



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Carrera de Administración de Empresas

“Diagnóstico de rutas actuales de recolección de residuos sólidos y propuesta de implementación del modelo SEDESOL en el Departamento de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado de Azogues.”

**Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniera Comercial
Modalidad: Artículo Académico**

Autoras:

Valeria Cristina Castro Cárdenas

CI: 0105410252

Correo electrónico: valeri.cris146@gmail.com

Thalía Johanna Cedillo Márquez

CI: 0106166861

Correo electrónico: thaly.jcm96@gmail.com

Tutor:

Diego Mauricio Loyola Ochoa

CI: 0102157237

Cuenca, Ecuador

11-octubre-2021



RESUMEN

La gestión de los residuos sólidos es un tema relevante dentro de cada gobierno municipal, debido a que un manejo inadecuado de los residuos con lleva a problemas económicos, ambientales y sociales, mismos que se evidencian en el Cantón Azogues por esta razón el trabajo de investigación está orientado a la utilización del manual propuesto por la Secretaría de Desarrollo Social de México – SEDESOL, para evaluar las rutas de recolección de residuos sólidos objeto de estudio, siendo estas 13 en las distintas parroquias, tanto urbanas como rurales, cuya responsabilidad corresponde al Departamento de Gestión Ambiental del cantón Azogues. El estudio comprende 4 fases: en la primera fase se realiza el levantamiento de información de las rutas actuales. En la segunda fase se delimitan los parámetros necesarios para el cálculo de las variaciones existentes en las rutas actuales de recolección empleando la formulación matemática de la SEDESOL, de igual forma se analizan los costos totales que se incurren en la operación. Mientras que en la tercera fase se determinan los problemas existentes para una posterior comparación con el marco de referencia establecido de forma teórica. Finalmente, se establece una propuesta para una operación más organizada que involucra a los vehículos, personal y sectores, dando como resultado una reducción de tiempos improductivos, en el que el kilometraje disminuye en un 11%, al igual que una disminución de costos en un 19,1%.

Palabras Claves: Rutas. Residuos. Departamento de Gestión Ambiental. Recolección. SEDESOL.



ABSTRACT

The management of solid waste is a relevant issue within each municipal government, because inadequate waste management leads to economic, environmental and social problems, which are evident in the Azogues Canton, for this reason the research work is oriented to the use of the manual proposed by the Secretariat of Social Development of Mexico - SEDESOL, to evaluate the routes of solid waste collection under study, being these 13 in the various parishes, both urban and rural, whose responsibility is the Department of Environmental Management of the Azogues Canton. The study comprises 4 phases: in the first phase, the information on the current routes is collected. In the second phase, the necessary parameters are defined to calculate the existing variations in the current collection routes using SEDESOL's mathematical formulation, and the total direct costs incurred in the operation are also analyzed. In the third phase, the existing problems are determined for a later comparison with the theoretically established frame of reference. Finally, a proposal for a more organized operation involving vehicles, personnel and sectors is established, resulting in a reduction of unproductive times, in which mileage decreases by 11%, as well as a 19.1% decrease in costs.

This work is mainly of an empirical nature, which, in addition to establishing a precedent in the application of the SEDESOL methodology, will allow relevant public decision-makers to better manage the routes established so far.

Keywords: Routes. Waste. Environmental Management Department. Collection. SEDESOL.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	10
1. OBJETO DE ESTUDIO	15
2. MARCO TEÓRICO.....	19
3. ESTADO DEL ARTE	23
NORMATIVA	31
ORDENANZAS.....	32
4. METODOLOGÍA.....	35
5. RESULTADOS	42
6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	60
7. CONCLUSIONES	62
8. RECOMENDACIONES.....	63
9. BIBLIOGRAFÍA.....	64
10. ANEXOS	69
Anexo 1: Ficha de observación.....	69
Anexo 2. Levantamiento de datos de recolección Azogues.....	70
Anexo 3. Levantamiento de datos de rutas.....	72
Anexo 4. Protocolo aprobado.....	76



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Listado de rutas y horarios	16
Tabla 2: Estudios Referenciales.....	27
Tabla 3: Valores y parámetros de medición para la obtención de datos primarios necesarios.....	44
Tabla 4: Valores y parámetros de medición para el diagnóstico de las rutas.....	47
Tabla 5: Datos para el cálculo de las variaciones	48
Tabla 6: Rango de variación de las rutas, objeto de estudio.....	49
Tabla 7: Matriz de las rutas actuales, con horarios y períodos de recolección.....	51
Tabla 8: Propuesta de las nuevas rutas en el cantón Azogues.....	55
Tabla 9: Distancia semanal total actual y mejorada por cada ruta definida.....	56
Tabla 10: Costos actuales de mantenimiento, combustible y personal en la operación de recolección de residuos.....	58
Tabla 11: Costo presupuestado de mantenimiento, combustible y personal en la operación de recolección de residuos.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Área de delimitación del problema	14
Figura 2: Mapa de rutas sujetas a estudio en el cantón Azogues.....	18
Figura 3: Velocidad de acuerdo a la densidad poblacional.....	46
Figura 4: Rango de variación de las rutas, objeto de estudio.....	50



Cláusula de Licencia y Autorización para Publicación en el Repositorio Institucional

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio

Institucional

Thalía Johanna Cedillo Márquez, en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **“Diagnóstico de rutas actuales de recolección de residuos sólidos y propuesta de implementación del modelo SEDESOL en el Departamento de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado de Azogues.”**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 11 de Octubre de 2021.

Thalía Johanna Cedillo Márquez
C.I: 0106166861



Cláusula de Licencia y Autorización para Publicación en el Repositorio Institucional

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Valeria Cristina Castro Cárdenas, en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **“Diagnóstico de rutas actuales de recolección de residuos sólidos y propuesta de implementación del modelo SEDESOL en el Departamento de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado de Azogues.”**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 11 de Octubre de 2021.

Valeria Cristina Castro Cárdenas
C.I: 0105410252



Cláusula de Propiedad Intelectual

Cláusula de Propiedad Intelectual

Valeria Cristina Castro Cárdenas, autora del trabajo de titulación **“Diagnóstico de rutas actuales de recolección de residuos sólidos y propuesta de implementación del modelo SEDESOL en el Departamento de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado de Azogues.”**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 11 de Octubre de 2021.

Valeria Cristina Castro Cárdenas

C.I: 0105410252



Cláusula de Propiedad Intelectual

Cláusula de Propiedad Intelectual

Thalía Johanna Cedillo Márquez, autora del trabajo de titulación **“Diagnóstico de rutas actuales de recolección de residuos sólidos y propuesta de implementación del modelo SEDESOL en el Departamento de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado de Azogues.”**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 11 de Octubre de 2021.

Thalía Johanna Cedillo Márquez

C.I: 0106166861



INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el manejo de los residuos sólidos constituye o forma parte de un problema de escala mundial conjuntamente con el acelerado crecimiento poblacional tanto urbano como rural, el desconocimiento de la población de prácticas amigables con el ambiente, el consumismo e incluso el crecimiento del desarrollo industrial. De ahí que, éste debe ser tratado desde un enfoque global, ya que constituye un reto que no solo involucra a las personas y sus hogares, sino a todos (tanto al gobierno, la industria, el comercio como la sociedad en general). Es por ello que un manejo inadecuado de residuos genera un impacto negativo en la salud de la población, en los medios de subsistencia, y en el medio ambiente (Ministerio del Ambiente, 2018). El Ministerio de Obras Públicas y Transporte – MOPT citado en Roca (2004) indican las principales causas que atañen al problema: el acelerado crecimiento poblacional, una mayor densidad poblacional en zonas urbanas, los cambios en los hábitos de consumo y la utilización de envases descartables. Además, la Secretaria de Desarrollo Social de México - SEDESOL (2001) menciona que para mejorar el manejo de los residuos sólidos, y a su vez obtener una reducción del impacto de la basura en el medio ambiente es necesario aplicar estrategias en las que se trabaje en conjunto con todos los actores implicados.

A nivel regional, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL de acuerdo con Toro et al. (2016) presenta una guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios, la cual se divide en tres partes; en la primera parte se detallan los elementos generales de gestión integral de residuos sólidos domiciliarios. En la segunda parte, se abordan temas relacionados con la ingeniería básica, en la que se pueden encontrar alternativas tecnológicas, métodos de cálculo y de disposición. Y finalmente, se presentan dos capítulos de formulación y evaluación de proyectos.



En Ecuador, para mejorar la gestión integral de los residuos sólidos se han llevado a cabo algunas acciones, entre las que se pueden mencionar como más importantes: la creación del Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos¹ mediante estrategias, programas y acciones concretas para estimular a todos los agentes involucrados. Mientras que, el 12 de febrero de 2014 se suscribió el convenio interinstitucional entre el Ministerio del Ambiente (MAE) el Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES) el Instituto Nacional de Economía Popular y Solidaria (IEPS) y la Red Nacional de Recicladores (RENAREC), este último reconoce a los “recicladores de base” que recuperan residuos a pie de vereda o en sitios de disposición final de residuos, como actores importantes en la cadena de reciclaje (Ministerio del Ambiente, 2014).

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC (2017) en su reporte de gestión de residuos sólidos de los GADs Municipales, indica que un habitante de la zona urbana produce en promedio 0,86 kg/día de residuos sólidos. Del total de residuos sólidos producidos, el 57% corresponde a residuos orgánicos y el 43% a inorgánicos (cartón, papel, plástico, vidrio, madera, metal, chatarra, caucho, textil, focos, pilas y desechos sanitarios no peligrosos, entre otros). En el 2017, en el país se recolectaron en promedio 12.337,26 t/día de residuos sólidos, de los cuales el 15,7% fueron recolectadas de manera diferenciada (separación de residuos en la fuente generadora) y el 84,3% de manera no diferenciada. A nivel regional, más del 50% de GADs Municipales de la Sierra disponen sus residuos sólidos en rellenos sanitarios, mientras que en la Costa únicamente lo hacen el 25%.

A nivel nacional, sumado a los problemas antes mencionados, uno de los factores que agudiza la problemática son los sistemas de gestión integral de residuos sólidos, que obedecen a la falta de planificación y carencia de sistemas de información que contribuyan a los actuales modelos de gestión, los que provocan el

¹ PNGIDS, en abril del 2010, cuyo objetivo fue impulsar la gestión de los residuos sólidos en los Gobiernos Autónomos Descentralizados GADs



incumplimiento en la aplicación de legislación y ordenanzas; así como una escasa participación de la población. De esta manera, dichos factores han complicado la labor que desempeñan los diferentes departamentos de gestión ambiental de los GADs Municipales, para cubrir oportunamente la necesidad de recolección de residuos. La problemática anterior es visible también en el cantón Azogues, perteneciente a la provincia de Cañar; en consecuencia también se vislumbran secuelas medioambientales (e.g. contaminación de agua, suelo y aire) influyendo por lo tanto en la salud pública (Jalinas y Espinoza, 2019).

Todo lo explicado anteriormente indica que la recolección de residuos sólidos se ha convertido en un problema para el GAD Municipal del cantón Azogues, debido principalmente al crecimiento poblacional, los cambios en los hábitos de consumo, la limitada capacidad de los vehículos recolectores y la topografía del mismo, incrementando de una manera directa la cantidad de residuos producidos (Moreno y Arriaga, 2006). Es por ello que dentro del estudio se plantea como objetivo general establecer una directriz de mejora en la gestión de residuos sólidos a través de la utilización del Manual Técnico propuesto por la SEDESOL sobre Generación, Recolección y Transferencia de éstos.

Contextualizando la situación del cantón Azogues, en conjunto con lo anterior se tiene que:

La ciudad en promedio recolecta diariamente 40 toneladas de residuos sólidos, que están divididos en un 50% de residuos orgánicos y el 50% de residuos sólidos comunes (Gomez, 2017).

Adicional, la ciudad de Azogues (Ver Figura 1), cuenta con un número de 85.030 habitantes y 21.257 hogares (INEC, 2016). Según la Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo - SENPLADES (2014) el 48,3% lo representa la población urbana y el 51,7% la población rural.



