Sur. La recolección de desechos de carga posterior estableció ocho zonas de trabajo, cada una con sus respectivas rutas dependiendo la frecuencia de atención. El barrido manual fue definido en base a los tres grupos de trabajo distribuidos en cuadrillas en el casco central, sectores periféricos y principales avenidas de la ciudad. Finalmente, los resultados alcanzados lograron evidenciar una optimización en el ruteo, con sustento geoespacial, de lo cual se pudieron extraer ideas claves a manera de propuesta para disposición de la EPM-GIDSA con el fin de plantear un enfoque de manera continua.

Palabras clave:

- **RECOLECCIÓN DE BASURA**
 - **DESECHOS**
- **SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**
- **HERRAMIENTAS GEOINFORMATICAS**
 - **ANÁLISIS DE REDES**

Abstract

Waste collection is an important phase in waste management, since the absence of appropriate collection and cleaning services can lead to the creation of uncontrolled micro-dumps. Likewise, the economic expenses that this stage can represent for the institutions are approximately between 50 and 90% of the operating costs of the cleaning service, depending on various factors, where one of them is the design of collection routes. Therefore, this research proposes the calculation of optimal routes for three different services offered by the Municipal Public Company of Integrated Solid Waste Management (EPM-GIDSA), which are: collection of sanitary waste; collection of rear-loaded waste; and manual sweeping in Ambato through the use of geoinformatics tools. Currently, the routes are based on an empirical process, with a lack of digital structuring and absence of technical aspects. The road axes, which were obtained from OpenStreetMap, were the main input to define the collection routes. Subsequently, a specific methodology was generated for each service, based on the bibliographic and cartographic information collected and the initial diagnosis of each one of them. Sanitary waste collection organized the city, based on the points identified, into three city zones or macro routes: North, Central and South. Rear-load waste collection established eight work zones, each with its respective routes depending on the frequency of service. Manual sweeping was defined on the basis of the three work groups distributed in crews in the central area, peripheral sectors and main avenues of the city. Finally, the results achieved showed an optimization in the routing, with geospatial support, from which key ideas could be extracted as a proposal for EPM-GIDSA's disposition in order to propose a continuous approach.

Key words:

- **GARBAGE COLLECTION**
 - **WASTE**
- **GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS**
 - **GEOINFORMATICS TOOLS**
 - **NETWORK ANALYSIS**

Capítulo I

Generalidades

Antecedentes

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda del Ecuador en el año 2010, la población era de 14 483 499 millones de habitantes, de los cuales se indica que el 77% de los hogares elimina la basura por medio de carros recolectores y el 23% la elimina de otras formas, como arrojar la basura a terrenos baldíos o quebradas, quemarla, enterrarla, depositarla en ríos, acequias o canales, etc., (Ministerio del Ambiente y del Agua, 2020).

Se estableció que el servicio de recolección de residuos sólidos tiene una cobertura nacional promedio del 84.2% en las zonas urbanas y de 54.1% en las zonas rurales, esto conforme a los datos provistos por el Programa Nacional de Gestión integral de Desechos Sólidos, el MIDUVI y otras instituciones. También se indicó que los residuos no recolectados propician la creación de micro basurales no controlados (Ministerio del Ambiente y del Agua, 2020).

La fase de recolección consiste en transportar los residuos desde su almacenamiento en la fuente generadora, hasta el vehículo recolector y luego trasladarlos al sitio de disposición final o estación de transferencia (SEDESOL 1997, como se citó en Aguilar et al., 2015). Esta etapa es de suma importancia debido a que aquí yacen las erogaciones económicas que se realizan, y estas pueden llegar a representar entre el 50 y 90% de los costos de operación del servicio de limpieza, dependiendo principalmente de diversos factores como la densidad de población, la cantidad colectada, el estado físico de los camiones, el diseño de las rutas de recolección y gastos de reposición (SEDESOL,1996; OPS, 2002; INECC, 2012 como se citó en Aguilar et al., 2015)

Uno de los aspectos más importantes en la gestión de desechos es el enrutamiento, el cual no posee planificación y por ende ha resultado afectado, al no tomar en cuenta la reducción de costos operativos y la conservación ambiental (Sulemana et al., 2018). Un diseño inadecuado de rutas, genera una deficiente operación de equipos y personal, las coberturas de servicio pueden verse reducidas o limitadas, e incluso se puede dar lugar a la proliferación de tiraderos clandestinos en diferentes puntos de las ciudades (Aguilar et al., 2015).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), tienen varias herramientas y funciones que han contribuido al desarrollo de la geografía; pueden recopilar, organizar, compartir y analizar fácilmente información espacial, lo que es propicio para la toma de decisiones, planificación, análisis y gestión de datos geográficos. Como herramienta que permite la gestión territorial, los SIG han mejorado sus funciones y pueden brindar a los usuarios más soluciones, donde destacan el transporte y la logística (Díaz, 2013).

La recolección de desechos, producto de domicilios, hospitales, centros de entretenimiento y de la calle, en las distintas localidades del cantón Ambato es un proceso, que en los últimos años ha sido llevado a cabo por la Empresa Pública Municipal de Gestión Integral de Desechos Sólidos (EPM-GIDSA). La organización está comprometida con el establecimiento de la gestión integral de residuos sólidos en la ciudad, y es de suma importancia que la empresa mantenga bajos costos operativos y de mantenimiento para conservar su infraestructura a lo largo de los años (Guamán Lozano et al., 2017). Además, se dio a conocer en 2019 que ingresan diariamente alrededor de 300 toneladas de basura, donde 260 toneladas aproximadamente representan los desechos domiciliarios y los residuos industriales, sanitarios y demás, corresponden a las 40 toneladas restantes (La Hora, 2019).

Guamán Lozano et al. (2017), realizaron un estudio con el tema: "Optimización del proceso de recolección de desechos sólidos de la Ciudad de Ambato mediante el diseño de un

modelo de distribución de redes”, el cual tuvo como propósito, minimizar costos en la recolección de residuos sólidos y asignar adecuadamente las toneladas por viaje realizado; y así cumplir con las expectativas que se tiene de este servicio por parte de la ciudadanía.

Planteamiento del problema

Guamán Lozano et al., (2017) implementaron un modelo de macro rutas que permitió optimizar costos, mediante la asignación de vehículos recolectores a diversas áreas de la ciudad para realizar la recolección por carga lateral. Sin embargo, a través de la entrevista verbal realizada con los funcionarios del Departamento de Gestión de Servicios de Desechos Sólidos de la EPM-GIDSA, se identificó la carencia de rutas preestablecidas al momento de ofrecer algunos servicios de recolección de desechos y limpieza lo que denota en una mala organización principalmente de coste, tiempos y distancias a cubrir, todo esto debido a la ausencia de un análisis previo.

Actualmente las operaciones logísticas dentro de la EPM-GIDSA, en las áreas de recolección de desechos sanitarios, recolección de carga posterior y barrido manual, no cuentan con un diseño de rutas óptimas, lo cual hace que las actividades que ofertan sean ineficientes y deba contemplarse el cálculo de rutas para mejorar la recolección y limpieza de residuos en bien de la población, la ciudad y el ambiente; evitando así la acumulación de basura en cualquier sitio, que da lugar a la ralentización del servicio o ausencia del mismo.

Por tales razones, es de vital importancia atender una de las problemáticas existentes de la EPM-GIDSA y la población, donde es evidente el requerimiento de estudios técnicos con sustento geoespacial para lograr diseñar rutas óptimas en los servicios de recolección de desechos sanitarios, recolección de desechos de carga posterior y barrido manual. En este sentido, al no aplicar las medidas adecuadas, no se obtendrá una adecuada reasignación de los

recursos en la organización, principalmente a través de la reducción de distancia, tiempo, costos operativos y de mantenimiento; como impactos concatenados a la optimización de rutas.

Justificación e importancia del problema

Los expertos actuales han aprovechado las amplias ventajas de las tecnologías de la información geoespacial como los SIG, para proponer nuevas soluciones al desafío de diseñar rutas de recolección de desechos, puesto que se ha comprobado que uno de los principales inconvenientes consiste en el deficiente diseño basado en la experiencia o juicio del proyectista; ya que en la mayoría de los casos, es el jefe de limpieza o los choferes de los vehículos recolectores quienes diseñan las rutas y podrían desviar el ruteo (Aguilar et al., 2015).

La Ordenanza para Manejo Integral de los Residuos Sólidos del Cantón Ambato tiene como objetivo regular y controlar el manejo de residuos sólidos en el cantón Ambato, mediante la implementación de un sistema de manejo integral, que permita mejorar las condiciones de salubridad y protección del ambiente a través de sus procesos, para reducir la generación de residuos sólidos.

En este contexto, uno de los apartados que son relevantes en el estudio, es la sección V: Recolección y transporte de residuos sólidos, Art. 29, tipos de recolección: el GAD Municipalidad de Ambato (GADMA); a través de la EPM-GIDSA, identifica como tipos de recolección los siguientes:

- Recolección a mayores productores de residuos sólidos.
- Recolección por método de carga posterior.
- Recolección de desechos hospitalarios.

Y además se menciona en la sección IV: Limpieza de vías y espacios públicos, Art. 23, frecuencia y horario de limpieza: La EPM-GIDSA, como prestador del servicio, establecerá la frecuencia para la limpieza de los espacios físicos, para lo cual es necesario, como primer

componente, el barrido, considerando el desarrollo, las necesidades y características de cada zona.

En base a lo expuesto, se pretende transformar los actuales trayectos de recolección de residuos del cantón Ambato, mediante la optimización de procesos, mejorando tiempos y movimientos de los carros recolectores y obreros encargados del barrido manual, aplicando herramientas esenciales como las geoinformáticas. Siendo la presente investigación de gran utilidad para la EPM-GIDSA y la sociedad, evitando así la acumulación de basura en el entorno, y los problemas ambientales y de salud que estos puedan acarrear por la ausencia de rutas de recolección previamente planificadas en los distintos sectores del cantón.

Además, este proyecto trae consigo diversos beneficios a la Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente, y a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, ya que promueve la inserción de los estudiantes y futuros profesionales del Ecuador en el mundo laboral, no solo en funciones relacionadas a la presente rama académica, sino en todas las demás ocupaciones que requieren estudios y proyectos que contribuyan al bienestar de la sociedad. Específicamente, la municipalidad de Ambato manifiesta que es evidente la ausencia de expertos en estudios geoespaciales, debilidad que debe ser solventada con la participación recurrente y activa de los mismos, y se logre aplicar los conocimientos y habilidades adquiridas, así como el enaltecimiento del nombre de la institución y la carrera.

Área de influencia

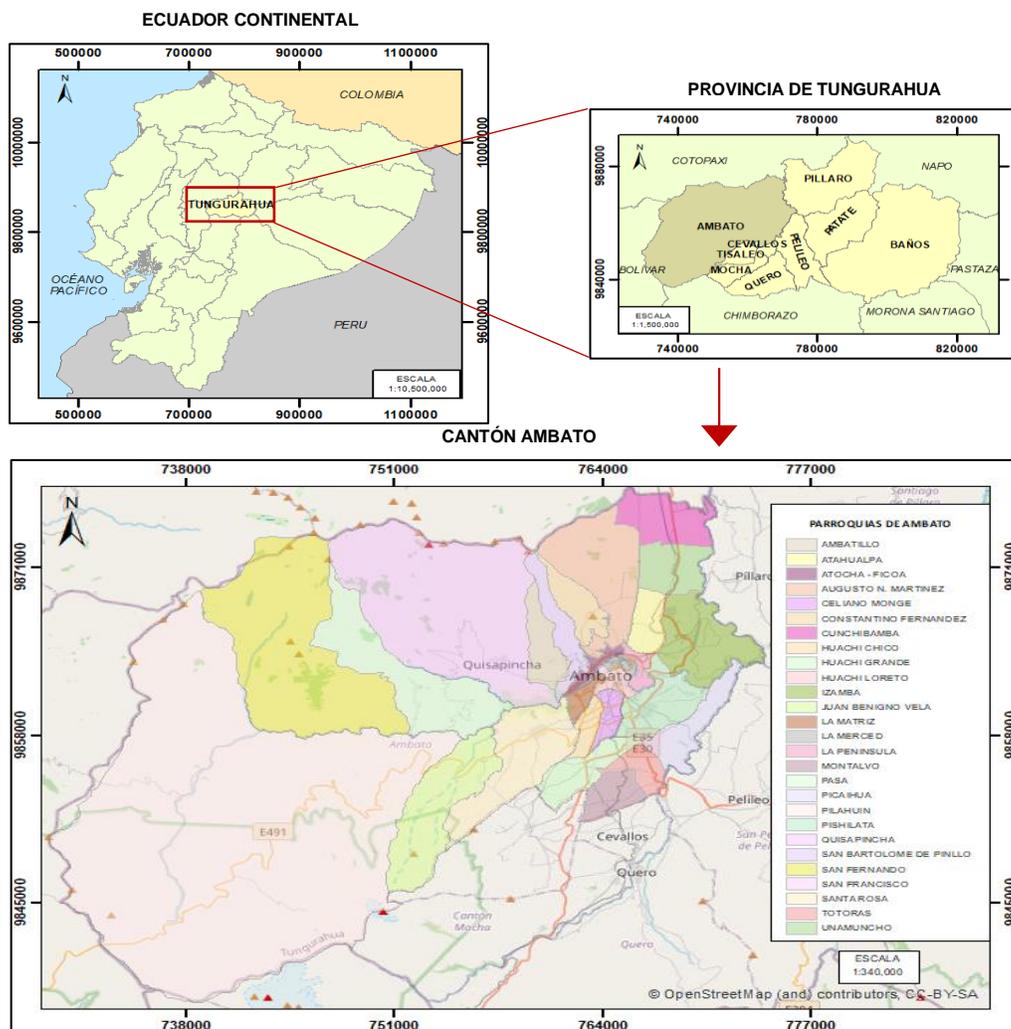
El área de estudio corresponde al cantón Ambato, capital de la provincia de Tungurahua. Esta ciudad, se encuentra en el centro de la serranía ecuatoriana, y se caracteriza por ser un motor de gran actividad comercial. Su área es de 1008.8 km² y su altitud varía desde los 2577 msnm hacia los 3210 msnm. Sus límites son al norte con la provincia de Cotopaxi, al sur con la provincia de Chimborazo y los cantones Tisaleo, Mocha y Cevallos, al este con el cantón

Pelileo y cantón Píllaro, y al oeste con la provincia de Bolívar (Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, 2015).

Ambato está conformado en su estructura político-administrativa por parroquias urbanas y rurales, (ver Figura 1). Se conoce como “La Matriz” a la zona urbana, que agrupa a las parroquias de: San Francisco, La Merced, Celiano Monge, Huachi Loreto, Huachi Chico, La Matriz, Atocha – Ficoa, Pishilata y La Península. Por otra parte, las 18 parroquias rurales son: Ambatillo, Atahualpa, Augusto N. Martínez, Constantino Fernández, Huachi Grande, Izamba, Juan Benigno Vela, Montalvo, Pasa, Picaihua, Pilahuín, Quisapincha, San Bartolomé de Pinllo, San Fernando, Santa Rosa, Totoras, Cunchibamba y Unamuncho (GADMA, 2016).

Figura 1.

Área de estudio



Nota. La figura está representada en base al sistema de coordenadas geográficas y datum WGS84, y meridiano central de Greenwich. Se utilizó la Proyección Cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM), zona 17 Sur.

Población

Acorde al Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), en el cantón existe aproximadamente 329 856 habitantes, según el censo 2010; y para el año 2020 se estima en las proyecciones un total de 387.309 habitantes (INEC, 2010). Los cantones de Ambato y Baños poseen menor población rural que urbana; y en el resto de los cantones de Tungurahua, se da un fenómeno contrario donde la mayoría de los cantones de la provincia tienen una connotación más rural que urbana (Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, 2017).

Zona urbana

En el censo 2010, se registró que existen 116 470 viviendas, de las cuales 55 253 están en la cabecera cantonal, (GADMA, 2016).

Zona rural

Mediante la información recopilada por cada uno de los PDOT parroquiales, se obtuvo, en resumen, datos de la población (ver Tabla 1).

Tabla 1

Situación actual de los asentamientos humanos de las parroquias rurales

Parroquia	Descripción	Referencia
Ambatillo	Población:	5 243 hab.
	Densidad poblacional:	419.44 hab./Km ²
	Es el 2.94% de la población cantonal.	(GADPR Ambatillo, 2015)
Atahualpa	Población:	12 910 hab.
	Densidad poblacional:	1 068.854 hab./Km ²
	Sector 1 - Santa Fe:	1 666 hab.
	Sector 2 - La Florida:	2 390 hab.
	Sector 3 - Macasto:	4 015 hab.

Parroquia	Descripción	Referencia
	Sector 4 - Centro Atahualpa:	4 839 hab.
Augusto N. Martínez	Población:	8 191 hab. (GADPR Augusto Martínez, 2018)
Constantino Fernández	Población: Densidad poblacional: En 13 comunidades aprox. 1 236 familias tienen 5 integrantes / familia.	2 534 hab. 134.9 hab./Km ² (GADPR Constantino Fernández, 2014)
Cunchibamba	Población: Densidad poblacional: Barrio Pucarumi: Barrio San Vicente:	4 475 hab. 235.28 hab./Km ² 300 familias 22 familias (GADPR Cunchibamba, 2014)
Huachi Grande	Población: Densidad poblacional:	10 614 hab. 734.02 hab./Km ² (GADPR Huachi Grande, 2015)
Izamba	Población: Densidad poblacional:	14 543 hab. 501 hab./Km ² (GADPR Izamba, 2015)
Juan Benigno Vela	Población: Casco Central: San Francisco: Pataló Alto: San Pedro: San Luis: San Alfonso: Chacapungo: San Miguel:	8 755 hab. 800 familias 600 familias 300 familias 250 familias 165 familias 130 familias 130 familias 80 familias (GADPR Juan Benigno Vela, 2018)
Montalvo	Población:	3 912 hab. (GADPR Juan Montalvo, 2019)
Pasa	Población: Densidad poblacional:	6 499 hab. 1.33 hab./Km ² (GADPR Pasa, 2015)

Parroquia	Descripción	Referencia
	Población total corresponde a zona rural. Aprox. 500 personas habitan en la cabecera parroquial.	
Picaihua	Población:	9 054 hab. (GADPR Picaihua, 2015)
	Población:	12 128 hab.
	Densidad poblacional:	29 hab./Km ²
	Población con mayor presencia en Pilahuin Centro, Pucara, Llangahua, Tamboloma, El Lindero y Yatzaputzan.	
Pilahuin	El Lindero, Pucara, Tamboloma, Pilahuin Centro Llangahua:	(GADPR Pilahuin, 2013)
	Mulanleo, Yatzaputzan:	1000 - 3000 hab.
	Cunuyacu, La Esperanza, Echaleche, San Antonio:	600 - 1000 hab.
	Nueva Vida, 10 de octubre, Rumpiata, San Isidro:	300 - 600 hab.
		> 300 hab.
	Población:	13 001 hab.
	Dens. bruta en zona rural:	1.2 hab./ha
Quisapincha	Dens. bruta en zona habitable:	3.59 hab./ha (GADPR Quisapincha, 2015)
		34.04 hab./ha
	Dens. bruta en zona urbana:	
	Concentración de la mayor población en el área rural.	
San Bartolomé de Pinllo	Población:	10 064 hab. (GADPR San Bartolomé de Pinllo, 2015)
San Fernando	Población:	2 757 hab. (GADPR San Fernando, 2014)
Santa Rosa	Población:	23 245 hab. (GADPR Santa Rosa, 2018)
Totoras	Población:	7 913 hab. (GADPR Totoras, 2015)

Parroquia	Descripción	Referencia
	Densidad poblacional:	989 hab./Km ²
Unamuncho	Población:	5 171 hab. (GADPR Unamuncho, 2017)

Nota. La información corresponde a los últimos PDOT emitidos por cada GAD Parroquial, por lo que no se presentan datos uniformes, actualizados o estandarizados.

Equipamientos

Ambato está localizado en un punto geográfico estratégico donde se da el comercio entre otras provincias y donde las áreas próximas a la vía tienen producciones de frutas, hortalizas y centros comerciales diversos. La producción mayoritariamente se comercializa directamente por los productores en Ambato y otros lo hacen a intermediarios en la vía pública (GADMA, 2016).

El cantón es un nodo de comercialización e intercambio de suma importancia en la Sierra Central, debido a que allí se constituye un sistema de ferias, como la del Mercado Mayorista, que es una de las principales, (ver Figura 2) y otras ferias especializadas en cantones aledaños como en Mocha y Pillaro mediante las ferias de ganado, en Quero a través de la especialización en papas y cebolla y en Pelileo la concentración de la producción avícola y de otros productos como tomate de árbol, maíz, aguacate, entre otros, que conciben como un punto estratégico de comercialización la feria de Patate (Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, 2017).

Figura 2.*Mercado Mayorista de Ambato*

Nota. Mercado Mayorista de la ciudad. Tomado de (El Comercio, 2020).

Sanitarios

Existen 40 establecimientos de salud, distribuidos en 2 distritos y 11 circuitos (ver Tabla 2). El cantón tiene un registro de dos hospitales generales: Hospital General Ambato y Hospital IESS y un hospital básico: Hospital Municipal Nuestra Señora de la Merced, ubicados en la cabecera cantonal (ver Figura 3).

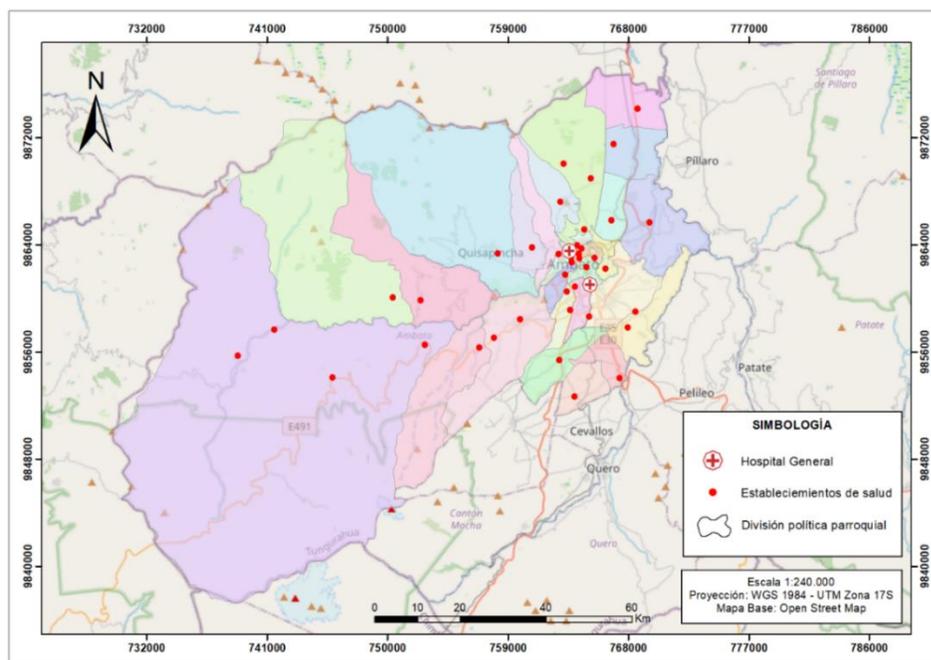
Tabla 2*Establecimientos de salud del Cantón Ambato*

Distrito	Infraestructura de salud
Augusto N. Martínez, Constantino Fernández, Cunchibamba, Izamba, Pasa, Quisapincha, San Bartolomé De Pinllo, San Fernando, Unamuncho, Ambatillo, Atahualpa, La Península, La Merced, Atocha-Ficoa, La Matriz, San Francisco.	2 Hospitales Generales 13 Centros de Salud 5 Puestos de Salud
Huachi Grande, Juan Benigno Vela,	1 Hospital Básico
Montalvo, Picaihua, Pilahuín, Santa Rosa, Totoras, Celiano Monge, Huachi Chico, Huachi Loreto, Pishilata	11 Centros de Salud 8 Puestos de Salud

Nota. Información tomada de (GADMA, 2016).

Figura 3.

Ubicación de los establecimientos de salud



Recreativos

Los parques son parte fundamental pertenecientes a las zonas recreativas del cantón, ya que son lugares donde se puede disfrutar de un ambiente familiar, por tal motivo, representa una gran cantidad de generación de basura. Los parques principales del cantón se los nombra a continuación, (ver Tabla 3).

Tabla 3

Parques del Cantón Ambato

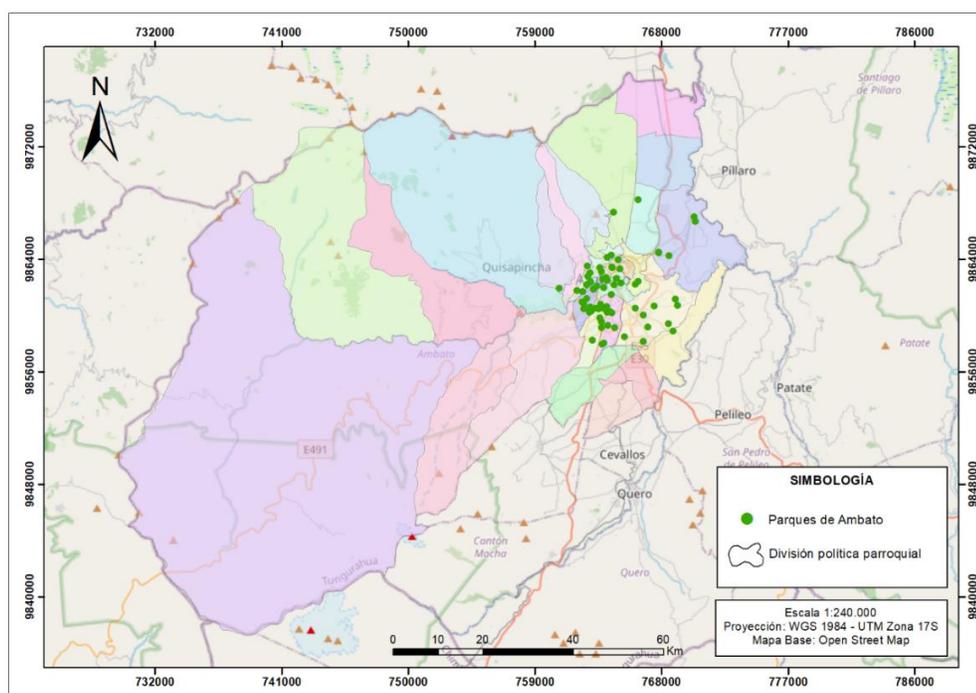
Parques de Ambato	
Parque 12 de Noviembre	Parque El Sueño
Parque Atocha	Parque José Cuesta Holguín
Parque Cevallos	Parque Juan Benigno Vela
Parque de La Laguna	Parque La Merced

Parques de Ambato	
Parque de La Quebrada - Parte 2	Parque La Presidencial
Parque de Las Flores	Parque Lineal
Parque de Los Enamorados	Parque Los Quindes
Parque de Los Carrizos	Parque Luís A. Martínez
Parque del Arbolito	Parque Miñarica 2
Parque del Comerciante	Parque Montalvo
Parque Dos Culturas	Parque Sucre
Parque Provincial de la Familia	

En la siguiente figura, se pueden visualizar los parques, concentrados principalmente en el casco central de Ambato (ver Figura 4).

Figura 4.

Ubicación de los principales parques de Ambato



Espacios públicos

La limpieza y disposición de los desechos sólidos de vías, calzadas y aceras públicas son responsabilidad de todos los ciudadanos. Los propietarios o arrendatarios de viviendas, locales comerciales o industriales serán responsables de limpiar, barrer y recoger los desechos sólidos del frente de sus propiedades, tanto en el área de aceras, como en el 50% de la calzada, debiendo hacer el barrido de afuera hacia adentro, (EPM-GIDSA, 2013).

Turismo

El cantón Ambato tiene diferentes lugares turísticos como ríos, lagunas y zonas altoandinas. Sin embargo, una gran cantidad de turistas visitan la ciudad gracias a una de las mayores fiestas tradicionales, como lo es la “Fiesta de las Flores y las Frutas” (ver Figura 5), celebrado cada carnaval (GADMA, 2016).

Figura 5.

Fiesta de las Flores y las Frutas



Nota. Desfile tradicional en la Fiesta de las Flores y las Frutas. Tomado de (El Productor, 2019).

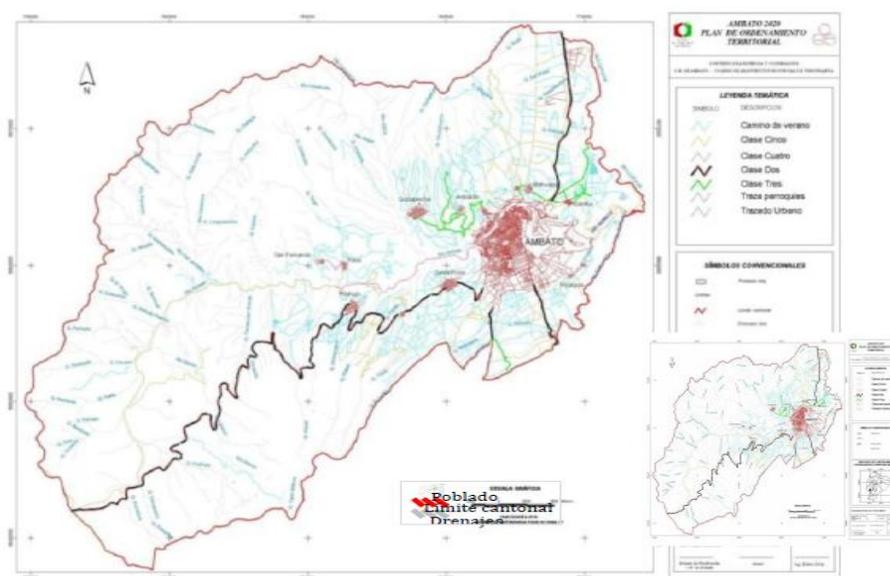
Además, Ambato es considerado un destino de paso, por lo que es necesario mejorar la calidad de los servicios y enfocarse en el desarrollo de productos para fortalecer el sector, principalmente en el turismo cultural gastronómico y comercial (Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, 2017).

Red vial

La mayoría de la infraestructura vial de Ambato es buena y asfaltada (ver Figura 6), más del 90% del cantón tiene una red vial (GADMA, 2016).

Figura 6.

Red vial Ambato



Nota. Mapa Vial Cantonal. Escala información 1:50.000. Tomado de (GADMA, 2016).

A continuación, (ver Tabla 4), se puede visualizar la descripción del sistema vial de cada parroquia rural del cantón, con información correspondiente a cada uno de los PDOT parroquiales.

Tabla 4

Estado vial en las parroquias rurales de Ambato

Parroquia	Estado de las vías		Referencia
Ambatillo	Vías asfaltadas:	Buen estado	26.16 Km 1.42 Km (GADPR Ambatillo, 2015)
	Vías adoquinadas:	Buen estado	

Parroquia	Estado de las vías		Referencia	
	Vías empedradas:	Estado regular	9.04 Km	
	Vías de tierra:	Regular y mal estado	35 Km	
	Chaquiñanes:	Mal estado	2.64 Km	
Atahualpa	Calles, vías y carreteras pavimentadas:		50.88 Km	
	Calles, vías y carreteras transitables:		116.45 Km	
	Ferrocarril:		5.93 Km	(GADPR Atahualpa, 2015)
	Parterres:		5.53 Km	
	Puente, puente peatonal, paso desnivel:		0.29 Km	
	Senderos:		7.11 Km	
Calles vías y carreteras pavimentadas:		59.83 Km	(GADPR Augusto Martínez, 2018)	
Augusto N. Martínez	Calles, vías y carreteras transitables:			
	Parterres:			0.14 Km
	Puente, puente peatonal, paso desnivel:			0.14 Km
	Senderos:			104.33 Km
	Constantino Fernández	Vías totales:		84.27 Km
Vías urbanas asfaltadas:		59.39%		
Vías urbanas empedradas:		7.66%		
Vías de tierra:		32.95%		
Cunchibamba	Vías totales:		89.66 Km	(GADPR Cunchibamba, 2014)
	Vías férreas:		3.9 Km	
	Vías rurales de tierra:		69.37%	
	Vías empedradas, principalmente vías secundarias:		1.23%	
	Vías asfaltadas, vías secundarias conectan con la parroquia:		24.56%	
	Huachi Grande	Vías asfaltadas:		
Vías adoquinadas:		1.48 Km		
Vías empedradas:		6.3 Km		

Parroquia	Estado de las vías	Referencia
	Vías pavimentadas:	8.59 Km
	Vías de tierra:	36.95 Km
	Ausencia de ejes viales, en mal estado, sin transitabilidad, de tierra, sin tratamiento.	
Izamba	Buen sistema vial.	
	Calles, vías y carreteras pavimentadas:	101.16 Km
	Calles, vías y carreteras transitables:	294.81 Km
	Parterres:	16.09 Km
	Puente, puente peatonal, paso a desnivel:	0.41 Km
	Senderos:	25.29 Km
Juan Benigno Vela	Vías asfaltadas:	31 Km
	Vías empedradas:	25.6 Km
	Vías de lastrado:	10 Km
	Caminos de tierra:	70.5 Km
	Sistema vial asfaltado.	
	Interconexión con terrenos o fincas es por vías empedradas y caminos de tierra.	
Montalvo	Vías de pavimento flexible:	16.42 Km
	Vías urbanas asfaltadas, adoquinadas, empedradas, pavimentadas y de tierra:	2.8 Km
Pasa	Vías asfaltadas	81.25 Km
	Senderos	289.22 Km
Picaihua	Vías asfaltadas	21.30 Km
	Vías lastradas	6.45 Km
	Vías de rodadera/empedrado	18.21 Km
	Camino de verano	13.95 Km
Pilahuin	Vías internas segundo orden: Buen estado	466 Km
	Vías que conectan al interior o entre sectores: Condiciones regulares	

Parroquia	Estado de las vías		Referencia
	Camino pavimentado dos o más vías:	44 Km	
	Camino lastrado de una vía:	36 Km	
	Camino de verano:	108 Km	
	Sendero o vereda:	247 Km	
	Camino de herradura:	30 Km	
Quisapincha	Ramales de la red vial intercomunitaria y red colectora principal: Buen estado		(GADPR Quisapincha, 2015)
	Caminos de tierra/empedrado: Mal estado		
	Infraestructura vial requiere construcción de veredas, entubado de canales de riego o drenaje, mantenimiento periódico preventivo y correctivo.		
San Bartolomé de Pinllo	Calle o carretera adoquinada, pavimentada o de concreto:	48.56%	(GADPR San Bartolomé de Pinllo, 2015)
	Camino, sendero, chaquiñán:	21.12%	
	Calle o carretera lastrada o de tierra:	16.85%	
	Calle o carretera empedrada:	13.29%	
San Fernando	Vías rurales de tierra:	102.49 Km	(GADPR San Fernando, 2014)
	Vías asfaltadas principalmente vías secundarias y terciarias:	12.79% del total	
Santa Rosa	Vías asfaltadas:	43.66%	(GADPR Santa Rosa, 2018)
	Vías de tierra:	34.24%	
	Vías empedradas:	21.64%	
	Vías totales:	29 Km	
Totoras	Vías asfaltadas: Buen estado	67%	(GADPR Totoras, 2015)
	Vías de tierra:	24%	
	Vías con cubierta mixta:	5%	
	Vías empedradas:	4%	

Parroquia	Estado de las vías	Referencia	
Unamuncho	Sistema vial altamente afectado por deslizamientos.	(GADPR Unamuncho, 2017)	
	Presencia de capas de rodadura de tierra, lastre y asfalto.		
	Vías asfaltadas:		35 Km
	Vías lastradas:		57 Km
	Vías con capa de rodadura de tierra:		122 Km
	Vías no carrozables:	150 Km	

Nota. La información corresponde a los últimos PDOT emitidos por cada GAD Parroquial, por lo que no se presentan datos uniformes, actualizados o estandarizados.

Fauna y Flora

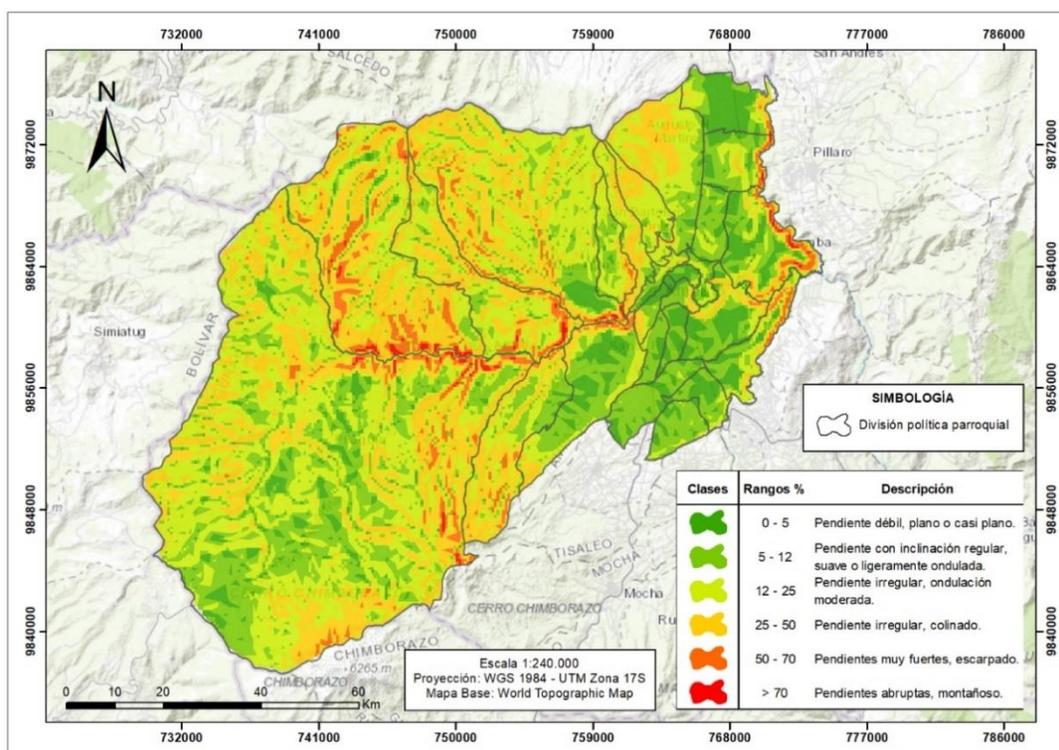
La producción agropecuaria ha sido notable en el cantón, pero la frontera agrícola ha tenido una disminución importante ya que se ha evidenciado el crecimiento acelerado de la ciudad, cambiando el uso de suelo en gran parte a vivienda. En el área interna de la zona urbana se evidenciaba la existencia de grandes extensiones de terreno enfocadas a huertos frutales, cereales y verduras, por lo cual se le denominó a la ciudad como Tierra de las Frutas y las Flores y Jardín del Ecuador (Pazmiño, 2015).

Topografía

El Cantón Ambato presenta una topografía irregular. Los accidentes orográficos más significativos son las Lomas Yanashpa, Ilillagua, Piliscocha, Casigana, Nariz del Diablo, de Cegarra, Paloma, Catitahua, etc (IGM, n.d.).

Las pendientes son el grado de inclinación de las geo-formas, con relación a la horizontal, expresado en porcentaje (IEE, 2012 como se citó en MAGAP; TRACASA, 2015). Se han establecido seis clases o rangos de pendientes (ver Figura 7).

Figura 7.

Pendientes del cantón Ambato

Nota. Clasificación de pendientes tomada de (SENPLADES, 2011 como se citó en Dután & Andrade, 2013)

Clima

Ambato tiene un clima ecuatorial mesotérmico seco, donde la latitud y altitud del cantón induce una variación de temperatura y precipitación en los diferentes pisos ecológicos, la cual puede ser muy grande (GADMA, 2016).

La temperatura varía desde los 13.3°C hasta temperaturas superiores a los 14.7°C; la variación que se presenta en este parámetro es debido a la irregularidad altitudinal del terreno y se expresa en un rango que va desde los 7°C a 24°C (GADMA, 2016).

Gestión de residuos

La ciudad se ha dividido en 27 zonas de recolección de desechos, donde se atienden de forma diaria e inter-diaria. Además, la EPM-GIDSA se ha planteado 4 modelos de gestión para el sistema de recolección: diferenciada (desechos peligrosos), contenerizada (ecotachos) (GADMA, 2016).

La recolección y transporte de residuos se lleva a cabo en todo el cantón, pero el barrido de espacios públicos se ejecuta en parroquias colindantes con la cabecera cantonal (GADMA, 2016).

El relleno sanitario del cantón (ver Figura 8), se localiza en la quebrada Chasínato e inició su construcción en el año 2004, la cual se la realiza por etapas. En el año 2016 se hallaba en construcción la décima primera etapa llegando hasta la cota 2524 msnm. Se estima que ingresan al relleno sanitario aproximadamente 240 toneladas diarias de residuos con una generación per cápita alrededor de 0.78 kg/hab/día (GADMA, 2016).

Figura 8.

Relleno sanitario



Nota. Relleno sanitario de la ciudad. Tomado de (La Hora, 2016).

Eliminación de residuos

Según el censo de Población y Vivienda 2010, en el cantón la disposición de los desechos sólidos se distribuía así, (ver Figura 9), 79.32% carro recolector, 1.72% arrojados en terrenos baldíos o quebradas, 16.45% quemados, 1.40% enterrados, 0.17% arrojados al río y el 0.94% de otra forma. Cada parroquia tiene porcentajes diferenciados, (GADMA, 2016), (ver Figura 10).

Figura 9.

Disposición de desechos sólidos del cantón Ambato

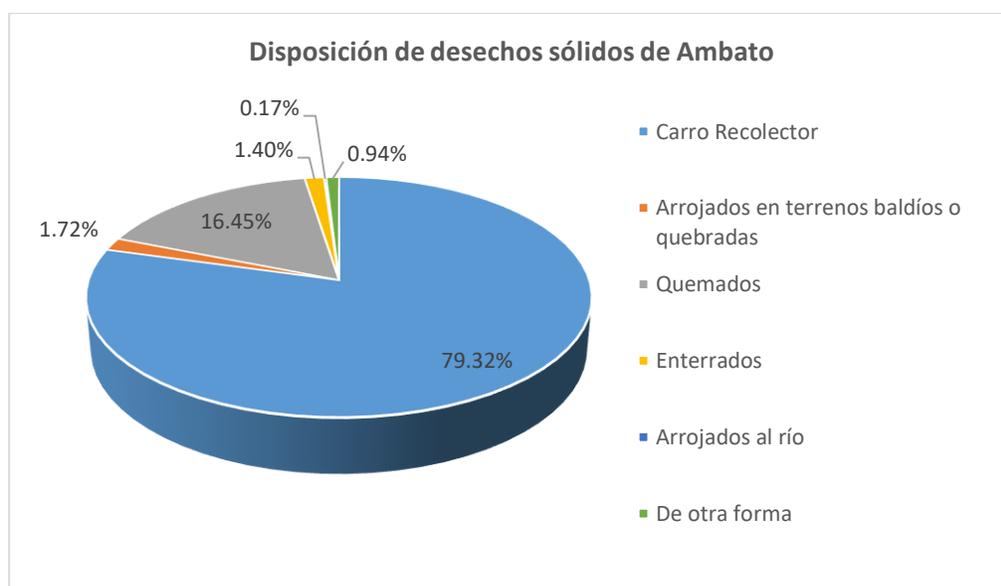


Figura 10.

Porcentajes de las formas de eliminación de la basura por parroquia

Ciudad o parroquia rural	Eliminación de la basura					
	Carro recolector	Arrojan en terreno baldío o quebrada	Queman	Entierran	Arrojan al río, acequia o canal	De otra forma
Ambato	96.5	0.4	1.7	0.2	0.0	1.2
Ambatillo	72.0	1.7	24.1	1.8	0.2	0.2
Atahualpa	87.8	2.3	7.9	1.2	0.2	0.7
Augusto N. Martínez	49.9	8.9	36.8	2.7	1.2	0.6
Constantino Fernández	28.8	8.6	57.8	4.1	0.1	0.7
Huachi Grande	72.2	2.5	21.1	2.6	0.3	1.3
Izamba	85.9	2.9	8.3	1.0	0.3	1.6
Juan Benigno Vela	50.7	4.4	40.9	3.5	0.3	0.2
Montalvo	64.9	5.9	23.8	4.2	0.3	1.0
Pasa	9.8	7.5	78.3	3.7	0.2	0.5
Picaihua	73.7	2.9	21.0	1.7	0.2	0.4
Pilahuin	21.9	2.5	68.1	7.1	0.2	0.3
Quisapincha	26.9	0.9	67.7	4.0	0.2	0.3
San Bartolomé	84.0	2.4	12.1	0.6	0.3	0.6
San Fernando	15.0	6.6	72.6	4.9	0.6	0.3
Santa Rosa	61.6	1.8	33.5	2.2	0.3	0.7
Totoras	68.9	3.7	22.7	3.8	0.2	0.7
Cunchibamba	78.5	2.5	16.8	1.8	0.2	0.3
Unamuncho	63.7	6.5	26.5	1.7	0.8	0.9
TOTAL	79.3	1.7	16.4	1.4	0.2	0.9

Nota. Tomado de (GADMA, 2016).

Recolección de residuos

San Bartolomé de Pinillo, Izamba, Atahualpa y Ambato son las parroquias que poseen mayor cobertura de recolección de basura y Pasa tiene el menor porcentaje de cobertura del carro recolector. Además, se detectó déficit en el número de vehículos recolectores de basura y el barrido de calles, sobre todo en barrios periféricos, se registró que es limitado, (GADMA, 2016).