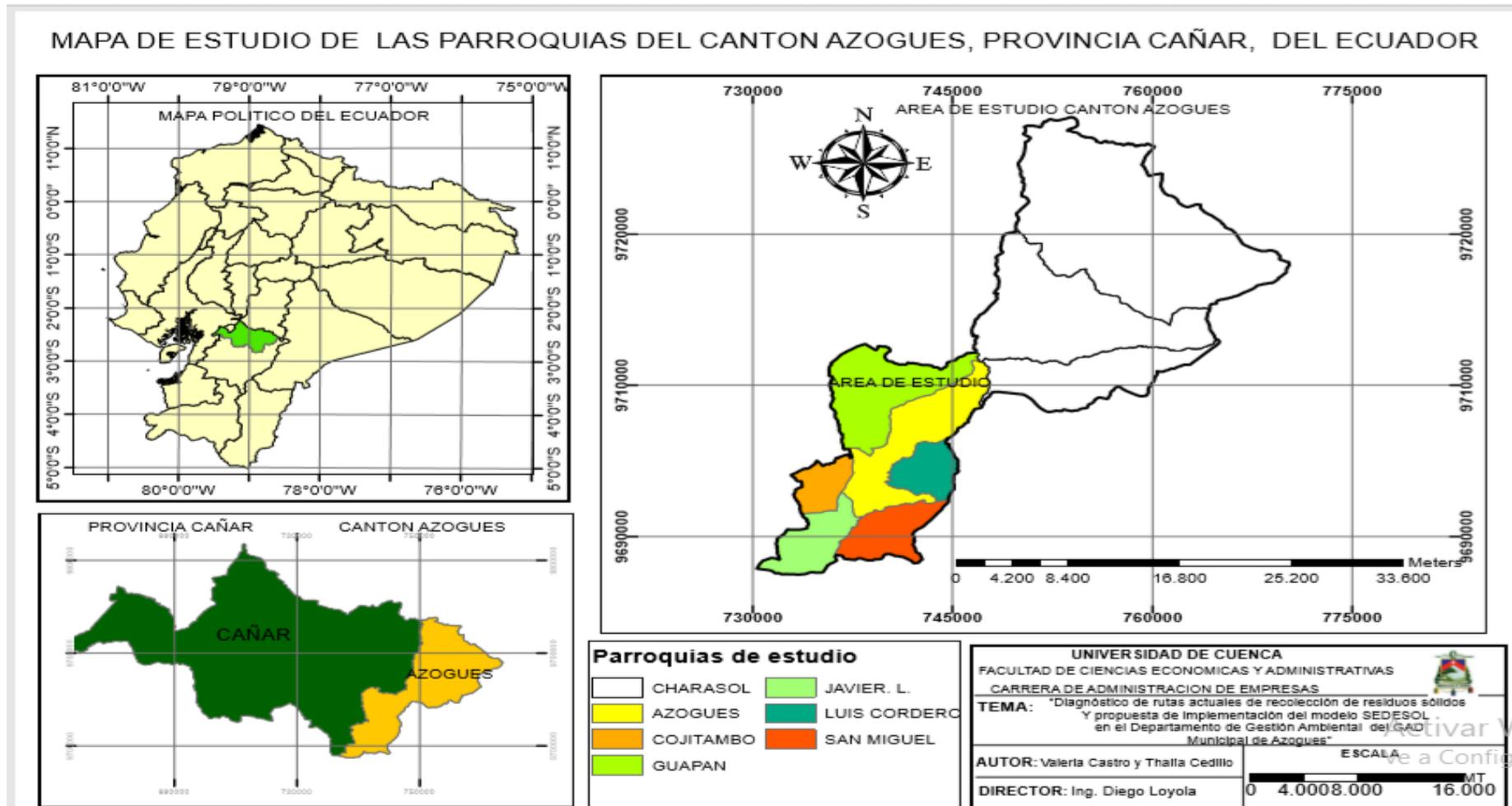
En el mismo contexto en el trabajo de investigación se encontraron deficiencias una vez analizadas las rutas tanto de forma operativa como económica, dando paso a establecer un precedente en la aplicación de la metodología SEDESOL y que permitirá a los encargados del Departamento de Gestión Ambiental tomar acciones en caso que consideren pertinente respecto al mejoramiento de las rutas hasta ahora establecidas de igual forma se hace uso de las herramientas SIG para visualizar las diferentes rutas objeto de estudio y poder tener una visión más clara de los sectores que abarca el trabajo.

También es importante mencionar que para el desarrollo del trabajo se solicitó información económica referente a las rutas de recolección, al Departamento de Gestión Ambiental del Gad Municipal, la que no se pudo obtener oportunamente debido a la crisis sanitaria dificultando la generación de resultados del trabajo. A su vez, esta información fue proporcionada por el Inspector de Higiene con datos generales por lo que se realizó un análisis de costos sencillo.

Para los fines mencionados, el presente trabajo se estructura de la siguiente manera: en la parte I se expuso la introducción, así como una contextualización de la localidad objeto de estudio, en la sección II se detallan los lineamientos teóricos, que abarcan los conceptos y definiciones esenciales que respaldan el artículo. Seguido, se procede a especificar la metodología que se emplea en la investigación, para la obtención de información necesaria. Después, se da una discusión de los resultados obtenidos y finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones que servirán de apoyo para futuras investigaciones.



Figura 1: Área de delimitación del problema



Elaboración: Autoras

Valeria Cristina Castro Cárdenas
Thalía Johanna Cedillo Márquez



1. OBJETO DE ESTUDIO

El presente trabajo se realizará dentro del Departamento de Gestión Ambiental del GAD Municipal de Azogues, que, para la prestación del servicio de recolección de residuos sólidos, cuenta con un total de 40 rutas definidas, mismas que se detallan a continuación:



Tabla 1

Listado de rutas y horarios

Orden	N.º de rutas	Rutas	Horarios	Frecuencias
1	1	Residencial 1	08H00 a 13H00	Lunes, miércoles y viernes
2	1	Residencial 2	08H00 a 13H00	Martes, jueves y sábado
3	1	Residencial 3	08H00 a 14H00	Lunes, miércoles y viernes
4	1	Periférico 1	08H00 a 13H00	Lunes y jueves
5	1	Periférico 2	08H00 a 13H00	Martes y viernes
6	1	Periférico 3	08H00 a 13H00	Miércoles
7	1	Vespertino 1	13H00 a 17H00	Lunes y jueves
8	1	Vespertino 2	13H00 a 17H00	Martes y viernes
9	1	Vespertino 3	13H00 a 17H00	Miércoles
10	1	Recorrido San Pedro	08H00 a 13H00	Martes y jueves
11	1	Recorrido Zhindilig	14H00 a 17H00	Martes y viernes
12	1	Recorrido Comercial 1	19H00 a 22H00	Lunes a sábado
13	1	Recorrido Comercial 2	19H00 a 22H00	Lunes a sábado
14	5	Parroquias rurales (mañana)	08H00 a 12H00	Lunes a viernes
15	5	Parroquias rurales (tarde)	13H00 a 17H00	Lunes a viernes
16	5	Parroquias orientales	07H00 a 15H00	Lunes a viernes
17	5	Recorrido biopeligroso (mañana)	08H00 a 12H00	Lunes a viernes
18	5	Recorrido biopeligroso (tarde)	13H00 a 17H00	Lunes a viernes
19	1	Recorrido de madrugada	05H00 A07h00	Lunes a domingo
20	1	Recorrido de contenedores	06H00 a 08H00	Lunes a viernes

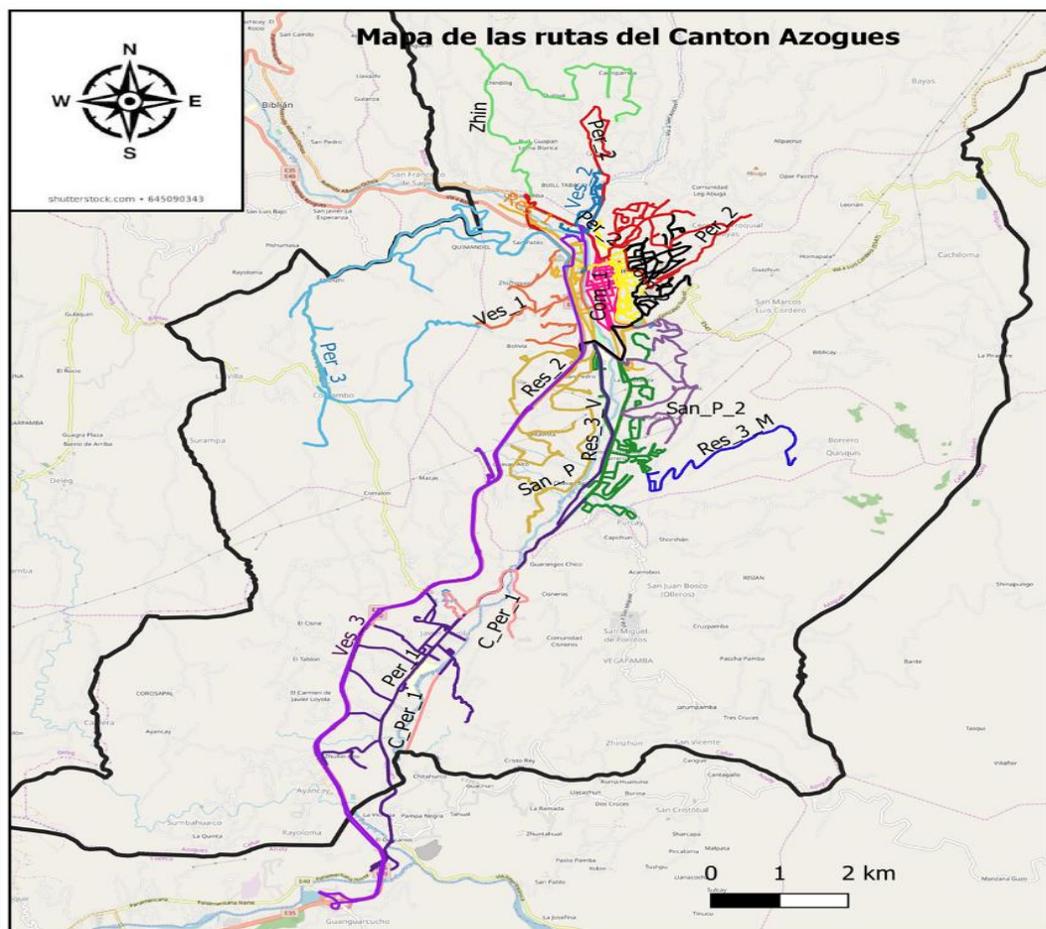
Nota. Fuente: autoras en base a la entrevista realizada al Inspector de Higiene.



De éstas, para el estudio se consideraron 13 rutas, las primeras que se visualizan en el cuadro anterior, las que están enmarcadas en el casco urbano del cantón y parte de los alrededores del casco rural, mismas que fueron seleccionadas de acuerdo a la representatividad de las rutas por tratarse de la zona urbana, también debido al tratamiento diferenciado de los residuos (biopeligrosos), además de los problemas que se presentaron en los recorridos tales como el cambio de choferes en las parroquias rurales y orientales, tres camiones recolectores no operables, y la disponibilidad de tiempo para el levantamiento de información. Tomando como periodo de referencia del 27 de enero hasta el 21 de febrero del año 2020. Adicional a ello, dichas rutas contemplan algunas variaciones en sus recorridos habituales, tal es el caso de la ruta Residencial 3, con tres recorridos distintos cada día, el Recorrido San Pedro con dos recorridos diferentes y la del Periférico 1, con otro recorrido diferenciado (Ver Figura 2).



Figura 2: Mapa de rutas sujetas a estudio en el cantón Azogues



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
CARRERA:
Administración de Empresas
TEMA:
"Diagnóstico de rutas actuales de recolección de residuos sólidos y propuesta de implementación del modelo SEDESOL en el Departamento de Gestión Ambiental del GAD Municipal de Azogues"
AUTORES:
"Valeria Castro y Thalía Cedillo"
ASESOR:
"Ing. Diego Loyola"

Vespertino_3	Comercial_1
Periferico_3	COM_periferico1
Vespertino_2	Periferico_1
Periferico_2	Vespertino_1
Zhindilig	Residencial_3 viernes
Capa-San Pedro	Residencial_3 Lunes
Residencial_2	Residencial_3 Miercoles
San Pedro_2	Residencial_1
Comercial_2	

Elaboración: Autores



2. MARCO TEÓRICO

Residuos Sólidos

Según el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente - TULSMA citado en Consejo Nacional de Competencias (2019) define un residuo como un elemento sólido derivado del consumo de actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que puede ser convertido en un nuevo bien. Mientras que la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - O.C.D.E citado en Calunia (2015) indica que los residuos son aquellos materiales obtenidos en la producción y consumo, sin valor económico alguno en dicho ambiente. De esta manera, un residuo es un elemento procedente de múltiples actividades, sin proporcionar ningún valor económico para la finalidad con la que fue creado.

Serrano (2013) indica que la clasificación de residuos se da de acuerdo a su origen, y los divide en orgánicos e inorgánicos; según su manejo en residuos sólidos urbanos (domiciliarios), residuos peligrosos y residuos sólidos de manejo especial.

Residuos sólidos orgánicos. - También conocidos como biodegradables, los cuales se descomponen de manera natural como restos de alimentos, residuos de la jardinería, residuos agrícolas, animales muertos y huesos.

Residuos sólidos inorgánicos. - Son aquellos que demoran muchos años en reintegrarse al suelo, no biodegradables.

Residuos sólidos domiciliarios. - Son aquellos que se generan en diferentes lugares, ya sean en viviendas, restaurantes, locales comerciales, hoteles, colegios, etc. Estos residuos tienen una doble finalidad, por un lado, está destinarlos al relleno sanitario y por otro el reciclarlos.

Residuos peligrosos. - Es aquel residuo que se considera perjudicial para el medio ambiente y la salud de la población.



Residuos sólidos de manejo especial. - Son los que se derivan de los procesos productivos entre los cuales se pueden mencionar los residuos de los servicios de la salud, residuos de insumos agrícolas, avícolas, silvícolas, forestales y ganaderas, residuos de servicios de transporte generados en puertos, aeropuertos, terminales ferroviarias y portuarias, residuos de centros comerciales y residuos de escombreras.

Rutas de recolección

Según Moreno y Arriaga (2006) la recolección de residuos no es más que el traslado de la basura desde su fuente de origen hasta el vehículo recolector, para su posterior envío al lugar de disposición final. Igualmente, la SEDESOL (2001) define la recolección como una de las partes fundamentales del manejo de residuos sólidos, buscando conservar la salud pública a través de un adecuado tratamiento de los residuos sólidos desde su origen hasta su disposición final. Entendiéndose lo antes mencionado, como el traslado de los residuos desde el punto de origen hasta su disposición final, con el propósito de preservar la salud de los habitantes de una determinada localidad.

Con lo anterior se busca definir una ruta de recolección, que según SEDESOL (2001) es el trayecto diario que efectúa el vehículo recolector en las áreas designadas, dentro de los distintos sectores con el objetivo de cumplir el trabajo de recolección de una manera óptima. Por otro lado, el Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía (OSMAN, 2019) expresa que son: “Rutas establecidas seguidas en la recogida de residuos no seleccionados o separados en la fuente, de viviendas, negocios, instalaciones comerciales e industriales y otras localizaciones.” Por lo tanto, una ruta de recolección se entiende como el trayecto realizado por un vehículo recolector en los lugares previamente establecidos.

Cabe mencionar que un mal diseño de rutas de recolección trae consigo una serie de problemas entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:



- Deficiente operación y funcionamiento del equipo.
- Desperdicio de personal.
- Reducción de las coberturas del servicio de limpia.
- Proliferación de tiraderos clandestinos a cielo abierto en diferentes puntos de la ciudad (SEDESOL, 2001).

Métodos de Recolección

En lo referente a los métodos de recolección, la SEDESOL (2001) en su manual respecto a la generación, recolección y transferencia de residuos sólidos municipales, en el apartado de métodos y rutas de recolección menciona que el método de recolección es una de las decisiones más importantes que se debe tomar para el diseño del sistema, dando a conocer que dentro de los más utilizados, se encuentran los siguientes:

Método de parada fija o de esquina: Es aquel que recoge los residuos en las esquinas de las calles, previo al sonido de la campana del camión recolector. Este tipo de método es uno de los más económicos, sin embargo, la desventaja que presenta es que al no haber quien saque la basura podría existir una acumulación.

Método de acera: Consiste en que los trabajadores de la cuadrilla recojan la basura, la cual debe estar colocada en frente de cada domicilio por lo que cada sector debe contar con un horario y una frecuencia definidos para que la ciudadanía pueda sacar sus bolsas en el momento preciso.

Método de contenedores: Es idóneo para los grandes generadores de basura; hoteles, mercados, hospitales, industrias, tiendas de autoservicio, etc., siendo necesario su recolección oportuna para evitar problemas de contaminación.

Dentro del cantón de Azogues, los métodos antes mencionados son utilizados de manera indistinta para la recolección de residuos sólidos. Cabe indicar que, para el método de contenedores, estos son ubicados en puntos estratégicos, para aquellas



familias que por condiciones viales inadecuadas se les dificulta el acceso de los vehículos recolectores a sus viviendas.

SEDESOL- Manual Técnico sobre Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos Municipales

El manejo de los residuos sólidos urbanos es uno de los problemas ambientales que han dificultado la gestión adecuada por parte de las municipalidades de los estados en México. Sin embargo, Betanzo et al. (2016) menciona algunos antecedentes que dan a conocer acciones realizadas en la gestión de los residuos sólidos municipales, mismas que datan del año 1985, cuando se realizó un estudio por parte del Instituto Nacional de Ecología, sobre el estado en curso del manejo y disposición final de los residuos sólidos. Posterior a ese documento, dependencias como la Secretaría de Desarrollo Social- SEDESOL iniciaron programas y establecieron normas, reglamentos y leyes para el manejo de los residuos sólidos en el país. Una de ellas es la publicación del Manual Técnico sobre Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos, en paralelo con el manual Técnico-Administrativo para el Servicio de Limpia Municipal.

Según menciona la SEDESOL (2001) en el apartado de la problemática, para conseguir un manejo adecuado de los residuos sólidos es fundamental contar con una participación activa de la población. Siendo relevante además disponer de información actualizada respecto a posibles soluciones y tácticas a seguir para disminuir el impacto que ocasionan los residuos sólidos al medio ambiente que partan de un diagnóstico oportuno y adecuado. Las autoridades como tal son las encargadas de elaborar las guías respectivas. El Manual Técnico sobre Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos Municipales presenta las pautas a seguir, para una correcta planeación de las acciones entre los agentes involucrados en la prestación del servicio del aseo urbano.



3. ESTADO DEL ARTE

En la actualidad existen diferentes alternativas tecnológicas que contribuyen a la generación de las rutas de manera óptima en la etapa de recolección de residuos sólidos, ya sea a través de ecuaciones, algoritmos y herramientas de Sistemas de Información Georeferencial - SIG, proceso que anteriormente los encargados lo realizaban de manera intuitiva y poco profesional. ArcGis, es una de las herramientas de SIG, que se emplea en investigaciones como, la de Araiza y José (2015), Cusco y Picón (2015), Endara (2017); Castellanos y Mejía (2018), en las que se obtiene como resultado la optimización del recorrido (reducción de paradas, mayor cobertura del servicio) y disminución del consumo de combustible lo que permitió la reducción de la emisión de gases contaminantes. Sin embargo, cabe recalcar que otros trabajos de investigación similares al desarrollado utilizan la metodología planteada en el manual de la SEDESOL para el diagnóstico de rutas de recolección óptimas tal es el caso de Betanzo et al. (2016) y Martínez (2018).

La investigación de Araiza y José (2015) realizada en las localidades del municipio de Villaflores, Chiapas; tuvo como finalidad mejorar el sistema de recolección de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU). La herramienta de análisis principal utilizada es Network Analyst de ArcGis, misma que emplea el algoritmo de Dijkstra buscando definir trayectorias más cortas. La metodología está enmarcada en tres etapas, siendo estas: recolección de datos, construcción de redes y análisis SIG. En la primera etapa, se construye una base de datos (espacial/atributos). Mientras que, en la segunda etapa, se modifica los atributos a la red vial, para generar las redes de transporte. En la tercera etapa, se crean nuevas rutas mediante la opción específica de ruteo disponible, la de “New Vehicle Routing Problem”. Posterior a ello, se realiza una comparación de la situación actual y la situación mejorada. Como resultados, obtuvieron una reducción del número de paradas de colecta, de 203 paradas a tan solo 89 y sobre las cantidades



recolectadas, estas pasarían de 15,00 t/semana en la situación actual, a 37,91 t/semana en promedio para la situación mejorada.

Cusco y Picón (2015) en su trabajo señalaron como propósito optimizar las rutas de recolección de residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Cuenca, mediante el uso de herramientas SIG. La metodología consta de tres pasos: en el primer paso, identifican las rutas de recolección actuales, en el segundo paso, utilizan el software de Network Analyst de ArcGis para el trazado de las rutas y la optimización de las mismas. Como último paso se realizó la comparación entre las rutas actuales y las nuevas rutas optimizadas. En este estudio obtuvieron como resultados una reducción en el número de rutas pasando de 48 a 19, dando lugar a opciones de mejora para acortar el tiempo de recolección, ajustar la carga laboral a cada cuadrilla de trabajadores y disminuir el consumo de combustible, logrando la reducción de gases contaminantes.

El estudio realizado en la parroquia de Sangolquí, por Endara (2017) tuvo como objetivo determinar si las rutas son óptimas o no. La metodología utilizada se dividió en 3 fases. En la primera fase, se recopila información de la empresa Rumiñahui – Aseo EPM y del GAD Rumiñahui. En la segunda fase, se realizan distintas acciones; tales como: la georeferenciación de los contenedores e islas ecológicas, también se efectúa la verificación del estado físico de cada recolector, vías, tachos, y el cumplimiento de las rutas de recolección. Mientras que, en la tercera fase, se realiza el análisis de los datos obtenidos en campo. Siendo éstos, necesarios para el cálculo de las rutas óptimas mediante la herramienta Network Analyst de Arcgis. Dentro de los resultados obtenidos, se mejoraron las rutas, en base a distancias, adicionalmente se disminuyó los gastos de recolección de los desechos sólidos.

Castellanos y Mejía (2018) en su estudio efectuado en el cantón Riobamba, se proyectó optimizar la distancia del recorrido y el tiempo empleado en la recolección. Para cumplir con el objetivo propuesto, primero se realizó un diagnóstico de la situación actual, para ello se empleó fichas de observación, entrevistas y encuestas.



Posteriormente, se diseñó las nuevas rutas, a través de la extensión de Network Analyst del software ArcGis 10.5; seguidamente se realizó una georeferenciación, y el Network Dataset para la modelación de las redes de transporte. Finalmente, se aplicó la herramienta Vehicle Routing Problem (VRP), dando como resultado nuevas rutas para el servicio de recolección. Los beneficios logrados fueron una optimización del recorrido en un 7,09%; con ello se disminuyó el tiempo de recorrido en un 29,84%; además de un ahorro económico en concepto de consumo de combustible en un 19,76%.

Henao y Piedrahita (2015) mencionan como objetivo minimizar la distancia total recorrida durante la recolección de residuos sólidos en el municipio de Zarzal en Colombia, mediante la creación de un modelo de grafos empleando el algoritmo del cartero chino. Su proceso se basó en tres fases: I) caracterización del sistema de recolección de residuos sólidos, II) cálculo de la distancia de cada ruta y III) programación, aplicando métodos de *“barrido y pétalos”*. En el primer método se trabajó en Excel, aplicando el modelo de macroruteo, que genera varias rutas posibles y con el segundo método se define la mejor macroruta, la cual sirve como insumo para la definición de microrutas mediante el empleo del algoritmo del cartero chino, éste ayuda a determinar los recorridos específicos que deben cumplir diariamente los choferes. Una vez obtenidos los resultados, se compararon con los resultados actuales de la empresa de Aseo Proactiva S.A. En este estudio se puede observar claramente un beneficio representado por un ahorro en la distancia obtenida y un ahorro en costos de recorrido.

Ruiz y Vidal (2016) en su trabajo buscaron implementar el modelo de optimización en el sistema de recolección en el Distrito de Reque de Chiclayo. Primero, realizaron encuestas. Posterior a ello, analizaron los datos mediante el Software estadístico (SPSS Statistics). Incluso, manejan el complemento SOLVER de GRAFOS para elaborar las simulaciones que se construyen empleando el método del Agente Viajero TSP. Para la optimización de las rutas, la metodología se dividió en dos partes: la sectorización, donde determinaron tanto el número de



rutas como los recursos necesarios para ejecutarlas mediante la maximización de la capacidad de vehículos disponibles. Como resultado se pudo evidenciar un incremento óptimo del 100% en la eficiencia del servicio en el Distrito.