Objetivos

Objetivo General

Realizar el cálculo de rutas óptimas para la recolección y barrido manual de desechos en el cantón Ambato mediante el uso de herramientas geoinformáticas.

Objetivos Específicos

- Recolectar y estandarizar la información cartográfica con el objetivo de implementar una geodatabase de los tres servicios de recolección de desechos sanitarios, desechos de carga posterior y barrido manual
- Realizar el diagnóstico de la situación actual de los tres servicios de recolección, analizando las variables físicas, ambientales y sociales, para generar una línea base de optimización de las rutas.
- Georreferenciar los puntos de recolección de desechos para el cálculo de las rutas óptimas correspondientes.
- Generar una metodología para el diseño de rutas óptimas de los tres servicios de recolección mediante el uso de herramientas geoinformáticas.
- Elaborar una propuesta con la información obtenida de rutas óptimas para la recolección y barrido manual de desechos, hacia la Empresa Pública Municipal de Gestión Integral de Desechos Sólidos (EPM-GIDSA).

Metas

- Una geodatabase de la información cartográfica a escala 1:5000.
- Un informe de la situación actual de las diferentes rutas de recolección.
- Puntos georreferenciados de recolección de desechos.
- Una metodología para el cálculo de rutas óptimas de cada servicio a escala 1:5000.

- Una propuesta con la información obtenida de rutas óptimas para la recolección y barrido manual de desechos.

Capítulo II

Marco Teórico

Desecho / residuo

El uso de los términos “desecho” o “residuo” es indistinto, subjetivo y depende de los actores involucrados. Varias legislaciones han realizado intentos por adoptar una definición objetiva de “residuo”, así por ejemplo la Organización de las Naciones Unidas (ONU) se refiere al término como “Todo material que no tiene un valor de uso directo y que es descartado por su propietario” (J. Martínez, 2005).

El GADMA (2017) en la Ordenanza para Manejo Integral de los Residuos Sólidos del Cantón Ambato se refiere a desecho como la “denominación genérica de cualquier sustancia residual, resto, residuo no peligroso, originado por personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, nacionales o extranjeras y que pueden ser líquidos, sólidos o semisólidos, putrescibles o no putrescibles”.

Clasificación de los residuos

Los residuos pueden clasificarse a partir de diversos criterios, acorde al autor y los objetivos que se pretendan alcanzar.

Un residuo puede definirse conforme al estado físico en el que se halle, teniéndose así residuos sólidos, semisólidos, líquidos y gaseosos (J. Martínez, 2005).

Desechos sólidos. Los desechos sólidos son aquellos considerados no peligrosos, putrescibles o no putrescibles, sin contar excretas de origen humano o animal. Estos no pueden ser reciclados ni transformados. En esta categoría destacan los desperdicios, cenizas, elementos del barrido de calles, residuos industriales, de establecimientos hospitalarios no contaminantes, plazas de mercado, ferias populares, escombros (GADMA, 2017).

La Ordenanza para Manejo Integral de los Residuos Sólidos del Cantón Ambato, propone la clasificación de los residuos sólidos en:

Residuos sólidos comunes o domiciliarios. Son los restos de productos de consumo doméstico, desechos de barrido, envases, embalajes y otros. Se subdividen en residuos orgánicos, los cuáles se descomponen por su naturaleza bajo diversos factores, y los residuos inorgánicos que no logran descomponerse (GADMA, 2017).

Residuos sólidos industriales no peligrosos. Son los residuos generados por las empresas artesanales, pequeñas, medianas y grandes, los cuales se reciben de forma exclusiva y diferenciada (GADMA, 2017).

Residuos sólidos sanitarios. Se subdividen en cuatro tipos. Los desechos peligrosos que son generados por los establecimientos de atención de salud humana, animal y otros como hospitales, centros de salud, clínicas, consultorios médicos públicos y privados, estéticas, peluquerías, spa, entre otros. Los desechos industriales contienen elementos tóxicos para la salud y el ambiente. Los desechos comerciales son los residuos de locales comerciales con componentes tóxicos. Los desechos de animales son los cadáveres o partes del cuerpo de animales contaminados o que se han expuesto a agentes sanitarios. Estos tres últimos deben ser tratados por un gestor ambiental autorizado (GADMA, 2017).

Disposición final de escombros. Son los restos de construcciones, demoliciones de obras civiles, tierra, ceniza, entre otros. Se depositan en escombreras designadas (GADMA, 2017).

El Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Generados en Establecimientos de Salud, determina una clasificación distinta para los desechos sanitarios.

Desechos sanitarios. Son desechos infecciosos, los cuales poseen patógenos y son un riesgo para la salud humana y el ambiente ya que tienen peligrosidad biológico-infecciosa (Ministerio de Salud Pública & Ministerio del Ambiente, 2019). Estos son:

Desechos biológico-infecciosos. Son los materiales utilizados en procedimientos de atención en salud o que están contaminados o saturados con sangre o fluidos corporales, cultivos de agentes infecciosos y productos biológicos, que arriesgan la salud (Ministerio de Salud Pública & Ministerio del Ambiente, 2019).

Desechos cortopunzantes. Son aquellos que presentan características punzantes o cortantes, como fragmentos rotos de plástico duro, que estuvieron en contacto con sangre, cultivos de agentes infecciosos o fluidos corporales riesgosos, y que puedan causar un accidente percutáneo infeccioso (Ministerio de Salud Pública & Ministerio del Ambiente, 2019).

Desechos anatomopatológicos. Son órganos, tejidos y productos retirados de la concepción, cadáveres o partes de animales que se contaminaron, fluidos que se generan en procedimientos médicos o autopsias, excluyendo orina y excremento que no procedan de un área de aislamiento (Ministerio de Salud Pública & Ministerio del Ambiente, 2019).

Desechos farmacéuticos. Son los medicamentos caducados o que no cumplen con estándares de calidad o especificaciones (Ministerio de Salud Pública & Ministerio del Ambiente, 2019).

Manejo de desechos

Corresponde a una serie de acciones que van desde la generación hasta la eliminación del residuo o desecho sólido (ver Figura 11). Entre ellas, se encuentran las actividades de

separación en la fuente, presentación, recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento o eliminación de los residuos o desechos sólidos (Vanegas & Beltrán, 2016).

Figura 11.

Gestión Integral de Residuos



Nota. Ejemplo típico del manejo de desechos sólidos. Tomado de (Macoll, 2018).

En Ecuador el servicio público de manejo de desechos sólidos se encuentra a cargo de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GADM) reconocido como competencia exclusiva de este nivel de gobierno, por parte la Constitución de la República del Ecuador y el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) (Consejo Nacional de Competencias, 2019).

En el cantón Ambato, el GADMA, mediante la EPM-GIDSA se encarga de regular y controlar el manejo de residuos sólidos.

Gestión Integral de Desechos Sólidos de Ambato (GIDSA)

La EPM-GIDSA brinda servicios de calidad en la gestión integral de desechos sólidos del cantón Ambato para favorecer a mantener la salud, bienestar de la población y la protección medio ambiental, a través de la participación activa ciudadana y uso efectivo del talento humano y los recursos (EPM-GIDSA, 2021a).

Los componentes funcionales del manejo integral de residuos sólidos por parte de la empresa son:

- Reducción de la generación de residuos sólidos
- Separación en la Fuente
- Reciclaje
- Limpieza de vías y espacios públicos
- Recolección y transporte
- Almacenamiento temporal
- Procesamiento
- Disposición Final (GADMA, 2017).

Limpieza de vías y espacios públicos

El primer componente de la limpieza de espacios físicos es el barrido donde se considera el desarrollo, las necesidades y las características de cada zona (GADMA, 2017). El objetivo del barrido de calles (ver Figura 12), es recolectar los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos que han sido arrojados por la ciudadanía a la vía pública (EPM-GIDSA, 2020a). Entre los tipos de barrido, destacan dos tipos:

Barrido manual. Servicio ofertado en calles y avenidas principales de la ciudad, frente a una propiedad particular, municipal o pública, de servicio comunal, parques, con coches de recolección, fundas de barrido, limpiando aceras y bordillos (EPM-GIDSA, 2020a).

Figura 12.*Barrido Manual*

Nota. Ejemplo de barrido manual de calles de la ciudad de Ambato. Tomado de (El Heraldo, 2020a).

Barrido mecánico. Servicio ofertado con barredoras mecánicas en aceras, parterres centrales y vías con alto tráfico de transporte público urbano (EPM-GIDSA, 2020a).

Recolección y transporte de residuos sólidos

Consiste en el proceso de transportar los residuos sólidos desde su almacenamiento en la fuente generadora, hasta el vehículo recolector y luego llevarlos al sitio de disposición final o estación de transferencia (Cisneros, 2012, como se citó en Cusco & Picón, 2015)

La EPM-GIDSA identifica los siguientes tipos de recolección:

Recolección a mayores productores de residuos sólidos. Recolección especial de los residuos sólidos de personas naturales o jurídicas categorizados como mayor productor (GADMA, 2017).

Recolección por método de carga posterior. Recolección de residuos sólidos domiciliarios (ver Figura 13) (GADMA, 2017).

Figura 13.

Recolección por carga posterior



Nota. Ejemplo de la recolección por carga posterior de la ciudad de Ambato. Tomado de (El Heraldo, 2020b).

Recolección contenerizada. Recolección a través de contenedores, que han sido ubicados técnicamente en lugares de fácil acceso tomando en cuenta la densidad poblacional (GADMA, 2017).

Recolección de desechos hospitalarios. Recolección de residuos sólidos estrictamente diferenciados (ver Figura 14) (GADMA, 2017).

Figura 14.

Recolección de desechos hospitalarios



Nota. Ejemplo de la recolección de desechos hospitalarios en la ciudad de Ambato. Tomado de (El Heraldo, 2020c).

Recolección de residuos reciclables a pie de vereda. Recolección de residuos sólidos potencialmente reciclables que pueden ser recuperados gracias a los recicladores de base, como parte de los programas de la EPM-GIDSA (GADMA, 2017).

Rutas de recolección

Se denomina ruta a los recorridos que realizan los vehículos recolectores en diferentes áreas para recolectar de la mejor forma los residuos generados por la población (Figueroa, 2008).

Gutiérrez (2008), señala que las rutas de recolección y su respectivo diseño abarcan varios aspectos que deben ser tomados en cuenta, como por ejemplo las características naturales y demográficas de la zona, entre ellas destacan la topografía, las vialidades, la concentración de la población, los habitantes, los comercios, los hospitales, las escuelas, la cantidad de residuos, entre otros, también las características y condiciones del personal y equipo de trabajo.

Gutiérrez (2008) establece que los elementos básicos que deben considerarse para el cálculo de rutas de recolección de desechos sólidos en un área son:

- Estimación de generación per cápita domiciliaria
- Estimación de generación no doméstica
- Datos de densidad poblacional
- Identificación de fuentes no domiciliarias
- Mapa detallado y actualizado de la ciudad
- Frecuencia de recolección

Diseño de rutas

Márquez (2010), expresa que los objetivos del trazo de rutas son dos:

- Fraccionar la ciudad en diferentes sectores para asignar a cada equipo de recolección una cantidad adecuada de trabajo, actividad conocida como macro ruteo.
- En cada subsector, definir una ruta para que cada equipo trabaje con una menor cantidad de tiempo y recorrido, denominado micro ruteo.

Macro rutas

Consiste en las rutas asociadas a las áreas de división de una ciudad, esta segregación puede ser en diferentes sectores operativos, donde se establece el número necesario de vehículos recolectores, y el tamaño de cada ruta, para ofrecer el servicio aprovechando los recursos al máximo (Márquez, 2010).

La sectorización puede realizarse de la manera más homogénea posible, considerando algunas características como la producción de residuos, topografía, tipo de residuos, y delimitaciones por accidentes geográficos o instalaciones urbanas (Márquez, 2010).

El tamaño de la ruta está definido por diferentes variables, algunas pueden reportarse en toneladas o metros cúbicos o pueden convertirse a número de viviendas o manzanas,

considerando la producción per cápita de residuos sólidos, frecuencia de recolección y densidad de la población de cada sector (Márquez, 2010). Otros parámetros adicionales mencionados por Martínez (2018) y que pueden influir en el diseño de rutas, son el equipo de recolección disponible, el número de viajes, los tiempos empleados en la recolección de residuos sólidos.

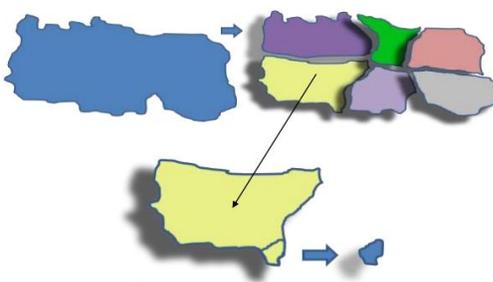
Cabe destacar que no existe algoritmo o programa para macro rutear, sin embargo, en el diseño de rutas se toman en cuenta diversos elementos que dividirán a la ciudad en n áreas (Márquez, 2010).

- **Zonificación**

La zonificación (ver Figura 15), representa una división que contempla la mayor cantidad de características homogéneas posibles, para contar con áreas operativas equilibradas o complementarias que permitan optimizar los recursos para los determinados requerimientos (Cabrera, 2012).

Figura 15.

Representación de zonificación



Nota. Representación tomada de (Cabrera, 2012).

- **Frecuencia**

Se refiere al número de veces a la semana que se presta el servicio regularmente, puede ser diaria o interdiaria, dependiendo la acumulación de residuos de la fuente. Se estima un período máximo de acumulación de desechos en la fuente por tres días (Meza, 2012).

- **Horario**

Es la duración de la jornada de trabajo y depende del tráfico, actividades en las comunidades y preferencia del usuario del servicio (Meza, 2012).

- **Tiempo**

Se considera al tiempo disponible total, tiempos de recolección y tiempos de descanso o tiempos muertos (Márquez, 2010).

- **Número de viajes por vehículo**

Mide la eficacia del sistema de recolección y se basa en los tiempos requeridos por el vehículo para realizar cada acción en su ciclo de trabajo (Figuroa, 2008).

- **Personal**

Por lo general está conformado por el chofer del vehículo y la cuadrilla de trabajo (Meza, 2012).

- **Cuadrilla**

Es el grupo de empleados que van junto al carro recolector, cuyo número varía de 1 a 4, siendo 3 lo más usual (Márquez, 2010).

En el barrido manual, la cuadrilla usualmente varía entre 3 y 25 trabajadores o dependiendo del método de trabajo, de igual manera se distribuyen en grupos de 6 a 10, que son los más comunes. A cada cuadrilla se le asigna un camión recolector y supervisor (Rodríguez, 2002).

- **Rendimiento**

El rendimiento de las cuadrillas es un valor importante que deberá calcularse en campo preferiblemente para determinar su exactitud. Este parámetro puede variar de acuerdo a las condiciones de trabajo como vías, vehículos, personal, entre otros (Márquez, 2010).

En el barrido, el rendimiento de cada barredor según experiencias de ciudades Latinoamericanas es de 2 a 2.5 km, asignando a cada barredor una zona que cubra 10 o 12 cuadras, tomando en cuenta que son 12 aceras, 100 m (aproximadamente) cada cuadra y 1 frecuencia al día (Rodríguez, 2002).

- **Equipo**

Los equipos de recolección y transporte de residuos tienen que ser carrocerías de gran capacidad y con compactadoras para abatir costos (Márquez, 2010).

Para barrer las calles se recomienda un escobillón con fibras cortas y duras, o en calles sin pavimentar, escobas con fibras largas y flexibles. También es muy importante un carrito de mano de uno o dos receptáculos cilíndricos de 80 litros, y bolsas plásticas. Adicionalmente, en ocasiones es necesario hacer uso de palas (Rodríguez, 2002).

Márquez, (2010) menciona que existen diversos criterios recomendados para las macro rutas, entre ellos:

- El proceso para determinar las rutas es esencialmente prueba y error.
- Las rutas no deben traslaparse.
- Las rutas establecidas regularmente en días fijos reciben mayor cooperación comunitaria.
- Después de días de haberse probado las rutas, éstas pueden definirse en un plano de trabajo.

- Hojas separadas con diagramas de posibles rutas pueden complementar el uso de planos de trabajos.
- Un diseño regular y lógico es muy recomendado, pero en ocasiones la topografía accidentada, límite de calles estrechas u otras circunstancias determinarán modificaciones.

Micro rutas

Consiste en las rutas de recorrido específicas en cada subsector, donde deben transitar diariamente los vehículos recolectores y recoger eficientemente los residuos (Márquez, 2010).

Distribuir las rutas implica un esfuerzo mayor, aquí se designa el recorrido óptimo entre diferentes puntos, considerando ciertos parámetros (ADIS Argentina, 2002, como se citó en Márquez, 2010).

Márquez (2010), señala que algunas de las variables que intervienen en la distribución de rutas son:

- Lugar de parqueo y de disposición final
- Sentidos de circulación
- Hora de mayor cantidad de tránsito y congestión
- Topografía
- Vías servibles e inservibles
- Tipo de trazo de rutas.

Además, para que las rutas puedan ser eficientes debe cumplir con los siguientes objetivos:

- Atender a toda la población con frecuencias correctas y con cuidados sanitarios.
- Aprovechar toda la capacidad de los vehículos recolectores.
- Aprovechar la jornada legal de trabajo del personal.

- Minimizar recorridos improductivos, sin pasar varias veces por la misma calle y restar traslados donde no recogen residuos.
- Reducir costos que no afecten al aspecto sanitario.
- Disponer de equipos de reservas para un cumplimiento efectivo y mantenimiento preventivo.

Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los Sistemas de Información Geográfica, más conocidos como SIG, comprenden las capacidades de análisis técnico y multipropósito de distintas capas temáticas como suelo, red hidrográfica, infraestructura vial, entre otros; para relacionarlas y resolver problemas de planificación territorial, socioeconómicos y ambientales (López et al., 2006).

Racero Moreno & Pérez Arriaga, (2006), enuncian que los SIG a través de los modelos matemáticos basados en programación lineal y datos georreferenciados se encargan de hallar el método más conveniente para aplicar un análisis de redes y determinar el desplazamiento de vehículos o personas en una determinada zona de estudio, todo esto a través de la evaluación de tiempos y movimientos, en base a los recorridos actuales.

Topología

La topología es una rama de la matemática, que estudia relaciones espaciales (Mancebo et al., 2008).

En los SIG, la topología permite encontrar geometrías coincidentes o comunes tanto en entidades de puntos, líneas y polígonos, así como comprobar la integridad de la información y la validación de la veracidad en la misma. Describe las relaciones entre puntos, líneas y polígonos que representa los objetos espaciales de una región geográfica (Alonso, 2019).

Reglas de topología. ArcGIS implementa una topología a través de un conjunto de reglas que definen cómo las entidades pueden compartir un espacio geográfico y un conjunto de herramientas de edición que trabajan con entidades que comparten geometría de manera integrada (ESRI, 2016). Algunas de las reglas que ArcGIS utiliza para preparar redes de transporte (líneas) se describen a continuación, (ver Tabla 5).

Tabla 5

Reglas de topología disponibles en ArcGIS

Regla	Descripción	
Must Not Overlap	Marca un error cuando dos líneas de la misma capa están solapadas total o parcialmente.	
Must Not Intersect	Marca un error cuando dos líneas de la misma capa se cruzan o están total o parcialmente solapadas. No hay error si dos líneas comparten un nodo final.	
Must Not Have Dangles	Marca un error cuando una línea no tiene alguno de sus dos extremos sobre otra línea. El extremo suelto se conoce como nodo colgado o 'dangle'.	
Must Not Have Pseudo Nodes	Una línea de una capa debe tocar más de una línea de la misma capa en sus extremos. Cualquier punto final donde la línea toque otra línea es un error.	

Regla	Descripción	
Must Not Self-Overlap	Marca un error cuando una línea se superpone total o parcialmente consigo misma.	
Must Not Self-Intersect	Marca un error cuando una línea se cruza o superpone total o parcialmente consigo misma.	
Must Be Single Part	Marca un error cuando una línea tiene más de una parte.	
Must Not Intersect or Touch Interior	Una línea de una capa debe tocar líneas de la misma capa en sus puntos finales. Cualquier línea donde las entidades se superponen o cualquier punto de intersección es un error.	

Nota. Reglas de topología aplicadas a la red de transporte. Tomado de (ESRI, 2021a).

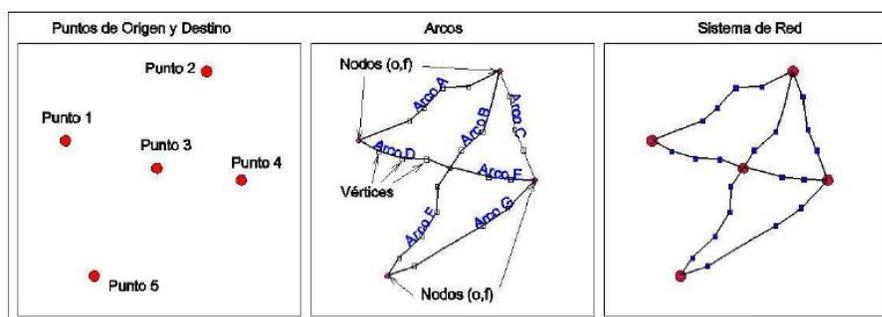
Análisis de redes

Se denomina red a un sistema de elementos que están conectados entre sí por segmentos lineales continuos (ver Figura 16), (Padilla & Bosque, 2012). El análisis de redes, como indica Rodríguez Díaz, (2011), comprende la resolución de problemas como el cálculo de la ruta más rápida entre dos puntos, define rutas entre varios nodos para alcanzar un destino, entre otros. Bosque Sendra & Moreno Jiménez, (2012) definen que la accesibilidad en el análisis

de redes se asocia a una distancia por red, identificando la realidad a partir de la abstracción en tres elementos básicos: nodos, arcos y superficies.

Figura 16.

Sistema y elementos de una red



Nota. Formación de una red. Tomado de (Padilla & Bosque, 2012).

La red de transporte consiste en un grafo, cuyos arcos representan los segmentos o secciones viales y los vértices representan las uniones o nodos de la red. A cada arco se le asocia un costo que puede ser longitud de distancia, tiempo de viaje o costo monetario. Los arcos y en consecuencia el grafo puede ser dirigido o no, dependiendo los sentidos de circulación (Rodríguez Villalobos, 2007).

Impedancia. Es necesario el cálculo de la impedancia para el análisis de redes debido a que esta representa la resistencia o fricción al movimiento de arcos y nodos, o un factor de castigo al tiempo para movilizarse en un segmento. De esta manera, se obtienen los caminos de menor impedancia entre dos o más nodos de la red, y al tener dos segmentos con una misma distancia, se tendrá dos tiempos diferentes de recorrido y por ende dos valores distintos de impedancias. La movilización se expresa a través de la siguiente ecuación (ver Ecuación 1). (Padilla & Bosque, 2014).

Ecuación 1

$$Movilización = \frac{Longitud}{Velocidad} * Impedancia$$

Donde:

Longitud: Distancia en cada segmento de la vía (m).

Velocidad: Velocidad a la que se desplazan los elementos sobre la red (m/min).

Algoritmo Dijkstra. El algoritmo de Dijkstra es utilizado para calcular las distancias más cortas entre nodos. Según Guzmán et al., (2012), este algoritmo inicia desde el punto partida y viaja todos los caminos más cortos para llegar a todos los vértices de los obstáculos, hasta detenerse, indicando que ha llegado hasta el punto final, siguiendo el trayecto más corto. La diferencia con otros métodos es el gasto computacional, el cuál es menor y la solución óptima se obtiene en un menor tiempo. Al tomar en cuenta las distancias de cada uno de los arcos entre los puntos, de origen y de llegada, sobre los ejes viales, y calculando los valores de impedancia, se obtiene una solución al problema específico que se desea resolver de la distancia más corta, para ello se expresa la siguiente ecuación (ver Ecuación 2) (Padilla & Bosque, 2012).

Ecuación 2

$$Dc = DistMin_{ij}(\sum dijk * Iijk)$$

Donde:

Dc: Solución o camino más corto.

DistMin_{ij}: Función de selección del valor mínimo entre los puntos i y j.

dijk: distancia de cada uno de los arcos de la red k.

Iijk: valor de impedancia de cada arco de la red.

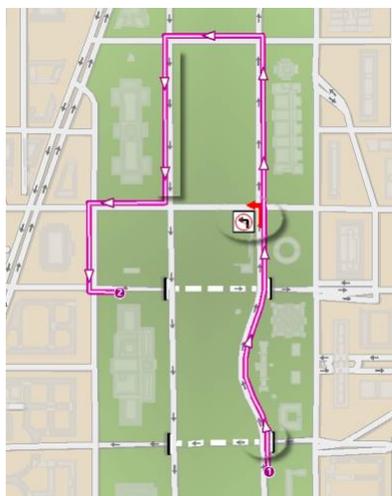
Network Dataset

Los *Network Dataset* son apropiados para modelar redes de transporte. Se crean a partir de entidades de origen, que pueden incluir entidades simples (líneas y puntos) y giros, y almacenar la conectividad de las entidades de origen. Al realizar un análisis mediante la Extensión de ArcGIS, *Network Analyst*, el análisis siempre se realiza en un *Network Dataset* (ESRI, 2020a).

Se usa para modelar la red de calles, (ver Figura 17). Aquí se resalta que las calles unidireccionales, las restricciones del giro y los pasos elevados/túneles se pueden modelar. Los análisis que se realizan en la red como, por ejemplo, la ruta desde la parada 1 a la parada 2, respetan éstas y otras propiedades (ESRI, 2020a).

Figura 17.

Red vial y ruta respectiva



Nota. Red de transporte vial y ruta desde parada 1 a 2. Tomado de (ESRI, 2020a).

Herramienta de análisis de redes

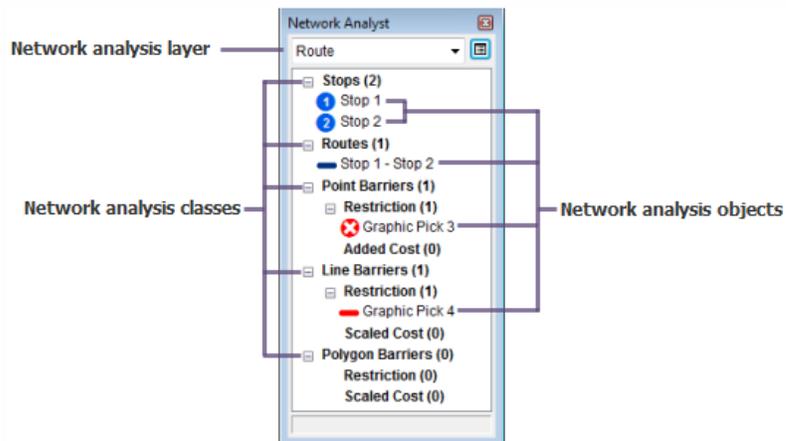
El análisis de redes encuentra los elementos de la red para posicionar las locaciones en ella, en base a diferentes atributos, para proporcionar soluciones ajustadas a la realidad (Barrientos Martínez, 2007). Se puede decir que, este análisis se basa en la ubicación de los elementos de red para hallar la ruta de menor esfuerzo entre dos puntos.

La herramienta *Network Analyst* en ArcGIS permite resolver distintos problemas de redes, por ejemplo, hallar la ruta de menor costo entre dos puntos, encontrar el servicio o utilidad más próxima a un evento, identificar el área de servicio alrededor de un punto, entre otros, todo esto a través de su conjunto de capas de análisis de red como ruta, área de servicio, matriz de origen y destino, entre otros (Barrientos Martínez, 2007).

Los componentes básicos del análisis de red (ver Figura 18), corresponden a las clases (Network analysis classes) y objetos de análisis (Network analysis objects), que forman parte de las capas de análisis de red (Network analysis layer), (ESRI, 2021b).

Figura 18.

Componentes básicos del análisis de red



Nota. Tomado de (ESRI, 2021b).

- **Clases**

Son aquellas que contienen a los objetos de análisis de red, y pueden ser tablas o clases de entidad, entre ellas están la clase de entrada que proporciona información al solucionador, la clase de salida que contiene resultados y la clase de entrada/salida que es una combinación de los dos anteriores, (ESRI, 2021b).

- **Objetos**

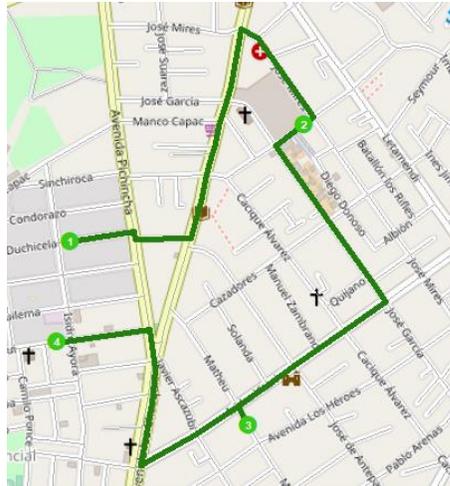
Son las entidades o registros que sirven como entrada y salida para el análisis. Generalmente, estos son ubicaciones de red que poseen datos tubulares, ubicación geográfica y posición en referencia al dataset de red. Cada capa de análisis tiene distintas ubicaciones de red, (ESRI, 2021b).

Matriz de coste origen y destino. La matriz de orígenes y destinos (ver Figura 19), contiene los tiempos, las distancias y por ende las impedancias, entre dichos puntos (Mancebo et al., 2008).

Este tipo de matriz denominada coste origen-destino (OD) de múltiples orígenes a múltiples destinos, genera una tabla que comprende la impedancia de red desde cada origen hasta cada destino, y clasifica los destinos a los que se alcanza desde cada origen, de forma ascendente, con base en la mínima impedancia de la red requerida para trasladarse desde ese “inicio” a cada “final”. Además, una vez encontrada la mejor ruta en la red para cada par origen-destino y el coste se guarda en la tabla de atributos de las líneas de salida, se guarda el coste de red y no la distancia en línea recta (ESRI, 2020c).

Figura 20.

New Route

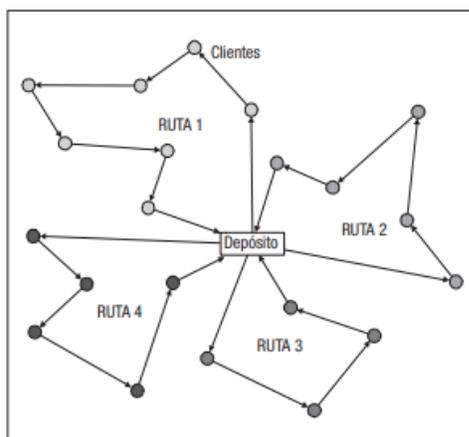


Nota. Ejemplo de cálculo de ruta en Network Analyst. Sus ubicaciones de red son: paradas y barreras de punto.

Problemas de Rutas de Vehículos (VRP). Los Problemas de Rutas de Vehículos (VRP por el inglés Vehicle Routing Problems) se refieren a las rutas que realizan un grupo de vehículos, que parten y finalizan un recorrido en los depósitos o almacenes, y atienden la demanda por varios clientes de un servicio a lo largo de una red (ver Figura 21). Los problemas se reflejan en los aspectos de depósitos, flota, demanda, tipo de servicio, objetivo a lograr; y de allí parte el desarrollo de diferentes modelos matemáticos para atender diversos requerimientos (Rodríguez Villalobos, 2007).

Figura 21.

Ejemplo de la aplicación de VRP



Nota. Ejemplo clásico de la aplicación de VRP. Tomado de (Rodríguez Villalobos, 2007).

Una de las herramientas de *Network Analyst* en ArcGIS es el solucionador de VRP (ver Figura 22), en la cual se le asigna órdenes y restricciones para hallar la ruta óptima, partiendo del cálculo de una matriz de coste origen-destino (OD), basado en el algoritmo de Dijkstra para encontrar una solución inicial de los costes de los caminos más cortos entre todas las ubicaciones de orden y depósito en la red (ESRI, 2020b).

Figura 23.*New Service Area*

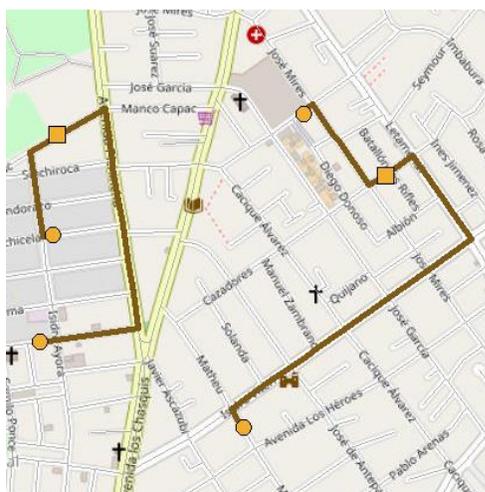
Nota. Ejemplo de cálculo de área de servicio en Network Analyst. Sus ubicaciones de red son: instalaciones y barreras de punto.

Instalación más cercana. La instalación o servicio más cercano (ver Figura 24) permite hallar el número de localizaciones más cercanos a determinados sitios o situaciones, también se establece el sentido del viaje o tiempo máximo del desplazamiento (Mancebo et al., 2008).

Encontrar la instalación más cercana parte de la especificación de cuantas buscar y si la dirección de la trayectoria es acercándose o alejándose de ellas, (ESRI, 2020c).

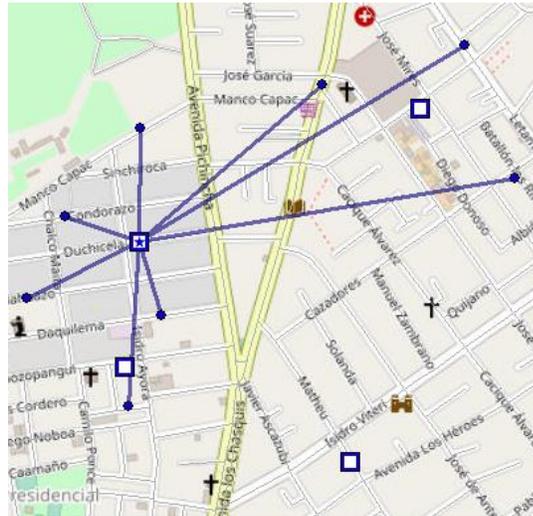
Figura 24.

Instalación más cercana



Nota. Ejemplo de cálculo de instalación más cercana en Network Analyst. Sus ubicaciones de red son: instalaciones, incidentes y barreras de punto.

Ubicación y asignación. Permite encontrar que instalaciones de un conjunto mayor de ellas, son operables en función de su interacción con los puntos de demanda (ver Figura 25), dando paso al cierre, conservación o construcción de diferentes establecimientos. A partir de esta herramienta se puede optimizar la distancia entre entidades y determinadas ubicaciones donde presta el servicio (ESRI, 2020c).

Figura 25.*New Location-Allocation*

Nota. Ejemplo de cálculo de ubicación y asignación en Network Analyst. Sus ubicaciones de red son: instalaciones, puntos de demanda y barreras de punto.

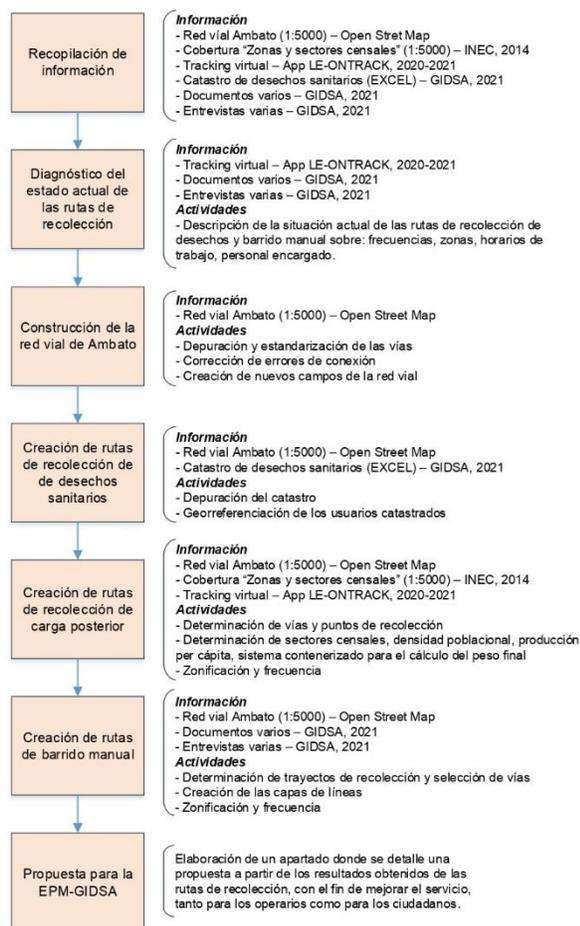
Capítulo III

Metodología

La metodología utilizada para la optimización de rutas de los servicios de recolección de desechos sanitarios, recolección de desechos de carga posterior y barrido manual, se muestra en forma de diagrama (ver Figura 26).

Figura 26.

Diagrama de la metodología aplicada



Nota. Metodología aplicada para la recolección de desechos del cantón Ambato.

Recolección de información

La información correspondiente a los horarios, frecuencias, vehículos, zonas, tracking de las rutas actuales, catastro de desechos sanitarios, producción per cápita, capacidad del vehículo, peso de los desechos que ingresan al relleno sanitario, fue proporcionada por la EPM-GIDSA; los datos poblacionales por el GADMA; y la red vial fue obtenida en Open Street Map (OSM).

Estado actual de los servicios de recolección de residuos y barrido manual

Recolección de desechos sanitarios

Son los generados en todos los establecimientos de atención de salud humana, animal y otros tales como; hospitales, centros de salud, clínicas y demás consultorios médicos públicos y privados, además se encuentran los residuos de estéticas, peluquerías, educativos, hostales, acilos y demás servicios.

La recolección se realiza de lunes a viernes, en horario de 06:00 a 14:00, iniciando la ruta en el punto de partida conocido como “Taller” y terminando en el punto de llegada conocido como “Relleno Sanitario”. Sin embargo, realizan una ruta extra los días sábados, para recolectar los desechos de los establecimientos a los que no pudieron prestar el servicio entre semana. Para este servicio está designado únicamente un camión recolector y una persona (GADMA, 2017).

En el año 2020, según la rendición de cuentas realizada por la EPM-GIDSA, la gestión de residuos sanitarios abarcó un total de 291.08 toneladas, y debido a la pandemia de COVID-19 por la que se está atravesando, la recolección fue diferenciada, contando así con 141.89 toneladas de residuos NO COVID-19 y 149.19 toneladas de residuos COVID-19, correspondientes a 37 establecimientos. Finalmente, se facturó un total de \$296 435.60USD, por 1 033 usuarios catastrados (EPM-GIDSA, 2021b).

Macro rutas de desechos sanitarios. Para conocer el movimiento diario de cada uno de los vehículos, se apoyó en el rastreo satelital denominado “LE-ONTRACK” de la empresa LE-ONTECH. Este servicio prestado a la EPM-GIDSA, permite visualizar en línea el trayecto de los vehículos, horario, velocidad y paradas. En este análisis se tomó en cuenta que solo 1 vehículo ejerce el trabajo en diferentes parroquias de la ciudad, con distintas frecuencias de visita a cada establecimiento. A continuación, (ver Tabla 6), se presenta la macro ruta a nivel parroquial.

Tabla 6

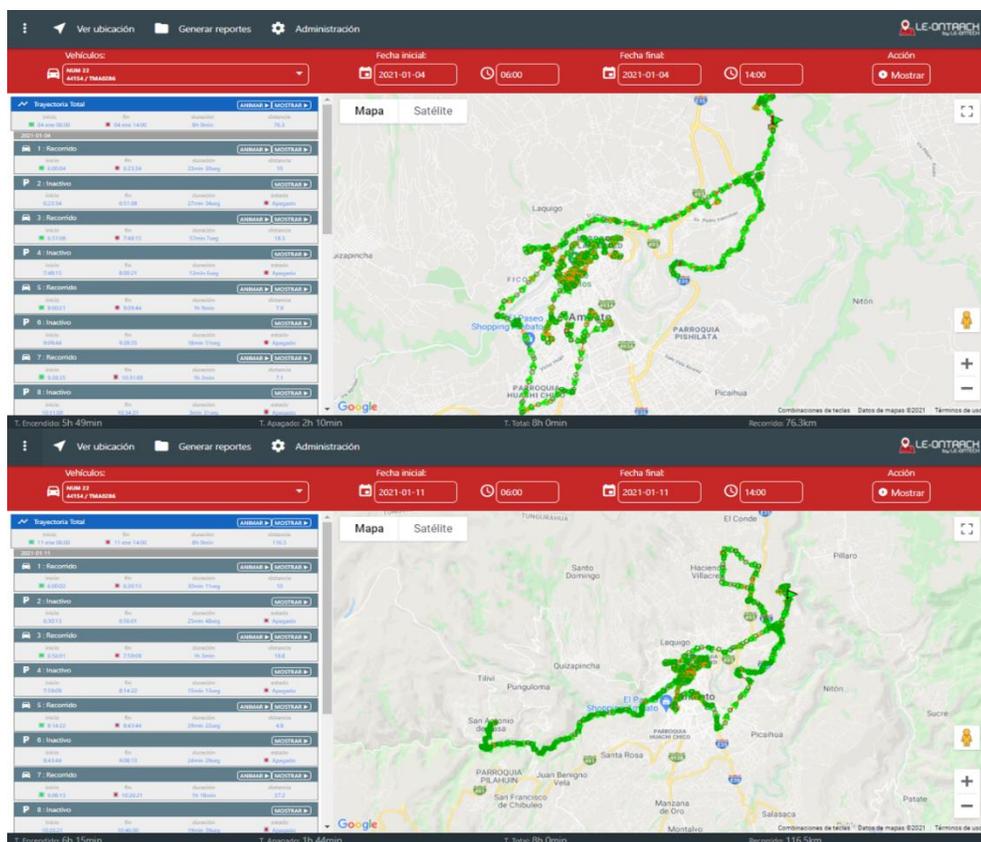
Descripción de las macro rutas de recolección de desechos sanitarios

Macro rutas actuales				
Nº Vehículo	Nº Zona	Parroquias	Frecuencia	Horario
22	1	Atahualpa, Atocha-Ficoa, Celiano Monge, Huachi Chico, Huachi Grande, Huachi Loreto, Huachi Totoras, Izamba, La Matriz, La Merced, Pinllo, Pishilata, San Antonio De Pasa, San Francisco	3 días/semana	Lunes Miércoles Viernes 06:00-14:00
22	2	Ambatillo, Atahualpa, Atocha-Ficoa, Augusto N. Martínez, Celiano Monge, Cunchibamba, Huachi Chico, Huachi Loreto, Izamba, La Matriz, La Merced, La Península, Pinllo, Quisapincha, San Francisco	1 día/semana	Martes 06:00-14:00
22	3	La Matriz, Atocha-Ficoa, Celiano Monge, Huachi Belén, Huachi Chico, Huachi Grande, Huachi Loreto, Huachi Totoras, Izamba, Juan Benigno Vela, La Matriz, La Merced, Picaihua, Pilahuin, Pishilata, San Francisco, Santa Rosa	1 día/semana	Jueves 06:00-14:00
22	S/N	Atahualpa, Atocha-Ficoa, Augusto N. Martínez, Celiano Monge, Huachi Chico, Huachi Loreto, Huachi Totoras, Izamba, La Matriz, La Merced, Pishilata, San Francisco, Totoras	1 día/semana	Sábado 06:00-14:00

Nota. Las zonas de recolección mencionadas se pueden visualizar en las siguientes figuras (ver Figura 27, Figura 28, Figura 29, Figura 30).

Figura 27.

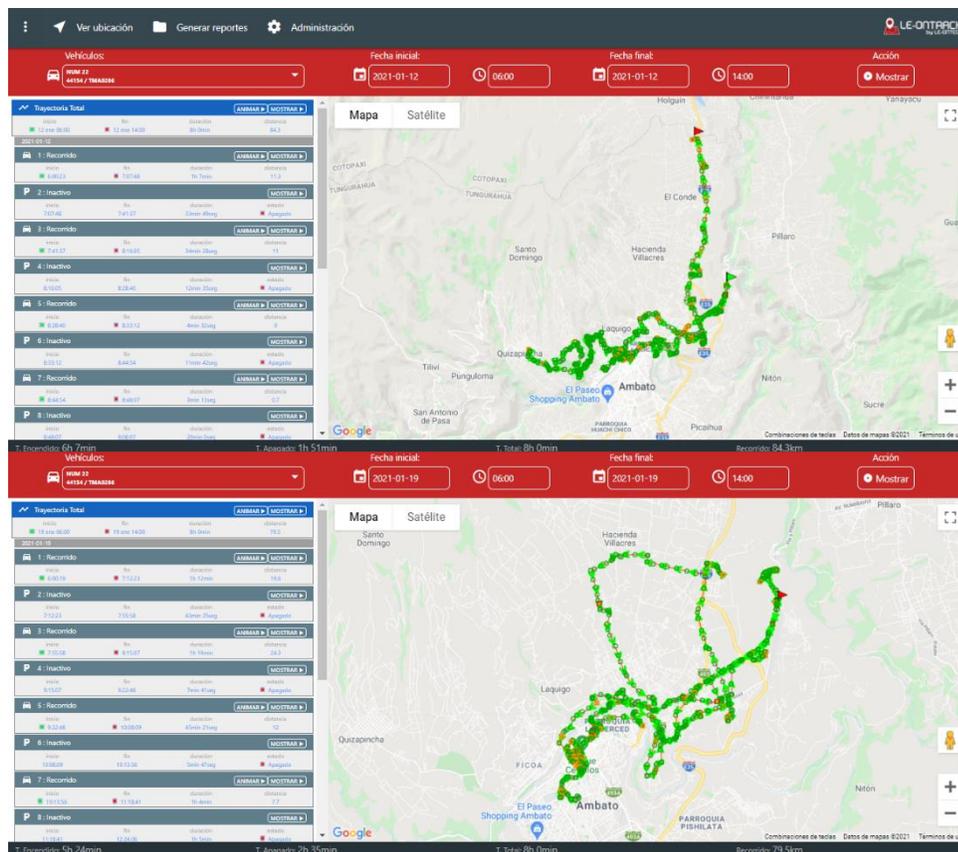
Tracking de recolección de la Zona 1



Nota. Ejemplo de rastreo satelital de la ruta del vehículo recolector de desechos sanitarios, correspondiente a las fechas 04 y 06 de enero de 2021. Tomado de (LE-ONTECH, 2021).

Figura 28.

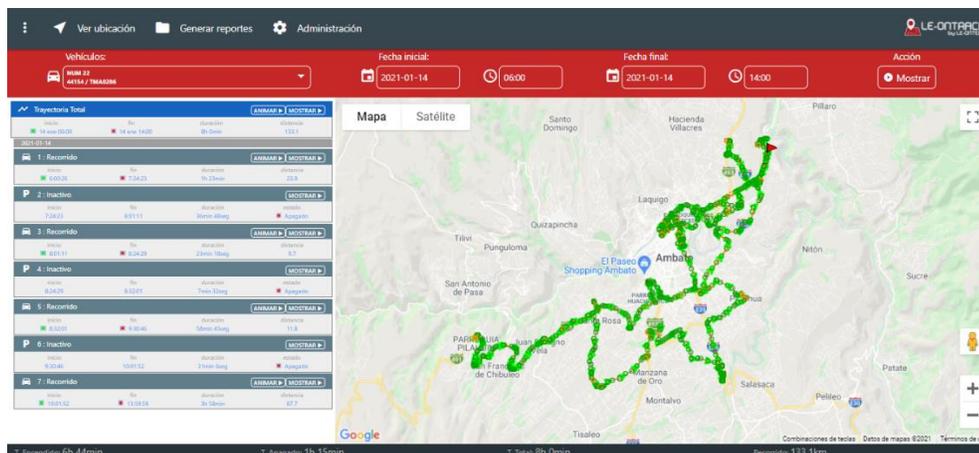
Tracking de recolección de la Zona 2



Nota. Ejemplo de rastreo satelital de la ruta del vehículo recolector de desechos sanitarios, correspondiente a las fechas 12 y 19 de enero de 2021. Tomado de (LE-ONTECH, 2021).

Figura 29.

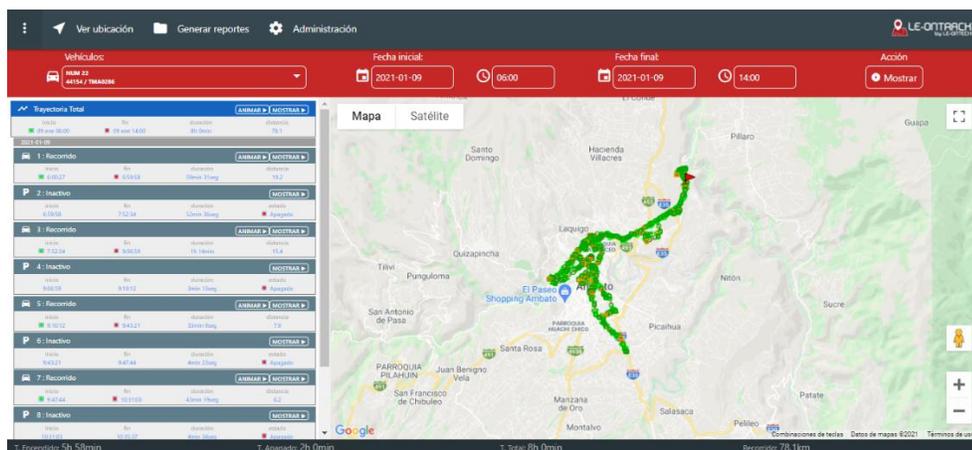
Tracking de recolección de la Zona 3



Nota. Rastreo satelital de la ruta del vehículo recolector de desechos sanitarios, correspondiente a la fecha 14 de enero de 2021. Tomado de (LE-ONTECH, 2021).

Figura 30.

Tracking de recolección de la Zona S/n



Nota. Ejemplo de rastreo satelital de la ruta del vehículo recolector de desechos sanitarios, correspondiente a la fecha 09 de enero. Tomado de (LE-ONTECH, 2021).

Micro rutas de desechos sanitarios. Los desechos En la siguiente figura se describen los trayectos de circulación del vehículo responsable de la recolección de desechos sanitarios a nivel sectorial. (ver Figura 31).

Figura 31.

Descripción de las micro rutas de recolección de desechos sanitarios

Nº VEHÍCULO	Nº ZONA	SECTOR	FRECUENCIA	HORARIO
22	1	Av. Rodrigo Pachano (Atocha-Ficoa), Casco Central, Ciudadela España, Ciudadela La Alborada, Sector La Floresta, Hospital del IESS, Parque 12 de noviembre, Parque Cevallos, Parque Montalvo, Sector Av. El Cóndor, Sector Av. Guaytambos (Ficoa), Sector Av. Manuelita Sáenz – Rompe Corazones, Sector Bellavista, Sector Camino Al Inca, Sector Camino Real, Sector Cashapamba, Sector Cementerio Parque de Los Recuerdos, Sector Ciudadela El Dorado, Sector Clínica Ambato, Sector Complejo Judicial, Sector Estadio Bellavista, Sector ECU 911, Sector El Paraíso, Sector El Recreo, Sector El Tropezón, Sector ESFORSE, Sector Hospital Regional Docente de Ambato, Sector Ingahurco, Sector Juan León Mera, Sector La Floresta, Sector La Pradera, Sector La Vicentina, Sector Letamendi, Sector Los Sauces, Sector Mercado Central - Mercado Modelo, Sector Mercado Mayorista, Sector Miraflores, Sector Oriente, Sector Parque Industrial, Sector Paso Lateral (Hasta El Puente Paso Lateral), Sector Paso Lateral Mayorista-Izamba, Sector Plaza Urbina, Sector Puertas del Sol, Sector Samanga, Sector San Antonio, Sector Socavón, Sector Terminal Terrestre (Ingahurco), Sector Urbanización Aeropuerto, Vía a Aguaján	3 días/semana	Lunes Miércoles Viernes 06:00-14:00
	2	Sector Av. Atahualpa (Hasta Redondel Huachi Chico), Sector Av. Indoamérica – Izamba, Sector Bellavista, Sector Cashapamba, Sector Ciudadela España, Sector Cunchibamba, Sector Ciudadela El Dorado, Sector Ciudadela La Alborada, Sector El Paraíso, Sector Ficoa (Parque De Los Quindes), Sector Huachi Chico (Redondel), Sector Imbayo, Sector La Pradera, Sector La Vicentina, Sector Miraflores, Sector Samanga, Sector San Antonio, Sector Urbanización Aeropuerto	1 día/semana	Martes 06:00-14:00
	3	Casco Central, Sector Av. Bolivariana - Mercado Mayorista, Sector Av. Indoamérica – Izamba, Sector Barrio Bellavista (Vía Pilahuín), Sector Cashapamba, Sector Ciudadela Celiano Monge, Sector Ciudadela El Dorado, Sector Ciudadela España, Sector Ciudadela La Alborada, Sector El Paraíso, Sector El Recreo, Sector El Tropezón, Sector Esforse, Sector Hospital Santa Inés, Sector Imbayo, Sector Juan León Mera, Sector La Floresta, Sector La Pradera, Sector Letamendi, Sector Los Laureles, Sector Los Sauces, Sector Mercado Mayorista, Sector Miñarica, Sector Oriente, Sector Parque Industrial, Sector Paso Lateral, Sector San Antonio, Sector San Francisco De Chibuleo, Sector Simón Bolívar, Sector Socavón, Sector Terminal Sur, Sector Troncal De La Sierra, Sector Urbanización Aeropuerto, Sector Vía Guaranda	1 día/semana	Jueves 06:00-14:00
	S/N	Casco Central, Sector Av. El Cóndor - Mercado América, Sector Atahualpa - Hospital Angahuana, Sector Av. Amable Ortiz - Av. Bolivariana, Sector Av. Rodrigo Pachano – Miraflores, Sector Bellavista, Sector Ciudadela España, Sector El Tropezón, Sector Estadio Bellavista, Sector Ficoa (Parque Los Quindes), Sector Las Palmas-Ficoa, Sector Imbayo, Sector Juan León Mera, Sector La Pradera, Sector La Vicentina, Sector Letamendi, Sector Los Sauces, Sector Mercado Mayorista, Sector Miraflores, Sector Oriente, Sector Paso Lateral (Puente Paso Lateral-Izamba), Sector Puertas del Sol, Sector Redondel Vía a Pelileo, Sector Registro Civil Ambato, Sector San Antonio, Sector Urbanización Aeropuerto, Sector Vela	1 día/semana	Sábado 06:00-14:00

Nota. Información tomada de archivos de la EPM-GIDSA.

Recolección de carga posterior

Se registra que la capacidad de carga de los vehículos recolectores de este servicio es de 7 t aproximadamente (EPM-GIDSA, 2018). También los profesionales de la EPM-GIDSA, mencionan que las cajas recolectoras compactadoras son de 20 yd³.

El personal de trabajo se divide en 12 choferes, 1 para cada vehículo respectivamente; y 3 peones para cada camión de carga posterior, 2 para cada volqueta y 1 para carga frontal; dando así un total de 44 trabajadores (EPM-GIDSA, 2018).

En el año 2020 se recolectó un total de 16 386.60 t, con un promedio mensual de 1 365.55 t y un promedio diario de 4 502 (EPM-GIDSA, 2020a).

Macro rutas de carga posterior. En este análisis se tomó en cuenta el número de vehículos que intervienen en este proceso, los cuales son 8 en trabajo activo y 2 vehículos que son de reserva para casos fortuitos. El número de cada zona y los límites fueron tomados en base al registro del “Plan de Servicio de la EPM-GIDSA del Sistema de Recolección 2020”, proporcionados por la Dirección de Operaciones y Mantenimiento de la empresa.

Cabe recalcar que los vehículos trabajan rotativamente, es decir los sectores son inamovibles, pero son visitados cada 3 meses por diferentes vehículos y personal; por lo que, en este estudio, los datos fueron analizados del período septiembre - noviembre 2020.

A continuación, (ver Tabla 7), se puede visualizar la descripción de las macro rutas a nivel sectorial de los 8 vehículos, describiendo el número de zona que ha sido asignado por la empresa, los límites donde trabajan, la frecuencia y horario.

Tabla 7

Descripción de las macro rutas de recolección de carga posterior

Macro rutas actuales				
N° Vehículo	N° Zona	Límites	Frecuencia	Horario
3	17	Av. Julio Jaramillo, Vía a Tangaiche, Av. Bolivariana, Camino El Rey, Av. Indoamérica, El Pisque, Av. Pedro Vascónez, Atocha, Miraflores, Av. Manuela Sáenz, Av. Victor Hugo	5 días/semana	Jueves - Martes 01:00- 09:00

Macro rutas actuales				
N° Vehículo	N° Zona	Límites	Frecuencia	Horario
4	13	Atahualpa, Martínez, Ficoa, La Magdalena		
5	11	Santa Rosa, Huachi Chico, Picaihua, Totoras		
11	6	Montalvo, Huachi Grande, Oriente, Pishilata		Lunes - Sábado
14	16	Pinllo, Llangahua, Aguajan, Av. Los Guaytambos, San Luis, Atahualpa	6 días/semana	06:00- 14:00
16	7	Augusto Martínez, Atahualpa, Vía a Píllaro, Paso Lateral		
17	5	Pishilata, Las Viñas, Picaihua, Paso Lateral		
21	4	Huachi Chico, La Magdalena, Casigana		

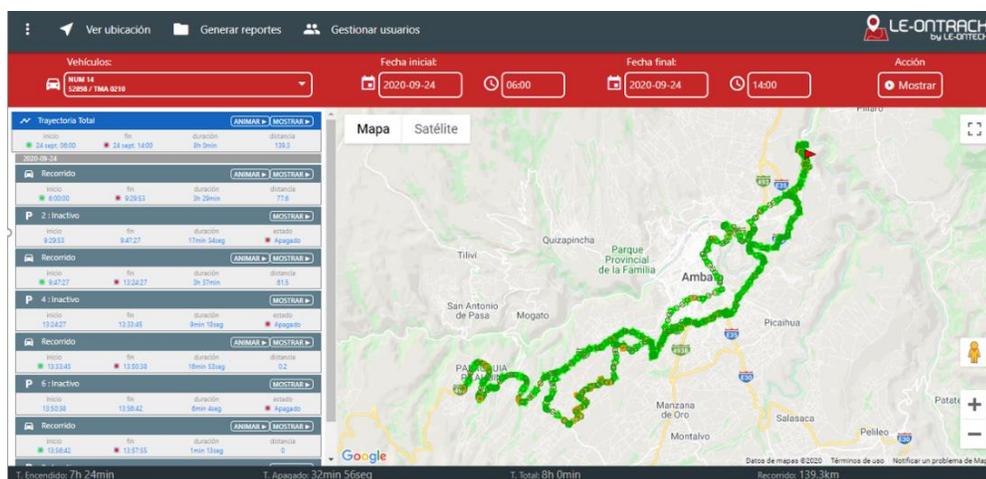
Nota. Información tomada de (EPM-GIDSA, 2020b).

La ruta de la madrugada corresponde una parte del tiempo a la recolección de residuos en el casco central principalmente, acudiendo a sectores de gran influencia y que son de difícil acceso en la mañana como son plazas y mercados. El resto de las zonas corresponden a vías accesibles de parroquias rurales o puntos estratégicos que los vehículos deban visitar, como centros educativos, centros de salud, empresas, entre otros.

Micro rutas de carga posterior. Para conocer el movimiento diario de cada uno de los vehículos, se apoyó en el rastreo satelital mencionado previamente, que permite visualizar en línea el trayecto de los vehículos, horario, velocidad y paradas; (ver Figura 32).

Figura 32.

Tracking de recolección de la Zona 11



Nota. Ejemplo de rastreo satelital de una ruta de un vehículo recolector de carga posterior, correspondiente a la fecha 24 de septiembre de 2020. Tomado de (LE-ONTECH, 2021).

También la EPM-GIDSA aportó con un archivo de puntos GPS de las rutas recorridas por los vehículos de carga posterior durante 15 días, para contribuir al análisis en un SIG. De esta manera se comprobó y determinó la periodicidad de atención a diferentes sectores y por ende donde realizan las paradas de recolección cada vehículo.

Sin embargo, al existir ambigüedades en los puntos de recolección, ya que la frecuencia y los lugares de visita no son regulares, se realizaron entrevistas a los choferes para conocer de mejor manera los sitios estratégicos y horarios.

Por lo tanto, en la siguiente figura, se describen los trayectos de circulación asociados a cada vehículo analizado (ver Figura 33).

Figura 33

Descripción de las micro rutas de recolección de carga posterior

N° VEHICULO	DÍAS	VIAJES	SECTOR	
3	Lunes	1	Mercado Mayorista, Mercado América, Cárcel, Mercados del casco central, Av. Indoamérica, Entrada a Pillaro, La Florida y otros sectores de Atahualpa.	
	Martes	1	Mercado Mayorista, Mercado América, Cárcel, Mercados del casco central, Av. Indoamérica, Entrada a Pillaro.	
		2	Tanques de Pandoa, Tanques de Atahualpa, Tanques de Augusto N. Martínez, Unidad Educativa Tirso de Molíni.	
	Jueves	1	Mercado Mayorista, Mercado América, Cárcel, Mercados del casco central, Av. Indoamérica, Entrada a Pillaro.	
	Sábado	2	Tanques de Pandoa, Tanques de Atahualpa, Tanques de Augusto N. Martínez, Constantino Fernández.	
	Viermes	1	Mercado Mayorista, Mercado América, Cárcel, Mercados del casco central, Sectores de Atahualpa, Calhua Chico, Calhua Grande, Chantalloma, Angahuana y otros sectores de Augusto N. Martínez.	
	Domingo	1	Mercado Mayorista, Mercado América, Cárcel, Mercados del casco central, Mall de los Andes.	
4	Lunes	1	Mall de los Andes, Av. Rodrigo Pachano, Universidad Técnica de Ambato, Hospital Regional Ambato, Hospital IESS, Parque La Cantera en dirección al Casigana, Zona Alta PUCESA, Barrio El Jordán.	
		2	Yacupamba hasta semáforos de entrada a Pillaro, Bodegas Fideos Catedral, Ecuatoriana de Motores, Licores Don Guido.	
	Martes	1	Mall de los Andes, Av. Rodrigo Pachano, Calle Floreana, Barrio San Pedro, La Florida, Atrás del Paseo Shopping, Zona frontal PUCESA, Huachi La Joya, Calles: Avarado Samperregui, Leonidas Araujo, Garzón Ubidia, Brito Bermúdez, Carlota Jaramillo, Julio César, Anibal Araujo.	
		2	Calles de Pishilata: Av. Gaudi, Sandro Buticeli, Alverti, Lecourbusier, Karl Max, Sócrates, Miguel Ángel, Estadio de Pasoloma, Barrio Jesús del Gran Poder de Pichahua, Barrio Campo Alegre entre Pichahua y Pishilata.	
	Miércoles	1	Mall de los Andes, Av. Rodrigo Pachano, Universidad Técnica de Ambato, Hospital Regional Ambato, Hospital IESS, Parque La Cantera en dirección al Casigana, Zona Alta PUCESA, Barrio El Jordán.	
		2	Yacupamba hasta semáforos de entrada a Pillaro, Bodegas Fideos Catedral, Ecuatoriana de Motores, Licores Don Guido, Sectores de Pishilata, Fructi Soda, Unidad Educativa Bolívar.	
	Jueves	1	Mall de los Andes, Av. Rodrigo Pachano, Calle Floreana, Barrio San Pedro, La Florida, Atrás del Paseo Shopping, Zona frontal PUCESA, Huachi La Joya, Calles: Avarado Samperregui, Leonidas Araujo, Garzón Ubidia, Brito Bermúdez, Carlota Jaramillo, Julio César, Anibal Araujo.	
		2	Calles de Pishilata: Av. Gaudi, Sandro Buticeli, Alverti, Lecourbusier, Karl Max, Sócrates, Miguel Ángel, Estadio de Pasoloma, Barrio Jesús del Gran Poder de Pichahua, Barrio Campo Alegre entre Pichahua y Pishilata, Techo Propio.	
	Viermes	1	Mall de los Andes, Av. Rodrigo Pachano, Universidad Técnica de Ambato, Hospital Regional Ambato, Hospital IESS, Parque La Cantera en dirección al Casigana, Zona Alta PUCESA, Barrio El Jordán.	
		2	Yacupamba hasta semáforos de entrada a Pillaro, Bodegas Fideos Catedral, Ecuatoriana de Motores, Licores Don Guido, Carrocerías Varma.	
	Sábado	1	Mall de los Andes, Av. Rodrigo Pachano, Calle Floreana, Barrio San Pedro, La Florida, Atrás del Paseo Shopping, Zona frontal PUCESA, Huachi La Joya, Calles: Avarado Samperregui, Leonidas Araujo, Garzón Ubidia, Brito Bermúdez, Carlota Jaramillo, Julio César, Anibal Araujo.	
		2	Calles de Pishilata: Av. Gaudi, Sandro Buticeli, Alverti, Lecourbusier, Karl Max, Sócrates, Miguel Ángel, Estadio de Pasoloma, Barrio Jesús del Gran Poder de Pichahua, Barrio Campo Alegre entre Pichahua y Pishilata, Pichahua.	
	5	Lunes	1	Huachi Santa Mariana, Parque de la Feria de Canardo, Huachi El Belén, Huachi La Libertad, Barrio El Quinche.
		Miércoles	1	Tanques de Huachi El Empalme, Palahua y otros sectores de Montalvo, Cementerio de Totoras.
Viermes		2	Huachi Grande, La Palestina, Paso lateral de Huachi Grande.	
Martes		1	Tanques de Huachi El Empalme, Palahua y otros sectores de Montalvo, Cementerio de Totoras.	
Jue		2	Paso lateral del redondel de Terremoto y Huachi Grande, Manzana de oro, Agip gas.	
11	Lunes	1	Av. Bolívariana, Huachi La Dolorosa, Entrada a Huachi Totoras.	
	Miércoles	2	Barrio La Libertad de Totoras, Sector 8, Tangaiche.	
	Martes	1	UNANDES, Redondel de Terremoto, Entrada a Pichahua, San Pablo, Mollepamba, La Florida, Tugua.	
	Sábado	2	Shuyuro, 10 de Agosto, San Luis, Simón Bolívar, Calicanto, 3 Juanes, San Juan, Sigispamba, Barrio Jerusalén, Colegio Pichahua.	
	Jueves	1	UNANDES, Redondel de Terremoto, Entrada a Pichahua, San Pablo, Mollepamba, La Florida, Tugua.	
		2	Shuyuro, 10 de Agosto, San Luis, Simón Bolívar, Calicanto, 3 Juanes, San Juan, Sigispamba, Barrio Jerusalén, Colegio Pichahua, Techo Propio.	
	Viermes	1	Av. Bolívariana, Huachi La Dolorosa, Entrada a Huachi Totoras.	
2	Barrio La Libertad de Totoras, Sector 8, Tangaiche, La Florida, Palahua, Centro de salud de Totoras.			
14	Lunes	1	Quisapincha, Ambatillo	
	Martes	1	Casahuala, Punguloma, Mogato, Mercado de Pasa, Cementerio y Parque de Pasa San Fernando.	
		2	Entrada a Laguiño, Vía a La Libertad.	
	Miércoles	1	Cheupuloma, Calhuasig, Pujanza, Condonza, Parque de la Familia.	
	Jueves	1	Punguloma, Tilivi, Illagua, Pasa, Pasa San Fernando.	
	Viermes	2	Entrada a Laguiño, Vía a La Libertad.	
Sábado	1	Quisapincha, Ambatillo, Vía a las 7 comunas.		
16	Lunes	1	Mogato, Mercado de Pasa, Pasa San Fernando, Argamanguillo.	
	Miércoles	1	Estadio de Macasto, Tanques cerca de las avícolas: ESFORSE, Villa ESFORSE, 4 esquinas, Tanques de entrada a Puerto Arturo, Tanque de Estado de Samanga, Tanques de Vía a Calhua.	
	Martes	1	Parque Industrial, Sectores de Cunchibamba, Parque de Cunchibamba, Quillán Loma, Vía a Pucarumí.	
17	Lunes	1	PROA, Vía a Tangaiche, Tanques de CEPE, Frente al Estado alterno, Cdia. El Bosque y otros sectores de Huachi El Belén, Paso lateral de Izamba.	
	Miércoles	2	Entrada a Santa Cruz, El Calvario, Las Cochas, Cdia. San Cayetano, Estadio de la Tarazana, Barrio Central, Estadio de Terremoto.	
	Martes	1	Hospital Solís, Aeropuerto de Izamba, Unidad Educativa Aenas, Alrededores GIDSA, Barrio Solís, Barrio San Francisco.	
	Jueves	1	Av. Atahualpa a la altura del cementerio de Huachi Belén, Av. Anibal Granja, Vía a Terminal Sur.	
	Sábado	2	Av. Atahualpa a la altura del cementerio de Huachi Belén, Av. Anibal Granja, Vía a Terminal Sur.	
21	Lunes	1	Vía ecológica detrás del seminario, Tanques de EMAPA, Condominios Vista Linda, Urbanización EMAPA, Bodegas de PEPSI, Barrio 2000, 4 esquinas, Feria 4 esquinas.	
		2	Detrás de la iglesia, Barrio Bellavista.	
	Martes	1	Calles del coliseo, parque e iglesia de Pílahuín, Pucará, Entrada a Chibuleo.	
		2	Patateo.	
	Miércoles	1	Vía ecológica detrás del seminario, Tanques de EMAPA, Condominios Vista Linda, Urbanización EMAPA, Barrio Las Carmelitas, Barrio Miferica bajo, Detrás del cementerio de Juan Benigno Vela, Entrada a San Luis.	
		2	Barrio Bellavista hasta Huachi La Libertad.	
	Jueves	1	Calles del coliseo, parque e iglesia de Pílahuín, Pucará, Entrada a Chibuleo, San Pedro, San Pablo.	
		2	El Quinche.	
	Viermes	1	Vía ecológica detrás del seminario, Tanques de EMAPA, Condominios Vista Linda, Urbanización EMAPA, 4 esquinas, Apatag.	
		2	Iglesia parte posterior, Barrio Bellavista.	
Sábado	1	Yatzaputzan, Tamboloma, Centro de Pílahuín.		

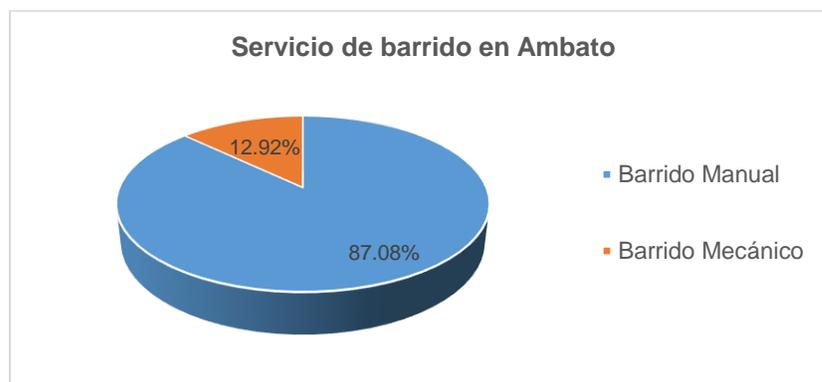
Nota. Información tomada de archivos de la EPM-GIDSA.

Barrido manual

El barrido de la ciudad se efectúa con un servicio manual y mecánico, representando el primero el 87.08% y el segundo, 12.92% (ver Figura 34). La cobertura promedio longitudinal es del 47% y la distancia semanal de barrido total es de 1 797 Km (EPM-GIDSA, 2020a).

Figura 34.

Servicio de barrido en el cantón Ambato



El barrido manual es permanente, durante los 365 días del año, incluyendo días festivos y los establecidos como feriados nacionales en los horarios que constan en los respectivos Planes Operativos Anuales, además en situaciones de contingencias y desastres naturales se coordina con las instituciones encargadas (EPM-GIDSA, 2019).

Este servicio cubre un total de 238 Km de calles en condiciones óptimas, 63 Km en el casco central dando un total de 301 Km con 83 peones, 3 sobrestantes, 3 choferes y 3 vehículos (EPM-GIDSA, 2019).

Actualmente se tiene 341 Km de cobertura de barrido lineal, con un déficit de 286 Km, representando el 54.38% de áreas sin servicio, incrementándose para el 2020 un 5% debido a la falta de recursos (EPM-GIDSA, 2019).

La oferta se hace a calles, avenidas principales, parques, plazas, pasajes y frentes a inmuebles municipales o públicos, a través del uso de escobas, manillas metálicas, coches y fundas plásticas. El promedio mensual de uso de fundas biodegradables es de 2500 (EPM-GIDSA, 2020a).

En la “Rendición de cuentas 2020” se menciona que los grupos de trabajo son 3, abasteciendo 26 rutas diarias, cuyo rendimiento es de 3.5 Km/trabajador por jornada. Estas rutas se dividen en 12 de la madrugada, 8 diurnas, y 6 vespertinas (EPM-GIDSA, 2021b).

Macro rutas de barrido manual. En este análisis se tomó en cuenta a cada grupo de trabajo, que realiza actualmente el barrido en diferentes zonas de la ciudad, con distintos horarios y frecuencias, (ver Tabla 8).

Tabla 8

Descripción de las macro rutas de recolección de barrido manual

Macro rutas actuales				
N° Grupo	N° Zona	Zona	Frecuencia	Horario
1	1	Casco central, parques mercados y espacios públicos en general.	6 días/semana	Lunes - Sábado 02:00-05:00
	2	Sectores periféricos del centro de la ciudad.	6 días/semana	Lunes - Sábado 05:00-10:00
2	1	Principales calles y avenidas de gran afluencia, parques mercados y espacios públicos en general.	6 días/semana	Lunes - Viernes 06:00-14:00
				Domingo 02:00-10:00
3	1	Casco central, parques mercados y espacios públicos en general.	6 días/semana	Lunes – Sábado 10:00-18:00

Nota. Macro rutas de recolección de residuos de barrido manual a nivel zonal. Tomado (EPM-GIDSA, 2019).

El personal de trabajo actual no es suficiente para cumplir con el trabajo requerido (ver Tabla 9). En el informe de 2020 se reporta que solo trabajan 77 obreros divididos en 3 grupos (EPM-GIDSA, 2020a).

Tabla 9

Personal y maquinaria de trabajo de barrido manual

Personal y maquinaria de barrido manual				
N° Grupo	Sobrestante	N° Personal disponible	N° Personal requerido	Vehículos
1	Sr. Carlos Palate	25	31	
2	Sr. Sergio Castillo	25	33	2 volquetas, 1 camioneta
3	Sr. Ángel Tiviano	19	19	

Nota. Personal y maquinaria de trabajo de barrido manual, que operan en la actualidad.

Información tomada de la entrevista con los expertos y (EPM-GIDSA, 2019).

Micro rutas de barrido manual. El primer acercamiento de las micro rutas de este servicio se describe en el estudio “Evaluación y mejoramiento del sistema de barrido de vías y limpieza de áreas públicas de la ciudad de Ambato” del año 2004, donde se divide el trabajo en 2 grupos y diferentes zonas y sectores.

Este insumo ha sido de suma importancia para la dotación del servicio en la actualidad, ya que se lo ha tomado como referencia, a pesar de que ha sufrido actualizaciones a través del tiempo.

El documento reporta las micro rutas a nivel zonal, sectorial, calles. Sin embargo, la descripción específica de todas las calles y avenidas se ha descartado en este diagnóstico debido a que en la actualidad muchas de ellas ya no cuentan con el servicio de barrido manual o han cambiado el nombre.

El grupo estaba dividido en dos zonas, con diferentes frecuencias y horarios, (ver Figura 35). Además, en sus rutas atendían algunas áreas públicas de la ciudad, entre ellas: Mercado Modelo, Mercado Central, Mercado Sur, Mercado La Merced, Mercado Simón Bolívar, Plaza Colón, Plaza Urbina, Plaza de Chanchos, Plaza Pachano, Plaza La Dolorosa, Plaza Urbina, Plaza Primero de Mayo, Terminal, Av. Amazonas (Frente del coliseo), Explanada Ferroviaria, Parque Cevallos, Parque 12 de noviembre (Revelo, 2004).

Figura 35.

Descripción de las micro rutas de barrido manual del grupo 1

GRUPO	N° ZONA	ZONA	N° RUTA	SECTORES	FRECUENCIA	HORARIO
1	1	Centro de la ciudad	1	Av. Cevallos – Av. 12 de	6 días/semana	Lunes - Sábado 2:00 - 6:00
			2	Olmedo – Av. 12 de noviembre		
			3	Av. Cevallos – Juan Benigno Vela		
			4	Sucre – Bolívar		
			5	Rocafuerte – Cuenca		
			6	La Delicia		
			7	Primera Imprenta – Darquea		
			8	Bolívar – Cuenca		
			9	Rocafuerte – Colón		
			10	García Moreno – Lizardo Ruiz		
			11	La Loma		
			12	La Ferroviaria		
	13	Verdeloma	1 día/semana	Martes 2:00 – 6:00		
	2	Sectores adyacentes al centro de la ciudad	1	Cdla. Oriente	2 días/semana	Martes Jueves
			2	Cdla. Galápagos		
			3	Cdla. San Cayetano	1 día/semana	Miércoles 6:00 – 10:00
			4	Cdla San Antonio	3 días/semana	Lunes Miércoles Viernes 6:00 – 10:00
			5	Cdla. España	1 día/semana	Viernes 6:00 – 10:00
			6	Miraflores	2 días/semana	Martes Jueves 6:00 – 10:00
			7	Huachi Chico	1 día/semana	Miércoles 6:00 – 10:00
			8	Cdla. Catilnarias		
			9	Cashapamba		
			10	Ingahurco	3 días/semana	Lunes Miércoles Viernes 6:00 – 10:00
11			Ficoa	2 días/semana	Martes Jueves 6:00 – 10:00	
12	Atocha					
13	Cdla. El Recreo	2 días/semana	Lunes Viernes 6:00 – 10:00			

Nota. Micro rutas de recolección de barrido manual del grupo 1, a nivel sectorial. Tomado de (Revelo, 2004).

El grupo 2 estaba dividido en dos zonas, con diferentes frecuencias y horarios, (ver Figura 36). Además, en sus rutas atendían algunas áreas públicas de la ciudad, entre ellas: Parque 12 de noviembre, Parque Juan Montalvo, Parque La Cantera, Relleno Sanitario (Revelo, 2004).

Figura 36.

Descripción de las micro rutas de barrido manual del grupo 2

GRUPO	N° ZONA	ZONA	N° RUTA	SECTORES	FRECUENCIA	HORARIO
2	1	Principales avenidas de la ciudad	1	Av. Los Andes, Corazón, Volcán Chiles, Chanduy, Española, Verdeloma, Av. Camino El Rey	1 día/semana	Lunes 6:00 – 14:00
			2	Urdaneta, Av. Quis Quis, Tupac Yupanqui, Av. Atahualpa, Av. Rumiñahui, Av. Los Chasquis, Oriente, Azuay		
			3	Av. Los Shyris, Av. Leonidas Plaza Gutiérrez, Av. Los Chasquis, Av. Pichincha		
			4	Antonio Clavijo, Av. Manuela Sáenz, Av. Víctor Hugo		
			5	Av. Miraflores, Av. Los Guaytambos	1 día/semana	Martes 6:00 – 14:00
			1	José Peralta, Av. Alahualpa, 13 de abril		
			2	Av. Los Chasquis, Oriente, Av. Quis Quis		
			3	Av. Julio Jaramillo, Av. Amazonas, Av. El Cóndor, Av. Río Machángara, Av. 10 de agosto		
			4	Línea férrea - Av. De las Américas	1 día/semana	Jueves 6:00 – 14:00
			1	Av. Latinoamérica, Av. Los Capulies		
			2	Av. Latinoamérica, Av. Los Capulies, Juan Coronel		
			3	Av. Panamericana Norte		
			4	Av. Amazonas, Espejo	1 día/semana	Viernes 6:00 – 14:00
			1	Quisapincha		
			2	Coca Cola		
			3	Santa Rosa		
	4	Parque Ecológico	1 día/semana	Sábado 6:00 – 14:00		
	1	Centro de la ciudad				
	2	Cipriano Delgado, Miguel Garrido, Mirabeles, Av. Los Capulies, Guayabas, Cumandá				
	3	La Delicia, Aguacollas, Chávez Coronado, Maugeri, El Espectador, Montalvo				
	1	Av. Cevallos	1 día/semana	Domingo 6:00 – 14:00		
	2	Av. 12 de noviembre, Av. El Rey, Av. Los Andes, Espejo				
	3	Av. 12 de noviembre, Av. De las Américas, Av. González Suárez.				
	4	Av. Los Guaytambos, Av. Los Capulies				
	5	García Moreno, Av. González Suárez, Bolívar, 5 de junio				
	6	Centro de la ciudad				
	1	Av. Unidad Nacional, Av. Pasteur	6 días/semana	Jueves Martes 6:00 – 14:00		
	2	Av. Colombia, Av. De las Américas, Bolivia				
	3	Parque 12 de noviembre y alrededores				
	1	Olmedo, Francisco Flor, Castillo, Quito, Av. 12 de noviembre, Guayaquil, Mejía	6 días/semana	Lunes -Sábado 10:00 – 19:00		
	2	Juan Benigno Vela, Av. Cevallos				
	3	Sucre				
4	Bolívar, Rocafuerte, Montalvo					
5	Av. 12 de noviembre, 13 de abril, Espejo, Mera					
6	Juan Benigno Vela, Av. Cevallos, Sevilla					
7	Sucre					
8	Bolívar, Rocafuerte					
9	Av. 12 de noviembre, Espejo, Sevilla, Av. Los Andes					
10	Av. Cevallos					
11	Primera Imprenta					
12	Darquea, Calderón					
13	Bolívar					
14	García Moreno, Av. González Suárez					
1	Av. 12 de noviembre	1 día/semana	Domingo 10:00 – 19:00			
2	Juan Benigno Vela, Alrededores Mercado Modelo					
3	Av. Unidad Nacional, Alrededores Parque Cevallos					
4	Bolívar					

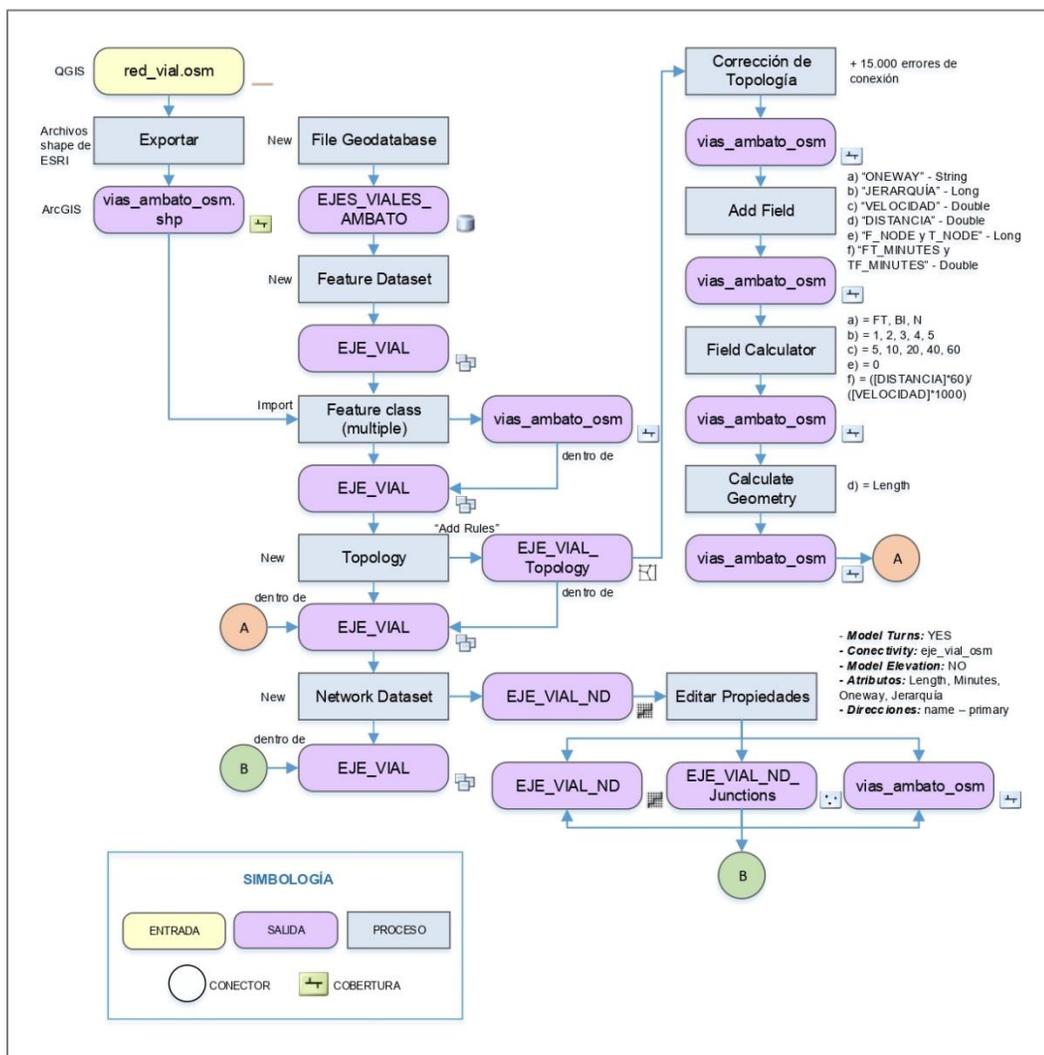
Nota. Micro rutas de recolección de barrido manual del grupo 2, a nivel sectorial. Tomado de (Revelo, 2004).

Construcción de redes

Este proceso inicia con el tratamiento de vías, las cuales tuvieron que ser revisadas y depuradas para calcular sobre estas las respectivas rutas (ver Figura 37).

Figura 37.

Modelo cartográfico de la construcción de redes



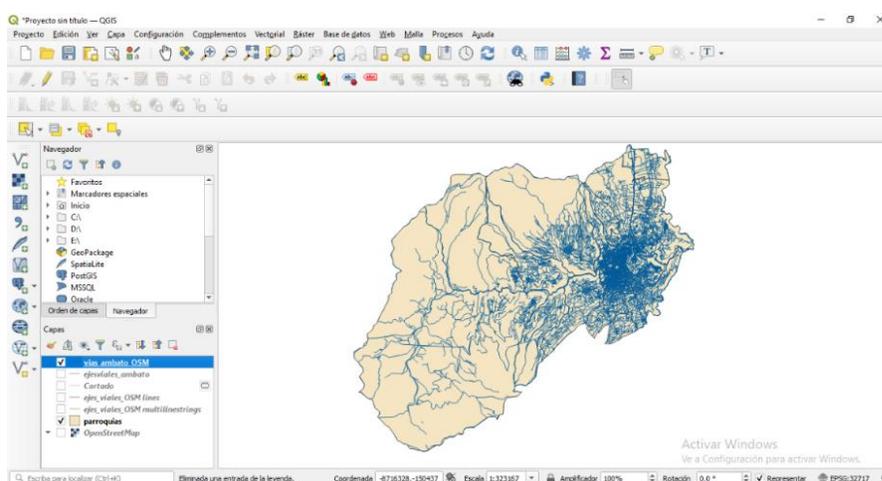
Generación de la red vial

Para la generación de la red vial del cantón Ambato, se utilizó como insumo inicial el archivo *shape* Via_AP030, proporcionados por el GADMA, del año 2018 a escala 1:5000 sin

embargo, al no estar actualizado, se procedió a realizar la descarga de vías mediante la plataforma OSM, usando de por medio el software libre QGIS. Para obtener las vías correspondientes al área de estudio, se añadió la capa del cantón como referencia y se procedió a la respectiva descarga (ver Figura 38). Finalmente, se depuró la red vial, eliminando “líneas” que no correspondían al presente estudio.

Figura 38.

Red vial del cantón Ambato



Nota. Capa vial obtenida de Open Street Map.

Edición de la capa de red vial

La tabla de atributos de las vías obtenidas (ver Figura 39), estaba estructurada por información adicional a la necesaria para el cálculo de las rutas, por lo que se procedió a editar la misma, dejando solo los campos: “name” y “highway” (ver Figura 40).

Figura 39.

Tabla de atributos de la red vial del cantón Ambato

FID	Shape	osm_id	name	highway	waterway	aerialway	barrier	man_made	z_order
0	Polyline	24210535	Bolivar	residential					13
1	Polyline	30389463		primary					7
2	Polyline	30389477		primary					7
3	Polyline	30389498		primary					7
4	Polyline	30389505	E491	primary					7
5	Polyline	32322970		primary					7
6	Polyline	33174446							0
7	Polyline	33175381	RÁ-o Ambato	river					0
8	Polyline	34207890	RÁ-o Pachanica	river					0
9	Polyline	34208175							0
10	Polyline	34208652							0
11	Polyline	36002240	Panamerica Sur	trunk					8
12	Polyline	36002242	Paso Lateral Ambato	trunk					8
13	Polyline	36002243		trunk_link					0
14	Polyline	36002649		trunk_link					28
15	Polyline	36128131		primary					7
16	Polyline	39270876	10 de Agosto	residential					3
17	Polyline	39270877	10 de Agosto	residential					3
18	Polyline	40813444	Huapante	secondary					6
19	Polyline	43167345		tertiary					4
20	Polyline	45101072	Ferrocarriles del Ecuador E.P.	track					5
21	Polyline	54640686	Benjamín Franklin	tertiary					4
22	Polyline	54640687	Benjamín Franklin	tertiary					4
23	Polyline	54640688	Avenida Galo Vela	secondary					26
24	Polyline	55787796	Panamericana Sur	trunk					8
25	Polyline	55780067							0
26	Polyline	55780069							0
27	Polyline	56150411							0
28	Polyline	56674243	Paso Lateral Ambato	trunk					8
29	Polyline	57781011							8

Figura 40.

Tabla de atributos editada de la red vial del cantón Ambato

FID	Shape	osm_id	name	highway
0	Polyline	24210535	Bolivar	residential
1	Polyline	30389463		primary
2	Polyline	30389477		primary
3	Polyline	30389498		primary
4	Polyline	30389505	E491	primary
5	Polyline	32322970		primary
6	Polyline	33174446		
7	Polyline	33175381	RÁ-o Ambato	
8	Polyline	34207890	RÁ-o Pachanica	
9	Polyline	34208175		
10	Polyline	34208652		
11	Polyline	36002240	Panamerica Sur	trunk
12	Polyline	36002242	Paso Lateral Ambato	trunk
13	Polyline	36002243		trunk_link
14	Polyline	36002649		trunk_link
15	Polyline	36128131		primary
16	Polyline	39270876	10 de Agosto	residential
17	Polyline	39270877	10 de Agosto	residential
18	Polyline	40813444	Huapante	secondary
19	Polyline	43167345		tertiary
20	Polyline	45101072	Ferrocarriles del Ecuador E.P.	track
21	Polyline	54640686	Benjamín Franklin	tertiary
22	Polyline	54640687	Benjamín Franklin	tertiary
23	Polyline	54640688	Avenida Galo Vela	secondary
24	Polyline	55787796	Panamericana Sur	trunk
25	Polyline	55780067		
26	Polyline	55780069		
27	Polyline	56150411		
28	Polyline	56674243	Paso Lateral Ambato	trunk
29	Polyline	57781011		

Creación de una geodatabase

La geodatabase (gdb) es la estructura de datos nativa para ArcGIS y es el formato de datos principal que se utiliza para la edición y administración de los mismos, siendo información vectorial y ráster (ESRI, 2019).