En el artículo de Betanzo et al. (2016) se realizó la valoración del sistema de recolección de residuos sólidos urbanos de Santiago de Querétaro, México. En la metodología emplean el Manual Técnico sobre Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos desarrollado por la SEDESOL. Durante la evaluación se determina la variación de los recorridos planeados contra los reales, ya que instalaron los dispositivos GPS a bordo de los camiones para monitorear las 71 rutas. Luego de ello, emplearon la formulación matemática de la SEDESOL para evaluar los principales parámetros operativos y determinar el nivel de eficiencia de las rutas actuales. También realizaron el análisis de costos de operación, que lo ejecutaron tomando en cuenta variables tales como: salarios, combustibles, llantas, lubricantes, mantenimiento y reparación de vehículos. Para ello, utilizaron el programa VOCMEX. Los resultados mostraron las ventajas de utilizar un equipo tecnológico de bajo costo y la importancia de incorporar la tecnología para sustentar cambios en áreas de costo críticas.

Por otra parte, Martínez (2018) en su trabajo realizado en la ciudad de Tulcán, planteó como objetivo establecer una propuesta de rediseño de macro y microrutas de recolección. El estudio contó con la información del GAD Municipal y también con los datos de la aplicación de encuestas a la ciudadanía, la misma información que se empleó en la determinación de los parámetros necesarios para el diseño de rutas, que están basados en su caracterización, producción per cápita y peso específico. En la parte final de la investigación para el diseño de las macro rutas, se consideró la metodología descrita en el Manual de la SEDESOL, mientras que para el diseño de microrutas se estableció en base a la metodología propuesta por el Dr. Kunitoshi Sakurai. Una vez concluido el cálculo, el nuevo sistema proponía el diseño de tres macrorutas residenciales divididas en seis zonas operativas.



Tabla 2

Estudios Referenciales

Autor	Herramientas informáticas utilizadas	Procedimiento	Resultado
Araiza y José (2015)	- de ArcGis	La metodología está enmarcada en tres etapas. En la primera etapa, construyen una base de datos (espacial/atributos). Mientras que, en la segunda etapa, modificaron los atributos a la red vial, para generar las redes de transporte. En la tercera etapa, crean nuevas rutas mediante la opción específica de ruteo disponible, la de "New Vehicle Routing Problem".	Reducción de número de paradas de 203 a tan solo 89.
Cusco y Picón (2015)	-Software de enrutamiento de Network Analyst de ArcGis	La metodología consta de tres pasos: en el primer paso, identifican las rutas de recolección actuales, en el segundo paso, utilizan el software de Network Analyst de ArcGis para el trazado de las rutas y la optimización de las mismas. Como último paso se realizó la comparación entre las rutas actuales y las nuevas rutas optimizadas.	-Reducción de número de paradas pasando de 48 a 19. -Acortar tiempo de recolección. -Disminuir consumo de combustible. -Reducción de gases contaminantes.
Endara (2017)	-Extensión Network Analyst del	La metodología utilizada se dividió en 3 fases. En la primera fase, denominada de gabinete inicial I, se recopila información de la empresa	-Se mejoraron las rutas, en base a distancias.



Software ArcGis. Rumiñahui – Aseo EPM y del GAD Rumiñahui. En la segunda fase, se realizan distintas acciones; tales como: la georeferenciación de los contenedores e islas ecológicas, también se efectúa la verificación del estado físico de cada recolector, vías, tachos, y el cumplimiento de las rutas de recolección. En la tercera fase, la del gabinete final II, se realiza el análisis de los datos obtenidos en campo. Siendo estos necesarios para el cálculo de las rutas óptimas mediante la herramienta Network Analyst de Arcgis. -Disminuyó los gastos de recolección de los desechos sólidos

Castellos y Mejía (2018) Extensión de Network Analyst del software ArcGis 10.5 Para cumplir con el objetivo propuesto, primero se realizó un diagnóstico de la situación actual, para ello se empleó fichas de observación, entrevistas y encuestas. Posteriormente, se diseñó las nuevas rutas, a través de la extensión de Network Analyst del software ArcGis 10.5; seguidamente se realizó una georeferenciación, y el Network Dataset para la modelación de las redes de transporte. Finalmente, se aplicó la herramienta Vehicle Routing Problem (VRP), -Disminuyó el tiempo de recorrido en un 29,84%. -Ahorro económico en concepto de consumo de combustible en un 19,76%. -Se redujo considerablemente las emisiones de CO2 y otros gases contaminantes



		dando como resultado nuevas rutas para el servicio de recolección.	
Henao y Piedrahita (2015)	-Excel aplicando método de barrido y pétalos.	Su proceso se basó en tres fases: I) caracterización del sistema de recolección de residuos sólidos, II) cálculo de la distancia de cada ruta y III) programación, aplicando métodos de "barrido y pétalos". En el primer método se trabaja en Excel, aplicando el modelo de macroruteo, que genera varias rutas posibles y con el segundo método se define la mejor macroruta, la cual sirve como insumo para la definición de microrutas mediante el empleo del algoritmo del cartero chino, éste ayuda a determinar los recorridos específicos que deben cumplir diariamente los choferes.	Ahorro en la distancia obtenida y un ahorro en costos de recorrido.
Ruiz y Vidal (2016)	-Software Estadístico SPSS Statistics -Excel	Para la metodología se emplea el Software estadístico (SPSS Statistics). De igual forma, manejan el complemento SOLVER de GRAFOS para elaborar las simulaciones que se construyen empleando el método del Agente Viajero TSP. Para la optimización de las rutas la	Incremento óptimo del 100% en la eficiencia



		metodología se dividió en dos partes: la sectorización, donde determinaron tanto el número de rutas como los recursos necesarios para ejecutarlas mediante la maximización de la capacidad de vehículos disponibles.	
Betanzo et al. (2016)	-Programa VOCMEX para analizar costos	En la metodología emplearon el Manual Técnico sobre Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos desarrollado por la SEDESOL. Durante la evaluación se determina la variación de los recorridos planeados contra los reales. Luego de ello, emplearon la formulación matemática de la SEDESOL para evaluar los principales parámetros operativos y determinar el nivel de eficiencia de las rutas actuales. También realizaron el análisis de costos de operación, que lo ejecutaron tomando en cuenta variables tales como: salarios, combustibles, llantas, lubricantes, mantenimiento y reparación de vehículos.	Importancia de incorporar la tecnología para sustentar cambios en áreas de costo críticas para fines de planeación, operación y control.

Nota. Fuente: Elaboración Autoras



El GAD Municipal de Azogues para una adecuada prestación del servicio de recolección de residuos, está regido y enmarcado por un conjunto de normativas y ordenanzas establecidas por los diferentes entes gubernamentales del país; que a continuación se describen:

NORMATIVA

Constitución del Ecuador 2008

Dentro de la Ley Suprema gobernante en el país, señala en los artículos 14 y 66, garantizar el derecho de la ciudadanía de tener una vida digna, asegurando un adecuado saneamiento ambiental, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir. Mientras que en los artículos 264 y 415, expresan que es competencia de los GADs la prestación de servicios públicos tal como el manejo de desechos sólidos, la implementación de programas de reciclaje, tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos (Asamblea Nacional, 2008).

Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización -COOTAD

Los artículos 55, 136 y 137 establecen que, es responsabilidad de los GADs Municipales llevar a cabo sistemas de gestión integral de desechos, a fin de evitar la contaminación en fuentes de agua. Para ello se definirán precios y tarifas equitativas a favor de los sectores con menores recursos económicos, determinando mecanismos de regulación y control, en el marco de las normas nacionales (Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización, 2015).

Respecto a modalidades de gestión, se indica que:

“Los GADs regional, provincial distrital o cantonal podrán prestar los servicios y ejecutar las obras que son de su competencia en forma directa, por contrato, gestión compartida por delegación a otro nivel de gobierno o cogestión con la comunidad y empresas de economía mixta”(Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización, 2015, art.275).



De igual manera se expresa que: “Las tasas serán reguladas mediante ordenanzas, cuya iniciativa es privativa del alcalde municipal o metropolitano, tramitada y aprobada por el concejo, para la prestación de los siguientes servicios:...d) Recolección de basura y aseo público... ”(Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización, 2015, art 568).

Ley Orgánica de la Salud

En lo dispuesto en los artículos 97, 98 y 100, mencionan que la Autoridad Sanitaria Nacional dictará las normas y promoverá programas para el manejo de todo tipo de desechos y residuos que afecten la salud humana en coordinación con entidades públicas o privadas. Siendo encargados los municipios del proceso de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de desechos (Ministerio de Salud Pública, 2015).

ORDENANZAS

Se mencionan varias ordenanzas referentes a la gestión ambiental, así como al adecuado manejo de residuos sólidos.

Ordenanza de creación de la unidad de gestión ambiental de la I. municipalidad de Azogues, 2002

Según la Ordenanza de creación de la Unidad de Gestión Ambiental citado en Uguña y Guncay (2017), indica:

La Unidad de Gestión Ambiental como una entidad pública descentralizada del Gobierno Autónomo Municipal de Azogues, que tiene como responsabilidad coordinar, gestionar y liderar la Gestión Ambiental, una de sus competencias es ejercer como Autoridad Ambiental. La Unidad de Gestión Ambiental tiene los siguientes propósitos:



- 1) Proteger el entorno natural, social y cultural, especialmente los recursos básicos que son la fuente de la supervivencia, se tratan del agua, aire y el suelo.
- 2) Impulsar la explotación racional de los recursos naturales con el fin de contribuir el desarrollo sostenible de la ciudad.
- 3) Controlar las actividades económicas que generen residuos sólidos y contaminen el medio ambiente, ya sean ocasionados por fuentes fijas y móviles. (p.33)

Ordenanza sustitutiva para la gestión integral de desechos sólidos en el cantón Azogues, 2008

Por otra parte el Ilustre Concejo Municipal de Azogues (2008), indica que:

Art. 4.- La recolección y transporte de los desechos sólidos (orgánicos, inorgánicos, materiales reciclables y desechos biopeligrosos) es obligación de la Municipalidad con las Instituciones públicas y privadas, y con la participación de la ciudadanía en general. (p.2)

Art. 5.- La separación en origen de los desechos sólidos tanto orgánicos, inorgánicos, como materiales reciclables es obligación de las instituciones públicas y privadas, así como de la ciudadanía, previa su entrega a los vehículos recolectores en los horarios y frecuencias establecidas para cada sector de la ciudad. (p.2)

Art. 8.- La disposición final y tratamiento de los desechos sólidos en general es obligación de la Municipalidad, a través de la Dirección de Higiene o Empresa correspondiente. (p.2)

Art. 13.- Toda persona que proceda a sacar los desechos sólidos (orgánicos e inorgánicos) debe depositarlos en la acera de su domicilio o negocio en la hora establecida para su sector para que sean recogidos por los vehículos recolectores, y debe realizarlo en la siguiente forma:



En fundas plásticas de color negro para los desechos inorgánicos y de color verde para los desechos orgánicos. Las bolsas de plástico serán sustituidas por otras de materia biodegradable cuando la realidad tecnológica y económica lo permita. (p.4)

Art. 27.- Queda prohibido entregar basuras y residuos al personal encargado del barrido de las calles. (p.6)

Art. 51.- Los rellenos sanitarios para la disposición final de los desechos sólidos urbanos son de exclusiva competencia municipal, y en cuanto a su situación, instalación, forma de vertido y funcionamiento se dará cumplimiento a las disposiciones en la legislación vigente. (p.9)

Art. 64. Control. - La Dirección de Higiene con el apoyo de Comisaría Municipal controlará el cumplimiento de esta ordenanza y normas conexas; la comisaría juzgará y sancionará a los infractores conforme a lo establecido en la ley y en general tomarán todas las medidas para mejorar el aseo y limpieza de la ciudad. El control se realizará también por parte de los Inspectores de Higiene, Policía Municipal, autoridades competentes y los veedores cívicos ad honórem. (p.11)

Ordenanza sustitutiva que establece el cobro de la tasa por el servicio de aseo público y recolección de desechos sólidos en el cantón Azogues, 2016

Tiene como objetivo definir un sistema de aseo público, que permita a la ciudad y los centros poblados de sus parroquias, mantener la higiene necesaria y garantizar la salud de los que habitan en su jurisdicción. A su vez determinar la tasa con la que el GAD Municipal, retribuirá el costo por el servicio de barrido de calles, recolección de desechos sólidos y disposición final de las mismas que se generen en el cantón (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Azogues, 2016).