A partir de la creación de la geodatabase, se creó un Feature Dataset, el cual sirvió para añadir entidades que comparten coordenadas en común. Por lo que toda la información que se utilizó, se encuentra correctamente almacenada.

Topología de redes

La herramienta *Topology* fue utilizada para depurar los errores de conectividad de la red vial, lo que garantiza la calidad de los datos espaciales y facilita la compilación de los mismos. Se corrigieron errores como: vías sobrepuestas, ya que para la generación de una ruta es importante que existan intersecciones entre las vías; segmentos mal conectados, entre otros, mediante el uso de las reglas topológicas que ArcGIS proporciona, tales como:

- Must Not Overlap
- Must Not Intersect
- Must Not Have Dangles
- Must Not Have Pseudo Nodes
- Must Not Self-Overlap
- Must Not Self-Intersect
- Must Be Single Part
- Must Not Intersect or Touch Interior

Campos de una red vial

Dentro de la tabla de atributos de la red vial, se añadieron campos adicionales importantes para la creación del *Network Dataset*, la cual está estructurada de la siguiente forma:

- **Creación de los campos de conexiones**

Los segmentos deben estar conectados mediante nodos, los cuales indican el sentido de la digitalización de las vías, estos se representan mediante la codificación: "F_NODE" para nodos iniciales y "T_NODE" para nodos finales.

Debido a que las vías no fueron digitalizadas de forma manual, este campo fue llenado con cero '0'.

- **Creación del campo "DISTANCIA"**

Indica las longitudes de cada segmento (eje vial) en la unidad de medida metros.

- **Creación del campo "ONEWAY" (sentido vial)**

Este campo es muy importante, ya que mantiene la restricción con respecto al sentido de circulación del transporte sobre el segmento respectivo, esta restricción puede ser unidireccional o bidireccional; incluso, se pueden indicar los segmentos que no tienen acceso.

De acuerdo de la digitalización de las vías, la nomenclatura fue la siguiente:

FT: sentido unidireccional de inicio a fin

TF: sentido unidireccional de fin a inicio

BI: sentido bidireccional

N: vías con restricción de circulación

Nota 1: Para indicar el sentido unidireccional de las vías, no es necesario clasificarlas por FT y TF, se puede usar una de las dos codificaciones.

Nota 2: Las vías de doble dirección o bidireccionales pueden ser representadas por la codificación BI o el campo puede quedar vacío.

- **Creación del campo “JERARQUÍA”**

Las vías de una red deben ser claramente categorizadas en aquellas que son principalmente para el movimiento, y aquellas que son principalmente para acceso local (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013).

La jerarquización se codificó como: carretera (1), avenida (2), calle (3), pasaje (4), otros (5).

- **Creación del campo “VELOCIDAD” (velocidad permitida)**

El máximo de velocidad permitida fue definido de acuerdo con lo establecida por el Reglamento a la Ley de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial (ver Figura 41).

Figura 41.

Límites de velocidad

Límites de velocidad ÁREAS URBANA Y PERIMETRAL			
VEHÍCULOS LIVIANOS Y MOTOS			
Tipo de vía	Límite	Rango moderado (art. 142 g de la ley) Sanción económica y pérdida de puntos	Fuera del rango moderado (art. 145) Prisión, sanción económica y pérdida de puntos
Urbana	50 km/h	desde 51 km/h hasta 60 km/h	61 km/h*
Perimetral	90 km/h	desde 91 km/h hasta 120 km/h	121 km/h*
Rectas en carreteras	100 km/h	desde 101 km/h hasta 135 km/h	136 km/h*
Curvas en carreteras	60 km/h	desde 61 km/h hasta 75 km/h	76 km/h*
TRANSPORTE PÚBLICO			
Urbana	40 km/h	desde 41 km/h hasta 50 km/h	51 km/h*
Perimetral	70 km/h	desde 71 km/h hasta 100 km/h	101 km/h*
Rectas en carreteras	90 km/h	desde 91 km/h hasta 115 km/h	116 km/h*
Curvas en carreteras	50 km/h	desde 51 km/h hasta 65 km/h	66 km/h*
TRANSPORTE DE CARGA			
Urbana	40 km/h	desde 41 km/h hasta 50 km/h	51 km/h*
Perimetral	70 km/h	desde 71 km/h hasta 95 km/h	96 km/h*
Rectas en carreteras	70 km/h	desde 71 km/h hasta 100 km/h	101 km/h*
Curvas en carreteras	40 km/h	desde 41 km/h hasta 60 km/h	61 km/h*

* En adelante

Fuente: Reglamento de la Ley de Tránsito

EL UNIVERSO

Nota. Tomado de (Ecuador Noticias, 2012).

Para el presente proyecto, enfocado al cálculo de rutas óptimas de recolección de desechos, se tomó como referencia las velocidades de Transporte de Carga.

- **Creación del campo “TIEMPO”**

Indica el tiempo de desplazamiento en minutos de cada uno de los tramos o segmentos de vía, (ver Ecuación 3).

Ecuación 3

$$Tiempo = \frac{Distancia*60}{Velocidad*1000}$$

Se crearon dos campos que indican el tiempo de recorrido, los cuales fueron representados como:

FT_MINUTES: tiempo de recorrido de un segmento de inicio a fin.

TF_MINUTES: tiempo de recorrido de un segmento de fin a inicio.

Ambos tiempos fueron obtenidos mediante la aplicación de la misma ecuación.

Por último, se obtuvo la tabla de atributos completa (ver Figura 42) de los ejes viales del cantón Ambato.

Figura 42.

Tabla de atributos de ejes viales del cantón Ambato

FID	Shape	name	TF_NODE	FT_NODE	DISTANCIA	ONEWAY	highway	JERARQUÍA	VELOCIDAD	FT_MINUTES	TF_MINUTES
23487	Polyline	5 de Junio	0	0	76.859597	FT	residential	3	10	0.461158	0.461158
23497	Polyline	5 de Junio	0	0	6.401685	FT	residential	3	10	0.03841	0.03841
23564	Polyline	5 de Junio	0	0	67.862795	FT	residential	3	10	0.407177	0.407177
16439	Polyline	7 Tratados	0	0	76.981412	BI	tertiary	2	40	0.115472	0.115472
16436	Polyline	7 Tratados	0	0	91.946788	BI	tertiary	2	40	0.13792	0.13792
1110	Polyline	7 Tratados	0	0	89.989164	BI	tertiary	2	40	0.134984	0.134984
2310	Polyline	9 de Octubre	0	0	84.406933	BI	residential	3	10	0.506442	0.506442
2299	Polyline	9 de Octubre	0	0	89.417139	BI	residential	3	10	0.536503	0.536503
5112	Polyline	9 de Octubre	0	0	92.321805	BI	residential	3	10	0.553931	0.553931
23841	Polyline	9 de Octubre	0	0	87.186822	BI	residential	3	10	0.523121	0.523121
21230	Polyline	9 de Octubre	0	0	53.211411	BI	residential	3	10	0.319268	0.319268
23643	Polyline	9 de Octubre	0	0	62.123891	BI	residential	3	10	0.372743	0.372743
24047	Polyline	9 de Octubre	0	0	87.05186	BI	residential	3	10	0.522311	0.522311
23912	Polyline	9 de Octubre	0	0	84.449113	BI	residential	3	10	0.506695	0.506695
24131	Polyline	9 de Octubre	0	0	95.018821	BI	residential	3	10	0.570113	0.570113
21261	Polyline	9 de Octubre	0	0	47.010396	BI	residential	3	10	0.282962	0.282962
23773	Polyline	9 de Octubre	0	0	85.372677	BI	residential	3	10	0.530236	0.530236
24195	Polyline	9 de Octubre	0	0	161.400097	BI	residential	3	10	0.968401	0.968401
23710	Polyline	9 de Octubre	0	0	89.198991	BI	residential	3	10	0.535192	0.535192
4709	Polyline	A la Costa	0	0	73.873878	FT	residential	3	10	0.443243	0.443243
24452	Polyline	A la Costa	0	0	4.755983	FT	residential	3	10	0.028536	0.028536
24505	Polyline	A la Costa	0	0	70.282147	FT	residential	3	10	0.421693	0.421693
5998	Polyline	Aalto	0	0	152.335182	N	construction	5	5	1.828022	1.828022
4307	Polyline	Aalto	0	0	55.437995	BI	residential	3	10	0.332628	0.332628
18069	Polyline	Abdon Calderon	0	0	275.930076	BI	residential	3	10	1.65558	1.65558
1973	Polyline	Abdon Calderon	0	0	89.859724	BI	residential	3	10	0.539158	0.539158
17447	Polyline	Abdon Calderon	0	0	17.448897	BI	residential	3	10	0.104693	0.104693
17578	Polyline	Abdon Calderon	0	0	143.066274	BI	residential	3	10	0.858398	0.858398
20125	Polyline	Abdon Calderon	0	0	67.574031	BI	residential	3	10	0.405444	0.405444
17601	Polyline	Abdon Calderon	0	0	141.878935	BI	residential	3	10	0.851274	0.851274

Nota. Campos necesarios para la creación del Network Dataset.

Creación del Network Dataset

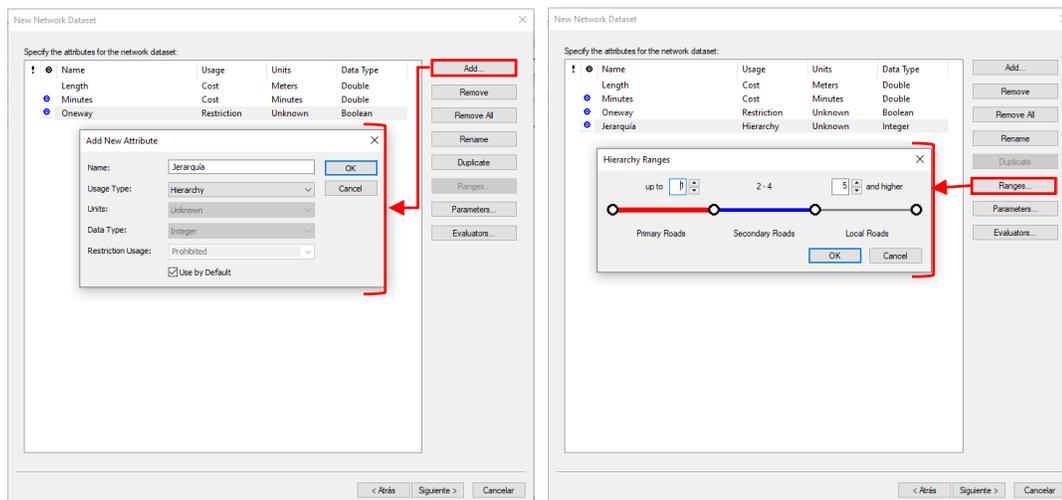
Los datasets de red son apropiados para modelar redes de transporte. Se crean a partir de entidades de origen, que pueden incluir entidades simples (líneas y puntos) y giros, y almacenar la conectividad de las entidades de origen (ESRI, 2020).

Para la creación del *Network Dataset*, se dio clic derecho sobre el *Feature Class* de vías “EJE_VIAL”, se seleccionó la opción *New* y se asignó el nombre, en este caso “EJE_VIAL_ND”. Seguido, se marcó en la capa vial, la única que influyó en este análisis. Continuando, se escogió la opción *Yes* para modelar turnos; se verificó la conectividad con el eje vial y para modelar las elevaciones, al no contar con información en los campos “F_NODE” y “T_NODE”, se seleccionó la opción *None*.

Como siguiente opción, en la página para configurar los atributos de red que, por defecto, el programa reconoció los atributos: “Length” (metros), “Minutes” (minutos) y “Oneway” (restricción). Los atributos que no fueron reconocidos de forma automática se añadieron dando clic en *Add*, siendo el caso de “Jerarquía”, en el cual se establecieron los rangos *Ranges*, del 1 al 5 (ver Figura 43) lo que permitió que el programa genere la ruta tomando en cuenta panamericanas, avenidas o calles, debido a que el recorrido no puede circular por callejones.

Figura 43.

Configuración del atributo "Jerarquía" de Network Dataset



Nota. El parámetro fue ingresado de forma manual ya que el Network Dataset no lo reconoció en primera instancia.

Para determinar los valores de atributos de red, se dio clic en *Evaluators*. En esta opción, se procedió a conectar la fuente (ejes viales) con sus respectivos valores (atributos).

En el caso de "Oneway", los valores se los estableció mediante expresiones (ver Figura 44), en el caso de "From-To", la expresión fue:

```
restricted = False

Select Case UCase([ONEWAY])

Case "N", "TF", "T": restricted = True

End Select
```

Y para "To-From", la expresión fue:

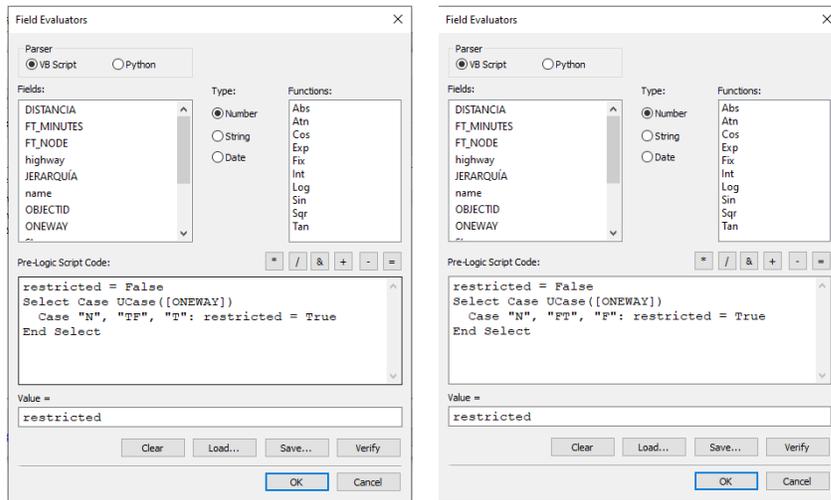
```
restricted = False

Select Case UCase([ONEWAY])
```

Case "N", "FT", "T": restricted = True
 End Select

Figura 44.

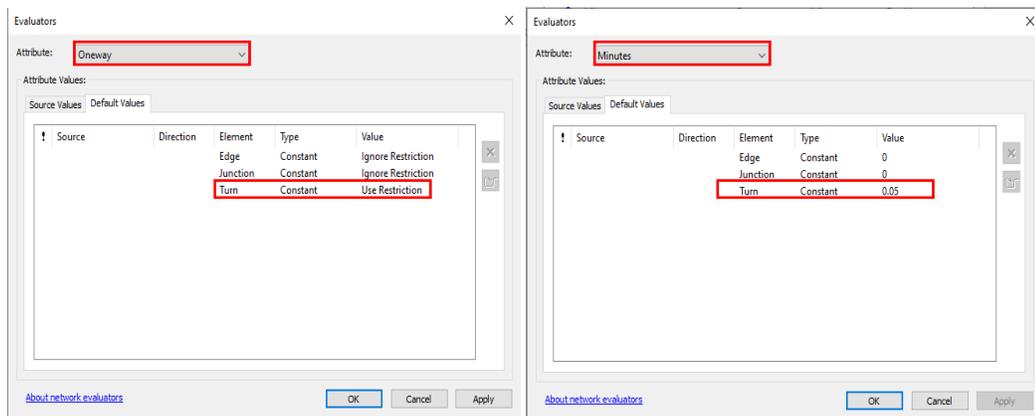
Expresión del campo de evaluadores para Oneway



Para agregar el tiempo de giro, en el parámetro “Oneway” en la pestaña *Default Values*, se habilitó la restricción de giros (turn), y de esta forma, en el parámetro “Minutes” se colocó el valor, este fue 0.05 min que representa 3 segundos por giro (ver Figura 45)

Figura 45.

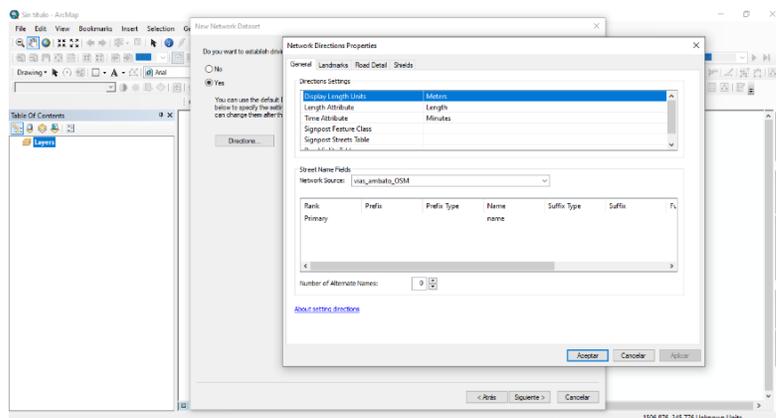
Uso de restricción de tiempo de giro



En la ficha general de la propiedad de direcciones de *Network Dataset*, (ver Figura 46) se verificó que el campo “Name” para la fila *Primary* se haya asignado automáticamente a “Name”. Este campo contiene los nombres de las calles del cantón Ambato, importantes para ayudar a generar instrucciones para conducir.

Figura 46.

Configuración final de las propiedades de Network Dataset



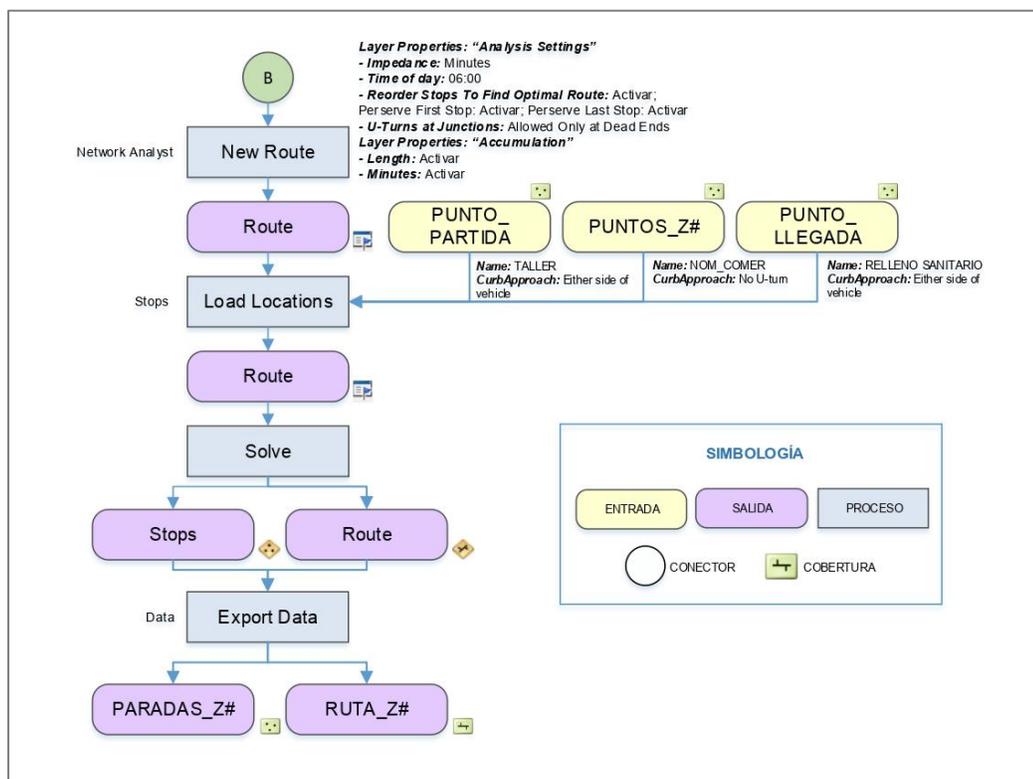
Así, el *Network Dataset* fue creado con todas las configuraciones realizadas, de esta forma se procedió a generar las rutas de recolección.

Análisis geoespacial de las rutas de recolección de desechos sanitarios

A partir del diagnóstico de la situación actual de este servicio y con la información disponible se procedió a generar las rutas de recolección mediante el análisis de redes. La síntesis metodológica se expone en el siguiente modelo cartográfico (ver Figura 47).

Figura 47.

Modelo cartográfico de las rutas de recolección de desechos sanitarios



Paradas de recolección

Las paradas de recolección de los desechos sanitarios corresponden a diversas instituciones de la ciudad que requieren el servicio de manera pública o particular como hospitales, centros de salud, clínicas, consultorios médicos públicos y privados, estéticas, peluquerías, spa, veterinarias, entre otros que ofrecen servicios diversos.

Se tuvo como insumo inicial el catastro de recolección de desechos sanitarios proporcionado por la EPM-GIDSA, con un total de 1349 usuarios (ver Figura 48) donde se encontraron registrados atributos de cada uno de los establecimientos, tales como: código, nombre comercial, razón social, RUC, dirección, contacto, teléfono y correo electrónico.

Figura 48.

Usuarios catastrados para el servicio de recolección de desechos sanitarios

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1									
2									
3									
		CÓDIGO GCS	COD. 1	NOMBRE COMERCIAL	RAZÓN SOCIAL	RUC	DIRECCION	CONTACTO	TELÉFONO
881		30290	OTS.620	CENTER MEDI LAB	MARIA DEL CARMEN GALARZA A	*****	GARCIA MORENO 01-53 Y MIGUEL SUAREZ		2425245-0984274342
882		30291	OTS.621	MICHELLE AMARILUS VILLACIS HURTADO	VILLACIS HURTADO MICHELLE A	*****	CALLE MIRABELES S/N Y LA DELICIA (QUINTA CHARLESTONG)	DR. MICHELLE AMARILUS VIL	895169094
883		30292	OTS.622	NUÑEZ CASTRO PABLO ANDRES	NUÑEZ CASTRO PABLO ANDRES	*****	NERA Y SUCRE EDIFICIO ACOSTA	DR. PABLO ANDRES NUÑEZ	987224100
884		30293	OTS.623	MAYORGA SOLIS DANIELA CATALINA	MAYORGA SOLIS DANIELA CATA	*****	AV. CEVALLOS Y MERA MUTUALISTA ANIBATO OFICINA 603	DR. DANIELA CATALINA MA	992947227
885		30294	OTS.624	ANDRE SALUD Y BELLEZA (CRIOLLO MA	FEDERACION DEPORTIVA PROV	*****	AV. BOLIVARIANA ESTADIO BELLAVISTA PUERTA 9		032409062 - 032409064
886		30295	OTS.625	VITERI HERNANDEZ ROGELIO FRANCISCO	VITERI HERNANDEZ ROGELIO FR	*****	QUITO 6-57 ENTRE 12 DE NOVIEMBRE Y JUAN B. VELA	DR. ROGELIO FRANCISCO VIT	032420624 - 099921454
887		30296	OTS.626	GUANOLUISA BARRERA FERNANDO RA	GUANOLUISA BARRERA FERNAN	*****	MARTINEZ 01-88 Y ARAUJO	DR. FERNANDO RAMIRO GU	32827840
888		30297	OTS.627	VALENTE PAUCAR FAVIO ENRIQUE	VALENTE PAUCAR FAVIO ENRIQ	*****	GONZALES SUAREZ Y ELOY ALFARO	DR. FAVIO ENRIQUE VALENTI	0987052934 03275555
889		30298	OTS.628	VAYAS VALDIVIESO WALTER ALBERTO	VAYAS VALDIVIESO WALTER ALB	*****	TUNGURAHUA / AMBATO / IZAMBA / ALFONSO TROYA S/N	DR. WALTER ALBERTO VAYAS	992679941
890		30299	OTS.629	CORPORACION IMPACTEX CIA. LTDA.	CORPORACION IMPACTEX CIA	*****	AV. 22 DE ENERO Y CIRCUNVALACIÓN		32450600
891		30300	OTS.630	YURYK DENTAL	BARRIONUEVO PANDI JOSE CR	*****	CASTILLO Y J.B. VELA.	DR. JOSÉ CRISTOBAL BARRIO	0983149166-099327796
892		30301	OTS.631	CT DENTAL (CARMITA TABOADA	TABOADA PICO CARMITA MARL	*****	ANICETO JORDAN # 01-130 Y CESAR SILVA	DR. CARMITA MARLENE TAB	2417387 - 0984466958
893		30302	OTS.632	ENDOCRILAB	ALARCON ORTIZ EDITH AZUCEN	*****	OLMEDO 1146 Y AV. CEVALLOS	DR. EDITH AZUCENA ALAR	2425225 - 0983853660
894		30303	OTS.633	DR. MARTINEZ GUERRERO JESSICA M	MARTINEZ GUERRERO JESSICA M	*****	AV. JOSÉ PERALTA Y HUMBERTO FIERRO	DR. JESSICA MARISOL MAR	984227529
895		30304	OTS.634	HOSPITAL BASICO BOLIVAR DE TRABA	NUÑEZ JESCANO FRANKLIN ALA	*****	DACUMILLA Y BOCA JUNCA	DR. FRANKLIN ANIBAL NUÑE	3361006 - 0958005861
				CATASTRO D.H.					

Nota. Extracción de la base de datos de Excel.

Sin embargo, fue necesario depurar y estandarizar la información para establecer adecuadamente las rutas óptimas, debido a la inexistencia de datos actualizados y normalizados. Por tal razón se procedió a modificar la base de datos (ver Figura 49); partiendo del proceso de reconocimiento de usuarios activos, contacto y recopilación de sus direcciones exactas para georreferenciar las paradas de recolección, obteniendo así un total de 1020 usuarios.

Figura 49.

Base de datos del catastro actualizado de recolección de desechos sanitarios

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1		GRUPO	CODIGO_GCS	COD	NOM_COMER	TIPO	RAZON_SOC	RUC	NUM	DIRECCION	OBS	CONTI
2	5	10029	OTS.595	BUDENTIC (MOSQUERA NUÑEZ)	CONSULTORIO DENTAL	MOSQUERA NUÑEZ MARIA BELE	1804134268001	1	10	DE AGOSTO Y CALLE BOLÍVAR		DR. MARIA BELEN M
3	5	30374	OTS.699	LABORATORIO CLINICO SAN LUIS	LABORATORIO CLINICO	MARTINEZ GARCES MONICA PAT	1804604951001	4	12	DE SEPTIEMBRE Y DESTACAMENTO TIWINZA		
4	5	30427	OTS.742	PENSION PALACIOS	SERVICIOS DE ALOJAMIENTO	NARANJO PEREZ ANGEL CELSO	0200886000001	6	13	DE ABRIL Y MERA		
5	5	30481	OTS.788	CONSULTORIO MEDICO BOLIVAR LOPEZ	CONSULTORIO MEDICO	LOPEZ SALAZAR BOLIVAR GONZA	1800168971001	7	13	DE ABRIL Y PUERTO PALOS		PUNTO DE REFERENCIA
6	5	50142		CORPO-FIT	GIMNASIO	LOZADA ORTIZ CHRISTIAN LISAS	1803552619001	8	22	DE ENERO		DR. CHRISTIAN LISAN
7	5	20080	20080	JIREH DENT (DR. CHRISTIAN ORTEGA)	CONSULTORIO DENTAL	ORTEGA CHAPI CHRISTIAN ANDY	0401592951001	10	12	DE SEPTIEMBRE Y HUGO VALENCIA		DR. CHRISTIAN ANDRE
8	5	10032	OTS.599	GLADYS RENEZ CHAVEZ PAREDES	CONSULTORIO MEDICO	CHAVEZ PAREDES GLADYS RENE	1801153907001	12	5	DE JUNIO 02-17 Y DARQUEA		DR. GLADYS RENEZ C
9	5	30016	OTS.960	OBS. ISABEL ARAQUE	CONSULTORIO MEDICO	ARAQUE MONTERO ISABEL CRIS	1801027705001	13	5	DE JUNIO Y BOLIVAR		DR. ISABEL CRISTINA
10	5	50136		NUÑEZ RUALES CATALINA GENEVA	CONSULTORIO MEDICO	NUÑEZ RUALES CATALINA GENO	1802836690001	14	1	A LA COSTA 02-36 Y VIRGEN DEL SOL		DR. CATALINA GENO
11	5	30378	OTS.703	CENTRO MEDICO POPULAR	CONSULTORIO MEDICO	TERAN BEJARANO MARIA JOSE	1803105343001	16	16	ABDÓN CALDERÓN 01-15 Y AV. PASTEUR		
12	5	30377	OTS.702	ESCOBAR SUAREZ CARLOS ANTONIO	CONSULTORIO MEDICO	ESCOBAR SUAREZ CARLOS ANTO	1803608031001	17	17	ABDÓN CALDERÓN Y AV. PASTEUR		
13	5	40075		DR. PATRICIO FERNANDO POZO	CONSULTORIO MEDICO	POZO MAYORGA PATRICIO FERN	1802288512001	18	28	ACOSTA SOLÍS Y FERNANDO ANDA		DR. PATRICIO FERNAN
14	5	30488	OTS.778	MARCO VINICIO MERINO CARRERA	CONSULTORIO MEDICO	MERINO CARRERA MARCO VINICI	18011441373001	20	20	COLÓN 04-86 Y AYLLON		
15	5	30497	OTS.803	MEDIFAMILIARCONSULTORIO MEDICO	CONSULTORIO MEDICO	VARGAS CAIZA GABRIELA DEL G	1804466645001	21	21	ABELARDO GUZMÁN Y VICENTE LEÓN		
16	1	30183	CL.1.3	CLINICA SAN BARTOLOMÉ	CLINICA	LOPEZ MERA FRANCISCO JAVIER	1801949494001	23	23	ALEJANDRO CHÁVEZ 06-108 Y MAUGERI		DR. FRANCISCO JAVIER
17	5	30432	OTS.747	GENOMYX DIAGNOSTIC	CENTRO MEDICO	YALLI FLORES CARLOS FERNAN	1803509908001	26	26	SUCRE Y JUAN LEÓN MERA		
18	5	30533	OTS.834	DANYMED- FARMIA DANY	CONSULTORIO MEDICO	DANILO FERNANDO TIBAN JAQU	1804476800001	27	27	ALFONSO TROYA, ENTRE MENTOR TACOMAN Y ALONSO COLINA		
19	5	30581	OTS.860	CIDFAE	CENTRO DE INVESTIGACION Y	CENTRO DE INVESTIGACION Y D	1768146910001	28	28	ALFREDO COLOMA 04-303 E IGNACIO VELA		
20	2	10005	HO2.7	SOLCA	HOSPITAL	UNIDAD ONCOLOGICA SOLCA TU	1890139414001	29	29	ALFREDO COLOMA S/N Y ENRIQUE SANCHEZ		LCDA. PAULINA PAZMI
21	5	30232		DR. LUIS FERNANDO PEREZ SOLIS	CONSULTORIO DENTAL	PEREZ SOLIS LUIS FERNANDO	18093941705001	30	30	AMABLE ORTIZ, ENTRE LIGIA MONTESDEOCA Y NELSON DUEÑAS		DR. LUIS FERNANDO P
22	5	30231	OTS.651	ALEJANDRA MONSERRATH SANCHEZ FREF	CONSULTORIO MEDICO	SANCHEZ FRESA ALEJANDRA M	1804516744001	31	31	CALLE VALENCIA S/N, A LADO DEL CEMENTERIO		DR. ALEJANDRA MON
23	5	30202		CORE DENT DANIEL MORALES	CONSULTORIO DENTAL	MORALES CUSQUEÑER DANIEL AC	1709845653001	32	32	ANICETO JORDAN Y CÉSAR SILVA		DR. DANIEL AGUSTINI
24	5	30301	OTS.631	CT.DENTAL (CARMITA TABOADA)	CONSULTORIO DENTAL	TABOADA PICO CARMITA MARIE	1802384162001	33	33	ANICETO JORDAN 01-130 Y CESAR SILVA		DR. CARMITA MARIE

Nota. Extracción de la base de datos actualizada de Excel.

Creación de la capa de puntos

Se creó un archivo .shp de tipo punto, denominado “CATASTRO_SANITARIOS_2021”, donde se colocaron puntos sobre los ejes viales en las direcciones previamente establecidas, posterior, se calcularon las coordenadas de cada punto y se procedió a subir el archivo Excel con el catastro a ArcGIS, donde se aplicó *Join* de la tabla de puntos con la tabla de información para obtener la capa final del catastro de puntos de recolección de desechos sanitarios (ver Figura 50, Figura 51).

Figura 50.

Puntos de recolección actualizados de desechos sanitarios

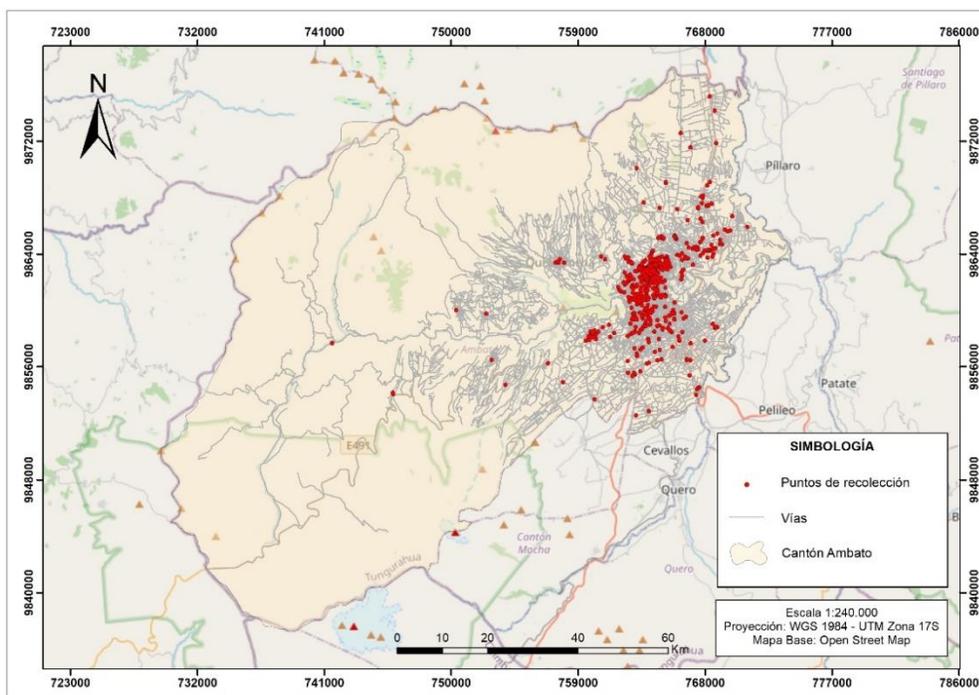


Figura 51.

Puntos de recolección de desechos sanitarios

X	Y	NOM_COMER	TIPO	RAZON_SOC	RUC	DIRECCION	OBS	CONTACTO	TELEFONO	CORREO
757597.0207	986339.171	BODICENTE MOSQUERA NUÑEZ	CONSULTORIO DENTAL	MOSQUERA NUÑEZ MARIA BELEN	180412428001	16 DE AGOSTO Y BOLIVAR	PUNTO EXACTO	DR. MARIA BELE	0996920204	habemansuper17@hotmail.com
765813.101996	9865390.97916	LABORATORIO CLINICO SAN LUIS	LABORATORIO CLINICO	MARTINEZ GARCES MONICA PATRICIA	1804658451001	12 DE SEPTIEMBRE Y DE ESTACA	PUNTO EXACTO	SN INFORMACION	2856552-09	mony_martinez1956@yahoo.com
765933.04752	9865440.97999	CORPO-FIT		LOZADA ORTIZ CHRISTIAN LISANDRO	1803552619001	22 DE ENERO	PUNTO EXACTO	DR. CHRISTIAN LIS	2450306	christianoortizadortiz@gmail.com
765888.301417	9865119.62561	JREH DENT (DR. CHRISTIAN ORTEG	CONSULTORIO DENTAL	ORTEGA CHARI CHRISTIAN ANDRES	0401592951001	12 DE SEPTIEMBRE Y HUGO VA	PUNTO EXACTO	DR. CHRISTIAN AN	0999924841	christianoorteg704@gmail.com
765871.1475	9864011.976	DANY MED- FARMIA DANY	CONSULTORIO MEDICO	(DANLO FERNANDO) IBRAI JAQUE	180447600001	ALFONSO TROYA, ENTRE MENT	PUNTO EXACTO	SN INFORMACION	1984564365	dantonibonano@gmail.com
769751.566334	9865669.36552	CEFAE	CENTRO DE INVESTIGACI	CENTRO DE INVESTIGACION Y DESARR	1768146910001	ALFREDO COLOMA 04-303 E IG	PUNTO EXACTO	SN INFORMACION	2856684-09	pacca@fca.mil.ec-finanza
769579.74664	9865598.35231	SOLCA	HOSPITAL	UNIDAD ONCOLOGICA SOLCA TUNGUR	1890139414001	ALFREDO COLOMA SN Y ENRIQ	PUNTO EXACTO	LCDA. PAULINA PA	2468288 EC	pausama@yahoo.com-patry
769698.5274	9865837.0151	ALEJANDRA MONSERRATH SANCH	CONSULTORIO MEDICO	SANCHEZ FRIERE ALEJANDRA MONISE	1804616744001	CALLE VALENCIA SN, A LADO	PUNTO EXACTO	DR. ALEJANDRA	2468620	monse2020@yahoo.com-s
764998.390165	9865140.48747	DR. FRANKLIN SALAZAR JEREZ	CONSULTORIO MEDICO	SALAZAR JEREZ FRANKLIN HERNAN	1801091917001	13 DE DICIEMBRE Y CHANUL	PUNTO EXACTO	DR. FRANKLIN H	0995948590	franklinasalarjereza@yahoo.com
765978.2472	9865140.1746	MED/FAMILIA & NEUROPSICOLOGIC	CENTRO MEDICO	MAYORGA ORTIZ WILLIAM RUBEN	1802729465001	AV. 12 DE SEPTIEMBRE Y HUGO	PUNTO EXACTO	SN INFORMACION	32525821	williamruben@hotmail.com
766860.125079	9864762.90015	CORPORACION IMPACTEX CIA. LTD	FABRICA DE TEXTILES	CORPORACION IMPACTEX CIA. LTD.	1891755755001	AV. 22 DE ENERO Y CIRCUVAL	PUNTO EXACTO	SN INFORMACION	32450600	randy_unleashed@hotmail.com
765837.871618	9865233.75003	MULTYLAB	LABORATORIO CLINICO	CASTRO CASTRO ANDREA VANESSA	1804532834001	AV. 22 DE ENERO E ITAMARATY	PUNTO EXACTO	DR. ANDREA VA	2450148-09	multylab@hotmail.com
766698.63121	9864401.7725	TASEC TECNICOS AGROPECUARIO	EMPRESA DE FARMACIOS	TASEC TECNICOS AGROPECUARIOS D	1806007252001	AV. 22 DE ENERO SN Y AV. RO	PUNTO EXACTO	SN INFORMACION	32555553	tasec@tasec.com.ec-pjare
765502.802572	9864184.90257	FLAPEZLAB	LABORATORIO CLINICO	FLAVIO HUMBERTO	1802133841001	AV. ALFONSO TROYA SN Y RE	PUNTO EXACTO	DR. FLAVIO HUM	0887014283	flapezlab@hotmail.com
765193.709939	9869631.16429	CALZADO GAIOS	CALZADO	GUTIERRES PEREZ MIGUEL ANGEL	1801242700001	VIA SAMANGA CENTRO (JUNTO	PUNTO EXACTO	DR. MIGUEL ANGEL	2845355-09	jose.iban@calzadogaios.com
767275.116208	9864360.40413	SALUDIDENTAL	CONSULTORIO DENTAL	ROMERO MONTEDEOCA CRISTIAN OR	0914603071001	AV. PEDRO VASCONEZ Y PORT	PUNTO EXACTO	DR. CRISTIAN ORL	2422775-09	dromonorm21@hotmail.com
766008.96348	9863905.93183	EQUATORIANA DE MOTORES (EAM	ALQUILER DE VEHICULOS	EQUATORIANA DE MOTORES MOTORE	1890169919001	AV. INDOAMERICA KM 1 1/2	PUNTO DE REFERE	SN INFORMACION	328190FORM	SN INFORMACION
765988.7483	9863908.0215	MAQUINARIAS Y VEHICULOS S.A.	VENTA DE VEHICULOS	MAQUINARIAS Y VEHICULOS S.A.MAV	0996022011001	AV. INDOAMERICA KM 1 1/2 Y C	PUNTO DE REFERE	LCDA. IVONNE ESC	0983462099	ivonnesca@vevasec.com
766180.436971	9863969.65499	CARROCERIAS MICE	FABRICACIÓN DE CARRO	CEPEDA LOORNO LEON AMANDO	1801172162001	AV. INDOAMERICA KM 1 1/2 Y C	PUNTO EXACTO	ING. LEON AMAND	2412840-24	depmico@carrocerasm
767444.8491	9864496.3269	MOTEL EL RANCHO	SERVICIO DE HOSPEDAJE	ORGANIZACIÓN TURISTICA EL RANCHO	1890116260001	AV. INDOAMERICA KMS. SAN VI	PUNTO EXACTO	SN INFORMACION	2856103-28	elrancho_orghu@hotmail.com
767818.834851	9865158.54475	DR. HUGO PURUNCAJAS	CONSULTORIO MEDICO	PURUNCAJAS SEGARRA HUGO FERNAN	1707396186001	AV. INDOAMERICA Y ABEL BAR	PUNTO DE REFERE	DR. HUGO FERNAN	2855536-09	hpuruncajasc@yahoo.com
767332.836753	9864390.39655	LABORATORIO CLINICO AMMLAB	LABORATORIO CLINICO	ANDREA ELIZABETH CUNAJATA LLAN	0503735279001	AV. INDOAMERICA Y AV. PEDR	PUNTO EXACTO	SN INFORMACION	1984495249	ammlab@gmail.com
767411.0489	9864348.3668	DR. RUTH MEJIA ORTIZ	CONSULTORIO DE ESPECI	MEJIA ORTIZ RUTH AURELIA	1801685551001	AV. INDOAMERICA Y AV. PEDR	PUNTO EXACTO	DR. RUTH AURELI	0994678384	ruthmeja1308@yahoo.com
768838.494563	9865455.88929	MOTEL LAS GAVIOTAS	SERVICIO DE HOSPEDAJE	BALSECA LLERENA JOSE LEONIDAS	1801079946001	AV. JULIO CASTILLO JACOME	PUNTO EXACTO	SN INFORMACION	2521078-09	josebalseca@gmail.com
769050.387	9864702.0111	CLINICA CREVENTAL	CLINICA	VELASCO CEPEDA DIEGO FERNANDO	1786469690001	JOSE ROBALINO Y AV. PEDRO	PUNTO EXACTO	SN INFORMACION	3730889 EX	pered@hac.com.ec-factur
767646.390185	9863981.61897	CLINICA DEL RINON MENY DIAL	CLINICA	CLINICA DE LOS RINONES MENY DIAL	1791283393001	AV. NAPOLEON TOCOMAYAN Y	PUNTO EXACTO	CLINICA DE LOS RI	2452292-28	admin.ambato@menydia.com
764535.211598	9863654.0900	HOSPITAL REGIONAL AMBATO	HOSPITAL	HOSPITAL PROVINCIAL GENERAL DOC	1865000750001	AV. PASTEUR Y AV. UNIDAD N	PUNTO EXACTO	HOSPITAL PROVIN	2422468-28	alepaz_1488@hotmail.com
769178.272042	9864883.19433	FUNDACION DIVINA MISERICORDIA	ASISTENCIA SOCIAL	FUNDACION DIVINA MISERICORDIA	1891716844001	AV. PEDRO VASCONEZ 115 Y J	PUNTO EXACTO	SN INFORMACION	2450583	fundaciondivinamiseriordia
765314.234981	9864261.92302	COLAB LABORATORIO CLINICO	LABORATORIO CLINICO	ESPINOZA ESPINOZA JENIFER LIZETH	1805019070001	AV. PEDRO VASCONEZ SN Y J	PUNTO DE REFERE	SN INFORMACION	0981413336	lizethespinozaz@gmail.com
765311.846978	9864238.41549	COMIDENTAL # 2	CONSULTORIO DENTAL	BREIBROCH CORTES KATHERINE DENIS	1804456990001	AV. PEDRO VASCONEZ SN Y J	PUNTO DE REFERE	SN INFORMACION	0887030040	kathybreibroch1602@gmail.com
760310.363142	9864292.44977	IVONE MARITZA CARVAJAL ORTE	CONSULTORIO DENTAL	CARVAJAL ORTEGA IVONE MARITZA	1803460045001	AV. PEDRO VASCONEZ SN Y J	PUNTO DE REFERE	DR. IVONE MARIT	0984415553	ivonecarvajal@hotmail.com
789701.1672	9864416.0205	COMUNIDAD TERAPEUTA DESPERT	CENTRO PSICOLOGICO	CARRILLO VASCO JUANIA ALEJANDRA	1802189736001	AV. PEDRO VASCONEZ Y GAB	PUNTO DE REFERE	DR. JUANIA ALEJ	0999043637	ale_cua4@hotmail.com
765321.818984	9864260.89624	CONSULTORIO ODONTOLOGICO S	CONSULTORIO DENTAL	GUILLEN NORGEGA MAYRA ALEJANDR	1802526979001	AV. PEDRO VASCONEZ Y JUAN	PUNTO DE REFERE	SN INFORMACION	0991476848	mayra19@hotmail.com
767485.433947	9864324.60999	SUPER BALANCEADOS	VENTA DE BALANCEADO	MARCOS ARGOTTI MONICA PATRICIA	1802648461001	AV. PEDRO VASCONEZ Y AV. I	PUNTO EXACTO	DR. MONICA PAT	2451459	monicamarcos16@gmail.com
767380.190041	9864337.91069	MARIA BELEN ROBOYO TOAPANAT	CONSULTORIO DENTAL	ROBOYO TOAPANAT MARIA BELEN	1804286035001	AV. PEDRO VASCONEZ Y AV. I	PUNTO DE REFERE	SN INFORMACION	0982903655	belita_r_17@hotmail.com
767382.77475	9864340.98095	NORMADENTAL	CONSULTORIO DENTAL	MARVAEZ MOYA JESSICA JACQUELIN	1718532714001	AV. PEDRO VASCONEZ Y AV. I	PUNTO DE REFERE	DR. JESSICA JAC	0887018567	linena_rj3@hotmail.com
767283.61309	9864358.90517	UNIDAD EDUCATIVA TRISO DE WOL	ESTABLECIMIENTO EDUC	PROVINCIA MERCADERIA DE QUITO	1791776526001	AV. PEDRO VASCONEZ Y PORT	PUNTO EXACTO	SN INFORMACION	2855912-28	trisoedeminarmer@hotmail.com
768249.98395	9864358.12139	CENTRO MEDICO URDIALES ESPINO	CENTRO MEDICO	VICTOR MAURICIO URDIALES ARCOS	1722430339001	AV. PEDRO VASCONEZ Y JUAN	PUNTO DE REFERE	SN INFORMACION	1983314744	icwrdiaspp@gmail.com

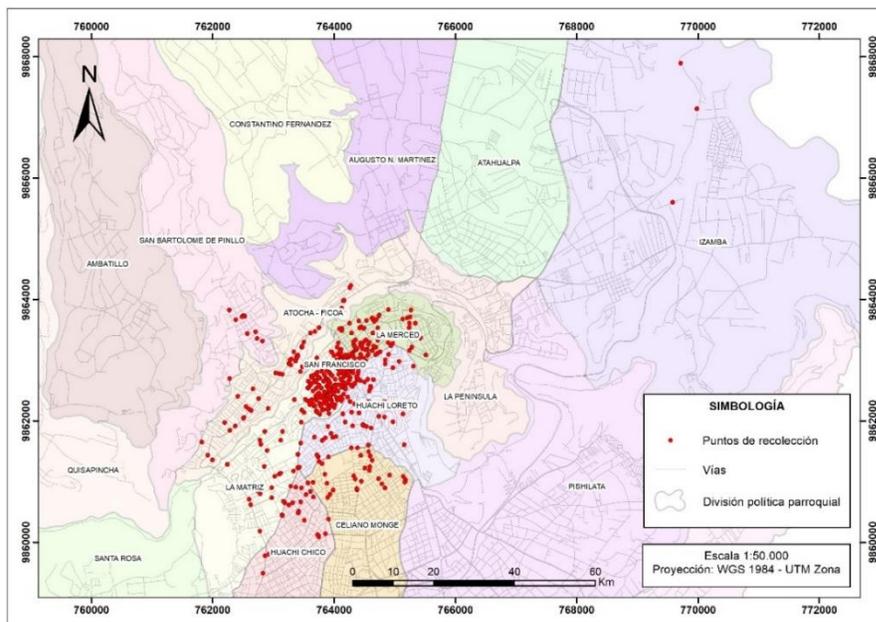
Zonificación y frecuencia

Una vez georreferenciados todos los puntos de recolección, y a partir de la información obtenida por la EPM-GIDSA, se establecieron tres zonas de recolección comprendidas en: NORTE, CENTRO y SUR del cantón Ambato. Para este servicio no se contó con información de frecuencia de recolección de cada establecimiento, por lo que los puntos no pudieron ser distribuidos en sectores.