De esta forma, se puede resumir que la gestión integral de los residuos sólidos dentro del cantón Azogues corresponde al Departamento de Gestión Ambiental del



GAD Municipal, mismo que será responsable de la recolección, transferencia y disposición final de los mismos, señalando además que es deber de la ciudadanía en general separar los desechos sólidos en su fuente de origen para facilitar la labor de recolección, en los horarios y frecuencias establecidas. A su vez está definida una tasa de cobro para ofrecer un mejor servicio en el manejo de residuos sólidos en el cantón. El cumplimiento de las normas y ordenanzas está sujeto a control, por lo que en caso de incumplir con las mismas habrá sanciones.

4. METODOLOGÍA

El tipo de investigación empleada es una investigación cuantitativa de corte transversal, que permite utilizar magnitudes numéricas para definir ciertos datos o cantidades con las que se trabaja. Además, se utiliza el método empírico - analítico, puesto que permite analizar los resultados obtenidos mediante la observación directa y cálculos matemáticos realizados, para posteriormente definir los rangos de variación de las rutas.

La metodología a aplicar está basada en el manual de la SEDESOL, el cual considera todo el proceso relacionado sobre Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos Municipales planteando una formulación matemática, la misma que servirá para medir el rango de variación de las rutas, es decir el tiempo que tarda el vehículo recolector en cubrir la ruta. Esta formulación se analizará bajo 3 escenarios posibles en el diseño de las macro rutas de recolección, cuyo objetivo es cuantificar las rutas para determinar si se acercan o no al marco de referencia establecido teóricamente (0%).

Siguiendo a la SEDESOL (2001) el método de diseño de rutas emplea los parámetros contenidos en la siguiente ecuación (ver ecuación 1):

$$L = \frac{P}{d} = \frac{T(r)}{60} = \frac{a(T)r}{60} \quad (1)$$



Donde:

- L = Longitud o distancia del recorrido del camión en cada ruta (km).
- P = Población (Cantidad de habitantes) de la zona que atenderá un vehículo recolector en cada ruta (hab).
 - d = Densidad de población (hab/km). Indica el número de habitantes que residen a lo largo del recorrido que realiza el camión recolector dividido para la cantidad de km recorridos.
 - r = Velocidad de avance del vehículo durante la recolección, considerada como una constante en los países latinoamericanos (entre 1.5 y 1.9 km/h).
 - a = Proporción de distancia productiva en relación a la distancia total, es la distancia en la que el camión realiza el trabajo de recolección y depósito de los residuos en el relleno sanitario (entre 0.9 y 0.6).
 - T = Tiempo disponible para la recolección (min).

Como lo indica Betanzo et al. (2016) esta ecuación expresa una condición de equilibrio entre los recorridos productivos e improductivos (internos y externos a la ruta) de manera que la condición ideal derivada sea la siguiente (ver ecuación 2):

$$\frac{P}{d} = \frac{a(T)r}{60} \quad (2)$$

Sin embargo, es recomendable incrementar los valores de “a” considerando como restricción el tiempo total de la jornada de trabajo, de forma que se incrementen las distancias productivas tanto como sea posible, provocando a su vez una reducción de las distancias improductivas, obteniendo lo siguiente (ver ecuación 3).

$$\frac{P}{d} > \frac{a(T)r}{60} \quad (3)$$



En caso de que en la ecuación anterior el resultado sea distinto al esperado, se deberá realizar un ajuste para que los recorridos tiendan a la igualdad, ya que la jornada laboral no es suficiente para completar el ciclo, obteniendo la ecuación 4.

$$\frac{P}{d} < \frac{a(T)r}{60} \quad (4)$$

Adicionalmente se dispone de las siguientes ecuaciones para determinar el número de vehículos requeridos de acuerdo al sector a cubrir, cantidad de casas que se atenderá por vehículo, el tamaño de la cuadrilla o personal requerido y la eficiencia del sistema, con las cuales también se podrán obtener otras variables.

Por tanto, para estimar la cantidad de vehículos o zonas por cubrir, se tiene (ver ecuación 5):

$$N_v = \frac{G \times P \times 7 \times Fr \times K}{N \times C \times dh} \quad (5)$$

Donde:

- N_v = Número de vehículos necesarios o zonas en que se dividirá el sector.
- G = Producción de residuos sólidos en kg/hab/día; se obtiene a partir de una muestra e incluye un porcentaje adicional por residuos no domésticos.
- P = Población de diseño en habitantes.
- N = Número de viajes por vehículo por jornada normal de trabajo.
- C = Capacidad útil de vehículo en kg.
- $7/dh$ = Relación que toma en cuenta los residuos sólidos generados entre los días que se trabaja.
- Fr = Factor de reserva, 1.07 a 1.20 según el estado, edad promedio y mantenimiento de la flotilla.
- K = Factor de cobertura, 1.00 en sectores céntricos, disminuyendo en periferia.



Por su parte para determinar la cantidad de casas por semana que podrá atender un vehículo (ver ecuación 6):

$$U = \frac{N \times C \times F}{Hc \times G} \quad (6)$$

Donde:

- U = Usuarios servidos por el vehículo en una jornada normal de trabajo.
- N = Número de viajes que puede realizar el vehículo en la jornada.
- C = Capacidad del vehículo, en kg.
- F = Frecuencia de recolección.
- Hc = Habitante promedio por casa o vivienda.
- G = Producción de residuos sólidos en kg /hab/día.

El tamaño de la cuadrilla de hombres (ver ecuación 7):

$$Nr = \frac{N \times C}{R \times H} \quad (7)$$

Donde:

- Nr= Número de recolectores.
- N= Número de viajes que puede efectuar el vehículo durante la jornada normal de trabajo.
- C= capacidad útil del vehículo en kg.
- R= rendimiento en kg/hombre-hora.
- H= duración de la jornada normal en horas.

Para determinar la eficiencia del sistema además de la distancia que recorre cada vehículo en una ruta se analiza la igualdad presentada (ver ecuación 8):



$$P \times G \times (G/F) = N \times C \quad (8)$$

- $P \times G$ = Producción de residuos sólidos por día en la zona elegida
- G/F = El número de días que transcurren entre dos recolecciones, si no considera lo que ocurre los días domingos y se trabaja seis días por semana.
- $N \times C$ = Cantidad de residuos sólidos que puede recoger el vehículo.

Proceso metodológico

La metodología empleada en la investigación considera 4 fases:

- La primera fase corresponde al levantamiento de información
- Una segunda fase, en la que se realiza el análisis de los cálculos generales de las rutas, para determinar si los resultados de la operación se acercan a lo establecido teóricamente.
- En la tercera fase, se determinan los problemas actuales, y los inconvenientes de los resultados obtenidos de las rutas objeto de estudio.
- Finalmente, se establece una propuesta para mejorar las rutas considerando sectores, vehículos y personal.

Adicionalmente se ha realizado un breve análisis comparativo de costos para determinar el mejoramiento del sistema.

Es importante mencionar que el Departamento de Gestión Ambiental del GAD Municipal de Azogues, proporciono datos referentes al número de rutas existentes dentro del cantón, así como información relacionada al personal de recolección.

Dentro de la fase del levantamiento de información se utilizaron técnicas cuantitativas como las fichas de observación (Ver Anexo 1), que se realizaron juntamente con los choferes de los vehículos recolectores, así también se hizo uso de un software de navegación gratuito MapFactor Navigator, el mismo que facilitó



información importante de cada ruta, tales como: Longitud, Velocidad, Proporción de la distancia productiva y Tiempo disponible. Dicho software se maneja con offline mapas gratuitos de OpenStreetMap.

Una vez obtenidos los resultados en la formulación del modelo y en el caso de que las rutas actuales no sean eficientes, se procederá a analizar las razones por las cuales el sistema no es óptimo y tomar decisiones para mejorar las rutas, horarios y utilización del personal.

Datos y variables

Para el presente estudio, en el diagnóstico de las rutas, se utilizan variables necesarias para la aplicación de la formulación matemática propuesta por la SEDESOL. SEDESOL (2001) indica que dentro de las variables objeto de estudio se consideran:

- Longitud: distancia en Km recorrida por el camión recolector en cada ruta.
- Población: cantidad de habitantes que residen en la zona a la que atiende el carro recolector en una ruta.
- Densidad poblacional: número de habitantes que residen a lo largo del recorrido que realiza el camión recolector dividido para la cantidad de km recorridos.
- Velocidad de avance: es un valor estándar del recorrido que realiza un camión recolector de residuos y desechos.
- Proporción de la distancia productiva: es la distancia en la que el camión realiza el trabajo de recolección y depósito de los residuos y desechos en el relleno sanitario.
- Tiempo disponible para la recolección: cantidad de minutos en la recolección de los residuos y desechos en cada ruta.
- Rutas: número de rutas que se evalúan para recolectar residuos sólidos en las parroquias tanto urbanas como rurales.



Posterior a ello, para mejorar la eficiencia operativa en las rutas se hace uso de otras variables, tales como:

- Producción de residuos sólidos: hace referencia a la cantidad promedio de residuos que generan los habitantes diariamente.
- Capacidad útil de vehículo: es la cantidad de residuos tolerables que puede cargar la tolva del vehículo.
- Peso volumétrico compactado: es la relación entre el peso de los residuos y el volumen de carga del camión recolector, cuya unidad de medida es metros cúbicos.
- Rendimiento medido en kg /hombre-hora: Es el valor promedio de la cantidad de residuos sólidos que puede recolectar por cada hora.



5. RESULTADOS

Levantamiento de información

De acuerdo a los datos proporcionados por la Dirección de Higiene de la Municipalidad, conjuntamente los choferes con el supervisor de higiene, se han obtenido los datos que se presentan en el Anexo 2. En el Anexo 3 se presenta el levantamiento de datos (nombre de calles y sectores) de una de las rutas establecidas (Ruta residencial 1).

De acuerdo a éstos, se encuentra la información poblacional, en la que se considera únicamente la población dentro de las rutas que se incluyen para el presente estudio. Se ha podido obtener la cantidad de habitantes por casa, de acuerdo a la cantidad exacta de casas que se atiende en cada sector y por tanto al total de sectores atendidos (Ver anexo 2).

De los datos obtenidos, la población atendida en las rutas seleccionadas es de 43.642 habitantes.

Análisis cuantitativo

A continuación, se presentan los cálculos realizados en el año 2020 que permitirán obtener la data de las variables.

La cantidad de kg de residuos por habitante por día con los datos del Anexo 1 como sigue:

$$\text{Residuos por habitante por día} = \text{Residuos totales} / 7 \text{ días} / \text{No. De habitantes}$$

$$\text{Recopilación de residuos totales por semana} = 312.030 \text{ kg}$$

$$\text{Residuos por día} = 312.030 \text{ kg} / 7 \text{ días} = 44.575,71 \text{ kg} / \text{día}$$

$$\text{Residuos por habitante por día} = 1,0214 \text{ kg} / \text{hab./día}$$



Además, se estima el factor de cobertura, de reserva, del peso volumétrico compactado, rendimiento por hombre y volumen de la caja, de acuerdo a los datos proporcionados por la Dirección de Higiene.

En la mayoría de las rutas estudiadas existe una frecuencia de recolección de los residuos de tres días por semana por ende se considera como ideal mantener esta frecuencia en cada sector, con el fin de evitar acumulación tanto interna en los hogares, como externa. Para lo cual se trabaja con este primer supuesto.

Durante el tiempo que se realizó el levantamiento de información se pudo evidenciar que el número máximo de viajes en los sectores donde había una mayor acumulación de basura fue de 2, también hay que considerar que el relleno sanitario al cual se envía la basura es relativamente cercano pues la ciudad es pequeña, por ello se ha establecido un $N = 2$.