Por lo antes mencionado, se procedió a separar en 3 shapes los puntos pertenecientes a cada zona, como se indican en las siguientes figuras (ver Figura 52, Figura 53, Figura 54).

Figura 52.

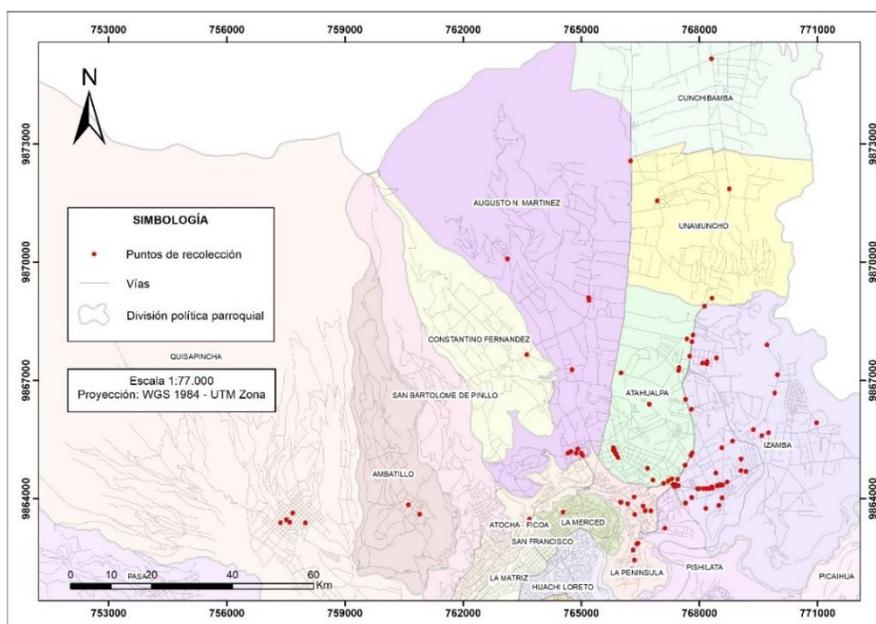
Puntos de recolección de desechos sanitarios – Zona 1 (Casco Central)



Nota. Las paradas de recolección de la Zona 1 – Casco Central, fueron un total de 750.

Figura 53.

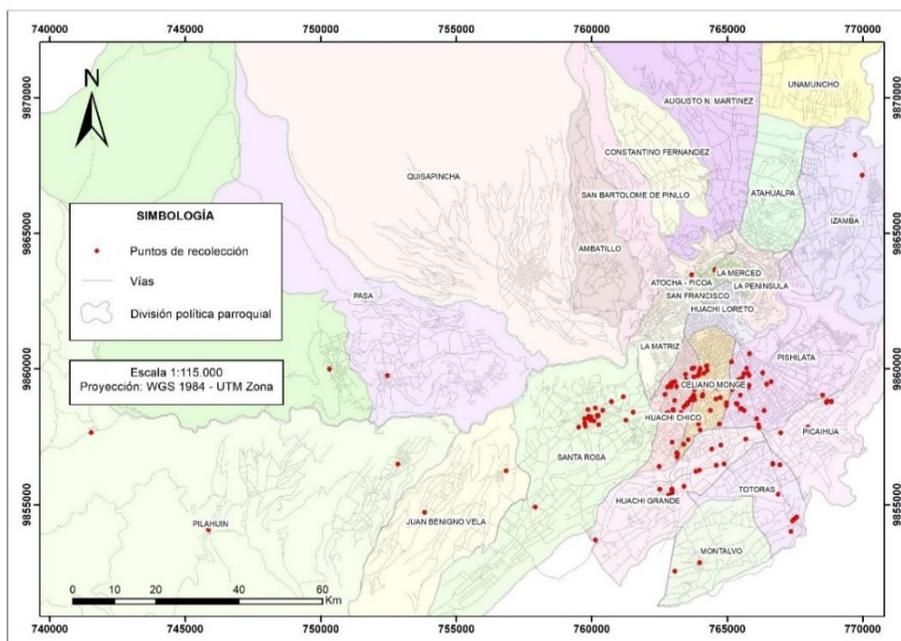
Puntos de recolección de desechos sanitarios – Zona 2 (Norte)



Nota. Las paradas de recolección de la Zona 2 – Norte, son un total de 116.

Figura 54.

Puntos de recolección de desechos sanitarios – Zona 3 (Sur)



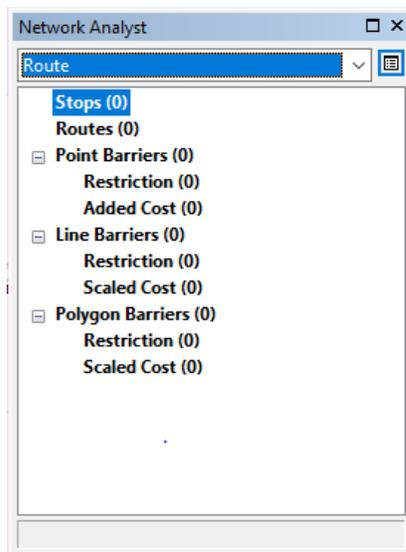
Nota. Las paradas de recolección de la Zona 3 – Sur, son un total de 158.

Diseño de rutas de recolección de desechos sanitarios

Para generar las rutas se usó el layer de análisis de ruta, creado desde la barra de herramientas de *Network Analyst*, mediante la opción *New Route*, este fue mostrado en la ventana de *Network Analyst*, junto a las categorías utilizadas en el cálculo: Paradas y Rutas (stops, routes) (ver Figura 55).

Figura 55.

Ventana principal de "New Route"



Para la construcción de las 3 diferentes rutas de recolección, se procedió a cargar los puntos desde la opción *Stops*; en primer lugar se cargó el punto de partida, que hace referencia al "Taller", donde los carros recolectores inician su recorrido, seguido se cargaron los puntos de recolección, denominados "P_ZONA1", "P_ZONA2" y "P_ZONA3", estos de forma independiente para generar cada una de las rutas, y finalmente se cargó el punto de llegada, que hace referencia al "Relleno Sanitario" en donde los carros terminan el recorrido, descargando todos los desechos recolectados, (ver Figura 56).

Figura 56.

Locaciones cargadas

The figure shows three instances of the 'Load Locations' dialog box, each with a different 'Load From' source and specific 'Location Analysis Properties' highlighted with red boxes.

Instance 1: PUNTO_SALIDA

Property	Field	Default Value
Name	TALLER	
RouteName		
TimeWindowStart		
TimeWindowEnd		
LocationType	Stop	
CurbApproach	Either side of vehicle	
Attr_Minutes	0	
Attr_Locations	1	

Instance 2: P_ZONAT

Property	Field	Default Value
Name	NOM_COMER	
RouteName		
TimeWindowStart		
TimeWindowEnd		
LocationType	Stop	
CurbApproach	No U-turn	
Attr_Minutes	0	
Attr_Locations	1	

Instance 3: PUNTO_LLEGADA

Property	Field	Default Value
Name	RELLENO SANITARIO	
RouteName		
TimeWindowStart		
TimeWindowEnd		
LocationType	Stop	
CurbApproach	Either side of vehicle	
Attr_Minutes	0	
Attr_Locations	1	

The third dialog also includes a 'Location Position' section with the following options:

- Use Geometry
 - Search Tolerance: 5000 Meters
- Use Network Location Fields

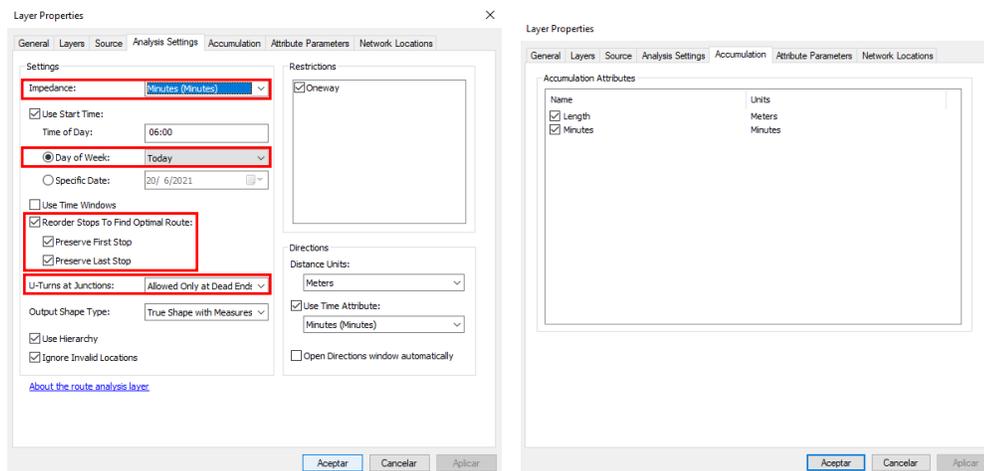
Property	Field
SourceID	
SourceOID	
PosAlong	
OffsetFromEdge	

Buttons at the bottom: Advanced..., About load locations, OK, Cancel.

Nota. Para la generación de cada ruta, se hizo el mismo procedimiento de forma independiente, cargando primero el punto de partida con el nombre de “Taller”, segundo los puntos de la zona y tercero el punto de llegada con el nombre de “Relleno Sanitario”.

Una vez cargados todos los puntos, se procedió a editar las propiedades de la ruta (ver Figura 57), las cuales dieron órdenes exactas al momento de calcular la ruta.

Figura 57.

Propiedades del layer de ruta

Nota. Se configuraron las unidades de distancia, tiempo en m y minutos respectivamente. Se preservó el orden de la primera y última parada.

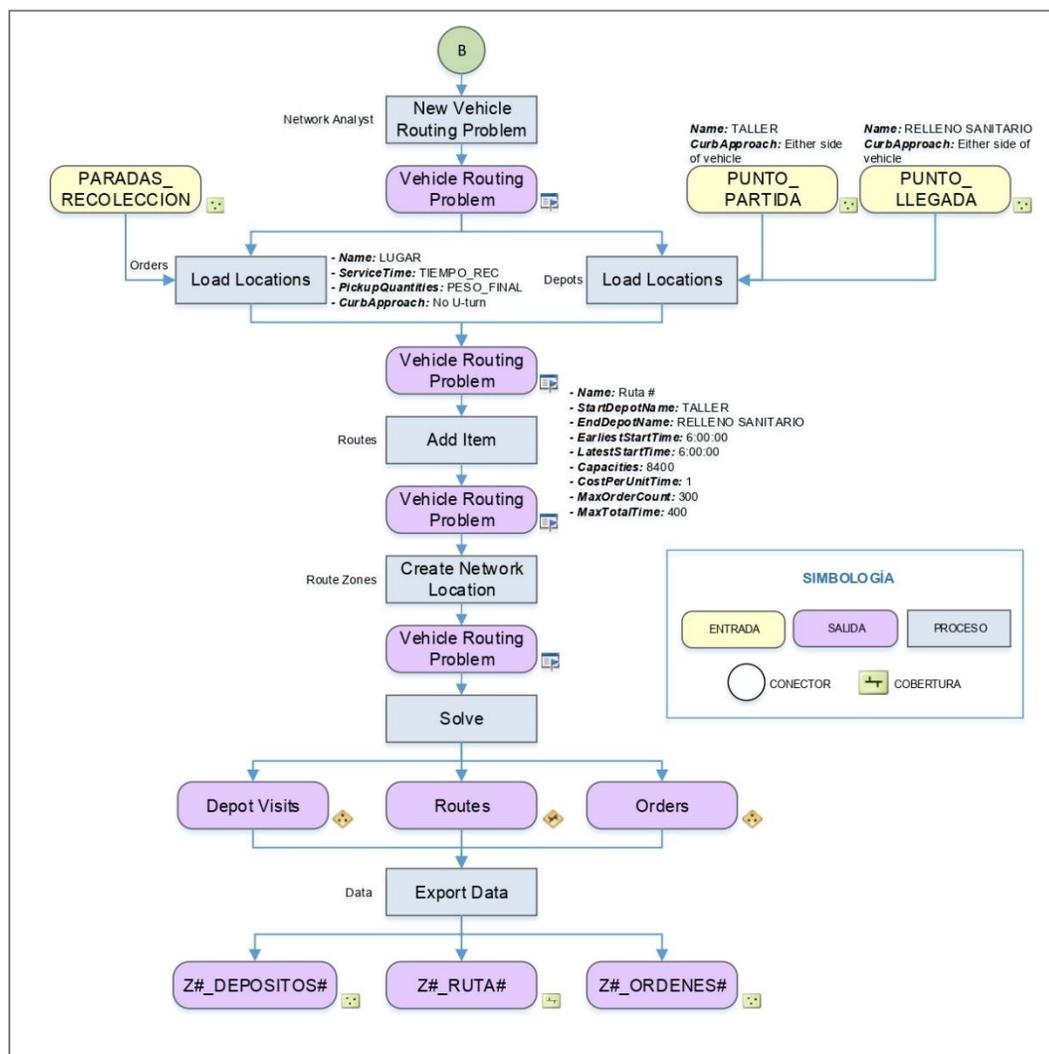
Una vez modificados las propiedades de la ruta, se procedió a generar la misma dando clic en *Solve*, ubicada en la barra de herramientas de *Network Analyst*; y se obtuvieron las rutas de cada una de las zonas.

Análisis geoespacial de las rutas de recolección de carga posterior

A partir del diagnóstico de la situación actual de este servicio y con la información disponible se procedió a generar las rutas de recolección mediante el análisis de redes. La síntesis metodológica se expone en el siguiente modelo cartográfico (ver Figura 58).

Figura 58.

Modelo cartográfico de las rutas de recolección de desechos de carga posterior



Paradas de recolección

Las paradas de recolección de desechos de carga posterior corresponden al método de recolección “pie de vereda”, el cual consiste en el servicio que se brinda puerta a puerta donde la basura se localiza en las aceras, afuera de las viviendas.

En este estudio, también se consideraron como otro tipo de paradas de recolección a determinadas instituciones donde se presta el servicio, como hospitales, colegios, empresas,

centros comerciales, los cuáles deben ser tomados en cuenta para las rutas. Estos corresponden a 23 lugares.

Se tuvo como insumo inicial un archivo Excel resultado de la entrevista al personal de trabajo, donde se describen a breves rasgos los sectores recorridos acorde a las diferentes frecuencias (ver Figura 59).

Figura 59.

Información levantada para el servicio de recolección de desechos de carga posterior

	b	c	d	e	f
29	HUACHICHO				
30	LUNES				
31	PRDA, VIA A TANGACHE, BAJADA A TERREMOTO, SE SALTA Y EMPIEZA EN LOS TANGACHES DE CEPE Y BAJAN HASTA EL ESTADIO ALTERNIO, RECOGEN EL SECTOR AL FRENTE DEL ESTADIO ALTERNIO.	ENTRAN A SOLCA, AL AEROPUERTO, COLEGIO ATENAS, COLEGIO NUEVO MUNDO, TODOS LOS ALREDEDORES DE LAS OPCIONES DE LA IGLESIA.	PRDA, VIA A TANGACHE, BAJADA A TERREMOTO, SE SALTA Y EMPIEZA EN LOS TANGACHES DE CEPE Y BAJAN HASTA EL ESTADIO ALTERNIO, RECOGEN EL SECTOR AL FRENTE DEL ESTADIO ALTERNIO.	ENTRAN A SOLCA, AL AEROPUERTO, COLEGIO ATENAS, COLEGIO NUEVO MUNDO, TODOS LOS ALREDEDORES DE LAS OPCIONES DE LA IGLESIA.	PRDA, VIA A TANGACHE, BAJADA A TERREMOTO, SE SALTA Y EMPIEZA EN LOS TANGACHES DE CEPE Y BAJAN HASTA EL ESTADIO ALTERNIO, RECOGEN EL SECTOR AL FRENTE DEL ESTADIO ALTERNIO.
32	SE SALTAN LA CIUDADELA EL BOSQUE DE HUACH EL BELÉN, RECOGEN ESA CIUDADELA Y SE SALTAN LAS CALLES QUE TENGAN CONTENEDORES	SE SALTAN AL BARRIO SOLIS, RECOGEN DESDE LA IGLESIA DEL BARRIO SOLIS HASTA EL BARRIO SAN FRANCISCO, POR LAS CALLES DONDE NO HAY CONTENEDORES.	SE SALTAN LA CIUDADELA EL BOSQUE DE HUACH EL BELÉN, RECOGEN ESA CIUDADELA Y SE SALTAN LAS CALLES QUE TENGAN CONTENEDORES	SE SALTAN AL BARRIO SOLIS, RECOGEN DESDE LA IGLESIA DEL BARRIO SOLIS HASTA EL BARRIO SAN FRANCISCO, POR LAS CALLES DONDE NO HAY CONTENEDORES.	SE SALTAN LA CIUDADELA EL BOSQUE DE HUACH EL BELÉN, RECOGEN ESA CIUDADELA Y SE SALTAN LAS CALLES QUE TENGAN CONTENEDORES
33	SE SALTAN AL PASO LATERAL DE IZAMBA, Y RECOGEN LA BASURA DESDE EL INICIO DEL PASO LATERAL HASTA EL DESVIO A IZAMBA, POR EL LADO DE BAJADA	EL 1DO VIAJE EMPIEZA DESDE LA AV. ATAHUALPA LA ALTURA DEL CEMENTERIO DE HUACH BELÉN, RECOGEN TODA LA AV. AMBAL GRANJA, ANTES DE LLEGAR A LA BOLIVARIANA GIRANA LA DEPECHA, Y RECOGEN TODA ESA CALLE HASTA LLEGAR AL NUEVO TERMINAL	SE SALTAN AL PASO LATERAL DE IZAMBA, Y RECOGEN LA BASURA DESDE EL INICIO DEL PASO LATERAL HASTA EL DESVIO A IZAMBA, POR EL LADO DE BAJADA	EL 1DO VIAJE EMPIEZA DESDE LA AV. ATAHUALPA LA ALTURA DEL CEMENTERIO DE HUACH BELÉN, RECOGEN TODA LA AV. AMBAL GRANJA, ANTES DE LLEGAR A LA BOLIVARIANA GIRANA LA DEPECHA, Y RECOGEN TODA ESA CALLE HASTA LLEGAR AL NUEVO TERMINAL	SE SALTAN AL PASO LATERAL DE IZAMBA, Y RECOGEN LA BASURA DESDE EL INICIO DEL PASO LATERAL HASTA EL DESVIO A IZAMBA, POR EL LADO DE BAJADA
34	EN EL 2DO VIAJE VAN POR EL PASO LATERAL RECOGIENDO EL LADO DE SUBIDA, SALEN DEL PASO LATERAL Y SE SALTAN AL SEMAFORO DE LA ENTRADA A SANTA CRUZ, RECOGEN HASTA EL CALVARIO, LAS COCHAS, CDLA. SAN CAYETANO, ESTADIO DE LA TABAZANA, BARRIO CENTRAL, RECOGIENDO HASTA EL	EN EL 2DO VIAJE VAN POR EL PASO LATERAL RECOGIENDO EL LADO DE SUBIDA, SALEN DEL PASO LATERAL Y SE SALTAN AL SEMAFORO DE LA ENTRADA A SANTA CRUZ, RECOGEN HASTA EL CALVARIO, LAS COCHAS, CDLA. SAN CAYETANO, ESTADIO DE LA TABAZANA, BARRIO CENTRAL, RECOGIENDO HASTA EL	EN EL 2DO VIAJE VAN POR EL PASO LATERAL RECOGIENDO EL LADO DE SUBIDA, SALEN DEL PASO LATERAL Y SE SALTAN AL SEMAFORO DE LA ENTRADA A SANTA CRUZ, RECOGEN HASTA EL CALVARIO, LAS COCHAS, CDLA. SAN CAYETANO, ESTADIO DE LA TABAZANA, BARRIO CENTRAL, RECOGIENDO HASTA EL	EN EL 2DO VIAJE VAN POR EL PASO LATERAL RECOGIENDO EL LADO DE SUBIDA, SALEN DEL PASO LATERAL Y SE SALTAN AL SEMAFORO DE LA ENTRADA A SANTA CRUZ, RECOGEN HASTA EL CALVARIO, LAS COCHAS, CDLA. SAN CAYETANO, ESTADIO DE LA TABAZANA, BARRIO CENTRAL, RECOGIENDO HASTA EL	EN EL 2DO VIAJE VAN POR EL PASO LATERAL RECOGIENDO EL LADO DE SUBIDA, SALEN DEL PASO LATERAL Y SE SALTAN AL SEMAFORO DE LA ENTRADA A SANTA CRUZ, RECOGEN HASTA EL CALVARIO, LAS COCHAS, CDLA. SAN CAYETANO, ESTADIO DE LA TABAZANA, BARRIO CENTRAL, RECOGIENDO HASTA EL
35	TOTORAS				
36	LUNES				
37	DESDE LA BOLIVARIANA HASTA HUACHI LA DOLOROSA, EN LA DOLOROSA HAY 4 TANGACHES POR LA LINEA DEL TREN, PERO NO SON CRITICOS.	DESDE LA UNANDES HASTA EL REDONDEL Y TODA LA ENTRADA DE PICAHUA, POR DONDE NO HAY CONTENEDORES.	DESDE LA BOLIVARIANA HASTA HUACHI LA DOLOROSA, EN LA DOLOROSA HAY 4 TANGACHES POR LA LINEA DEL TREN, PERO NO SON CRITICOS.	DESDE LA UNANDES HASTA EL REDONDEL Y TODA LA ENTRADA DE PICAHUA, POR DONDE NO HAY CONTENEDORES.	DESDE LA BOLIVARIANA HASTA HUACHI LA DOLOROSA, EN LA DOLOROSA HAY 4 TANGACHES POR LA LINEA DEL TREN, PERO NO SON CRITICOS.
38	RECOGEN HASTA LA ENTRADA A HUACHI TOTORAS	SAN PABLO, MOCHEPAMBA, LA FLORESTA Y TIGUA	RECOGEN HASTA LA ENTRADA A HUACHI TOTORAS	SAN PABLO, MOCHEPAMBA, LA FLORESTA Y TIGUA	RECOGEN HASTA LA ENTRADA A HUACHI TOTORAS
39	EN EL SEGUNDO VIAJE RECOPIREN EL BARRIO LA LIBERTAD DE TOTORAS, EL SECTOR EL 8 Y TANGACHE	EL SEGUNDO VIAJE EMPIEZA DESDE SHUJIRICO, RECOPIREN EL FRENTE DE SHUJIRICO, SECTOR 10 DE AGOSTO, SAN LUIS, SIMÓN BOLÍVAR, HASTA 4 CUADRAS ANTES DEL LIMITE CON PELLEO	EN EL SEGUNDO VIAJE RECOPIREN EL BARRIO LA LIBERTAD DE TOTORAS, EL SECTOR EL 8 Y TANGACHE	EL SEGUNDO VIAJE EMPIEZA DESDE SHUJIRICO, RECOPIREN EL FRENTE DE SHUJIRICO, SECTOR 10 DE AGOSTO, SAN LUIS, SIMÓN BOLÍVAR, HASTA 4 CUADRAS ANTES DEL LIMITE CON PELLEO	EN EL SEGUNDO VIAJE RECOPIREN EL BARRIO LA LIBERTAD DE TOTORAS, EL SECTOR EL 8 Y TANGACHE
40		CALICANTO, 3 JUANES, SAN JUAN, SIGSIPAMBA, BARRIO JERUSALEN Y COLEGIO DE PICAHUA.		CALICANTO, 3 JUANES, SAN JUAN, SIGSIPAMBA, BARRIO JERUSALEN Y COLEGIO DE PICAHUA.	EN EL SEGUNDO VIAJE AUMENTAMOS CALLES HASTA LA FLORIDA, EN TANGACHE AUMENTA 2 CALLES
41					TECHO PROPIO
42					AUMENTA PALAHUA Y EL CENTRO DE SALUD
43					
44					

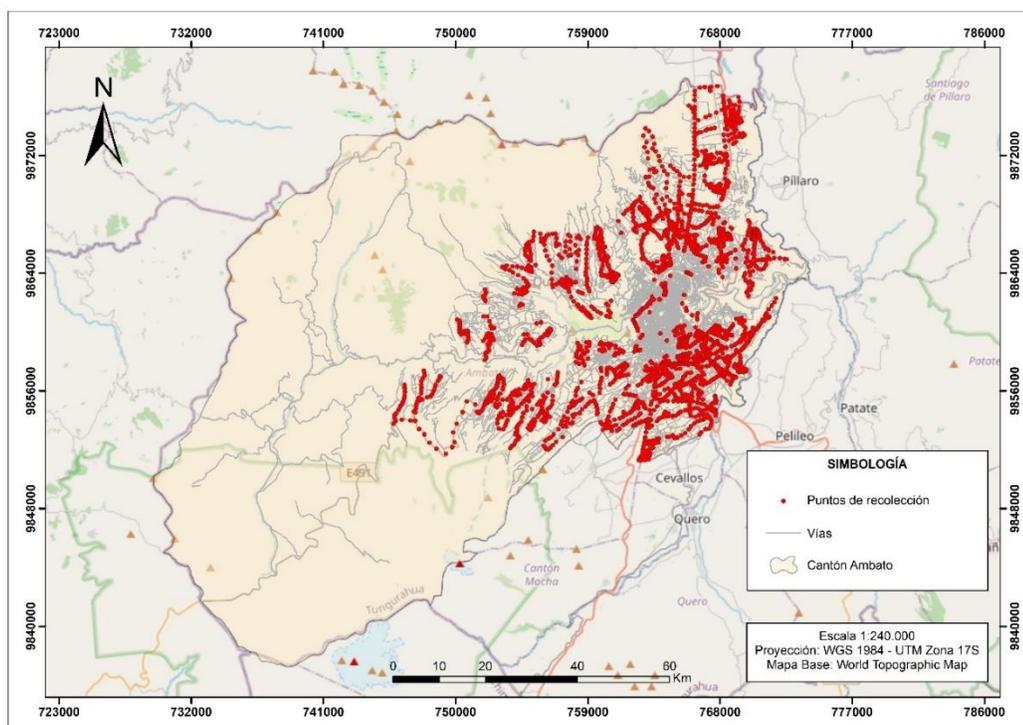
Nota. Extracción de la base de datos de Excel.

Selección de vías. Los ejes viales en los cuales se recogen los residuos a “pie de vereda”, se escogieron tomando en cuenta el rastreo satelital LE-ONTRACK y el archivo de puntos GPS, mencionados previamente; donde se pudo evidenciar las calles y avenidas por las cuales se recolectan los desechos en la actualidad. Además, se consultó con el grupo profesional y técnico encargado de la prestación del servicio, quienes están al tanto de las vías por las cuales se pueden transitar y cuáles no, debido a que al ser parroquias rurales ciertas calles aún no están habilitadas para el tránsito de los vehículos recolectores, o no requieren el servicio.

Creación de la capa de puntos. Se creó un archivo .shp de tipo punto, denominado “PARADAS_RECOLECCION”, donde se colocaron puntos sobre los ejes viales seleccionados, aproximadamente a 100 m de distancia entre ellos, evitando colocar puntos en las intersecciones, (ver Figura 60). Estos puntos representan las paradas (disminución de velocidad) que realiza cada vehículo recolector para recoger la basura.

Figura 60.

Puntos de recolección de desechos de carga posterior



Nota. Se obtuvo un total de 2579 paradas de recolección.

A cada punto, se le identificó como “ESPECÍFICO” si se refiere a un establecimiento donde se recoge basura o “VIAL” si es el punto de recolección en la vía. Además, se asignó un tiempo de recolección a cada punto basado en el seguimiento al tracking; en el primer caso, el tiempo fue de 7, 10 y 20 minutos, dependiendo la institución, y en el siguiente caso, de 7

segundos para áreas concurridas y 5 segundos para los puntos restantes. El campo que contiene estos valores se denomina "TIEMPO_REC".

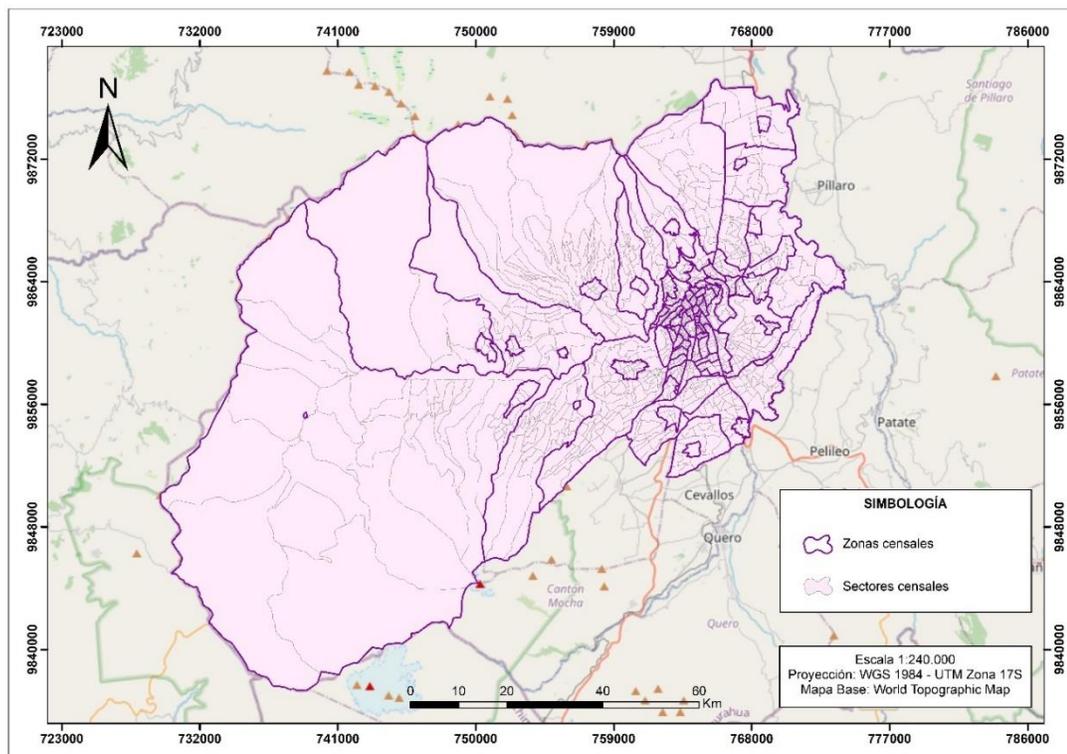
Pesaje de basura recolectada

Para conocer el peso aproximado de la basura que se recolecta en las vías donde se presta el servicio, fue necesario aplicar diferentes criterios claves para el respectivo cálculo.

Sectores censales. El INEC divide a las ciudades y parroquias por zonas, y estos a la vez se dividen en sectores censales, (ver Figura 61), donde cada uno tiene un código único de representación y abarca ciertos datos poblacionales (ver Figura 62). En este caso, se utilizó la población registrada en el 2020 de cada sector censal y su área respectiva.

Figura 61.

Sectores censales del cantón Ambato



Nota. El cantón Ambato está dividido en 91 zonas censales y 1105 sectores censales.

Figura 62.

Tabla de atributos de las unidades censales del INEC

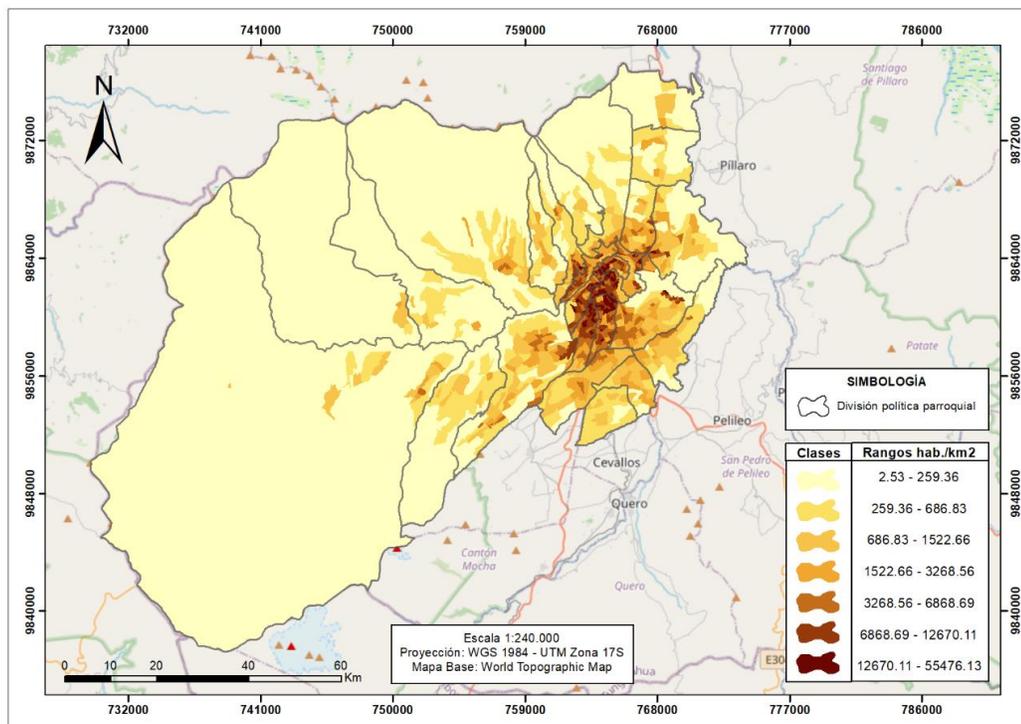
FID	Shape	OBJECTID	OBJECTID	DPA_SECTOR	DPA_ZONA	ID_ZONA	ZONA	COD_PROV	PROV	COD_CANT	CANT	COD_PARROJ	PARROJ	CIRC_FINAL	DISTRITO	HOMBRES	MUJERES	TOTAL	amanz_dis	POB2020	Shape_Area
486	Polygon	487	484	180155001003	180155001	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180155	HUACHI	18002C12	18002	195	209	394	Amanzanado	759	281788	150129
487	Polygon	488	465	180155001004	180155001	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180155	HUACHI	18002C12	18002	160	159	319	Amanzanado	639	282478	381587
488	Polygon	489	466	180155001005	180155001	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180155	HUACHI	18002C12	18002	154	174	328	Amanzanado	500	113510	97479
489	Polygon	490	467	180155001006	180155001	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180155	HUACHI	18002C12	18002	225	208	433	Amanzanado	566	345144	95904
490	Polygon	491	468	180155001007	180155001	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180155	HUACHI	18002C12	18002	80	102	182	Amanzanado	251	95639	625788
491	Polygon	492	469	180156911001	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	223	206	429	Amanzanado	767	300008	509263
492	Polygon	493	470	180156911002	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	98	72	170	Amanzanado	304	57360	556925
493	Polygon	494	471	180156911003	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	149	156	305	Amanzanado	571	255036	938889
494	Polygon	495	472	180156911004	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	193	202	395	Amanzanado	739	353340	955823
495	Polygon	496	473	180156911005	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	172	199	371	Amanzanado	450	540524	814682
496	Polygon	497	474	180156911006	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	125	137	262	Amanzanado	318	728556	613156
497	Polygon	498	475	180156911007	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	63	66	129	Amanzanado	166	54592	102202
498	Polygon	499	476	180156911008	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	236	272	508	Amanzanado	654	159977	138997
499	Polygon	500	477	180156911009	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	79	98	177	Amanzanado	261	192413	905636
500	Polygon	501	478	180156911010	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	164	184	348	Amanzanado	543	443057	3678
501	Polygon	502	479	180156911011	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	117	119	236	Amanzanado	368	429684	576887
502	Polygon	503	480	180156911012	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	278	285	563	Amanzanado	766	180220	780962
503	Polygon	504	481	180156911013	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	97	97	194	Amanzanado	463	34841	972466
504	Polygon	505	482	180156911014	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	225	260	485	Amanzanado	1168	111807	826939
505	Polygon	506	483	180156911015	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	116	115	231	Amanzanado	552	24767	253866
506	Polygon	507	484	180156911016	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	128	153	281	Amanzanado	307	48693	797417
507	Polygon	508	485	180156911017	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	185	168	353	Amanzanado	386	83774	17896
508	Polygon	509	486	180156911018	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	253	267	520	Amanzanado	582	171101	916592
509	Polygon	510	487	180156911019	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	237	248	485	Amanzanado	523	59744	34007
510	Polygon	511	488	180156911020	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	144	158	302	Amanzanado	410	596948	68625
511	Polygon	512	489	180156911021	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	179	168	347	Amanzanado	434	285027	516879
512	Polygon	513	490	180156911022	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	209	207	416	Amanzanado	520	264760	697
513	Polygon	514	491	180156911023	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	101	95	196	Amanzanado	207	489193	929316
514	Polygon	515	492	180156911024	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	190	180	370	Amanzanado	390	399472	619452
515	Polygon	516	493	180156911025	180156911	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180156	IZAMBA	18001C12	18001	175	194	369	Amanzanado	501	48857	737051
516	Polygon	517	494	180157001001	180157001	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180157	JUAN BE	18002C09	18002	138	152	290	Amanzanado	308	19142	209428
517	Polygon	518	495	180157001002	180157001	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180157	MONTEAL	18002C12	18002	267	273	540	Amanzanado	748	750771	847672
518	Polygon	519	496	180159927001	180159927	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180159	PASA	18001C07	18001	271	292	563	Amanzanado	563	318675	605569
519	Polygon	520	497	180159901001	180159901	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180159	PASA	18001C07	18001	107	102	209	Amanzanado	207	249084	82138
520	Polygon	521	498	180159901002	180159901	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180159	PASA	18001C07	18001	82	109	191	Amanzanado	186	309720	464212
521	Polygon	522	499	180159901003	180159901	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180159	PASA	18001C07	18001	110	129	239	Amanzanado	218	275845	23596
522	Polygon	523	500	180160001002	180160001	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180160	PCAGUA	18002C11	18002	256	248	504	Amanzanado	535	168327	616066
523	Polygon	524	501	180160001001	180160001	Z03	Zona 3 18	TUNGUR	1801	AMBAT	180160	PCAGUA	18002C11	18002	293	292	585	Amanzanado	849	216500	37781

Se descartaron algunos sectores censales debido a que no eran necesarios para este análisis, ocupándose solo de aquellos que intersecan las paradas de recolección, por lo que se aplicó *Join* para asignar a cada punto previamente digitalizado, el código de zona y sector censal, el área y la población.

Densidad poblacional. Una vez obtenida la capa actualizada de puntos de recolección, con la información censal, se procedió a calcular la densidad poblacional, lo cual permitió visualizar las áreas donde existe mayor y menor aglomeración de la población (ver Figura 63).

Figura 63.

Mapa de densidad poblacional del cantón Ambato



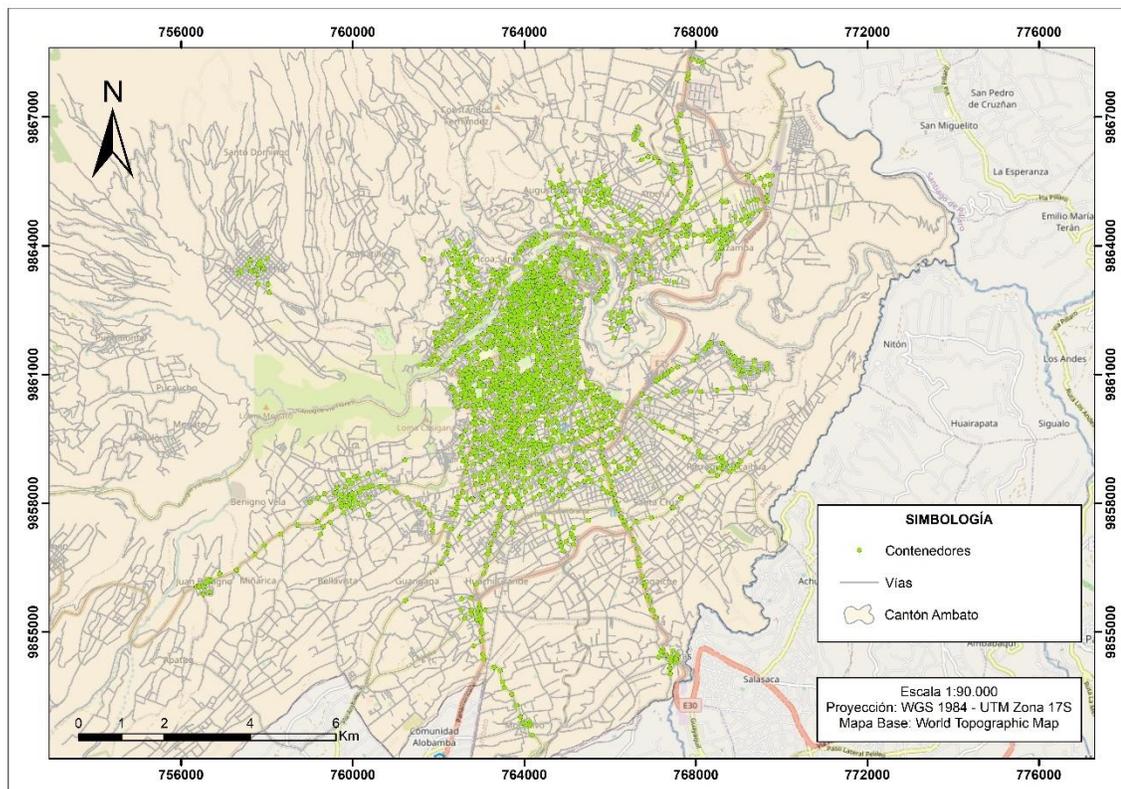
Nota. Clasificación de densidad poblacional en base a los sectores censales.

Producción per cápita. La producción per cápita (PPC) corresponde a la cantidad de residuos generados por habitante en un día (kg/hab.*día) y depende del tamaño de la población (Meza, 2012). El valor registrado por la EPM-GIDSA es de 0.62 kg/hab.*día (EPM-GIDSA, 2020a).

Sistema contenerizado. El servicio de carga lateral se encarga de la recolección de basura mediante el sistema de contenedores, los cuales están localizados diferentes zonas de la ciudad, (ver Figura 64). Esto indica que cierto porcentaje de basura se elimina mediante este sistema y otro por carga posterior.

Figura 64.

Sistema contenerizado en el cantón



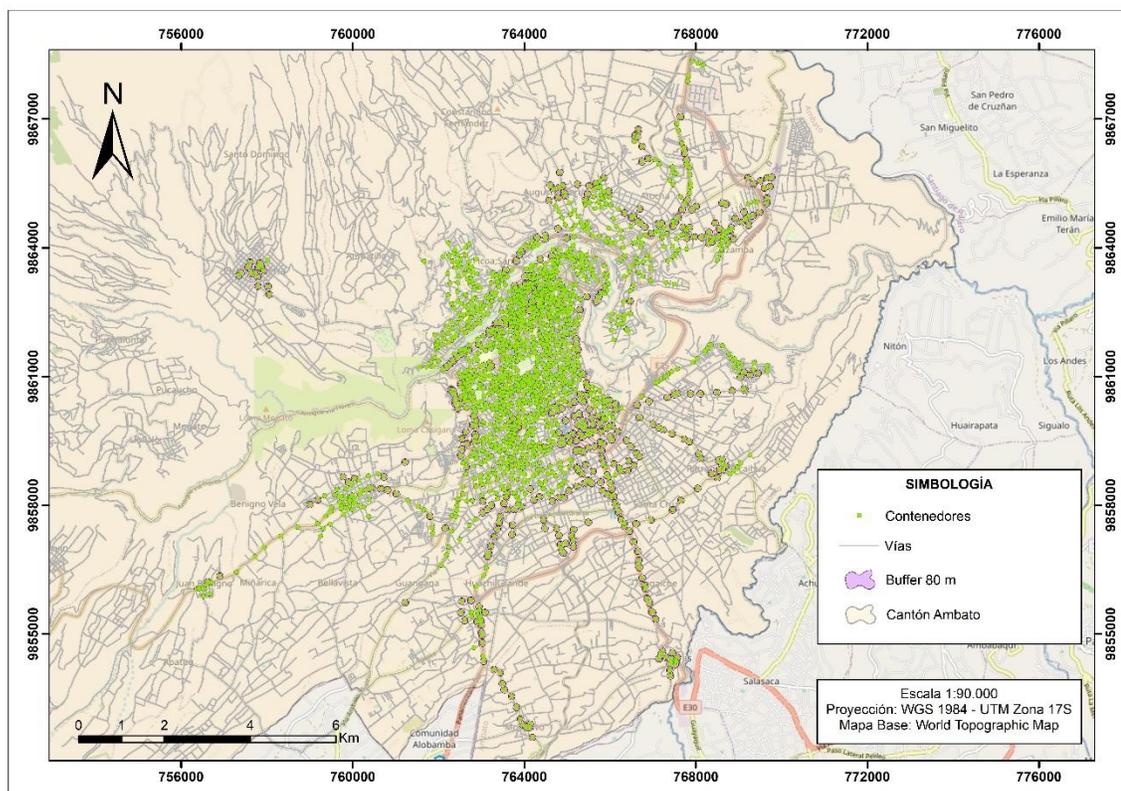
Nota. Se registraron 1654 contenedores distribuidos en diferentes sectores de la ciudad.

Del total de contenedores registrados, se tomaron en cuenta solo aquellos que ofrecen el servicio en los mismos sectores censales en los que se colocaron los puntos de recolección de carga posterior, dando así un total de 461 depósitos.

Los contenedores están distribuidos de tal manera que sirvan a la población cercana y a la que se encuentra a una distancia máxima aproximadamente de 80 m (EPM-GIDSA, 2020c), por lo que se aplicó la herramienta Buffer en cada uno de ellos para crear polígonos de 80 m a su alrededor, (ver Figura 65).

Figura 65.

Buffer aplicado a los 641 contenedores



A partir de los polígonos de buffer creados se aplicó la herramienta *Intersect* con los sectores censales para dividirlos y así calcular las áreas resultantes en Km^2 a las que sirve cada contenedor en cada sector censal (ver Figura 66). Luego, se procedió a unir dicha tabla al *shape* de paradas de recolección para restar la superficie de los sectores censales y las superficies de servicio del sistema contenerizado, (ver Ecuación 4). El campo que contiene este cálculo se denomina "AREA_CONTE".

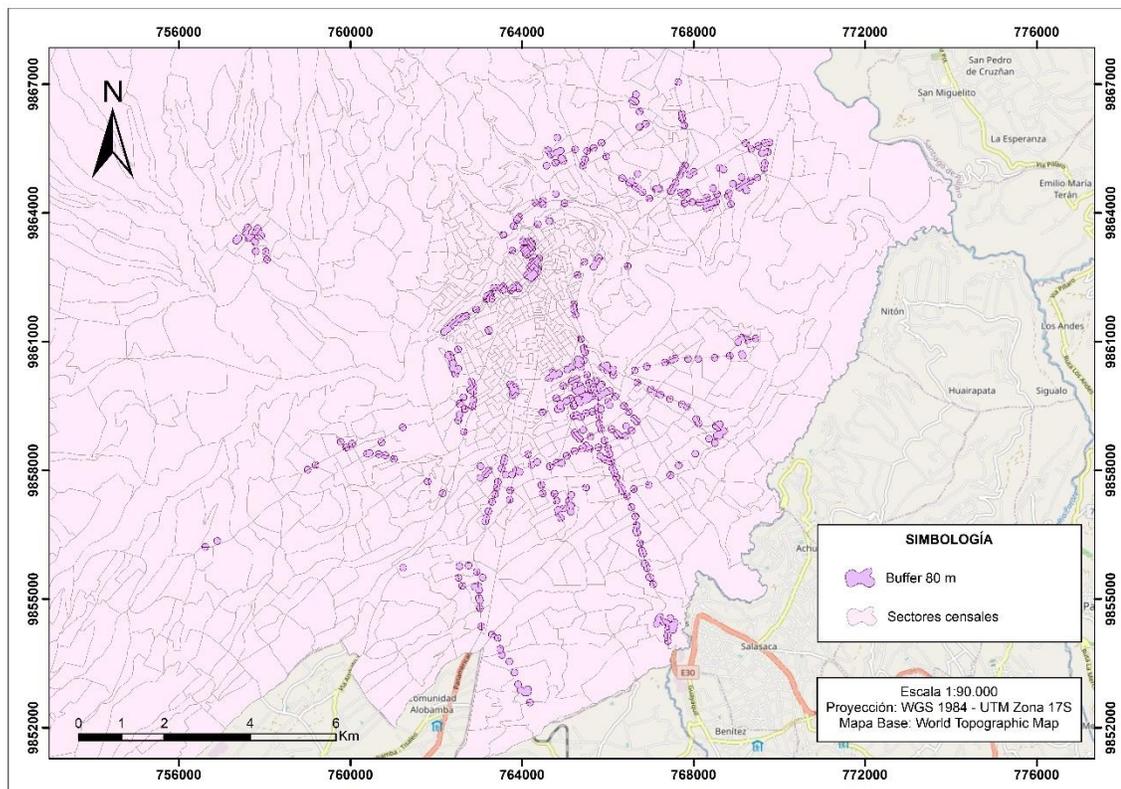
Ecuación 4

Área de servicio del contenedor

$$= \text{Área sector censal} - \text{Área buffer en cada sector censal}$$

Figura 66.

Intersección de polígonos de buffer y sectores censales



Una vez que se obtuvo el área de servicio del contenedor se determinó la cantidad de basura en Kg que se elimina por este método, (ver Ecuación 5). El campo que contiene este cálculo se denomina "PESO_CONTE".

Ecuación 5

$$\text{Peso basura en contenedores} = \text{Área de servicio del contenedor} * \\ \text{Densidad poblacional} * \text{PPC}$$

Peso final. El peso total en Kg de la basura generada en cada sector censal se obtuvo aplicando la siguiente ecuación (ver Ecuación 6). El campo que contiene este cálculo se denomina “PESO_DESEC”.

Ecuación 6

$$\text{Peso desechos generados} = \text{PPC} * \text{hab. de cada sector censal}$$

Para asignar un peso a cada punto de recolección vial, se restaron los valores previamente obtenidos y se hizo una relación con el número de puntos existentes en cada sector censal, (ver Ecuación 7). Esto permite asumir una distribución homogénea de peso en cada punto. El campo que contiene este cálculo se denomina “PESO_FINAL”.

Ecuación 7

$$\text{Peso final} = \frac{(\text{Peso desechos generados} - \text{Peso basura en contenedores})}{\text{N}^\circ \text{ de puntos de recolección en cada sector censal}}$$

Cabe recalcar que los cálculos realizados para conseguir el peso final de cada punto, no fueron aplicados a los establecimientos donde se recoge la basura por carga posterior, debido a que no son puntos viales y tienen su propio peso de desechos generados.

Zonificación y frecuencia

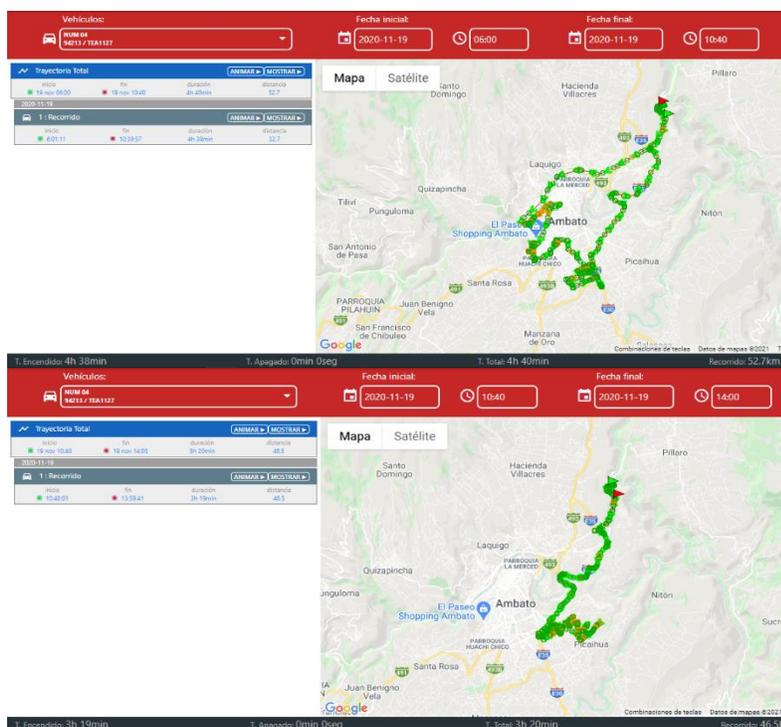
Una vez establecidos los puntos de recolección en cada parroquia, se redistribuyeron las 8 macro rutas actuales para generar unas nuevas que optimicen principalmente la distribución geográfica y los vehículos no transiten por zonas alejadas entre sí. En este proceso se determinaron los nuevos límites considerando las frecuencias y los parámetros de viajes peso y tiempo.

Frecuencias. Las frecuencias de los sectores o establecimientos a los que asisten se mantuvieron, ya que no necesitan un ajuste en ese sentido, sin embargo, algunos días de recolección sufrieron cambios, debido a la nueva zonificación.

Viajes. Por lo regular, cada ruta de recolección al día aborda 2 viajes (ver Figura 67), es decir recogen cierta cantidad de basura y se dirigen al relleno sanitario a depositar lo recolectado, repitiendo el proceso una vez más. Sin embargo, este número de viajes implica la subutilización del vehículo recolector, ya que no se aprovecha la capacidad de carga completa de los camiones.

Figura 67.

Ejemplo de 2 viajes en la ruta



Nota. Ruta del jueves 19 de noviembre del 2020 del vehículo 4, realizado en 2 viajes, de 06:00 a 10:40 y 10:40 a 14:00. Tomado de (LE-ONTECH, 2021).

Peso. Se consideró que los camiones recolectores, transportan 7 t, como capacidad de carga real, aunque no es el peso máximo ya que depende el nivel de compactación de cada vehículo, y el volumen de los residuos.

Cabe recalcar que los establecimientos a los que se ofrece este servicio no reportan un peso aproximado de los desechos generados, por lo que se descartó este valor en los puntos de tipo específico.

Tiempo. La jornada de trabajo es de 8 horas, pero el tiempo útil de recolección en este servicio es menor, debido a los tiempos muertos, los cuáles se consideraron para establecer rutas que abarquen períodos aceptables de operación, (ver Tabla 10).

Tabla 10

Tiempo de trabajo de recolección de carga posterior

Actividades	Horas	Minutos
Jornada de trabajo	08	00
Almuerzo/Desayuno	00	30
Relleno Sanitario (1 viaje)	00	30
Visita a gasolinera (Lun, Mie, Vie)	00	30
Imprevistos	00	30
Total - Tiempo recolección 1	06	00
Total - Tiempo recolección 2	06	30

Nota. El tiempo de recolección 1 pertenece a los días que acuden a la gasolinera, y el tiempo de recolección 2 a los días martes, jueves y sábado. Cuando se realicen 2 viajes debe doblarse el tiempo de “Relleno Sanitario”.

A partir de las condiciones propuestas se aplicó el método de “ensayo y error” hasta lograr delimitar los nuevos sectores por donde transitará la ruta, y finalmente genere y abarque tiempos y pesos tolerables. En la demarcación de zonas se consideraron los límites políticos parroquiales y accidentes geográficos, para generar en lo posible macro rutas organizadas y de fácil tránsito.

Diseño de rutas de recolección de desechos de carga posterior

A partir de la tabla de atributos completa de las paradas de recolección (ver Figura 68), y las consideraciones mencionadas, se generaron las nuevas rutas a través del problema de enrutamiento de vehículos (VRP).

Figura 68.

Tabla de atributos de los puntos de recolección de carga posterior

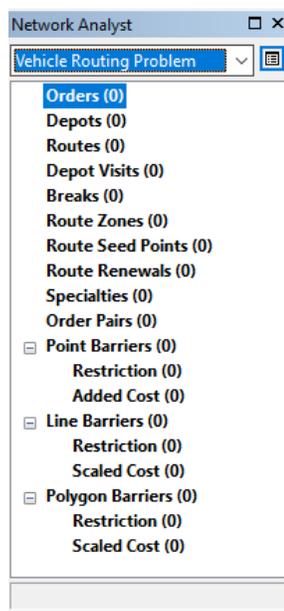
ID	Shape	DPA_SECTOR	DPA_ZONA	PPC	PARRQUIA	LUGAR	TIPO_PUNTO	NOMBRE	TIEMPO_REC	PESO_DE_SEC	CONTEN	AREA_CONTE	PESO_FINAL	PESO_CONTE	2020_POB	2020_DPOB	AREA_SEC
1523	Point ZM	180160990024	180160999	0.8	PICARUA	TANGAICHE	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	258.4	NO	0	51.68	0	323	0.001239	0.260
1524	Point ZM	180160990024	180160999	0.8	PICARUA	TANGAICHE	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	258.4	NO	0	51.68	0	323	0.001239	0.260
1977	Point ZM	180160999019	180160999	0.8	PICARUA	TANGAICHE	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	220.8	NO	0	44.16	0	276	0.001286	0.214
1978	Point ZM	180160999019	180160999	0.8	PICARUA	TANGAICHE	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	220.8	NO	0	44.16	0	276	0.001286	0.214
1979	Point ZM	180160999019	180160999	0.8	PICARUA	TANGAICHE	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	220.8	NO	0	44.16	0	276	0.001286	0.214
1982	Point ZM	180160999022	180160999	0.8	PICARUA	TANGAICHE	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	180.8	NO	0	12.914286	0	226	0.000419	0.539
1991	Point ZM	180160999022	180160999	0.8	PICARUA	TANGAICHE	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	180.8	NO	0	12.914286	0	226	0.000419	0.539
1992	Point ZM	180160999022	180160999	0.8	PICARUA	TANGAICHE	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	180.8	NO	0	12.914286	0	226	0.000419	0.539
1993	Point ZM	180160999022	180160999	0.8	PICARUA	TANGAICHE	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	180.8	NO	0	12.914286	0	226	0.000419	0.539
1997	Point ZM	180160999025	180160999	0.8	PICARUA	TANGAICHE	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	144	NO	0	48	0	180	0.000364	0.494
1998	Point ZM	180160999025	180160999	0.8	PICARUA	TANGAICHE	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	144	NO	0	48	0	180	0.000364	0.494
1999	Point ZM	180160999025	180160999	0.8	PICARUA	TANGAICHE	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	144	NO	0	48	0	180	0.000364	0.494
2000	Point ZM	180160999018	180160999	0.8	PICARUA	TANGAICHE	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	229.6	NO	0	38.266667	0	287	0.00191	0.150
2001	Point ZM	180160999018	180160999	0.8	PICARUA	TANGAICHE	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	229.6	NO	0	38.266667	0	287	0.00191	0.150
2002	Point ZM	180160999018	180160999	0.8	PICARUA	TANGAICHE	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	229.6	NO	0	38.266667	0	287	0.00191	0.150
2003	Point ZM	180160999018	180160999	0.8	PICARUA	TANGAICHE	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	229.6	NO	0	38.266667	0	287	0.00191	0.150
798	Point ZM	180150960008	180150906	0.8	PSHILATA	TECHO PROPIO	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	608.4	SI	30488.1794	154.929777	296.540447	758	0.012158	0.062
799	Point ZM	180150960008	180150906	0.8	PSHILATA	TECHO PROPIO	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	608.4	SI	30488.1794	154.929777	296.540447	758	0.012158	0.062
800	Point ZM	180150960009	180150906	0.8	PSHILATA	TECHO PROPIO	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	460	SI	100245.461163	61.231815	215.072741	575	0.002682	0.214
801	Point ZM	180150960009	180150906	0.8	PSHILATA	TECHO PROPIO	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	460	SI	100245.461163	61.231815	215.072741	575	0.002682	0.214
802	Point ZM	180150960009	180150906	0.8	PSHILATA	TECHO PROPIO	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	460	SI	100245.461163	61.231815	215.072741	575	0.002682	0.214
1911	Point ZM	180159999001	180159999	0.8	PASA	TLIVI	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	195.2	NO	0	48.8	0	244	0.000011	21.341
1912	Point ZM	180159999001	180159999	0.8	PASA	TLIVI	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	195.2	NO	0	48.8	0	244	0.000011	21.341
1913	Point ZM	180159999001	180159999	0.8	PASA	TLIVI	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	195.2	NO	0	48.8	0	244	0.000011	21.341
1914	Point ZM	180159999001	180159999	0.8	PASA	TLIVI	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	195.2	NO	0	48.8	0	244	0.000011	21.341
1915	Point ZM	180159999004	180159999	0.8	PASA	TLIVI	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	128.4	NO	0	31.6	0	158	0.000219	0.722
1916	Point ZM	180159999004	180159999	0.8	PASA	TLIVI	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	128.4	NO	0	31.6	0	158	0.000219	0.722
1917	Point ZM	180159999004	180159999	0.8	PASA	TLIVI	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	128.4	NO	0	31.6	0	158	0.000219	0.722
1918	Point ZM	180159999004	180159999	0.8	PASA	TLIVI	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	128.4	NO	0	31.6	0	158	0.000219	0.722
1919	Point ZM	180159999002	180159999	0.8	PASA	TLIVI	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	89.6	NO	0	44.8	0	112	0.000278	0.402
1920	Point ZM	180159999002	180159999	0.8	PASA	TLIVI	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	89.6	NO	0	44.8	0	112	0.000278	0.402
0	Point ZM	180150960009	180150906	0.8	PICARUA	TRUJUA	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	402.4	SI	100245.461163	61.231815	215.072741	575	0.002682	0.214
1228	Point ZM	180150999005	180150999	0.8	PSHILATA	TRUJUA	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	402.4	NO	0	44.711111	0	503	0.00101	0.497
1229	Point ZM	180150999005	180150999	0.8	PSHILATA	TRUJUA	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	402.4	NO	0	44.711111	0	503	0.00101	0.497
1235	Point ZM	180150999005	180150999	0.8	PSHILATA	TRUJUA	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	402.4	NO	0	44.711111	0	503	0.00101	0.497
1236	Point ZM	180150999005	180150999	0.8	PSHILATA	TRUJUA	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	402.4	NO	0	44.711111	0	503	0.00101	0.497
400	Point ZM	180166001001	180166001	0.8	TOTORAS	TOTORAS	ESPECIFICO	CENTRO DE SALUD TOTOR	10	584.8	SI	95593.536854	88.973252	139.933736	731	0.00183	0.399
401	Point ZM	180166001001	180166001	0.8	TOTORAS	TOTORAS	VIAL	PUNTO DE RECOLECCION	0.083	584.8	SI	95593.536854	88.973252	139.933736	731	0.00183	0.399

En *Network Analyst* se escogió *New Vehicle Routing Problem* debido a que esta

herramienta de cálculo permite generar rutas usando parámetros de tiempo y peso. Las categorías que se utilizaron con esta herramienta son: Órdenes, Depósitos, Rutas, Visitas a Depósitos, Zonas de Ruta (*orders, depots, routes, depot visites, route zones*), (ver Figura 69).

Figura 69.

Ventana principal de "New Vehicle Routing Problem"

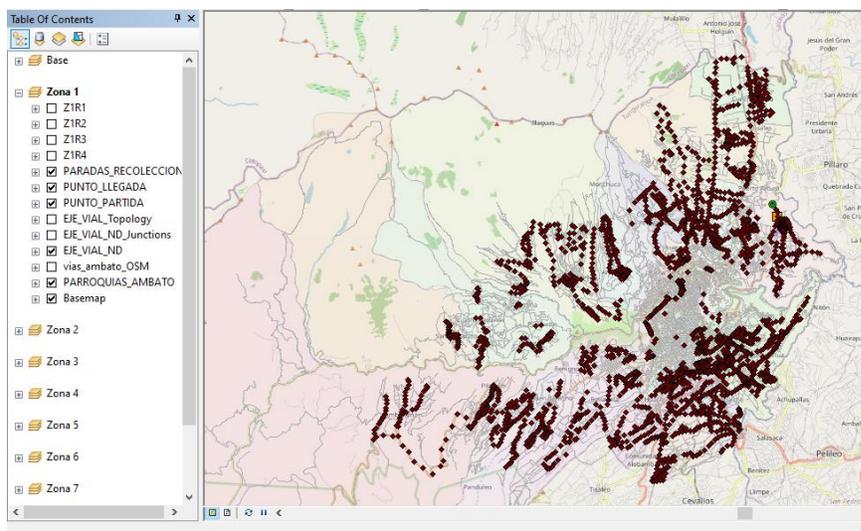


Para la construcción de las diferentes rutas de recolección, se procedió a crear 8 marcos de datos *Data Frame*, 1 para cada macro ruta, y así evitar confusiones y mejorar el procesamiento de las rutas.

En cada uno de ellos se generaron diversos *shapes* de VRP, (ver Figura 70), es decir en las diferentes capas se cargó un determinado número de puntos de recolección para el cálculo.

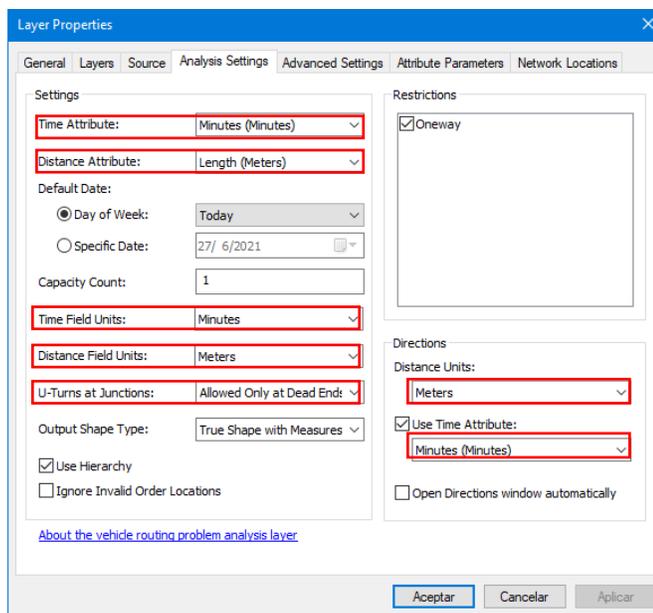
Figura 70.

Interfaz de procesamiento de rutas de carga posterior



Nota. Ejemplo de la zona 1 donde se registraron 4 rutas, distribuidas en diversas capas de VRP.

Antes de iniciar el análisis de VRP, una vez ya cargados todos los puntos, se procedió a editar las propiedades de la capa (ver Figura 71), para que tenga los atributos correctos al momento de calcular la ruta.

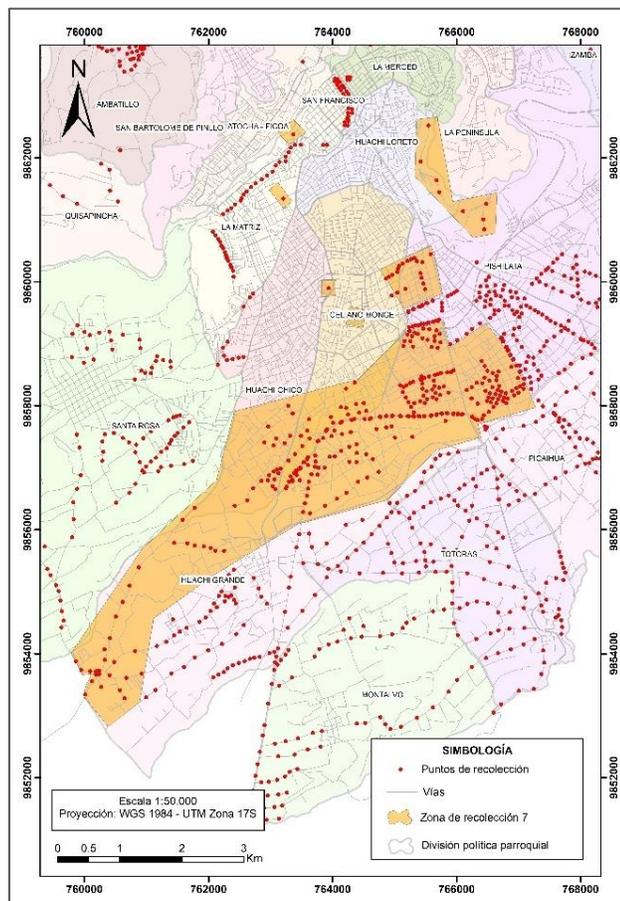
Figura 71.*Propiedades del layer de VRP*

Nota. Se configuraron las unidades de distancia, tiempo en m y minutos respectivamente. Los giros en U fueron aplicados para las calles sin salida.

Zonas de ruta. Las zonas de ruta fueron dibujadas para establecer los límites de la ruta y permitan una mejor visualización de la geocerca en donde se presta el servicio, (ver Figura 72). A cada ruta se le asignó una zona de ruta.

Figura 72.

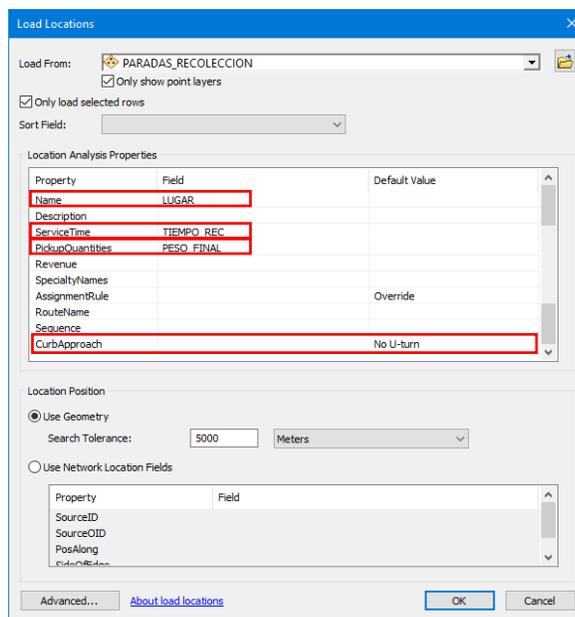
Delimitación zonal de determinadas rutas de atención



Nota. Ejemplo de la zona 7 delimitada.

Órdenes. Para subir las paradas de recolección se partió de dicho *shape*, realizando una selección de los puntos necesarios para la ruta y cargando en la opción *Orders*, (ver Figura 73).

Figura 73.

Paradas de recolección cargadas

Depósitos. Los puntos de partida y llegada, el “Taller” y el “Relleno Sanitario” respectivamente, fueron insertados como *shapes* individuales en *Depots*, (ver Figura 74).

Figura 74.

Punto de llegada y partida cargados

The image shows two screenshots of the 'Load Locations' dialog box. The top screenshot is for 'PUNTO_PARTIDA' and the bottom is for 'PUNTO_LLEGADA'. Both show a table for 'Location Analysis Properties' with the following data:

Property	Field	Default Value
Name		TALLER
Description		
TimeWindowStart1		
TimeWindowEnd1		
TimeWindowStart2		
TimeWindowEnd2		
CurbApproach		Either side of vehicle

The bottom screenshot also shows 'Location Position' options: 'Use Geometry' (selected) with a search tolerance of 5000 Meters, and 'Use Network Location Fields' (unselected).

Nota. Para la generación de cada ruta, se hizo el mismo procedimiento de forma independiente, cargando el punto de partida con el nombre de “Taller” y el punto de llegada con el nombre de “Relleno Sanitario”.

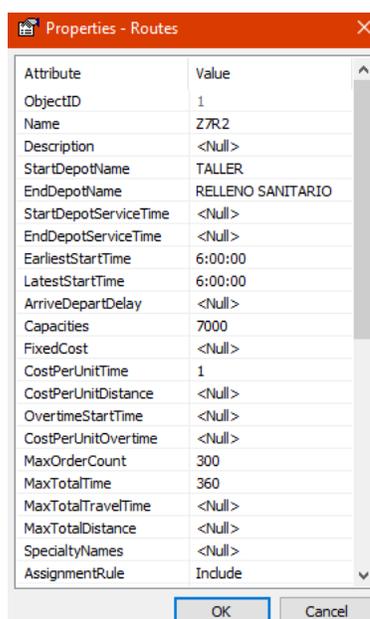
Rutas. Para el cálculo de rutas fue necesario configurar las propiedades para que se generen trayectos acordes al peso y tiempo previamente establecido, (ver Figura 75).

- Name: Nombre de la ruta, especificado por el número de zona y ruta, “Z#R#”.
- StartDepotName: Lugar de partida, “TALLER”.
- EndDepotName: Lugar de llegada, “RELLENO SANITARIO”.
- EarliestStartTime: Hora más temprana de salida, “6:00:00” o “1:00:00” según la ruta.
- LatestStartTime: Hora más tardía de salida, “6:00:00” o “1:00:00” según la ruta.

- Capacities: Capacidad del vehículo, "7000" representando 7000 Kg.
- MaxOrderCount: Número máximo de órdenes (paradas) a atender en la ruta, "300" como valor superior aproximado para que abarque todos los puntos insertados.
- MaxTotalTime: Tiempo máximo de desplazamiento de la ruta, incluyendo los tiempos de paradas de recolección, "360" o "390" según el día de recolección.

Figura 75.

Propiedades de rutas



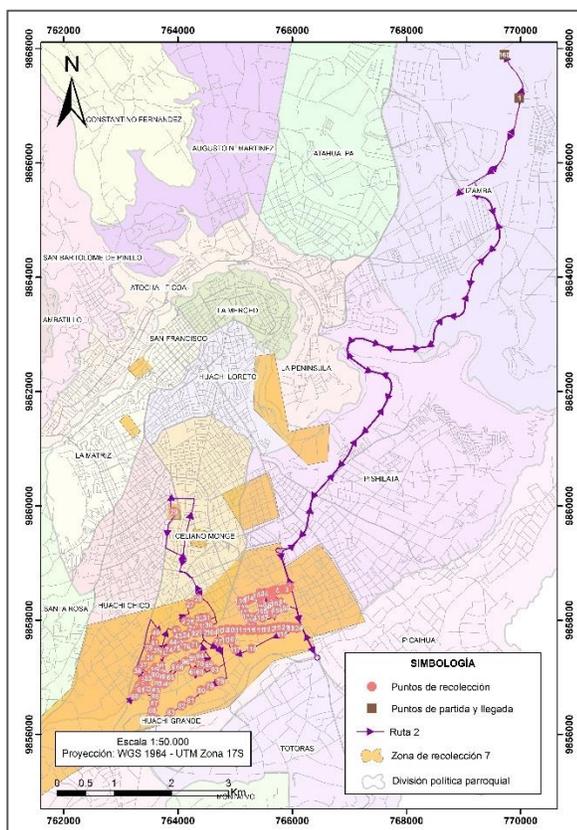
Attribute	Value
ObjectID	1
Name	Z7R2
Description	<Null>
StartDepotName	TALLER
EndDepotName	RELLENO SANITARIO
StartDepotServiceTime	<Null>
EndDepotServiceTime	<Null>
EarliestStartTime	6:00:00
LatestStartTime	6:00:00
ArriveDepartDelay	<Null>
Capacities	7000
FixedCost	<Null>
CostPerUnitTime	1
CostPerUnitDistance	<Null>
OvertimeStartTime	<Null>
CostPerUnitOvertime	<Null>
MaxOrderCount	300
MaxTotalTime	360
MaxTotalTravelTime	<Null>
MaxTotalDistance	<Null>
SpecialtyNames	<Null>
AssignmentRule	Include

Nota. Se ingresaron únicamente parámetros estrictamente necesarios para este cálculo.

Una vez ingresadas y modificadas las capas y propiedades necesarias, se procedió a generar la misma dando clic en *Solve*, ubicada en la barra de herramientas de *Network Analyst*; y finalmente se obtuvieron las rutas de cada una de las zonas, en este caso se puede observar la ruta 2 de la ZONA 7 (ver Figura 76).

Figura 76.

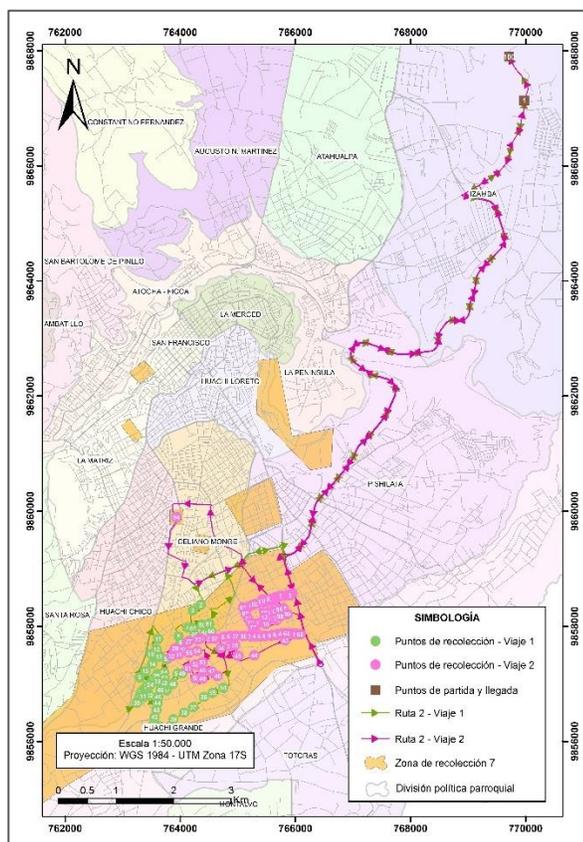
Ruta 2 de la ZONA 7



A las rutas que ameritaban realizarse en 2 viajes por exceso de tiempo o peso en uno solo, se las procesó individualmente, (ver Figura 77).

Figura 77.

Ruta 2 de la ZONA 7 dividida en 2 viajes



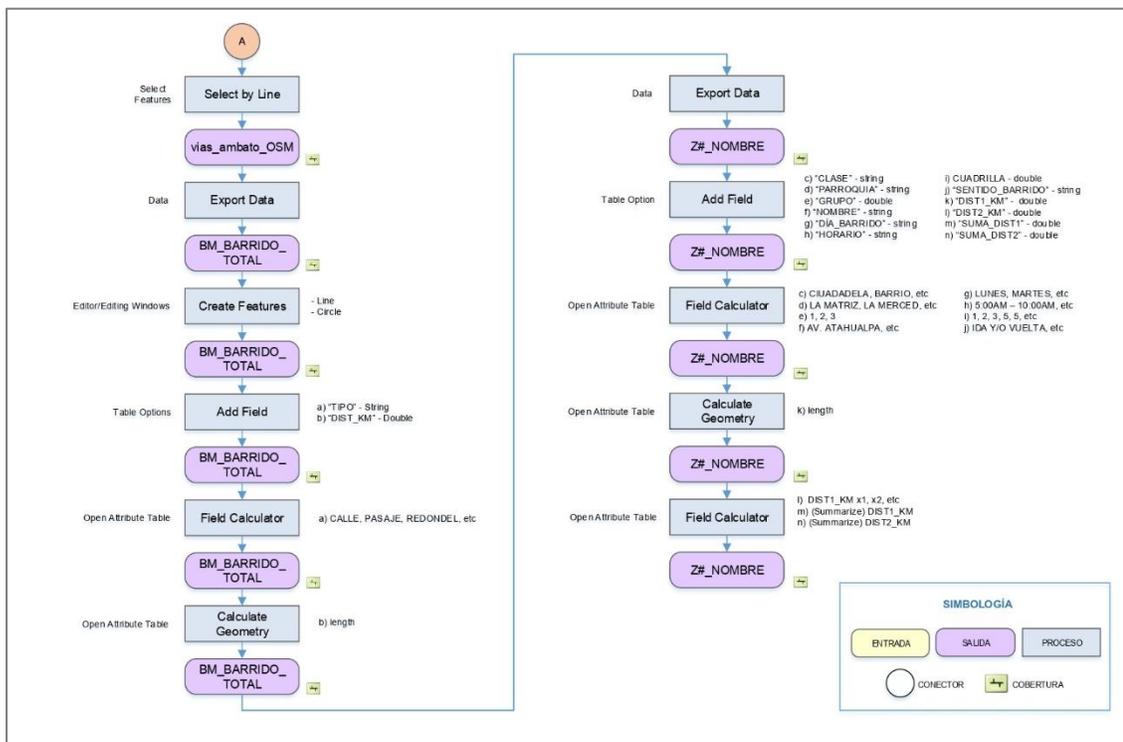
Nota. Estas rutas representan viajes individuales de recolección de una misma ruta, es decir el vehículo recolector tendrá que ingresar al relleno sanitario dos veces. Las paradas de recolección del viaje 1 están representadas por la zona rosada y del viaje 2 por la zona celeste.

Análisis geoespacial de las rutas de recolección de barrido manual

A partir del diagnóstico de la situación actual de este servicio y con la información disponible se procedió a generar las rutas de barrido mediante la selección del *shape* de vías previamente creado. La síntesis metodológica se expone en el siguiente modelo cartográfico (ver Figura 78).

Figura 78.

Modelo cartográfico de las rutas de barrido manual



Trayectos de recolección

La recolección de basura se la realiza por cada acera de la vía, recorriendo cierta distancia de “ida” y de “regreso”, cuando es necesario. El trabajo se realiza en cuadrillas de trabajo, guiados por un sobrestante.

Se realizó una entrevista a cada sobrestante de los tres grupos de trabajo para conocer los trayectos actuales por donde ejecutan el barrido y sus respectivos límites, frecuencias y personal activo asignado.

Las calles y lugares públicos donde se ofrece el servicio han sufrido cambios a través del tiempo, por lo que se han modificado los trayectos de barrido, descartando ciertas vías y establecimientos del estudio ejecutado en el 2004 o agregando otras localidades.

Posteriormente se agregó parte de la información levantada en un archivo Excel, donde se la organizó y distribuyó por grupos de trabajo (ver Figura 79) para reconocer las rutas en ArcGIS.

Figura 79.

Información levantada para el servicio de barrido manual

HORARIOS	DÍAS	Nº DE PERSONAS	ZONAS
2:00 am - 10:00 am Sr. Carlos Palao	LUNES A SÁBADO	21	CASCO CENTRAL
6:00 am - 2:00 pm Sr. Sergio Castillo	LUNES A VIERNES	16	PRINCIPALES AVENIDAS
10:00 am - 18:00 pm Sr. Angel Turiano	DOMINGO LUNES A SÁBADO	16	CASCO CENTRAL

ZONAS	HORARIOS	PERSONAS
CASCO CENTRAL	2:00 am - 10:00 am	21
	6:00 am - 2:00 pm	16
	10:00 am - 18:00 pm	16

ZONAS	LUNES	MAERTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
CASAPAMBA	6					6
INDHUICO	6					6
CDLA. CLIMANCIÁ	6					6
SECTOR MERCADO DE LA DOLOROSA	2	2	2	2	2	2
ESTADIO BELLA VISTA	2	2	2	2	2	2
CDLA. ORIENTE	6					6
CDLA. GALAPAGOS	6					4
CDLA. SAN CRISTIANO	6					6
CDLA. ESPAÑA			8		8	
CDLA. CANTUMAS			6		6	
CDLA. NUEVA AMBATO			7		7	

Nota. Extracción de la base de datos de Excel.

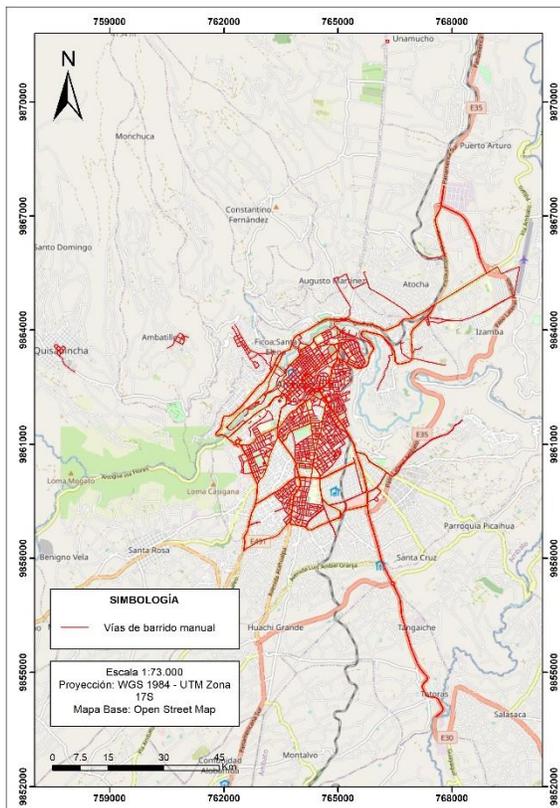
Selección de vías. El insumo de vías obtenido previamente, junto al denominado basemap de OSM, fueron imprescindibles para reconocer y localizar los ejes viales y zonas donde se realiza el barrido.

Fue necesario obtener un archivo “base” de todos los trayectos de barrido manual, para luego distinguir a partir de este, cada grupo y cuadrilla de trabajo.

Creación de las capas de líneas. Una vez seleccionadas las vías útiles para este servicio, se procedió a exportar en un solo archivo, el cual contiene todos los recorridos del servicio de barrido manual, incluyendo ciertos lugares como parques, senderos, mercados, entre otros, que tuvieron que ser digitalizados mediante la opción Creature Features y sus respectivas herramientas de construcción, (ver Figura 80).

Figura 80.

Trayectos totales de prestación de servicio de barrido manual

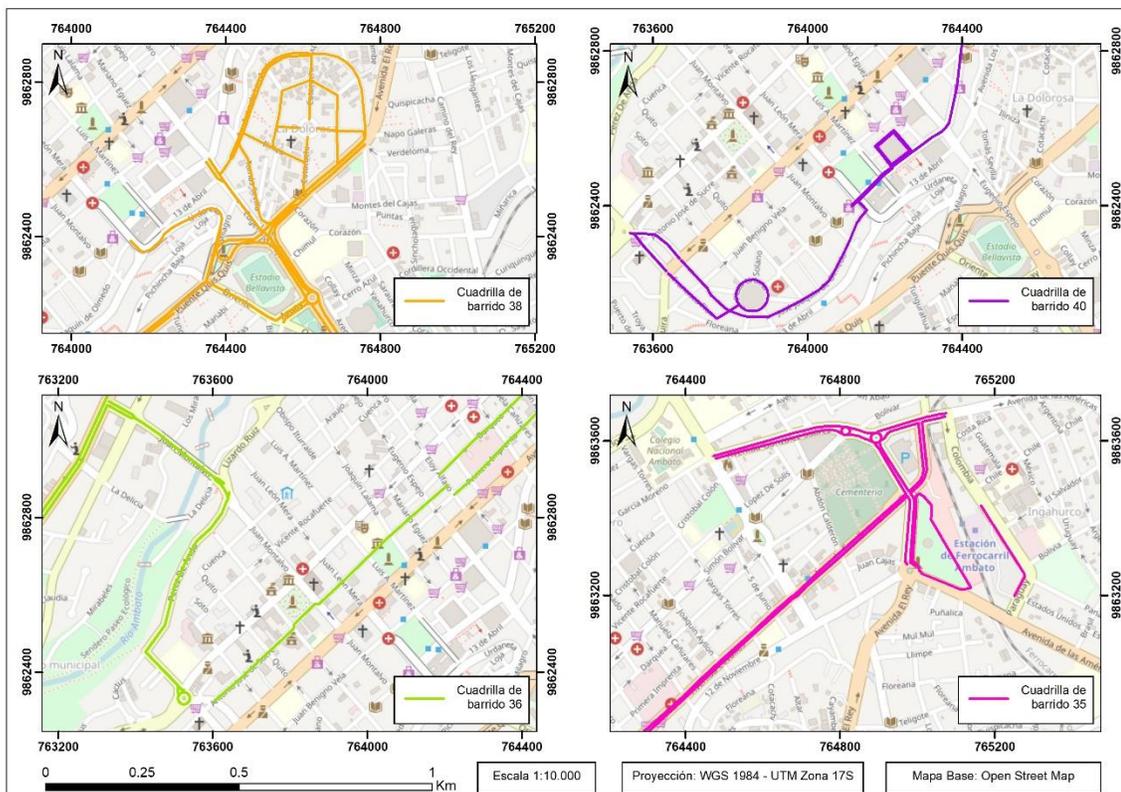


Se utilizó “línea” para trazar elementos faltantes como calles, avenidas, puentes, gradas y perfiles de parques, mercados, ferias y plazas, a las que se atiende. El “círculo” fue necesario para representar como simbología, el interior de los parques.