Por lo tanto, los datos que permitan estimar la cantidad de rutas que se requieren para cubrir todo el sector serán:



Tabla 3

Valores y parámetros de medición para la obtención de datos primarios necesarios

Símbolo	Significado	Valor	Unidad de Medida
P	Población	43.642	Habitantes
Hc	Habitantes promedio por casa	4	Habitantes por casa
F	Frecuencia de recolección	3/7	Días por semana
H	Duración de la jornada	8	Horas
G	Generación de residuos sólidos	1,021394856	Kg/hab/día
K	Factor de cobertura	1	
Fr	Factor de reserva	1,1	
Pv	Peso volumétrico compactado	475	kg/m ³
R	Rendimiento	425	kg/hombre/hr
N	Número de viajes	2	
Dh	Días útiles en los que se recolecta	6	Días
V	Volumen de la caja	12	m ³

Nota. Fuente: Elaboración autoras en base al análisis de los datos levantados y el diagnóstico

De estos datos se obtiene la capacidad del vehículo en kg (C) como sigue:

$$C = V \times P_V = 12 \times 475 = 5.700 \text{ kg}$$

Con estos datos es posible calcular el número de vehículos o zonas que se requiere cubrir en un momento dado:

Número de vehículos/zonas por cubrir

$$N_V = \frac{G \times P \times F \times Fr \times K}{N \times C \times dh} = \frac{1,021394856 \times 43642 \times 7 \times 1,1 \times 1}{2 \times 5.700 \times 6}$$

$$N_V = 5,01$$

Esto implica 5 zonas, 5 vehículos para una recolección de acuerdo a los valores de generación de residuos, cantidad de viajes y la población actual.



La cantidad de casas por semana que podrá atender un vehículo será:

$$U = \frac{N \times C \times F}{H_c \times G} = \frac{2 \times 5700 \times 3/7}{4 \times 1,021394856}$$

$$U = 1.196 \text{ casas por semana}$$

El tamaño de la cuadrilla de hombres será:

$$Nr = \frac{N \times C}{R \times H} = \frac{2 \times 5.700}{425 \times 8}$$

$$Nr = 3,35 \approx 3 \text{ hombres}$$

La cuadrilla podría contar con 3 trabajadores.

Tamaño de las rutas estimado

Para determinar la eficiencia del sistema además de la distancia que recorre cada vehículo en una ruta se analiza la igualdad:

$$P \times G \times (G/F) = N \times C$$

Por tanto, se puede calcular el número de habitantes atendidos por ruta con las actuales características de atención.

$$P = \frac{2 \times 5.700}{1,0214 \times 2} = 5.580,6 \text{ habitantes}$$

Para estimar el tamaño de las rutas y comparar con la realidad actual se tiene la siguiente igualdad:

$$\frac{P}{d} = \frac{a(T)r}{60}$$

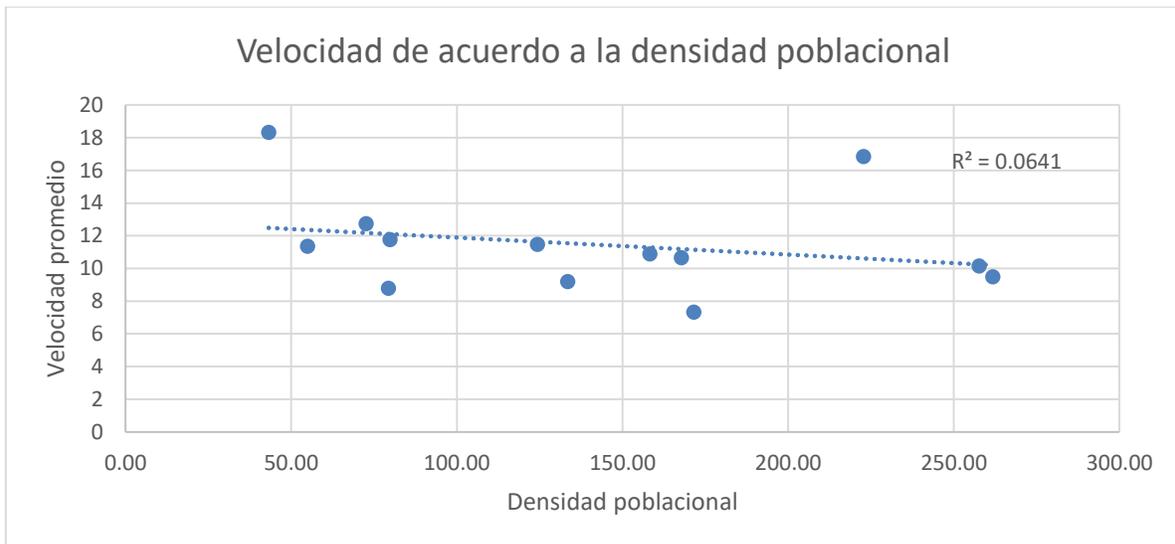
Es necesario disponer de sus valores. Tanto la distancia productiva, como la densidad y velocidad promedio se obtienen de los datos levantados (Anexo 1).



De acuerdo a la recomendación del modelo SEDESOL, se puede considerar una velocidad de acuerdo a la densidad, pero si no existe una tendencia clara se puede realizar un análisis de la velocidad promedio del vehículo.

Se realizó un análisis de la velocidad de acuerdo a la densidad obteniéndose el siguiente gráfico para observar la correlación.

Figura 3: Velocidad de acuerdo a la densidad poblacional



Elaboración: Autoras

Se puede observar que no existe una tendencia clara, del valor r^2 obtenido = 0,064; factor que alcanza un valor de 0,25 de correlación de Pearson, lo que implica que no existe una correlación significativa y por lo tanto no se puede afirmar una dependencia de la velocidad de acuerdo a la densidad de la ruta, razón por la cual se tomará valores promedio de la ruta.

Haciendo uso de los datos disponibles (Ver Anexo 1) se obtiene lo siguiente:



Tabla 4

Valores y parámetros de medición para el diagnóstico de las rutas

Símbolo	Descripción	Valor	Unidad de medida
t	Tiempo disponible	480	Min
r	Velocidad del avance	10,89	Km / h
d	Densidad de población	146,19	Hab / km
a	Distancia productiva	0,63	

Nota. Fuente: Elaboración autoras en base al análisis de los datos levantados y el diagnóstico

Por tanto, un primer cálculo general de una ruta media obtendría los siguientes valores.

$$\frac{P}{d} = \frac{5.580}{146,19} = 38,17 \text{ km que se debe cubrir con la población y densidad existente}$$

$$\frac{a(T)r}{60} = \frac{0,63 (480) 10,89}{60} = 55,21 \text{ km se pueden cubrir con la actual capacidad}$$

Con ello, $38,17 < 55,21$, indicando que se alcanza a cubrir el requerimiento y aún existe sobra de tiempo o se puede trabajar a una velocidad menor, por lo que se pueden atender áreas con menor densidad con lo cual toma más tiempo y se puede hacer un mejor uso del equipo y el personal.

Hay que tomar en cuenta que actualmente hay áreas donde la densidad poblacional alcanza hasta 40 hab/km por lo que en esos casos será necesario incrementar la velocidad.

Para determinar correctamente la situación en cada ruta, se realiza un análisis de la distancia por ruta de acuerdo a la cantidad poblacional actual, su densidad, velocidad actual en cada sector, distancia productiva permite obtener lo siguiente:

Tabla 5: *Datos para el cálculo de las variaciones*

Rutas	Tiempo real de duración de la ruta /min (t)	Población promedio/hab (p)	Densidad Poblacional (d)	Velocidad promedio en la ruta (r)	Proporción de la distancia productiva (a)
Residencial 1	243,20	3764	133,48	9,2	0,70
Vespertino 1	163,75	3491	167,83	10,66	0,56
Comercial 1	143,00	5144	257,72	10,15	0,58
Comercial 2	128,00	4926	261,78	9,5	0,57
Residencial 2	211,00	4148	171,57	7,34	0,65
Recorrido San Pedro	176,50	2295	79,82	11,78	0,57
Vespertino 2	119,00	1056	79,37	8,80	0,47
Recorrido Zhindilig	75	2556	222,80	16,85	0,43
Residencial 3	270,2	6624	158,26	10,9	0,65
Vespertino 3	108,33	1627	43,22	18,33	0,72
Periférico 1	248,00	3291	72,65	12,74	0,72
Periférico 2	265,25	5616	124,39	11,48	0,79
Periférico 3	229,67	2411	54,96	11,37	0,75

Nota. Fuente: Elaboración autoras en base al análisis de los datos levantados y el diagnóstico

Con estos valores se obtiene el resultado de cada una de las rutas en relación a distancia (análisis de la igualdad).



Tabla 6

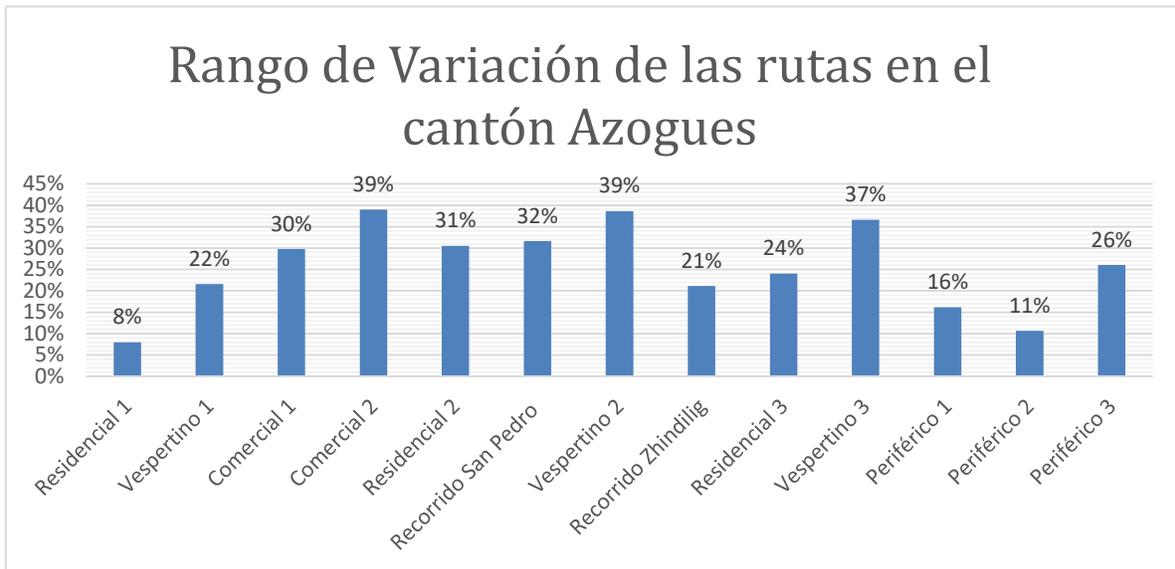
Rango de variación de las rutas, objeto de estudio

Rutas	P/d	(a*t*r)/60	P/d > (a*t*r)1 /60	- (P/d > (a*t*r) /60)	>Rango de Variación
Residencial 1	28,20	25,95	0,92	0,08	8%
Vespertino 1	20,80	16,30	0,78	0,22	22%
Comercial 1	19,96	14,02	0,70	0,30	30%
Comercial 2	18,82	11,48	0,61	0,39	39%
Residencial 2	24,18	16,79	0,69	0,31	31%
Recorrido Pedro	San28,75	19,66	0,68	0,32	32%
Vespertino 2	13,30	8,16	0,61	0,39	39%
Recorrido Zhindilig	11,47	9,05	0,79	0,21	21%
Residencial 3	41,85	31,78	0,76	0,24	24%
Vespertino 3	37,64	23,85	0,63	0,37	37%
Periférico 1	45,30	37,99	0,84	0,16	16%
Periférico 2	45,15	40,32	0,89	0,11	11%
Periférico 3	43,87	32,44	0,74	0,26	26%

Nota. Fuente: Elaboración autoras



Figura 4: Rango de variación de las rutas, objeto de estudio



Elaboración: Autoras

En este análisis se observa que en todos los casos la distancia real es menor a la distancia productiva y a su vez se observan algunos valores de proporción bajos, lo cual indica la necesidad de mejorar la distancia productiva.

Este análisis muestra los parámetros generales de las rutas, por lo que a continuación se realiza un análisis de la situación actual y los problemas observados, que son la base para la reorganización y propuesta a realizarse.