El diseño de las rutas se estableció como tramos separados, evitando el cruce y superposición de vías, en una misma macro ruta, e identificando cada elemento de la ruta como calle, avenida, puente, entre otros, por cuadrilla de trabajo (ver Figura 81).

Figura 81.

Ejemplo de elementos de barrio



Nota. Ejemplo de estructura de calles, avenidas, redondeles, interiores y exteriores de parques, mercado; diferenciados por colores (cuadrillas de trabajo).

Los diferentes elementos de la ciudad donde se realiza cada recorrido de barrio fueron etiquetados, siendo de suma importancia su registro para dividir y determinar las veces que generalmente necesitan barrer el lugar debido a la superficie o dificultad de limpieza, o cantidad de basura que presentan (ver Tabla 11). Esto indica que algunos lugares deben ser barridos solo de ida o vuelta, o de ida y vuelta; influyendo en el cálculo de las distancias a barrer en cada ruta. A partir de esta identificación se creó un campo denominado “Tipo” el cual almacena el nombre de cada elemento de barrio, y se calculó la distancia en Km de cada atributo, en el campo “Dist_Km”.

Tabla 11*Elementos de barrido manual*

Elemento	N ° de veces barrido
Avenida con parterre	4
Avenida sin parterre	2
Calle	2
Explanada	1
Feria	1
Gradas	1
Mercado	1
Parque	1
Sendero	1
Pasaje	2
Puente	1
Plazoleta	1
Redondel	1
Terminal	1

Nota. El número de veces de barrido son considerados por el número de arceles y aceras en algunos casos.

Posteriormente a partir de este archivo “base”, se crearon tres archivos .shp de tipo línea, que hacen referencia a las zonas de trabajo, denominados “Z1_CASCO_CENTRAL”, “Z2_PERIFERIAS”, “Z3_AVENIDAS”, para luego diferenciarlos por grupos de trabajo o macro rutas, siendo Grupo 1 – Casco central y Sectores periféricos, Grupo 2 – Principales avenidas y Grupo 3 – Casco Central.

Zonificación y frecuencia

Una vez divididos los lugares donde se presta el servicio, se procedió a llenar las tablas de atributos (ver Figura 82) de cada grupo, para distinguir cada trayecto, y tener la información estandarizada.

Se insertaron campos de distancias, los que evidencian los Km barridos en cada tramo, dependiendo el sentido de barrido, para luego calcular el kilometraje total en cada división.

Figura 82.

Tabla de atributos de los trayectos de barrido

ID	Shape	NOMBRE	TIPO	SENT_BARRI	DIA_BARRI	PARROQUIA	HORARIO	CLASE	SECTOR	GRUPO	SOBRESTANT	CUADRILLA	DIST1_KM	DIST2_KM	SUMA_DIST	SUMA_DIST2
16	Polyline	MARIANO EGUEZ	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	SAN FRANCISCO	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.173659	0.347319	2.456007	4.912173
17	Polyline	MARETA DE VENTMILLA	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	SAN FRANCISCO	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.207546	0.415092	2.456007	4.912173
33	Polyline	JUAN LEÓN MERA	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	SAN FRANCISCO	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.111511	0.223022	2.456007	4.912173
37	Polyline	JOSÉ JOAQUÍN DE OLME	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	LA MATRIZ	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.596608	1.193216	2.456007	4.912173
53	Polyline	AV. 12 DE NOVIEMBRE	AVENIDA SIN PARTERRE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	LA MATRIZ	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.250963	0.501927	2.456007	4.912173
55	Polyline	JUAN MONTALVO	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	LA MATRIZ	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.116946	0.233892	2.456007	4.912173
84	Polyline	AV. 12 DE NOVIEMBRE	AVENIDA SIN PARTERRE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	SAN FRANCISCO	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.105898	0.211797	2.456007	4.912173
95	Polyline	AV. 12 DE NOVIEMBRE	AVENIDA SIN PARTERRE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	SAN FRANCISCO	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.18472	0.369441	2.456007	4.912173
107	Polyline	EUGENIO ESPEJO	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	SAN FRANCISCO	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.118864	0.237728	2.456007	4.912173
108	Polyline	LUIS A. MARTÍNEZ	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	SAN FRANCISCO	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.104054	0.208109	2.456007	4.912173
109	Polyline	LUIS A. MARTÍNEZ	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	SAN FRANCISCO	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.103235	0.206471	2.456007	4.912173
110	Polyline	QUITO	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	LA MATRIZ	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.21078	0.421561	2.456007	4.912173
112	Polyline	AV. 12 DE NOVIEMBRE	AVENIDA SIN PARTERRE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	SAN FRANCISCO	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.16941	0.338821	2.456007	4.912173
52	Polyline	TOMÁS SEVILLA	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	SAN FRANCISCO	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.058927	0.117854	1.502831	3.005661
65	Polyline	AV. 12 DE NOVIEMBRE	AVENIDA SIN PARTERRE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	LA MERCED	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.025352	0.050704	1.502831	3.005661
66	Polyline	AV. 12 DE NOVIEMBRE	AVENIDA SIN PARTERRE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	LA MERCED	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.02456	0.04912	1.502831	3.005661
77	Polyline	AV. 12 DE NOVIEMBRE	AVENIDA SIN PARTERRE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	LA MERCED	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.62478	1.249561	1.502831	3.005661
91	Polyline	AV. 12 DE NOVIEMBRE	AVENIDA SIN PARTERRE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	SAN FRANCISCO	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.307919	0.615837	1.502831	3.005661
116	Polyline	VICENTE MALDONADO	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	LA MERCED	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.042691	0.085382	1.502831	3.005661
117	Polyline	JOAQUÍN AYLLÓN	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	LA MERCED	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.038682	0.077724	1.502831	3.005661
118	Polyline	5 DE JUNIO	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	LA MERCED	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.07686	0.153719	1.502831	3.005661
119	Polyline	AV. UNIDAD NACIONAL	AVENIDA CON PARTERRE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	LA MERCED	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.089334	0.178668	1.502831	3.005661
120	Polyline	AV. UNIDAD NACIONAL	AVENIDA CON PARTERRE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	LA MERCED	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.089288	0.178576	1.502831	3.005661
121	Polyline	ABDÓN CALDERÓN	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	LA MERCED	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.124256	0.248516	1.502831	3.005661
10	Polyline	JUAN BENIGNO VELA	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	LA MATRIZ	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.575051	1.150101	1.802641	3.605282
36	Polyline	FRANCISCO FLOR	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	LA MATRIZ	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.073668	0.147336	1.802641	3.605282
94	Polyline	JUAN BENIGNO VELA	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	SAN FRANCISCO	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.295215	0.59043	1.802641	3.605282
101	Polyline	MARIANO EGUEZ	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	SAN FRANCISCO	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.096342	0.192685	1.802641	3.605282
102	Polyline	LUIS A. MARTÍNEZ	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	SAN FRANCISCO	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.085637	0.171274	1.802641	3.605282
104	Polyline	JUAN LEÓN MERA	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	SAN FRANCISCO	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.083242	0.166483	1.802641	3.605282
105	Polyline	JUAN MONTALVO	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	LA MATRIZ	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.080189	0.160378	1.802641	3.605282
106	Polyline	MARIANO CASTILLO	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	LA MATRIZ	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.078682	0.157364	1.802641	3.605282
111	Polyline	JOSÉ JOAQUÍN DE OLME	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	LA MATRIZ	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.08084	0.161279	1.802641	3.605282
122	Polyline	GUAYÁQUIL	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	LA MATRIZ	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.081844	0.163689	1.802641	3.605282
123	Polyline	QUITO	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	LA MATRIZ	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.077426	0.154852	1.802641	3.605282
124	Polyline	JOAQUÍN LALAMA	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	SAN FRANCISCO	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.095192	0.190384	1.802641	3.605282
125	Polyline	EUGENIO ESPEJO	CALLE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	SAN FRANCISCO	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.096514	0.193028	1.802641	3.605282
27	Polyline	PASAJE JOSÉ E. RODO	PASAJE	IDA Y VUELTA	LUNES A SAB	LA MATRIZ	10AM-6PM	CASCO CENTRAL	CASCO CENTRAL	3	SR_ANGEL TVAJANO		0.08855	0.177101	2.885492	4.056974

Nota. Ejemplo de rutas de barrido del Grupo 3 – Casco Central.

Diseño de rutas de barrido manual

Las rutas generadas, en su totalidad corresponden a la selección de trayectos de barrido en las diferentes macro rutas, siendo 3, y descartando la aplicación de las extensiones de Network Analyst ya que en este diseño no se tiene puntos de inicio y fin de barrido. Además, se desconoce si el personal está cumpliendo con el kilometraje de barrido requerido por la empresa en las zonas demarcadas.

Según el reporte de la EPM-GIDSA, cada trabajador debe barrer 2.7 Km acorde a la norma que se rigen OPS/CEPIS. Sin embargo, debido a la falta continua de personal, y a la cantidad y tipo de basura que se generan en las calles, han dictaminado que el valor de barrido debe ser 3.5 Km/trabajador por jornada (EPM-GIDSA, 2020a).

Capítulo IV

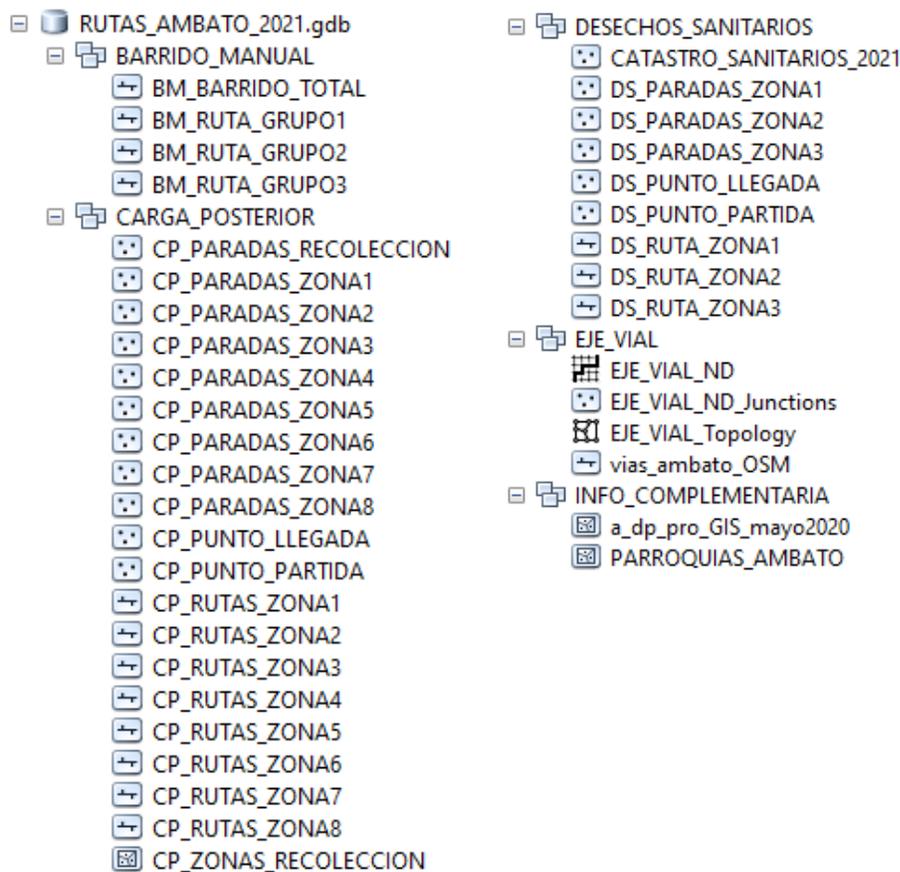
Resultados

Geodatabase

Una Geodatabase (GDB) permite organizar la información geográfica de manera efectiva a través de la gestión y almacenamiento de diferentes bases de datos. La siguiente figura, presenta la distribución de la información base y la información generada por medio de la agrupación de 5 features dataset, cada uno con sus respectivos features class y shapefiles (ver Figura 83).

Figura 83.

Estructura de la geodatabase



A cada shapefile obtenido como resultado, se le asocia una información clave denominada metadatos “datos de los datos”, (ver Figura 84), en la cual se describe cada uno de los campos que conforman el archivo, para una mejor caracterización y comprensión.

Figura 84.

Metadatos de las rutas de la Zona 1 de Carga Posterior

CP_RUTAS_ZONA1
File Geodatabase Feature Class

Tags
rutas, recolección, desechos, carga posterior, Ambato

Summary
La ruta de recolección de la Zona 1, nombrada como "CP_RUTAS_ZONA1" es una capa de línea, la cual representa la ruta que sigue el camión para la recolección de los desechos sanitarios, esta contiene de forma interna 4 rutas de recolección que se hacen en la Zona 1.

Description
La ruta de recolección de la Zona 1 cuenta con la siguiente información en la tabla de atributos:

- Name: Nombre de la ruta, en este caso dentro de este shape existen 4 rutas internas, tales como Z1R1, Z1R2, Z1R3, Z1R4, indicando las rutas 1, 2, 3 y 4.
- StartDepot: lugar donde inicia la ruta, en este caso el "TALLER"
- EndDepotNA: lugar donde termina la ruta, en este caso el "RELLENO SANITARIO"
- OrderCount: número total de paradas de cada ruta, en este caso 155, 143, 145, 144 para las rutas 1, 2, 3 y 4 respectivamente
- TotalTime: tiempo total del recorrido de la ruta, en minutos
- TotalOrder: indica el total de órdenes (paradas) que realiza el vehículo recolector
- TotalTravel: indica el tiempo en minutos de la ruta, sin contar las paradas de recolección
- TotalDist: distancia total del recorrido de la ruta, en metros
- TIEMPOREC: tiempo total del recorrido de la ruta, en horas, minutos y segundos
- PESOREC_KG: peso de recolección, en Kg
- DISTREC_KM: distancia total del recorrido de la ruta, en Km
- DÍA_RECOL: representa el día que presta el servicio a cada ruta

Credits
EPM- GIDSA
A. Carzaluisa
J. Campaña

Use limitations
There are no access and use limitations for this item.

Extent
West -78.613229 East -78.550876
North -1.118859 South -1.244818

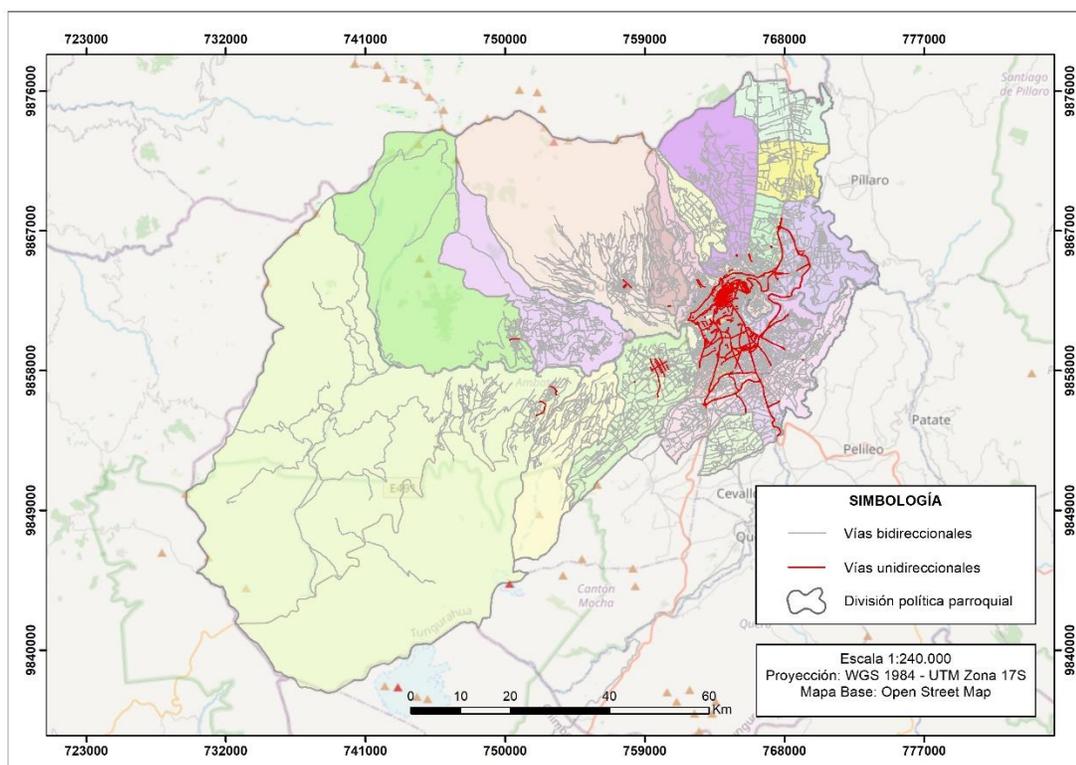
Scale Range
Maximum (zoomed in) 1:5,000
Minimum (zoomed out) 1:500,000

Red vial actualizada

Las vías obtenidas a partir de Open Street Map, tuvieron más de 15 000 errores topológicos, los cuales se corrigieron en el software ArcGIS mediante la aplicación de 8 reglas topológicas que ayudan a estandarizar los segmentos mal conectados, e intersecar las mismas. Así, se obtuvo el mapa del eje vial actualizado, (ver Figura 85).

Figura 85.

Mapa de ejes viales actualizados del cantón Ambato



Rutas de recolección

Rutas de recolección de desechos sanitarios

Para el cálculo de las rutas, se tuvo de insumo el catastro de los usuarios que hacen uso del servicio, georreferenciando uno por uno en ArcGIS mediante la entidad de punto.

Seguido, se procedió a complementar la tabla de atributos de los puntos georreferenciados para identificar el tipo de establecimiento al que pertenece cada usuario; además se asignó una codificación para cada uno de los grupos clasificados, que van de C1 a C10, (ver Tabla 12).

Tabla 12

Tipo de establecimientos de desechos sanitarios

Código	Establecimientos
C1	Centros médicos, tales como: especialidades, endoscopia, fisioterapia, ortodoncia, traumatología, rehabilitación, dental, neurodiagnóstico, obstétrico, oftalmológico, pediátrico, radiológico, urológico; además dispensario médico, subcentro, farmacia, hospitales, rayos x.
C2	Clínicas, tales como: patología, dental, cirugía estética.
C3	Consultorios médicos, tales como: biomédico, cirugía, dental, dermatológico, gastroenterológico, ginecológico, cardiológico, neuropediátrico, obstétrico, oftalmológico, traumatología, otorrinolaringológico, pediátrico, psiquiátrico, traumatológico.
C4	Veterinaria y clínica veterinaria.
C5	Laboratorios, tales como: bacteriológico, clínico, microbiológico, radiología, químico, análisis bioquímicos y bacteriológicos.
C6	Spa, centro cosmetológico, patología, belleza, estético y peluquería.
C7	Servicios de hospedaje, alojamiento e instalación.
C8	Establecimientos educativos.
C9	Ventas y comercialización de productos, tales como: farmacéuticos, medicinales, veterinarios, naturales, semillas, balanceados, juguetes caninos, vehículos y accesorios, ferretería, combustibles gaseosos.
C10	Servicios diversos, tales como: fábricas, empresas, cuerpo de bomberos, asistencia social, alquiler de bienes inmuebles, administración, construcción, cooperativas, gimnasio, textiles, sala de velaciones, centro de tolerancia, entre otros.

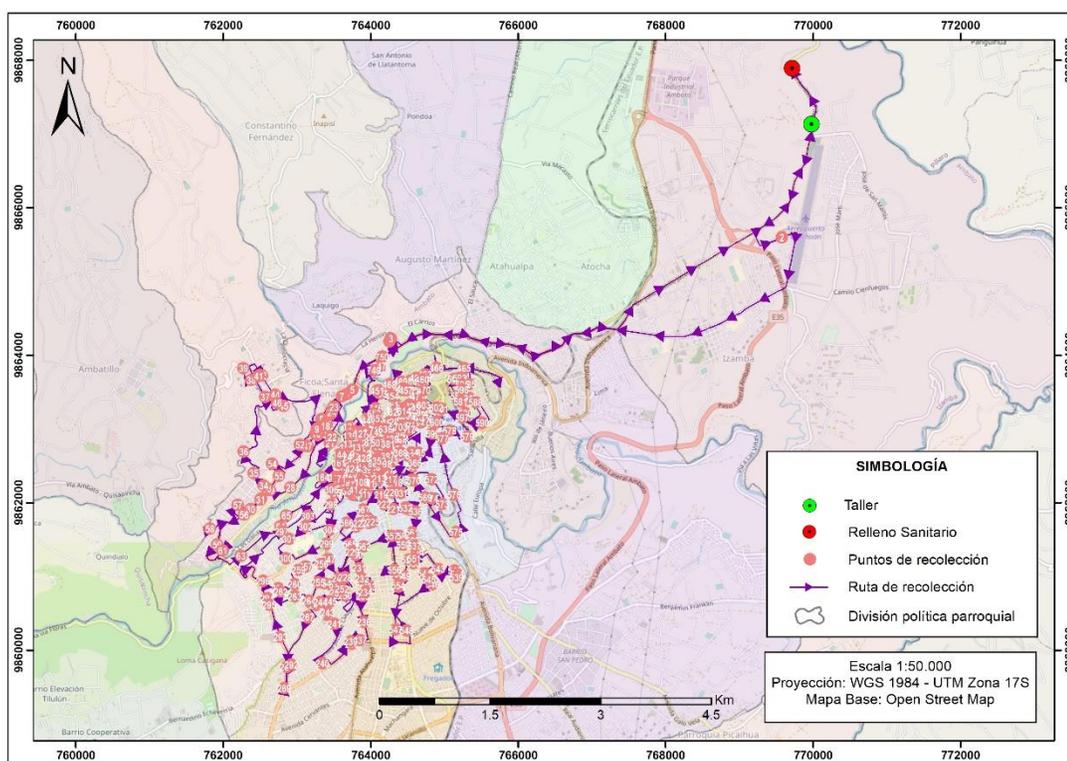
Nota. La clasificación de los establecimientos no se rige a ninguna norma o autor. Se la elaboró mediante la información obtenida a criterio personal.

Al no obtener información más específica del servicio, se realizó únicamente el macro ruteo, tomando en cuenta 3 zonas de recolección: zona 1 del casco central, zona 2 del norte del cantón y zona 3 del sur del cantón.

En la siguiente figura se puede observar la ruta de la ZONA 1, la cual abarca todo el Casco Central del cantón Ambato (ver Figura 86).

Figura 86.

Ruta de recolección de desechos sanitarios de la Zona 1 (Casco Central)



Las rutas de las zonas restantes: ZONA 2 - Norte y ZONA 3 – Sur, pueden visualizarse en el Anexo 1 y Anexo 2 respectivamente.

A continuación, se presenta el número de establecimientos para la ZONA 1, siendo un total de 752, (incluidos los puntos de partida, llegada y hospitales que hacen uso del servicio diariamente) (ver Tabla 13).

Tabla 13*Total de establecimientos en la Zona 1*

Zona 1 – Casco Central			
Código	Total	Día de atención	Parroquias
C1	75		
C2	35		
C3	464	Lunes	Atocha-Ficoa, Celiano Monge, Huachi Chico,
C4	17	Miércoles	Huachi Loreto, Izamba,
C5	69	Viernes	La Matriz,
C6	10		La Merced,
C7	17	(Excepto: Hospital Regional Ambato, Hospital del IESS, Solca y Baxter que van de lunes a viernes)	San Bartolomé De Pinllo,
C8	12		
C9	7		San Francisco.
C10	44		

A continuación, (ver tabla 14) se muestra el número de establecimientos para la ZONA 2 son 118 (incluidos los puntos de partida, llegada y hospitales que hacen uso del servicio diariamente)

Tabla 14*Total de establecimientos en la Zona 2*

Zona 2 - Norte			
Código	Total	Día de atención	Parroquias
C1	22	Martes	Ambatillo,
C2	2		Atahualpa,

Zona 2 - Norte			
Código	Total	Día de atención	Parroquias
C3	31	(Excepto: Hospital Regional Ambato, Hospital del IESS, Solca y Baxter que van de lunes a viernes)	Atocha-Ficoa,
C4	3		Augusto N. Martínez,
C5	8		Constantino Fernández,
C6	2		Cunchibamba,
C7	4		Izamba,
C8	3		La Merced,
C9	6		La Península,
			Pishilata,
C10	31		Quisapincha,
			Unamuncho.

A continuación, (ver tabla 15) se muestra el número de establecimientos para la ZONA 3 son 164, (incluidos los puntos de partida, llegada y hospitales que hacen uso del servicio diariamente)

Tabla 15

Total de establecimientos en la Zona 3

Zona 3 – Sur			
Código	Total	Día de atención	Parroquias
C1	28	Jueves	Celiano Monge,
C2	0		Huachi Chico,
C3	75	(Excepto: Hospital Regional Ambato, Hospital del IESS,	Huachi Grande, Juan Benigno Vela,
C4	3		Montalvo, Pasa,

Zona 3 – Sur			
Código	Total	Día de atención	Parroquias
C5	12	Solca y Baxter que van de lunes a viernes)	Picaihua, Pilahuin, Pishilata,
C6	1		
C7	11		San Fernando, Santa Rosa, Totoras.
C8	5		
C9	4		
C10	19		

Finalmente, se presenta (ver Tabla 16), de forma general el kilometraje recorrido por cada una de las rutas. Esta distancia recorrida es referencia, ya que no se tomaron en cuentas pesos o densidad poblacional para el cálculo de las rutas de recolección de desechos sanitarios.

Tabla 16

Distancia recorrida en las zonas de recolección de desechos sanitarios

Zona	Distancia recorrida (Km)	Horario
1 – Casco Central	127.44	Lunes, Miércoles, Viernes 06:00 – 14:00
2 – Norte	142.96	Martes 06:00 – 14:00
3 - Sur	261.95	Jueves 06:00 – 14:00

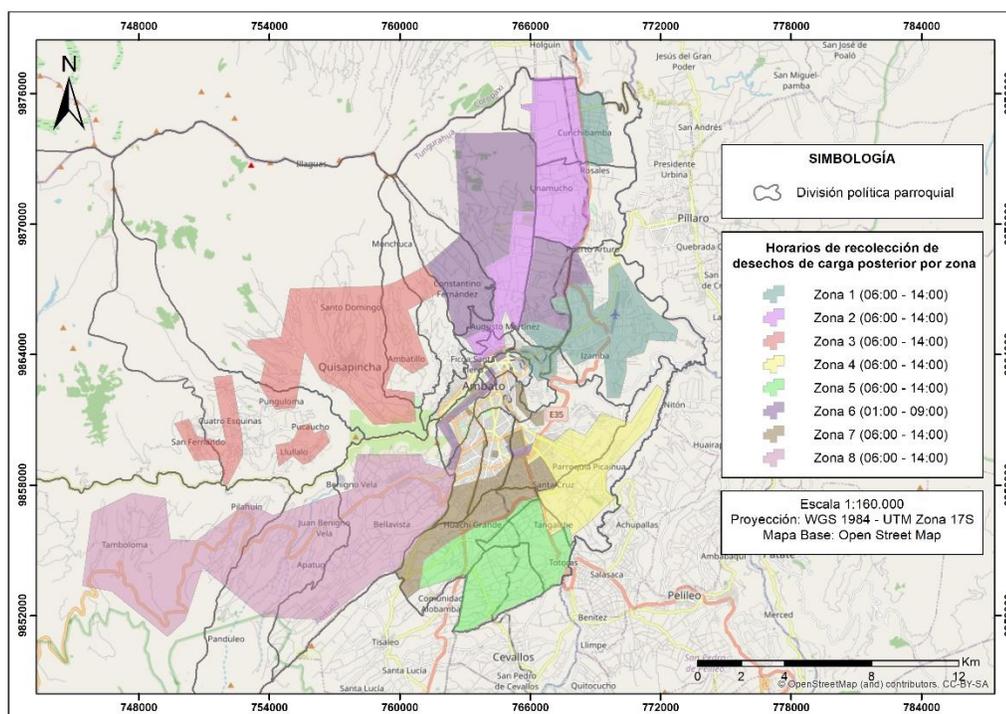
Rutas de recolección de desechos de carga posterior

Para el cálculo de rutas de este servicio fue necesario establecer las denominadas “geocercas” o áreas virtuales donde se desarrollarán los trayectos de recolección. Así, se obtuvo una delimitación a detalle de cada una de las zonas de atención para identificar cada una de ellas. Las zonas de recolección de desechos de carga posterior corresponden a 8 en total (ver

Figura 87). Estas abarcan las parroquias rurales del cantón, puntos estratégicos y sectores específicos del área urbana, donde se realiza la recolección.

Figura 87.

Zonas de recolección de carga posterior



En cada zona (ver Tabla 17) se calcularon diferentes rutas, tomando en cuenta la frecuencia de recolección, horarios, tiempos y pesos de desechos. Se mantiene el número de vehículos a transitar, siendo uno por cada zona, así como los horarios y frecuencias.

Tabla 17

Frecuencia de recolección de desechos de carga posterior

N° Zona	N° Rutas	Parroquias	Frecuencia	Horario
6	4	Atahualpa, Atocha – Ficoa, Augusto N. Martínez, Celiano	6 días/semana	Jueves - Martes

N° Zona	N° Rutas	Parroquias	Frecuencia	Horario
		Monge, La Matriz, La Merced, Pishilata, San Francisco		01:00- 09:00
1	4	Atahualpa, Cunchibamba, Izamba, La Península, Unamuncho		
2	3	Atocha – Ficoa, Augusto N. Martínez, Constantino Fernández Cunchibamba, Unamuncho		
3	5	Ambatillo, Pasa, Quisapincha, San Bartolomé de Pinllo, San Fernando		Lunes - Sábado
4	3	Picaihua, Pishilata, Totoras		06:00- 14:00
5	4	Huachi Grande, Montalvo, Totoras		
7	4	Celiano Monge, Huachi Chico, Huachi Grande, Huachi Loreto, La Matriz, La Peninsula, Pishilata		
8	6	Juan Benigno Vela, Pilahuin, Santa Rosa		

El número de rutas de recolección varía en cada zona, de acuerdo a la frecuencia de atención en los diferentes lugares, (ver Figura 88).

Figura 88.

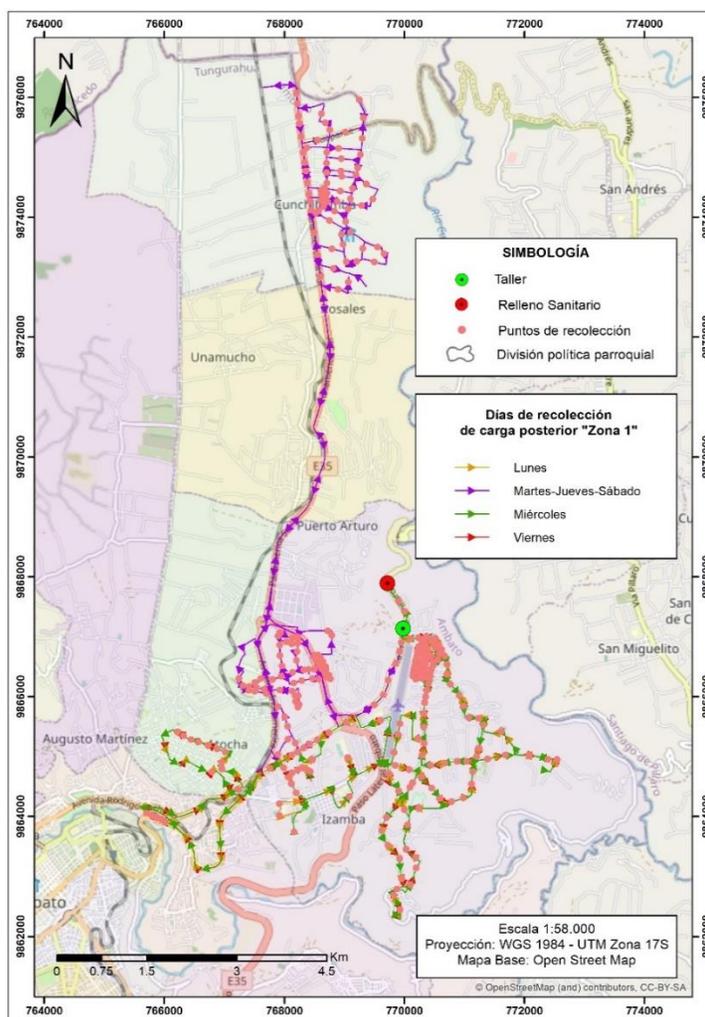
Frecuencia de recolección de desechos de carga posterior

N° Zona	Ruta	Lugar de atención	Día
1	1	ESFORSE, Av. Dr. Julio Castillo Jácome, Sectores de Izamba 2, Sectores de Cunchibamba 1, La Loma Grande, San Jorge, San Vicente	Martes Jueves Sábado
	2	Sectores de Izamba 1, Alrededores GIDSA, Atrás Aeropuerto, Licores Don Guido, Unidad Educativa Atenas, Unidad Educativa Nuevo Mundo, Hospital Solca, Ecuatoriana de Motores, Bodegas Fideos Catedral, Sectores de Atahualpa 1	Viernes
	3	Sectores de Izamba 1, Alrededores GIDSA, Atrás Aeropuerto, Licores Don Guido, Unidad Educativa Atenas, Unidad Educativa Nuevo Mundo, Hospital Solca, Ecuatoriana de Motores, Bodegas Fideos Catedral, Sectores de Atahualpa 1, Unidad Educativa Tirso de Molina	Lunes
	4	Sectores de Izamba 1, Alrededores GIDSA, Atrás Aeropuerto, Licores Don Guido, Unidad Educativa Atenas, Unidad Educativa Nuevo Mundo, Hospital Solca, Ecuatoriana de Motores, Bodegas Fideos Catedral, Sectores de Atahualpa 1, Carrocerías Varma	Miércoles
2	1	Sectores de Cunchibamba 2, Unamuncho, Camino Real	Martes Jueves Sábado
	2	Sectores de Augusto N. Martínez, Pondoá, Samanga, Laquigo	Miércoles Viernes
	3	Sectores de Augusto N. Martínez, Pondoá, Samanga	Lunes
3	1	Quisapincha, Pinlo, Ambatillo, Ambatillo Alto	Lunes Viernes
	2	Puganza, Condenzan, Parque de La Familia y Sus Alrededores	Miércoles
	3	Punguloma, Mogato, San Antonio de Pasa, San Fernando	Martes
	4	Punguloma, San Antonio de Pasa, San Fernando, Tilivi, Calhuasig, Ilahua Chico, Ilahua Grande, Ilahua Chauploma	Jueves
	5	Punguloma, Mogato, San Antonio de Pasa, San Fernando	Sábado
4	1	10 de agosto, Calcanto, Entrada a Picalhua, Estadio La Tarazana, Mollepamba, Picalhua, San Luis, Shuyurco, Sigsipamba, Simón Bolívar, Tangaiche, UNANDES Hasta Redondel, 3 Juanes, San Juan	Martes Jueves Sábado
	2	Atrás Parque Troya, Barrio San Pedro, Calles Pishilata, Sectores De Pishilata 1, Tiugua, PROA, Techo Propio	Lunes
	3	Atrás Parque Troya, Barrio San Pedro, Calles Pishilata, Sectores De Pishilata 1, Tiugua, PROA	Miércoles, Viernes
5	1	Totoras, Palahua, Montalvo, Manzana De Oro, Barrio La Libertad, Cementerio De Totoras, Centro De Salud De Totoras	Martes
	2	Huachi La Dolorosa, Sectores de Huachi Grande, Barrio La Palestina	Lunes Miércoles Viernes
	3	Totoras, Palahua, Montalvo, Manzana De Oro, Barrio La Libertad, Cementerio De Totoras, AGIP-GAS	Jueves
	4	Totoras, Palahua, Montalvo, Manzana De Oro, Barrio La Libertad, Cementerio De Totoras	Sábado
6	1	Mercado Mayorista, Mercado América, Mercados Centro, Cárcel, Mercado 1ro de mayo, Sectores de Atahualpa 2, Calle Floreana, Zona Alta PUCESA, Atrás Paseo Shopping, Atrás Parque La Cantera, UTA, Tanques de CEPE, Parque Industrial	Martes Jueves Sábado
	2	Mercado Mayorista, Mercado América, Mercados Centro, Cárcel, Mercado 1ro de mayo, Hospital Regional, Hospital IESS, Constantino Fernández	Viernes
	3	Mercado Mayorista, Mercado América, Mercados Centro, Cárcel, Mercado 1ro de mayo, Calhua Chico, Calhua Grande, Angahuana, Hospital Regional, Hospital IESS	Lunes
	4	Mercado Mayorista, Mercado América, Mercados Centro, Cárcel, Mercado 1ro de mayo, Hospital Regional, Hospital IESS, Constantino Fernández, Mall de los Andes	Domingo
7	1	Barrio Santa Cruz, Frente Estadio Alterno, Barrio El Jordán, Centro de Mercadeo de Ganado, Huachi Grande, Sectores de Huachi Belén 2, Huachi La Libertad, Sectores de Pishilata 2, Frukiss	Martes
	2	Mall de Los Andes, Sectores de Huachi Belén 1, Av. Anibal Granja, Huachi La Joya, Barrio Solís - Barrio San Francisco, Vía a Terminal Sur	Lunes Miércoles Viernes
	3	Barrio Santa Cruz, Frente Estadio Alterno, Barrio El Jordán, Centro de Mercadeo de Ganado, Huachi Grande, Sectores de Huachi Belén 2, Huachi La Libertad, Sectores de Pishilata 2, Molino Miraflores	Jueves
	4	Mall de los Andes, Barrio Santa Cruz, Frente Estadio Alterno, Barrio El Jordán, Centro de Mercadeo de Ganado, Huachi Grande, Sectores de Huachi Belén 2, Huachi La Libertad, Sectores de Pishilata 2, Unidad Educativa Bolívar	Sábado
8	1	Yatzaputzan, Tamboloma, Centro De Pilahuín	Lunes
	2	Sectores de Pilahuín 1, Coliseo (Parte Posterior), Iglesia, Pucará, San Pedro, San Pablo Hasta El Quinche	Viernes
	3	Sectores de Pilahuín 1, Coliseo (Parte Posterior), Iglesia, Pucará, Entrada a Chibuleo, Entrada a Patakó, Sectores de Juan B. Vela, Apatug	Miércoles
	4	Barrio Bellavista hasta Huachi La Libertad, Vía Ecológica (Atrás del Seminario), Condominios Vista Linda, Urbanización EMAPA, 4 Esquinas (Feria), Iglesia (Parte Posterior), Barrio 2000, Bodegas PEPSI	Martes
	5	Barrio Bellavista hasta Huachi La Libertad, Vía Ecológica (Atrás del Seminario), Condominios Vista Linda, Urbanización EMAPA, 4 Esquinas, Iglesia (Parte Posterior), Estadio, Sectores de El Quinche, Barrio Las Carmelitas, Miñarica Bajo	Sábado
	6	Barrio Bellavista, Vía Ecológica (Atrás del Seminario), Condominios Vista Linda, Urbanización EMAPA, Entrada A San Luis, Atrás Del Cementerio De J.B.V., Sectores De Pilahuín 2	Jueves

El número de rutas de recolección varía en cada zona, de acuerdo con la frecuencia de atención en los diferentes lugares, (ver Figura 89).

Figura 89.

Rutas de recolección de carga posterior de la Zona 1



Las rutas de las zonas restantes: ZONA 2 a la ZONA 8, pueden visualizarse en los Anexos 3 a 9 respectivamente.

En la siguiente tabla, (ver Tabla 18), se puede observar el peso recolectado en cada ruta aproximadamente, el tiempo y distancia de recolección, así como el número de viajes. Es

importante destacar que la ruta 2 de la zona 7 sobrepasa las 7 t de peso de desechos generados por lo que debe cubrirse en 2 viajes, dando como resultado un tiempo y distancia acumulada de ambos trayectos.

Tabla 18

Peso, tiempo, y distancia de cada ruta de recolección

Zona	Ruta	Peso (t)	Tiempo (h:min:s)	Distancia (Km)	N° Viajes
1	1	5.32	5:22:22	77.82	1
	2	5.02	4:38:58	53.56	1
	3	5.02	5:02:48	53.79	1
	4	5.02	5:03:46	57.34	1
2	1	4.42	5:03:12	83.11	1
	2	4.46	5:02:31	76.67	1
	3	3.34	3:59:01	63.89	1
3	1	5.55	4:21:45	66.33	1
	2	3.62	6:09:40	86.33	1
	3	2.82	4:59:14	100.96	1
	4	5.78	5:41:42	116.96	1
	5	3.34	6:03:21	119.98	1
4	1	4.97	5:55:52	87.20	1
	2	6.56	4:54:28	72.11	1
	3	6.06	4:41:20	70.40	1
5	1	4.76	5:02:32	92.01	1
	2	6.72	5:18:37	85.10	1
	3	4.76	5:02:12	90.32	1
	4	4.76	5:03:40	94.00	1
6	1	4.04	5:03:45	86.50	1
	2	2.09	4:47:51	80.46	1

Zona	Ruta	Peso (t)	Tiempo (h:min:s)	Distancia (Km)	N° Viajes
	3	1.25	5:17:11	80.03	1
	4	2.09	6:04:23	83.91	1
7	1	6.65	5:45:03	99.81	1
	*2	7.05	4:43:09	93.03	2
	3	6.11	5:36:31	89.35	1
	4	5.06	5:36:05	94.98	1
8	1	3.61	4:47:50	118.43	1
	2	5.82	4:54:21	102.03	1
	3	5.86	4:42:29	101.89	1
	4	6.08	5:01:19	86.14	1
	5	5.79	4:52:52	85.16	1
	6	5.38	6:06:29	106.54	1

Nota. El peso de la ruta 2 de la zona 7 excede la capacidad de trabajo, por lo que se realiza en dos viajes, con una sumatoria de dos tiempos de viaje y dos distancias de recorrido.

Rutas de barrido manual

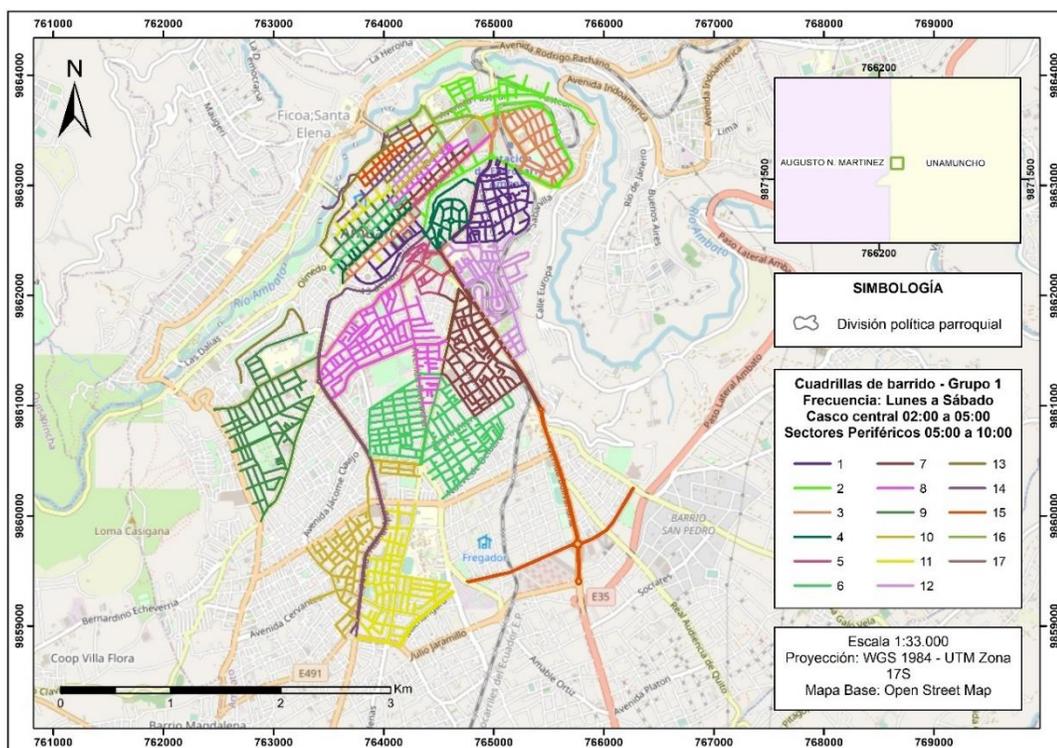
Para las rutas de barrido manual se mantuvo la división actual de la ciudad en tres zonas: Casco Central, Sectores Periféricos y Principales Avenidas, en las cuales prestan el servicio los 3 grupos de trabajo predefinidos, con diferente frecuencia y horario.

Para este servicio, de igual manera, se realizó una codificación de cada cuadrilla de trabajo, para mejorar el manejo de información en la presentación de resultados.

El grupo 1 realiza el trabajo en dos zonas; la zona 1 “Casco central, Parques, Mercados y Espacios públicos en general”, (ver Tabla 19) en horario de 2:00 am a 5:00 am y la zona 2 “Sectores periféricos de la ciudad”, (ver Tabla 20) de 5:00 am y 10:00 am, de lunes a sábado (ver Figura 90).

Figura 90.

Ruta de barrido manual del Grupo 1



Las rutas de los grupos restantes: GRUPO 2 y GRUPO 3, pueden visualizarse en el Anexo 10 y Anexo 11 respectivamente.

Tabla 19

Zona 1 del Grupo 1 de trabajo de barrido manual

Grupo 1 – Zona 1				
Código	Cuadrilla	Sector/Calle Principal	Límites/Calles Secundarias	Parroquia
G1Z1C1	1	Av. 12 de noviembre	Olmedo - Espejo	La Matriz, San Francisco
G1Z1C2	2	Av. 12 de noviembre	Espejo - Redondel de Cumandá	La Merced, San Francisco

Grupo 1 – Zona 1				
Código	Cuadrilla	Sector/Calle Principal	Límites/Calles Secundarias	Parroquia
G1Z1C3	3	Juan B. Vela	Francisco Flor - Espejo	La Matriz, San Francisco
G1Z1C4	4	Av. Cevallos	Yahaira - Eloy Alfaro	La Matriz, San Francisco
G1Z1C5	5	Av. Cevallos	Eloy Alfaro - Abdón Calderón	La Merced, San Francisco
G1Z1C6	6	Sucre	Floreana I - Eloy Alfaro	La Matriz, San Francisco
G1Z1C7	7	Primera Imprenta	Mariano Egüez - Abdón Calderón	La Merced, San Francisco
G1Z1C8	8	Darquea - Av. Cevallos	Mariano Egüez - Av. González Suárez	La Merced, San Francisco
G1Z1C9	9	Bolívar	Francisco Flor - Espejo	La Matriz, San Francisco
G1Z1C10	10	Bolívar	Espejo - Av. González Suárez	La Merced, San Francisco
G1Z1C11	11	Rocafuerte	Guayaquil - Espejo	La Matriz, San Francisco
G1Z1C12	12	Rocafuerte	Espejo- Vargas Torres	La Merced, San Francisco
G1Z1C13	13	Colón, Lizardo Ruíz	Obispo Iturralde - Espejo - Vargas Torres - Av. Unidad Nacional	La Merced, San Francisco
G1Z1C14	14	Cuenca, La Delicia, Humberto Albornoz, Manuel Vásconez	Quito - Obispo Iturralde – Tomas Sevilla - Vargas Torres	La Matriz, La Merced, San Francisco
G1Z1C15	15	Cuenca, Araujo, García Moreno	Quito - Obispo Iturralde - Manuela Cañizares - Av. Unidad Nacional	La Matriz, La Merced, San Francisco

Grupo 1 – Zona 1				
Código	Cuadrilla	Sector/Calle Principal	Límites/Calles Secundarias	Parroquia
G1Z1C16	16	Av. Unidad Nacional, Av. González Suárez, Av. Pasteur, Humberto Albornoz	Plazoleta Segunda Constituyente - Redondel Hospital Regional Ambato - Redondel Puente Juan León Mera - César Borja - Redondel Cementerio	La Merced
G1Z1C17	17	*Parque 12 de noviembre; *Parque Cevallos; *Parque Montalvo; *Mercado Modelo; *Mercado Central	Juan León Mera - Av. 12 de noviembre - Luis A. Martínez - Juan B. Vela; Luis A. Martínez - Av. Cevallos - Lalama - Sucre; Marieta De Veintimilla - Av. 12 de noviembre; Castillo - Sucre - Montalvo - Bolívar; Espejo - Juan B. Vela - Tomás Sevilla - Av. Cevallos	La Matriz, San Francisco

Nota. Esta ruta de barrido se repite para el Grupo 3 (con la codificación G3C#). Los parques y mercados son barridos solo en exteriores.

Tabla 20

Zona 2 del Grupo 1 de trabajo de barrido manual

Grupo 1 – Zona 2				
Código	Cuadrilla	Sector/Calle Principal	Clase	Parroquia
G1Z2C1	1	Cdla. Cumandá	Ciudadela	Huachi Loreto
G1Z2C2	2	Cashapamba	Barrio	La Merced
G1Z2C3	3	Ingahurco	Barrio	La Merced
G1Z2C4	4	La Dolorosa	Barrio	Huachi Loreto
G1Z2C5	5	Bellavista	Barrio	Huachi Loreto
G1Z2C6	6	Cdla. San Cayetano	Ciudadela	Celiano Monge

Grupo 1 – Zona 2				
Código	Cuadrilla	Sector/Calle Principal	Clase	Parroquia
G1Z2C7	7	Cdla. Oriente	Ciudadela	Celiano Monge, Huachi Loreto
G1Z2C8	8	Cdla. Galápagos	Ciudadela	Celiano Monge, Huachi Loreto
G1Z2C9	9	Cdla. España	Ciudadela	La Matriz
G1Z2C10	10	Cdla. Catilnarias	Ciudadela	Celiano Monge, Huachi Chico
G1Z2C11	11	Cdla. Nueva Ambato	Ciudadela	Celiano Monge
G1Z2C12	12	Cdla. El Recreo	Ciudadela	Huachi Loreto
G1Z2C13	13	12 de octubre	Calle	La Matriz
G1Z2C14	14	Av. Atahualpa, 13 de abril	Avenida	Huachi Chico, La Matriz
G1Z2C15	15	Av. Cóndor, Av. Bolivariana	Avenida	Pishilata
G1Z2C16	16	Unamuncho	Feria	Unamuncho

Para el grupo 2, está designado el barrido de “Principales calles y avenidas de gran afluencia, parques, mercados y espacios públicos en general” (ver Figura 91) en horario de 6:00 am a 2:00 pm de lunes a viernes, y 2:00 am a 6:00 pm los domingos.

Figura 91.

Grupo 2 de trabajo de barrido manual

Grupo 2			
Código	Cuadrilla	Calles/Límites	Parroquia
G2C1	1	Av. Indoamérica (Entrada a Pillaro hasta Redondel Av. Las Américas)	Atahualpa, La Merced, La Península
G2C2	2	Av. Rodrigo Pachano (Entrada a Pillaro hasta Hospital IESS), Puente Juan León Mera hasta Redondel Humberto Albornoz	Atahualpa, Atocha - Ficoa, La Merced, La Península
G2C3	3	Redondel Bolívar - Ingreso Av. Miraflores Hasta Club Tungurahua, Av. Los Guaytambos Hasta Hospital IESS	Atocha - Ficoa, La Matriz
G2C4	4	Centro De Ambatillo, Centro De Quisapincha	Ambatillo, Quisapincha
G2C5	5	Julio Jaramillo, Av. Los Chasquis, Oriente (Redondel de Huachi Chico hasta parque Abelardo Pachano)	Celiano Monge, Huachi Loreto
G2C6	6	Pichincha Alta, Av. Leonidas Plaza Gutiérrez, Av. Los Chasquis, Av. De Los Shyris	Celiano Monge, Huachi Loreto
G2C7	7	La Delicia, Paseo Ecológico, Gradas Colegio Ambato, Constantino Fernández hasta Av. Rodrigo Pachano	Atocha - Ficoa, La Merced, San Francisco
G2C8	8	Av. Rumifishaj	Huachi Loreto
G2C9	9	Parque La Cantera, Gradas (Rompecorazones, Floreana, Teatro al aire libre Ernesto Albán, Plaza Urbina, Empresa Eléctrica, Yahaira, Loja, Urdaneta)	La Matriz, Huachi Loreto
G2C10	10	Terminal Terrestre Inghaurco, Parque La Laguna	La Merced
G2C11	11	*Redondel Hospital Regional Ambato, Av. Unidad Nacional, Av. Pasteur, Socavón	La Merced, La Península
G2C12	12	*Av. Bolivariana, Redondel De La Av. El Cóndor Hasta Exteriores Complejo Judicial	Huachi Loreto, Huachi Grande, Pishilata, Totoras
G2C13	13	Av. Julio Jaramillo hasta Colegio Guayaquil, Av. Cordillera del Cóndor, Batalla de Pichincha, Mercado Mayorista	Celiano Monge, Pishilata
G2C14	14	Av. Julio César Cañar, Av. Los Atis, Av. Víctor Hugo, Av. Antonio Clavijo hasta Escuela La Granja	Celiano Monge, Huachi Chico
G2C15	15	Av. José Peralta, Av. Manuela Sáenz hasta Club Tungurahua	Huachi Chico, La Matriz
G2C16	16	Av. Indoamérica, Dr. Julio Jácome Castillo (Ex-Redondel de Izamba hasta Vía A Pillaro), Av. Pedro Vásconez, Alfredo Coloma, Puerto Barrios, Santa Clara	Atahualpa, Izamba
G2C17	17	Abdón Calderón hasta Ferroviaria y afueras del Terminal	La Merced
G2C18	18	Gradas (Empresa Eléctrica, Yahaira, Loja, Urdaneta)	Huachi Loreto, La Matriz
G2C19	19	San Juan (Tres Juanes), Río de Janeiro (La Península hasta Plásticaucho)	La Península, Pishilata
G2C20	20	Unamuncho - Feria	Unamuncho
G2C21	21	Paso Lateral (Parque Industrial hasta Entrada a Pillaro), Vía a Macasto, Calle Alterna, Av. Indoamérica	Atahualpa, Izamba
G2C22	22	13 De Diciembre, Destacamento Tiwinza, 22 De Enero	Atahualpa, Augusto N. Martínez, La Península
G2C23	23	Centro De Atención Del Adulto Mayor Hasta Redondel Colegio Guayaquil	Pishilata
G2C24	24	Redondel de la Bolívar hasta Redondel Miraflores, Las Dalias, Av. Rodrigo Pachano hasta Hospital IESS	Atocha - Ficoa, La Matriz
G2C25	25	Constantino Fernández hasta Av. Rodrigo Pachano, La Delicia hasta Parque Luis Larrea, Gradas "Pluma Juan Montalvo"	Atocha - Ficoa, La Matriz, La Merced, San Francisco
G2C26	26	*Gradas (Rompecorazones, Floreana, Teatro al aire libre Ernesto Albán, Plaza Urbina, Empresa Eléctrica, Yahaira, Loja, Urdaneta)	La Matriz, Huachi Loreto
G2C27	27	Av. Indoamérica (Entrada a Pillaro Hasta Redondel Av. Las Américas), La Concepción, San Francisco hasta Quebrada	Atahualpa, La Merced, La Península, Pishilata
G2C28	28	Av. Víctor Hugo, Batalla De Pichincha, Av. Los Atis, Av. Cordillera Del Cóndor	Celiano Monge, Pishilata
G2C29	29	Av. Manuela Sáenz hasta Club Tungurahua	Huachi Chico, La Matriz
G2C30	30	Av. Rodrigo Pachano hasta Redondel Del Puente De Juan León Mera	Atahualpa, Atocha - Ficoa, La Merced, La Península
G2C31	31	Paseo Ecológico	Atocha - Ficoa
G2C32	32	Av. Bolivariana (Totoras hasta Entrada a Santa Cruz)	Huachi Grande, Totoras
G2C33	33	Entrada a Santa Cruz hasta el Estadio Bellavista y Parque Abelardo Pachano, Exteriores Complejo Judicial	Huachi Loreto, Pishilata
G2C34	34	Centro de Pinillo	Atocha - Ficoa, San Bartolomé De Pinillo
G2C35	35	Av. 12 de noviembre, Juan Benigno Vela, Av. Cevallos, Parque La Laguna, Terminal, Av. de las Américas, Av. González Suárez	La Matriz, La Merced, San Francisco
G2C36	36	Sucre, Darquea, Primera Imprenta, Francisco Flor, Perez de Anda, Puente Juan Montalvo, Av. Los Guaytambos hasta Las Palmas	Atocha - Ficoa, La Matriz, La Merced, San Francisco
G2C37	37	Bolívar, Rocafuerte, Obispo Riera, Parques: 12 de noviembre, Cevallos, Montalvo (Exteriores e Interiores)	La Matriz, La Merced, San Francisco
G2C38	38	Cuenca, Colón, Av. Los Andes (Barrio La Dolorosa), Av. El Rey, Eugenio Espejo (La Mascota), Urdaneta, Av. Bolivariana (Av. El Rey Hasta Línea del Tren), Estadio Bellavista (Exteriores), Av. Quis Quis (Parque Sucre Hasta Av. Pichincha)	La Matriz, La Merced, Huachi Loreto, San Francisco
G2C39	39	Lizardo Ruiz, Humberto Albornoz, García Moreno, Araujo, Av. Unidad Nacional, Av. Pasteur, Av. Rodrigo Pachano, Puente Juan León Mera	Atocha - Ficoa, La Matriz, La Merced, San Francisco
G2C40	40	Mercado Central, Av. 12 de noviembre, Plaza Urbina, Olmedo, Francisco Flor, Av Bolivariana (Entrada a Santa Cruz hasta Colegio Guayaquil y PROA)	La Matriz, La Merced, San Francisco, Pishilata
G2C41	41	Av. Atahualpa (Redondel De Huachi Chico hasta Urdaneta), Explanada Municipio de Ambato, Av. Antonio Clavijo (Redondel Policía Nacional hasta Mercado Sur)	Celiano Monge, La Matriz, Huachi Chico
G2C42	42	*Parque 12 de noviembre, Parque Cevallos, Parque Montalvo (Exteriores e Interiores)	La Matriz, San Francisco

Nota. Las cuadrillas 11, 12, 26, barren determinados tramos, cada día. La limpieza de la cuadrilla 42, es realizada por todos los obreros al inicio de la jornada, antes de dispersarse en el resto de los sectores.

El grupo 3, abarca de igual manera la zona 1 “Casco central, Parques, Mercados y Espacios públicos en general” del grupo 1, con un horario de trabajo distinto, siendo de 10:00 am y 06:00 pm. Anexos

Las frecuencias de barrido se cumplen acorde al horario determinado, en presencia o ausencia del personal requerido. Esencialmente, cada grupo divide al número de obreros por cuadrilla de trabajo, quienes abarcan un cierto número de calles, avenidas y espacios en general, acorde al kilometraje que debe barrer cada persona por jornada. Las cuadrillas de trabajo de la zona 1 del grupo 1 y el grupo 3 correspondientes al Casco Central prestan el servicio de manera diaria, (ver Tabla 21). Sin embargo, para la zona 2 del grupo 1 y el grupo 2, los días de atención son variables, (ver Tabla 22), (ver Tabla 23).

Tabla 21

Jornada de barrido de la Zona 1 - Grupo 1

Grupo 1 – Zona 1					
Código	Día de atención	Distancia/día (Km)	Código	Día de atención	Distancia/día (Km)
G1Z1C1		4.91	G1Z1C10		3.90
G1Z1C2		3.01	G1Z1C11		2.80
G1Z1C3		3.61	G1Z1C12		1.80
G1Z1C4		4.06	G1Z1C13	Lunes a Sábado	6.70
G1Z1C5	Lunes a Sábado	2.61	G1Z1C14		6.02
G1Z1C6		3.63	G1Z1C15		4.88
G1Z1C7		2.97	G1Z1C16		6.18
G1Z1C8		4.27	G1Z1C17		1.52
G1Z1C9		3.04			

Nota. Estas distancias de barrido se repiten para el Grupo 3.

Tabla 22*Jornada de barrido de la Zona 2 - Grupo 1*

Grupo 1 – Zona 2					
Código	Día de atención	Distancia/día (Km)	Código	Día de atención	Distancia/día (Km)
G1Z2C1	Lunes	19.27	G1Z2C9	Mie, Vie	16.93; 20.03
G1Z2C2	Lun, Vie	18.87	G1Z2C10	Mie, Vie	20.09
G1Z2C3	Lun, Vie	15.26	G1Z2C11	Mie, Vie	25.90
G1Z2C4	Lun a Sab	8.50	G1Z2C12	Sábado	19.04
G1Z2C5	Lun a Sab	8.23	G1Z2C13	Sábado	2.34
G1Z2C6	Mar, Jue	37.43	G1Z2C14	Sábado	15.44
G1Z2C7	Mar, Jue	30.77	G1Z2C15	Sábado	13.61
G1Z2C8	Mar, Jue, Sab	32.76	G1Z2C16	Sábado	0.28

Nota. Las distancias de barrido se reportan individualmente por día.

Tabla 23*Jornada de barrido del Grupo 2*

Grupo 2					
Código	Día de atención	Distancia/día (Km)	Código	Día de atención	Distancia/día (Km)
G2C1	Lunes	19.18	G2C22	Miércoles	8.92
G2C2	Lunes	17.07	G2C23	Miércoles	17.00
G2C3	Lunes	21.04	G2C24	Miércoles	13.19
G2C4	Lunes	7.60	G2C25	Miércoles	5.26
G2C5	Lunes	9.81	G2C26	Mie, Vie	1.04, 1.52
G2C6	Lunes	6.69	G2C27	Jueves	21.37
G2C7	Lunes	5.53	G2C28	Jueves	13.25
G2C8	Lunes	4.93	G2C29	Jueves	16.20
G2C9	Lun, Jue	3.64	G2C30	Jueves	16.65

Grupo 2					
Código	Día de atención	Distancia/día (Km)	Código	Día de atención	Distancia/día (Km)
G2C10	Lun, Mie, Jue, Vie	0.92	G2C31	Jueves	2.61
G2C11	Lun a Vie	9.37, 3.18, 5.17, 3.75, 2.48	G2C32	Viernes	18.84
G2C12	Lun a Jue	11.16, 7.72, 18.85, 13.86	G2C33	Viernes	23.32
G2C13	Martes	24.22	G2C34	Viernes	12.53
G2C14	Martes	17.51	G2C35	Domingo	15.22
G2C15	Martes	18.41	G2C36	Domingo	15.55
G2C16	Martes	18.98	G2C37	Domingo	7.69
G2C17	Martes	4.26	G2C38	Domingo	15.73
G2C18	Martes	0.84	G2C39	Domingo	17.36
G2C19	Martes	5.02	G2C40	Domingo	22.79
G2C20	Mar, Jue	0.28	G2C41	Dom a Vie	17.11
G2C21	Miércoles	17.32	G2C42	Lun a Vie	1.38

Nota. Las distancias de barrido se reportan individualmente por día.

A continuación, se reporta el total de Km barridos al día y a la semana en cada grupo de trabajo, (ver Tabla 24).

Tabla 24

Distancias / Frecuencia de trabajo

Grupo/Día	1			2 Km	3 Km
	Zona 1 Km	Zona 2 Km	Total Km		
Lunes	65.91	70.13	136.04	135.43	65.91
Martes		117.69	183.60	118.91	

Grupo/Día	1			2 Km	3 Km
	Zona 1 Km	Zona 2 Km	Total Km		
Miércoles		79.65	145.56	106.16	
Jueves		117.69	183.60	111.02	
Viernes		116.88	182.79	77.62	
Sábado		100.20	166.11	-	
Domingo	-	-	-	111.45	-
Total (Km)	395.46	602.24	997.70	660.59	395.46

Finalmente, excluyendo las frecuencias de atención y número de veces de barrido, tomando en cuenta los Km totales atendidos en cada grupo se tiene aproximadamente que: Grupo 1 - 185.05 Km, Grupo 2 -270.65 Km, Grupo 3 – 35.73 Km. De igual manera, se reporta que los Km totales de calles servidas en la ciudad es de 314.15 Km, exceptuando las áreas de barrido comunes entre cuadrillas.

Discusión de resultados y propuesta

Ejes viales

A pesar de que las vías no son responsabilidad de la EPM-GIDSA, es importante contar con un insumo de calidad para trabajos a futuro, por lo que en conjunto con el GADMA se puede pulir el shapefile de vías del Cantón Ambato (vías_ambato_OSM) que aún no se encuentra actualizado en su totalidad.

En esta nueva actualización de vías se deberá incluir todos los nombres de las vías que no contienen información como estructura vial para una geocodificación, además la digitalización de nuevos caminos, sobre todo en zonas rurales, además considerar que esta

actualización se la debe realizar cada 6 o 12 meses, debido a que las vías están en constante cambio.

Es importante tomar en cuenta que la mayor parte del presente proyecto fue realizado en escritorio, mediante el uso de los insumos obtenidos a través de la EPM-GIDSA y los generados por las autoras, por tal razón, se considera importante realizar la comprobación en campo de las vías nuevas o pasos a desnivel; esto se debe a que al momento de correr las rutas, con ayuda de personas conocedoras del área de estudio, se pudo actualizar los pasos a desnivel recién construidos, tales como: “Puente a desnivel Av. Víctor Hugo y Atahualpa” y “Intercambiador parque Sucre y puente Quis Quis”.

De acuerdo al mapa de pendientes elaborado, es importante realizar un análisis de las vías que no son aptas para el tránsito de vehículos con carga pesada.

Por último, debido a que la red vial se obtuvo mediante la descarga en OSM, no se pudo obtener información sobre la clasificación del tipo de rodadura de la vía, por tal motivo, la tabla de atributos obtenida debería ser complementada con esta información.

Recolección de desechos sanitarios

Los establecimientos donde se aplica la recolección de desechos sanitarios fueron en total 1022 catastrados hasta junio de 2021.

De acuerdo con los resultados obtenidos de las rutas de desechos sanitarios, se puede evidenciar que la información proporcionada no tuvo mayor nivel de detalle, por lo que se obtuvieron las rutas a nivel macro, esto quiere decir que aún falta definir las micro rutas de cada una de las zonas: Centro, Norte y Sur.

Es importante poseer información de la frecuencia de recolección, debido a que existen establecimientos que se encuentran bastante alejados, tales como el punto 66 de recolección

“Dispensario Llangahua”, el cual está ubicado en la parroquia rural Pilahuin, lo que su visita implica recorrer aproximadamente una hora, toda la Antigua Vía Flores para regresar a seguir con el trayecto de recolección por los demás puntos del Norte, y otros puntos de recolección correspondientes a subcentros de salud Pasa, San Fernando y la Corporación de Organizaciones Campesinas de Pilahuin COCAP (Ver Anexo 2), estos establecimientos al estar ubicados geográficamente en zonas rurales alejadas, es indispensable la confirmación del uso del servicio con los usuarios, para conocer la frecuencia real de la visita a los mismos.

El servicio de recolección de desechos sanitarios dispone de un solo camión, por lo que la recolección se extiende hasta los días sábados; esta ruta no fue generada, por falta de información concreta, sin embargo, es importante definir cuales establecimientos harán uso del servicio los días sábados, confirmando este horario con los usuarios, para poder determinar una micro ruta especial donde se tengan señalados los usuarios pertenecientes de forma fija a esta micro ruta especial.

La base de datos obtenida de desechos sanitarios (CATASTRO_SANITARIOS_2021), contiene información establecida por la EPM-GIDSA, y se propone que sea complementada con campos adicionales, tales como: “LADO_UBICACION”, que hace referencia al lado en el que se ubica el establecimiento, sea izquierdo o derecho para generar una ruta más ordenada; “FECHA_INGRESO”, que indique el mes de ingreso de los nuevos usuarios que toman el servicio, con el fin de mantener actualizada la base de datos diariamente.

Es importante la socialización de los resultados obtenidos con los usuarios, para indicar que cada uno de los establecimientos pertenecen a una zona, por lo tanto, indicar los días de recolección de las zonas, para establecer un acuerdo en común y así mantener fija la ruta, sin alteración alguna.

Mediante el seguimiento de las rutas actuales en la aplicación LE-ONTRACK, se logró identificar que el camión no sigue una ruta establecida, por lo que se propone obtener una descarga diaria o semanal de los datos del tracking para la verificación de la ruta que realiza el camión de recolección.

Recolección de carga posterior

El número de viajes, en las rutas de recolección actual son 2 generalmente, sin embargo, en las rutas propuestas se reduce a 1 mayoritariamente, a excepción de la ruta 2 de la zona 7. La reducción de viajes fue resultado del uso de la capacidad real de los vehículos, aunque también se ignoraron algunos pesos de generación, principalmente en los establecimientos a los que se ofrece el servicio. No obstante, 1 viaje en la vida real no puede ser el óptimo debido a la cantidad de basura que se puede generar en exceso a lo planificado, el volumen de la basura que puede sobrepasar el nivel de compactación del carro recolector, el estado de los vehículos que no pueden ser el óptimo, entre otros aspectos que deben considerarse y puedan influir en la jornada de trabajo y total.

Por tal razón, el seguimiento de la cantidad de basura recolectada y tipo de basura, puede mantenerse en un registro para su seguimiento, control e influencia en la optimización de trabajo del carro recolector y por ende del servicio y tiempo de trabajo. Esto principalmente en los establecimientos industriales, de salud, y educativos; mercados, parques y ferias; calles de gran afluencia y urbanizaciones.

Además, los períodos de recolección, según lo propuesto, y la información recolectada de tiempos muertos, están con tiempo a favor todas las rutas a excepción de la ruta 2 – zona 3, ruta 4 – zona 6, y ruta 6 – zona 8; las cuáles presentan un exceso de 3 a 9 minutos en la jornada laboral de 8 horas. Sin embargo, lo óptimo es mantener el trabajo de 8 horas sin exceso, ni

deficiencia, lo cual se puede lograr al considerar pesos más exactos de recolección, rastreo y mejora de tiempos muertos, o finalmente una reducción de zonas de 8 a 7.

En este servicio es fundamental conocer que sectores necesitan exclusivamente la recolección a pie de vereda, debido a que según opiniones de expertos de la EPM-GIDSA los trabajos de recolección lateral y de carga posterior deberían ser independientes y no compartidos. Este problema se ha evidenciado en algunas parroquias donde la atención es ambigua ya que existen contenedores cercanos, pero a la vez se recolecta a “pie de vereda”.

Barrido manual

El servicio de barrido manual se organizó en tres grupos, tal como se ha mencionado en los documentos oficiales. Sin embargo, las rutas han sido actualizadas, en función de las cuadrillas de trabajo, que representan el número de personas que laboran en cada sector. De esta manera, se tiene que, en el primer grupo, son 17 cuadrillas en la zona 1 – Casco Central y 16 en la zona 2 – Sectores Periféricos; el segundo grupo – Principales Avenidas están dividido en 42 y el tercero – Casco Central en 17. Por lo tanto, acorde a los Km barridos reportados, y el rendimiento estipulado de 3.5 Km/Obrero-Jornada, es necesario realizar una redistribución de las cuadrillas de trabajo para que ningún obrero trabaje en deficiencia o exceso, y todos los sectores puedan ser atendidos de manera óptima, es así que se propone una nueva división diaria, en base a la relación entre los Km barridos semanalmente, el número de días atendidos y el rendimiento indicado, (ver Tabla 25).

Tabla 25*Propuesta de personal de barrido*

N° Grupo	Zona	Km barridos/semana	N° Personal propuesto
1	1	395.46	19
	2	602.24	29
2	-	997.70	48
3	-	395.46	34

Una vez se evalúe si es necesario trabajar con cierto número de obreros en cada grupo, para cubrir los Km de servicio ofertados, es oportuno unir o separar cuadrillas, así como reajustar las frecuencias, para que se genere un trabajo equitativo por cuadrilla, día y semana, ya que como se evidencian en los resultados, las distancias de barrido son variables.

También se tiene una mínima diferencia entre los Km barridos reportados en los informes anuales de la institución, y los resultados obtenidos, teniendo en el primer caso 341 Km de cobertura de barrido lineal, y como resultado de un análisis geoespacial, 314.15 Km. Para la limpieza del casco central se registra que es de 63 Km, siendo 65.61 Km, resultado del presente proyecto.

Se pueden establecer micro rutas en cada cuadrilla, una vez que se establezca el personal de trabajo en cada una de ellas, y el punto de inicio y de finalización de barrido. Además, es importante conocer si existen más calles asfaltadas, por lo general, donde no se esté prestando el servicio, para disminuir la deficiencia de barrido en la ciudad, así como mantener actualizada la base de datos e incluir nuevos sectores o frecuencias de limpieza, y con ello modificar las cuadrillas, si ameritan los casos.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Se generó una geodatabase que contiene los insumos de entrada y los resultados obtenidos, para una mayor organización de la información y diferenciación de las rutas de servicio.

La red vial del Cantón Ambato se obtuvo mediante la descarga en Open Street Map, el cual contaba con la dirección de vías, siendo este uno de los atributos de mayor peso para el análisis de redes.

La mayoría de los ejes viales fueron aptos para la circulación de transporte pesado en el Cantón, sin embargo, debido a que no se aplicó el análisis de elevaciones en la creación del Network Dataset, a través de la opinión de expertos, se excluyeron algunas vías del análisis, asignando órdenes de restricción de circulación debido a la ubicación en zonas de alta pendiente.

El diagnóstico de la situación actual de la ciudad y los servicios estudiados logró ser una línea base para conocer la estructura geográfica del cantón, distribución poblacional, vial y de aseo municipal; y así evaluarlos para la metodología aplicada.

Las rutas de trabajo de los 3 servicios: recolección de desechos sanitarios, recolección de carga posterior y barrido manual, lograron una optimización a través de la transformación digital mediante el uso y aprovechamiento de los Sistemas de Información Geográfica.

Los establecimientos donde se aplica la recolección de desechos sanitarios fueron georreferenciados, para determinar así las zonas de macro rutas, y evitar la sobreposición de rutas.

Debido a la información limitada sobre el servicio de recolección de desechos sanitarios, no se obtuvo la frecuencia de recolección, por lo que las rutas quedaron establecidas a nivel macro, en 3 zonas: Norte, Sur y Casco Central, sin tomar en cuenta la frecuencia y peso de los desechos generados.

Se diseñaron 8 zonas de recolección de carga posterior, tomando en cuenta aspectos como: sectores censales en los que está dividido la ciudad, población, densidad poblacional, producción per cápita, tiempo de recolección, tiempos muertos y sistema de contenerización.

Se lograron redefinir las rutas actuales de recolección de carga posterior, tomando en cuenta los límites políticos parroquiales y límites geográficos, para que exista una mayor proximidad entre los sectores de recolección y se reduzcan los viajes de extremo a extremo en la ciudad.

Se identificaron los diferentes elementos en los que se presta el servicio de barrido manual, siendo no solo calles o avenidas, sino gradas, senderos, redondeles, exteriores e interiores de parques, mercados, ferias, explanadas, terminales, puentes, plazoletas.

Se calcularon las distancias de barrido en cada cuadrilla de trabajo, respetando las frecuencias y grupos de atención, siendo de gran importancia este insumo para distribuir el personal de barrido acorde al kilometraje recorrido.

La propuesta que se realizó a la EPM-GIDSA a partir de los resultados obtenidos logrará poner en consideración los aspectos encontrados y analizados en este proceso para potencializar el trabajo interno y externo a la ciudadanía de estos y otros servicios.

Recomendaciones

Mantener actualizado el eje vial del Cantón de manera semestral o anual para considerar en las rutas de recolección las nuevas vías o pasos a desnivel que se construyan,

sobre todo en la zona rural, donde las modificaciones viales son constantes, creándose nuevas vías o ajustándose las existentes con restricción vehicular.

Las vías adoptadas para el presente proyecto pueden ser de gran soporte para la estructuración de otro tipo de aplicaciones.

Considerar la frecuencia de recolección de desechos sanitarios para obtener las micro rutas, tomando en cuenta la periodicidad del uso del servicio de cada establecimiento (p. ej. cada 15 días, cada mes, cada año), además de definir los establecimientos que tomarían el servicio los días sábados para generar una ruta adicional y que no se alteren las rutas de lunes a viernes.

Respetar la zonificación de las macro rutas, donde se establecieron las parroquias a las que se brinda el servicio de recolección de desechos sanitarios en el Norte, Sur y Casco Central para evitar que los camiones atraviesen toda la ciudad y se disponga de menos tiempo para la ejecución del trabajo.

Realizar una caracterización de los residuos de carga posterior para diferenciar su peso, densidad y tipo: domiciliarios, municipales, industriales, reciclables, no reciclables; y con ello ser considerados en las rutas y reasignar el manejo de su disposición final.

Realizar ensayos de prueba y error de las rutas de recolección de carga posterior propuestas, así como realizar visitas de campo cuando sea necesario para lograr la implementación total los nuevos trayectos, y con ello la socialización con todo el personal y la ciudadanía a atender.

Establecer mayor control en el horario de entrada y salida del personal operario, así como de los tiempos muertos de trabajo, para que se aproveche el tiempo de recolección de residuos y no exista una sub o sobreutilización del tiempo de la jornada laboral.

Generar micro rutas de barrido para cada miembro de las cuadrillas de trabajo, tomando en cuenta el rendimiento, tiempo y lugar de partida y finalización del servicio, cuando sea necesario.

Mantener actualizada la base de datos de los sectores o establecimientos donde se recolectan desechos con diferentes servicios para que se maneje información real.

Trabajar continuamente en el levantamiento y optimización de rutas actuales de los servicios de la EPM-GIDSA mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica para en un futuro desarrollar un geo visualizador que esté a disposición de la ciudadanía.

Referencias Bibliográficas

- Aguilar, A., Antonio, J., Zambrano, J., & Eduardo, M. (2015). Mejora del servicio de recolección de residuos sólidos urbanos empleando herramientas SIG: un caso de estudio. *Ingeniería*, 19(2), 118–128.
- Alonso, D. (2019). *Qué es la topología y cómo crearla en ArcGIS Pro*. MappingGIS.
<https://mappinggis.com/2019/10/que-es-la-topologia-y-como-crearla-en-arcgis-pro/>
- Barrientos Martínez, M. A. (2007). *Network Analyst - El Análisis de redes desde ArcGIS 9.2*. 140.
- Bosque Sendra, J., & Moreno Jiménez, A. (2012). Sistemas de Información Geográfica y localización de instalaciones y equipamientos. *Geofocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de La Información Geográfica*.
<http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/255>
- Cabrera, S. (2012). *Líneas base para la optimización técnica y operativa de la recolección de residuos sólidos domiciliarios en ciudades y/o centros poblados*.
<http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00000359.pdf>
- 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*. <http://www.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2019/07/Manejo-desechos-solidos.pdf>
- Cusco, J., & Picón, K. (2015). *Optimización de rutas de recolección de desechos sólidos* [Universidad de Cuenca].
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21304/1/TESIS.pdf>
- Díaz, D. (2013). *Sistemas de información geográfica aplicada a la optimización del servicio de recolección de residuos sólidos domiciliarios, el caso de la administración zonal Eloy Alfaro*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

- Dután, I., & Andrade, B. (2013). *Determinación de la categoría ocupacional del Uso del Suelo Rural del Cantón Déleg*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/3031>
- El Comercio. (2020). *Mercado Mayorista de Ambato reabrirá sus puertas con apoyo y la seguridad de la Policía y el Ejército*. El Comercio. <https://www.elcomercio.com/actualidad/mercado-mayorista-ambato-coronavirus-alimentos.html>
- El Heraldo. (2020a). *Barrido y limpieza con normalidad*. El Heraldo. <https://www.elheraldo.com.ec/barrido-y-limpieza-con-normalidad/>
- El Heraldo. (2020b). *Gidsa atiende con normalidad recolección*. El Heraldo. <https://www.elheraldo.com.ec/gidsa-atiende-con-normalidad-recoleccion/>
- El Heraldo. (2020c). *Recolección diferenciada de residuos infecciosos*. El Heraldo. <https://www.elheraldo.com.ec/recoleccion-diferenciada-de-residuos-infecciosos/>
- El Productor. (2019). *Ecuador: Fiesta de la Fruta y de las Flores, Patrimonio Inmaterial de la Región Andina*. El Productor. <https://elproductor.com/2019/12/ecuador-fiesta-de-la-fruta-y-de-las-flores-patrimonio-inmaterial-de-la-region-andina/>
- EPM-GIDSA. (2013). *Reglamento para la prestación del Servicio Público de Gestión Integral de Desechos Sólidos en el Cantón Ambato*. http://www.epmgidsa.gob.ec/inicio/wp-content/uploads/2020/03/reglamento_prestacion_servicios.pdf
- EPM-GIDSA. (2018). *Rendición de cuentas 2018*. <http://www.epmgidsa.gob.ec/inicio/wp-content/uploads/2018/05/RENDICION-DE-CUENTAS-2018-FINAL.pdf>
- EPM-GIDSA. (2019). *Prestación del servicio de barrido y limpieza de calles y espacios públicos para el año 2019*.
- EPM-GIDSA. (2020a). *Introducción a la Actualización del Plan Estratégico Institucional 2019-2023*. Empresa Pública Municipal GIDSA. <http://www.epmgidsa.gob.ec/inicio/wp->

content/uploads/2020/04/PLAN-ESTRATÉGICO-2019-2023-v02.pdf

EPM-GIDSA. (2020b). *Plan de servicio de la EPM-GIDSA del sistema de recolección 2020*.

EPM-GIDSA. (2021a). *Empresa Pública Municipal GIDSA*. Empresa Pública Municipal GIDSA.

<https://www.epmgidsa.gob.ec/inicio/>

EPM-GIDSA. (2021b). *Rendición de cuentas 2020*.

<https://www.epmgidsa.gob.ec/inicio/rendicioncuentas2020/>

ESRI. (2016). *Fundamentos de Topología*. ArcMap.

<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/topologies/topology-basics.htm>

ESRI. (2019). *¿Qué es una geodatabase?* [https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-](https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/what-is-a-geodatabase.htm)

[data/geodatabases/what-is-a-geodatabase.htm](https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/what-is-a-geodatabase.htm)

ESRI. (2020a). *¿Qué es un dataset de red?*

<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/network-analyst/what-is-a-network-dataset.htm>

ESRI. (2020b). *Análisis de problema de generación de rutas para vehículos*.

<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/network-analyst/vehicle-routing-problem.htm>

ESRI. (2020c). *Tipos de capas de análisis de red*.

<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/network-analyst/types-of-network-analyses.htm>

ESRI. (2021a). *ArcGIS Desktop 10.6*.

ESRI. (2021b). *Componentes básicos del análisis de red*.

<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/network-analyst/what-are-the-basic-network-analysis-components.htm>

Figuroa, M. (2008). *Descripción de las etapas de almacenamiento, recolección y transporte de*

los residuos sólidos en el sistema de aseo urbano del Municipio de Chinu-Cordoba

[Universidad de Sucre].

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

GADMA. (2016). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Ambato.*

GADMA. (2017). *Ordenanza para Manejo Integral de los Residuos Sólidos del cantón Ambato.*

http://www.epmgidsa.gob.ec/inicio/wp-content/uploads/2020/04/25.-ORDENANZA-MANEJO-INTEGRAL-DE-DESECHOS-SOLIDOS_1440.pdf

GADPR Ambatillo. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015 Ambatillo.*

GADPR Atahualpa. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural de Atahualpa 2015 - 2019.*

GADPR Augusto Martínez. (2018). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia “Augusto Nicolás Martínez.”*

GADPR Constantino Fernández. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural Constantino Fernández.*

GADPR Cunchibamba. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Cunchibamba.*

GADPR Huachi Grande. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural Huachi Grande.*

GADPR Izamba. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquial de Izamba.* [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1960138650001_PDOT TIMBARA 2015-2019_2_31-10-2015_00-17-58.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1960138650001_PDOT_TIMBARA_2015-2019_2_31-10-2015_00-17-58.pdf)

GADPR Juan Benigno Vela. (2018). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2020-2023 Juan Benigno Vela.*

GADPR Juan Montalvo. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 20/30 Juan Montalvo*.

GADPR Pasa. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015-2019 Pasa*.

GADPR Picaihua. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Picaihua*.

GADPR Pilahuin. (2013). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Pilahuin*.

GADPR Quisapincha. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Quisapincha*.

GADPR San Bartolomé de Pinllo. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDyOT) de la Parroquia Rural San Bartolomé de Pinllo*.

GADPR San Fernando. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural San Fernando*.

GADPR Santa Rosa. (2018). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) de la Parroquia Santa Rosa*.

GADPR Totoras. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Totoras*.

GADPR Unamuncho. (2017). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquia Unamuncho*.

Guamán Lozano, Á. G., Miño Cascante, G. E., & Cayan Martínez, J. C. (2017). Optimización del proceso de recolección de desechos sólidos de la ciudad de Ambato mediante el diseño de un modelo de distribución de redes. *ECA Sinergia*, 8(2), 158.

https://doi.org/10.33936/eca_sinergia.v8i2.825

Gutiérrez, F. (2008). *Análisis del Sistema de Recolección de Residuos Sólidos Urbanos en el Centro Histórico de Morelia , aplicando Sistemas de Información Geográfica*. 97.

Guzmán, J., Arango, R., & Jiménez, L. (2012). Búsqueda de la ruta óptima mediante los

- algoritmos: genético y dijkstra utilizando mapas de visibilidad. *Scientia Et Technica*, XVII(51), 107–112. <https://doi.org/10.22517/23447214.1635>
- Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua. (2015). Guía de la ruta agroturística artesanal del cantón Ambato. In *Vive Tungurahua*.
- Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua. (2017). *Agenda TUNGURAHUA desde la Visión Territorial*.
<https://www.tungurahua.gob.ec/images/archivos/transparencia/2017/AgendaTerritorialTungurahua2016.pdf>
- IGM. (n.d.). *Carta Topográfica: Ambato*.
http://www.igm.gob.ec/work/files/cartabase/enie/ENIEIV_A4.htm#:~:text=Carta Topográfica 1%3A50.000 de Ambato&text=Orografia%3A Presenta una topografía irregular,%2C Paloma%2C Catitahua%2C etc.
- INEC. (2010). *Proyeccion Cantonal Total 2010-2020*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>
- La Hora. (2016). *El relleno de Chachoán operará hasta el 2019*. La Hora.
<https://lahora.com.ec/noticia/1101992268/el-relleno-de-chachon-operar-hasta-el-2019>
- La Hora. (2019). *40% de la basura que se produce en Ambato sería reciclable*. La Hora.
https://lahora.com.ec/tungurahua/noticia/1102245634/40_-de-la-basura-que-se-produce-en-ambato-seria-reciclable-
- LE-ONTECH. (2021). *Rastreo LE-ONTRACK*. <http://rastreo.leontech.com.ec:3000/rutas>
- López, E., Posada, C., & Moreno, J. (2006). Los Sistemas de Información Geográfica. *I Congreso de Ciencia Regional de Andalucía: Andalucía En El Umbral Del Siglo XXI*, 789–804.
- Macoll. (2018). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Macoll Perú.
<http://macollperu.com/gestion-integral-de-residuos/>

MAGAP; TRACASA. (2015). *Cantón Ambato Proyecto: Levantamiento De Cartografía Temática*

Escala 1:25.000, Lote 1.

http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Memoria_tecnica_Geomorfologia_AMBATO_20151117.pdf

Mancebo, S., Ortega, E., Valentín, A. C., Martín, B., & Martín, L. (2008). *LibroSIG : aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental.*

http://oa.upm.es/1244/1/Mancebo_Quintana_SIG_2008a.pdf

Márquez, J. (2010). *Macro y micro ruteo de residuos sólidos residenciales* [Universidad de Sucre].

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

Martínez, F. (2018). *Propuesta de rediseño de macro y micro rutas del sistema de recolección de residuos sólidos de la ciudad de Tulcán* [Escuela Politécnica Nacional].

<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19136>

Martínez, J. (2005). Fundamentos Tomo I. In *Guía para la Gestión Integral de Residuos*

Peligrosos.

https://www.cempre.org.uy/docs/biblioteca/guia_para_la_gestion_integral_residuos/gestion_respel01_fundamentos.pdf

Meza, M. (2012). *Análisis y propuesta de aplicabilidad de métodos de aprovechamiento, recuperación y eliminación de residuos sólidos urbanos en Tabacundo, cantón Pedro Moncayo.*

Ministerio de Salud Pública, & Ministerio del Ambiente. (2019). *Reglamento Gestión Desechos Generados en Establecimientos de Salud.* Acuerdo Ministerial 323.

https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/04/Acuerdo-Ministerial-323_Reglamento-para-la-gestión-integral-de-los-residuos-y-desechos-generados-en-los-establecimientos-de-salud.pdf

Ministerio del Ambiente y del Agua. (2020). *Programa 'PNGIDS' Ecuador*.

<https://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>

Padilla, O., & Bosque, J. (2012). *Cálculo, análisis y representación de tiempos de evacuación en el Valle de los Chillos frente a una eventual erupción del volcán Cotopaxi*. 1, 0–22.

Padilla, O., & Bosque, J. (2014). Determinación De Puntos De Evacuación Vertical Y Horizontal En Caso De Una Erupción Del Volcán Cotopaxi En El Valle De Los Chillos, Sangolquí, Ecuador. *ResearchGate, January*.

https://www.researchgate.net/publication/279177444_DETERMINACION_DE_PUNTOS_DE_EVACUACION_VERTICAL_Y_HORIZONTAL_EN_CASO_DE_UNA_ERUPCION_DEL_VOLCAN_COTOPAXI_EN_EL_VALLE_DE_LOS_CHILLOS_SANGOLQUI_ECUADOR

Pazmiño, E. (2015). *Parque temático de la cultura e historia para el cantón Ambato*. Universidad Central del Ecuador.

Racero Moreno, J., & Pérez Arriaga, E. (2006). Optimización del sistema de rutas de recolección de residuos sólidos domiciliarios (Ecoeficiencia). *Congreso de Ingeniería de Organización*.

Revelo, P. (2004). *Evaluación y mejoramiento del sistema de barrido de vías y limpieza de áreas públicas de la ciudad de Ambato*.

Rodríguez, D. (2002). *Barrido y recolección de residuos sólidos y municipales*.

Rodríguez Díaz, V. (2011). Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes. *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de La Información Geográfica*, 11, 265–292.

<http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/220/72>

Rodríguez Villalobos, A. (2007). Integración de un SIG con modelos de cálculo y optimización de rutas de vehículos CVRP y software de gestión de flotas . *International Conference on*

Industrial Engineering and Industrial Management, January 2010, 10.

Sulemana, A., Donkor, E. A., Forkuo, E. K., & Oduro-Kwarteng, S. (2018). Optimal Routing of Solid Waste Collection Trucks: A Review of Methods. *Journal of Engineering (United Kingdom)*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/4586376>

Vanegas, N., & Beltrán, C. (2016). *Manual de reciclaje y plan de socialización para la disposición final de residuos sólidos en el Barrio Bella Flor de la localidad de Ciudad Bolívar* [Universidad Católica de Colombia].
<https://repository.ucatolica.edu.co/jspui/bitstream/10983/6800/5/DOCUMENTO.pdf>

Anexos