Tabla 7

Matriz de las rutas actuales, con horarios y períodos de recolección

		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
8:00	Residencial 1	X		X		X	
	Residencial 2		X		X		X
	Residencial 3	X		X		X	
	Periférico 1	X			X		
	Periférico 2		X			X	
	Periférico 3			X			
	San Pedro		X		X		
13:00	Vespertino 1	X			X		
	Vespertino 2		X			X	
	Vespertino 3			X			
	Zhindilig		X			X	
19:00	Comercial 1	X	X	X	X	X	X
	Comercial 2	X	X	X	X	X	X
	Cantidad de vehículos	3	4	3	3	4	2
	Cantidad de personal	12	12	12	12	12	8
	Horas hombre requeridas	96	96	96	96	96	64

Nota. Fuente: Elaboración autoras

En el gráfico y de la observación realizada se ha podido determinar que operan con las rutas mencionadas 3 o en ciertos casos 4 vehículos simultáneamente que cubren rutas independientes (13 rutas).

Una vez terminada la ruta el vehículo regresa al garaje y sale nuevamente en un siguiente horario para una nueva ruta. El primer grupo inicia alrededor de las 8:00h, el segundo grupo entre las 13:00h y existe un tercer grupo que realiza un recorrido entre las 19:00h.



En los diferentes horarios existe variabilidad en la cantidad de personal enviado, siendo entre 2 y 4 personas. Aunque existe un total de 12 personas contratadas para este servicio.

Problemas observados

Adicionalmente a la observación que se pudo hacer mediante los cálculos en la que existe un bajo nivel de eficiencia, se ha podido analizar lo siguiente, tanto en ámbitos cuantificables como en problemas observados:

- Existen 3 camiones recolectores que no están operables.
- Existe cambio de choferes por período de vacaciones 15 días (parroquias rurales) y licencia por paternidad (parroquias orientales), implicando el desconocimiento de las rutas por parte de los nuevos choferes y demora en el recorrido de las mismas.
- Los vehículos regresan al taller e inician una nueva ruta, esto crea un tiempo improductivo y mayor cantidad de kilometraje utilizado, generando mayor desgaste y combustible.

Análisis de la propuesta

Una vez obtenido los rangos de variación por cada ruta objeto de estudio, un análisis en el plano de las rutas, su recorrido, los sectores cubiertos y el análisis cuantitativo de la eficiencia, así como de las consideraciones necesarios para el establecimiento de rutas permite los siguientes hallazgos.

Consideraciones previas para el rediseño de las nuevas rutas

Considerando las reglas básicas para el diseño de rutas aplicable al caso de estudio se ha podido observar lo siguiente:

- Es necesario disminuir la distancia improductiva para mejorar la eficiencia del sistema.



- En calles pequeñas la recolección debe hacerse en ambos lados de la calle, mientras que en avenidas o vías amplias el vehículo recolecta en un solo lado y de regreso en el otro.
- En calles bastante angostas y/o pequeñas el vehículo esperará en la esquina para la recogida de los residuos.
- En la recolección a ambos lados de la calle es preferible realizar recorridos largos, en caso de recogida a un solo lado es preferible hacer giros constantes (Moreno y Arriaga, 2006).
- Hay que considerar además que mientras menor sea la cantidad de veces que se realiza la recolección es más económico, sin embargo, esto se debe equilibrar con la cantidad de basura acumulada, pues en caso de una recolección muy espaciada se disminuye la salubridad, el incremento de moscas y desechos informales.

Además, para el análisis y propuesta se han considerado: el tiempo utilizado actualmente en cada una de las rutas, relacionado al vehículo utilizado, los días de la semana de cada ruta, los tiempos perdidos entre ida al relleno y salida hacia la ruta.

Propuesta

- Reestructuración de rutas

De acuerdo a la problemática y los cálculos realizados, se ha utilizado el método empírico-analítico, a través del cual se considera obtener una mejora del sistema, que establece una reestructuración de las rutas actuales, variando tanto en las horas como en el recorrido realizado, optimizando así el uso de los vehículos, por ende, un menor desperdicio de tiempo y kilometraje recorrido.

De esta manera, se hará uso del tiempo completo del personal (8 h.) y se aprovechará la distancia del relleno sanitario a los nuevos horarios programadas para evitar la pérdida más larga de kilómetros improductivos de regreso al garaje.



Disminución de distancia improductiva. - Es necesario disminuir la distancia improductiva, esto se logrará en base a la continuidad del recorrido actual que se corta aun cuando no está lleno el camión, por lo que se han considerado rutas más amplias en las que se puede hacer dos recorridos con el vehículo lleno. El volumen de residuos puede variar día a día y existir días en los que la carga sea mayor, sin embargo, es más costoso establecer una holgura mayor para todos los días, que en días de carga excesiva realizar una descarga adicional o ruta adicional.

- Equipo de trabajo

Los cálculos han permitido determinar que se requiere 3 personas por vehículo para la recogida de desechos, sin embargo y considerando la realidad actual se ha establecido un equipo de 10 personas, lo cual implica que se utilizarán las 3 personas requeridas normalmente en cada una de las 3 rutas y se dispondrá de 1 persona más que trabajará indistintamente en la ruta que mayormente se requiera apoyo y de esta manera también disponer de un hombre adicional en caso de ausencia de alguno, permitiendo así mantener la eficiencia.

Disminución de horarios nocturnos. - Los horarios nocturnos se han podido detectar que no tienen razón adicional como por ejemplo interrupción de vías, pues la ciudad no es congestionada y menos las rutas que tienen este horario, por lo que la nueva organización de rutas no considera al personal nocturno evitando las horas de la noche y disminuyendo por tanto un grupo de 2 personas.

En la presente propuesta se plantean una reorganización de las rutas en un nuevo horario.

Cada ruta actualmente toma de 3 a 4 horas, con el ahorro de tiempo se estima que el trayecto completo serán aproximadamente 7 horas adicionalmente al tiempo de comida que se estima en 1 hora, por tanto, los vehículos se estiman estarán en el garaje a las 16:45 aproximadamente.



En consecuencia, cada vehículo realiza una ruta compuesta por 2 sectores de la manera que se observa en la matriz siguiente.

Tabla 8

Propuesta de las nuevas rutas en el cantón Azogues

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	
Vehículo 1	Horari						
	o						
	Rutas	Residenci al 1	Residenci al 2	Residenci al 1	Residenci al 2	Residenci al 1	Residenci al 2
	Horari						
	o						
	Rutas	Vespertino 1	Zhindilig	Periférico 3	Vespertino 3	Vespertino 1	Zhindilig
Vehículo 2	Horari						
	o						
	Rutas	Residenci al 3	San Pedro	Residenci al 3		Residenci al 3	San Pedro
	Horari						
	o						
	Rutas	Comercial 1					
Vehículo 3	Horari						
	o						
	Rutas	Periférico 1	Vespertino 2	Periférico 2	Vespertino 2	Periférico 1	Periférico 2
	Horari						
	o						
	Rutas	Comercial 2					



Cantidad de vehículos	3	3	3	3	3	
Cantidad de personal	10	10	8	10	10	
Horas hombre utilizadas	80	80	64	80	80	464

Nota. Fuente: Elaboración autoras

Hay que tomar en cuenta que el objetivo de la presente propuesta es el diagnóstico y mejoramiento de las rutas actuales, por lo que se ha mantenido la cantidad de días en las que operan actualmente. Se puede considerar ideal incrementar la cantidad de días de atención por ruta, sin embargo, esto podría finalmente incrementar los costos, lo cual está fuera del objeto de la investigación, por lo que se propone a futuro realizar nuevos análisis para determinar la viabilidad de incrementar los días de atención y de esa manera mejorar el servicio de recolección en la ciudad.

Las nuevas rutas están consideradas para disminuir el kilometraje recorrido y por tanto el tiempo. Para visualizar la disminución de la distancia total en base a los cambios realizados se presenta la siguiente tabla.

Tabla 9

Distancia semanal total actual y mejorada por cada ruta definida

Rutas	Distancia media (km)	Cantidad de días por semana	Distancia total semanal (km)	Distancia mejorada (km)	Distancia total mejorada (km)
Residencial 1	41,20	3	124	36,20	109
Vespertino 1	38,00	2	76	33,00	66
Comercial 1	34,25	5	171	29,25	146



Comercial 2	32,25	5	161	27,25	136
Residencial 2	37,20	3	112	32,20	97
Recorrido San Pedro	56,00	2	112	51,00	102
Vespertino 2	29,67	3	89	24,67	74
Recorrido Zhindilig	32,75	2	66	27,75	56
Residencial 3	66,80	3	200	61,80	185
Vespertino 3	52,67	1	53	47,67	48
Periférico 1	63,00	2	126	58,00	116
Periférico 2	57,75	2	116	52,75	106
Periférico 3	59,33	1	59	54,33	54
Total			1464		1294
Proporción de mejoramiento					0,88

Nota. Fuente: Elaboración autoras

Se puede observar que, con los cambios realizados, el kilometraje disminuye en un 11%, lo que es un valor aceptable, mismo que podrá generar un importante mejoramiento en el recorrido de las rutas.

Análisis de costos

Para validación de la propuesta realizada, se plantea un breve análisis de los costos más relevantes de la operación de recolección en las rutas seleccionadas.



Tabla 10

Costos actuales de mantenimiento, combustible y personal en la operación de recolección de residuos

	Anual	Mensual
Costo de mantenimiento de cada vehículo	\$6.500	\$541,67
Costo de combustible promedio por ruta \$24	\$40.320	\$ 3.360
Costo de personal		Mensual
Choferes		\$750
Operarios		\$550

En base a estos valores, el costo total de operación se puede determinar cómo:

	Unidad	Cantidad	Mensual	Anual
Personal				
Choferes	\$750	4	\$3.000	\$36.000
Operarios	\$550	12	\$6.600	\$79.200
Horas extras	\$45,83	8	\$1.467	\$17.600

Costo de vehículos



Mantenimiento de los vehículos	\$6.500
Gasolina	\$40.320
TOTAL	\$179.620

En base a los costos históricos y considerando la proporción actual y disminución de recorrido y personal se tiene:

Tabla 11

Costo presupuestado de mantenimiento, combustible y personal en la operación de recolección de residuos

COSTO PRESUPUESTADO

	Unidad	Cantidad	Mensual	Anual
Personal				
Choferes	\$750	3	\$2.250	\$27.000
Operarios	\$550	9	\$4.950	\$59.400
Horas extras	\$45,83	8	\$1.467	\$17.600
 Costo de vehículos				
Mantenimiento de los vehículos				\$5.745
Gasolina				\$35.638
TOTAL				\$145.384



Este valor comparativamente con los costos actuales muestra el siguiente beneficio obtenido:

Beneficio obtenido	\$34.236
Porcentaje de disminución (optimización)	19,1%

Como se observa, con la propuesta existiría un ahorro anual de \$34.000 sobre el costo previo de \$179.000, es decir una disminución en costos de un 19,1% y una operación más organizada. Este resultado valida la presente propuesta.

6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La investigación ha permitido establecer los datos medios técnicos de las rutas, vehículos, personal requerido para las rutas existentes en la ciudad de Azogues, la cual cuenta con 85.030 habitantes, en la que actualmente operan 40 rutas para la recolección de residuos sólidos, de las que se han seleccionado 13 rutas aplicables al tipo de estudio y que son factibles de ser mejoradas con el fin de disminuir el tiempo de operación, análisis de requerimientos de recursos como personal y finalmente mejorar la operación y reducir sus costos.

Durante el tiempo comprendido en el levantamiento de información, la investigación permitió detectar varios problemas como la existencia de vehículos dañados y por tanto no operativos, por ende, se trabajó con un menor número de camiones recolectores, al igual que un equipo de operarios que no están utilizando todo el tiempo disponible de forma productiva, variabilidad en el horario de inicio de operación, recorridos con altos niveles de tramos improductivos.

Los cálculos realizados muestran que las áreas de análisis cubren un total de 43.642 habitantes, con una media de 4 habitantes por casa. Se pudo realizar un análisis de la capacidad de los vehículos obteniendo un valor de 5,01 vehículos / rutas, lo cual permitiría mejorar el tiempo y el servicio entregado. Actualmente existen 13 rutas que se realizan con un total de hasta 4 vehículos destinados para



esta labor. Estas rutas se recorren en horarios centrados desde las 8:00 h; una segunda ruta desde las 13:00 h. y una tercera ruta desde las 19:00 h. La cantidad de casas que podrá atender cada ruta será de 1.196 casas por semana.

También se pudo evidenciar que las rutas actuales sí están bien diseñadas, sin embargo, existe desperdicio de recursos tanto económicos como operativos al terminar una ruta y comenzar con otra en el día, es por tal motivo que, con los cálculos realizados por la metodología SEDESOL y considerando los recursos disponibles, se reestructuraron las rutas, es decir que se conservan todas, modificándose únicamente en su recorrido habitual, llegando a obtener como resultados una disminución en la distancia de un 11%, que se expresa en menos 170 km, y que a su vez, genera en los costos directos una reducción de 19,1%, que representa un ahorro anual de \$34.000.

En lo que respecta a la aplicación de técnicas y métodos para el diagnóstico de las rutas de recolección, la SEDESOL ha proporcionado ecuaciones útiles, que toma en cuenta parámetros valiosos para conocer la situación en la que se desarrolla la gestión de residuos sólidos dentro de la recolección, dando como resultado opciones de mejoramiento viables, ya que si bien existen técnicas más modernas para el perfeccionamiento de las rutas, es una decisión que dependerá desde la perspectiva y la postura que se esté analizando.

Además, el COOTAD en su artículo 55 establece que los GAD Municipales tienen la responsabilidad directa en el tratamiento de los residuos sólidos, sin embargo, Azogues al igual que otros municipios han formado sus propias unidades, las direcciones de higiene, trabajando así bajo su dependencia, por lo que éstas no poseen gran capacidad de gestión, tampoco autonomía administrativa, ni financiera (Ministerio del Ambiente y Agua, 2002).



7. CONCLUSIONES

El mejoramiento de las rutas de recolección de residuos es un tema de gran importancia, sobre todo para los encargados de la gestión, ya que son quienes deben velar por el bienestar de la ciudadanía. Por ello el modelo SEDESOL proporciona formulaciones matemáticas prácticas, útiles y aplicables a las rutas analizadas en el cantón Azogues, que en primer lugar demuestran que las rutas que se tienen definidas actualmente no cumplen con el marco referencial teóricamente como es el caso del Vespertino 2 y Comercial 2 con un 39% de variación seguido del Vespertino 3 con un 37% de variación, existiendo tiempos muertos (improductivos) en el recorrido y por ende un desperdicio en los recursos económicos empleados para esta labor y que la ruta Residencial 1 con un 8% de variación refleja un menor desperdicio de los recursos.

La presente investigación y propuesta es bastante compleja, puesto que ha sido necesario contar con información existente del GAD y también genero una gran cantidad de datos levantados, todo este cúmulo de información se empleó en los cálculos y herramientas disponibles, permitiendo así crear una base de datos y detectar las desviaciones existentes de las rutas. Finalmente, se establecieron las bases para dar una solución creativa, que a su vez pueda validarse y mejorar la situación actual.

Lo que se propone al final de la investigación es mantener las 13 rutas actualmente analizadas, pero variar en el horario de recorrido, de manera que se pueda reducir tanto el tiempo como los costos, optimizando los recursos del Departamento de Gestión Ambiental empleados en la labor de recolección de residuos, proporcionando una solución viable desde el punto de vista técnico.

Cada estudio para el sistema de recolección de residuos es único, puesto que hay factores variantes de caso en caso, sin embargo, es necesario realizar un análisis profundo de las rutas para establecer la mejor manera de mejorar el tiempo, el recorrido y que incluya los costos.



8. RECOMENDACIONES

Se recomienda que, en caso de acatar la propuesta respecto al cambio de horarios en ciertas rutas, se debería enviar un comunicado a la población de cada sector para indicar los nuevos horarios y días de recolección, de manera que les permitan estar atentos a la recolección.

Hacer un control más prolijo de horarios y personal disponible con el fin de que las rutas tengan horarios fijos y permitan a las personas poder dejar los residuos en un horario y de esta manera evitar acumulaciones o que los animales generen basura.

Gestionar la reparación de los vehículos inmovilizados de manera oportuna, con el fin de disponer de respaldo para la operación en caso de que se presente algún problema con alguno de los vehículos operativos, de tal forma que se pueda prestar con normalidad el servicio de recolección a las diferentes áreas de la ciudad.

Considerar, que para las rutas Periférico 2 y Residencial 3, se debe enviar una persona de apoyo para la cuadrilla y esta debe ser designada con anterioridad para que no haya ausentismo y demoras en el momento de la recolección.

Colocar basureros en puntos estratégicos en donde existe una mayor afluencia de personas como son los parques para mantener una imagen limpia de la ciudad.

Se recomienda que en la ruta del Vespertino 1 se omita la parte en la que se realiza la recolección de los contenedores del mercado Sucre, debido a que en esas horas es imposible la entrada y los vendedores se reusan a cooperar, por lo que no permiten realizar el trabajo de forma adecuada.



9. BIBLIOGRAFÍA

- Araiza, J., & José, M. (2015). Mejora del servicio de recolección de residuos sólidos urbanos empleando herramientas SIG: un caso de estudio. *Ingeniería*, 19(2), 118–128.
- Asamblea Nacional. Constitución de la República del Ecuador. , Registro oficial 449 de 20 Oct. 2008 § (2008).
- Betanzo, E., Torres, M., Romero, J., & Obregón, S. (2016). Evaluación de rutas de recolección de residuos sólidos urbanos con apoyo de dispositivos de rastreo satelital: Análisis e implicaciones. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 32(3), 1–337. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.03.07>
- Calunia, L. (2015). *Caracterización de los residuos sólidos generados en los hangares del gobierno autónomo descentralizado provincial de Pastaza, ciudad del Puyo.*
- Castellanos, J., & Mejía, R. (2018). *Programación del servicio de recolección de desechos sólidos domiciliarios mediante herramientas SIG, en la zona urbana del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.*
- Ciudad de Azogues. (2014). Recuperado 9 de octubre de 2019, de <http://azogues-rrodasc.blogspot.com/>
- Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización.* , (2015).
- 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.*
- Constitución República del Ecuador.* , (2008).
- Cusco, J., & Picón, K. (2015). *Optimización de rutas de recolección de desechos sólidos domiciliarios mediante uso de herramientas SIG.*



Diagnóstico Plan del Buen Vivir y Ordenamiento Territorial. (2015).

Endara, A. (2017). *Propuesta de rutas óptimas para la recolección de desechos sólidos en la zona centro norte de la parroquia Sangolqui mediante la extensión Network Analyst del software Arcgis.*

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Azogues. *ORDENANZA SUSTITUTIVA QUE ESTABLECE EL COBRO DE LA TASA POR EL SERVICIO DE ASEO PÚBLICO Y RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL CANTÓN AZOGUES.* , (2016).

Gomez, M. (2017). *40 toneladas de basura va todos los días al relleno sanitario de Azogues - El espectador azogues.* Recuperado de <http://www.elespectadorazogues.com/?p=7846>

Henao, B., & Piedrahita, J. (2015). *Diseño de un modelo de ruteo de vehículos para la recolección de residuos sólidos en el municipio de Zarzal Valle del Cauca* (Vol. 151). <https://doi.org/10.1145/3132847.3132886>

Ilustre Concejo Municipal de Azogues. *ORDENANZA SUSTITUTIVA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL CANTÓN AZOGUES.* , (2008).

INEC. (2016). *Proyeccion Cantonal Total 2010-2020.* Recuperado de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>

INEC. (2017). *Gestión de Residuos Sólidos GAD Municipales 2017.* Recuperado de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2017/Residuos_solidos_2017/PRES-ENTACION_RESIDUOS_2017.pdf?fbclid=IwAR29mWRa1HL8N3f_wSW_C1qTC2qebp4IL92feNulTarcw08LWUPaPveTMvM

Jalinas, S., & Espinoza, D. (2019). *Gestión Integral del Servicio de Limpieza Pública en el Municipio de Managua.* Recuperado de http://repositorio.unan.edu.ni/10873/1/19515.pdf?fbclid=IwAR2_S66-



mP46eyBf01DIXqHZkAuKGtCbvQQAvgqbwPidFgISHVsF4rBcZQA

Jaramillo, J. (1999). *Seminario Internacional Gestión Integral De Residuos Sólidos y Peligrosos, Siglo XXI*. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal/viii.pdf?fbclid=IwAR1fD972ReB0Bw1b0f0IH-uYQI4XyoG4YNNyBUpMcmKcrB-tMMr4WpJYMPo>

Loyola, K. (2018). *Estudio Comparativo de los Indicadores de los Residuos Sólidos en la Zona Urbana y Cuatro Parroquias Rurales del Cantón Azogues*.

Manual de Recolección y Transporte de los Residuos Sólidos. (2017).

Martínez, F. (2018). *Propuesta de rediseño de macro y micro rutas del sistema de recolección de residuos sólidos de la ciudad de Tulcán*. Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19136/1/CD-8521.pdf>

Ministerio de Salud Pública. *Ley Orgánica de Salud*. , (2015).

Ministerio del Ambiente. (2014). *Hitos en la gestión integral de los residuos sólidos en Ecuador*. Recuperado 16 de diciembre de 2019, de <http://www.ambiente.gob.ec/hitos-en-la-gestion-integral-de-los-residuos-solidos-en-ecuador/>

Ministerio del Ambiente. (2018). *Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos*. Recuperado 16 de diciembre de 2019, de https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management?fbclid=IwAR2XKAOW5gLw1t_hhwUaVUZ3s1duMf4MAxuyyInWfwrATGodUs20zjdsIM

Ministerio del Ambiente y Agua. (2002). *Programa 'PNGIDS' Ecuador – Ministerio del Ambiente y Agua*. Recuperado 1 de mayo de 2021, de <https://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>

Molina, V. (2004). *La ciudadanía participa en la gestión de los desechos sólidos en la ciudad de Azogues*.



Moreno, J. R., & Arriaga, E. P. (2006). *Optimización del sistema de rutas de recolección de residuos sólidos domiciliarios (Ecoeficiencia)*.

OSMAN. (2019). Diccionario de Salud y Medio Ambiente. Recuperado 15 de noviembre de 2019, de https://www.osman.es/diccionario/definicion.php?id=13961&fbclid=IwAR30LMeG2KNcxr6D63fTHR98gRtArMUXYjB8Af1V_7pNWrlI1GjBNI8Ja_c

Registro Oficial No 463. , (2016).

Roca, A. (2004). Problemática, clasificación y gestión de los residuos sólidos urbanos. Recuperado 16 de diciembre de 2019, de https://www.infoagro.com/documentos/problematika__clasificacion_y_gestion__residuos_solidos_urbanos.asp?fbclid=IwAR2RvqpJ12MySqnlhfFGPzw9IBNGQ4dh-YnbSfv555oI0GupnteVPAtwyg0

Ruiz, I., & Vidal, W. (2016). *Modelo de optimización del Sistema de Recojo De Residuos Sólidos En El Distrito De Reque Para Mejorar La Eficiencia De Operaciones, Chiclayo*.

SEDESOL. (2001). *Manual Técnico Sobre Generación, Recolección y transferencia de residuos sólidos*.

SENPLADES. (2014). (No Title). Recuperado de https://www.sot.gob.ec/sotadmin2/_lib/file/doc/CODIGO-ORGANICO-DE-ORGANIZACION-TERRITORIAL-COOTAD.pdf

Serrano, S. (2013). *Estudio sobre el manejo de los residuos sólidos domiciliarios en el municipio de el Almendro Rio San Juan, Nicaragua*. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA.

Television Cañar. (2019). *Nuevo Director de Gestión Ambiental del GAD Municipal de Azogues | Cañar televisión*. Recuperado de <https://www.canartelevisión.com/?p=13779>

Toro, E., Narea, M., Pacheco, J., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). *Guía general*
Valeria Cristina Castro Cárdenas
Thalía Johanna Cedillo Márquez



para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. En *Manuales de la CEPAL*.

TULSMA. *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente*. , (2017).

Uguña, C., & Guncay, J. (2017). *Auditoría De Gestión Ambiental a Los Residuos Sólidos Del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal De Azogues Por El Periodo 2015*. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/27729>



10. ANEXOS

Anexo 1: Ficha de observación

Nombre de la ruta	Placa del vehículo
Nombre del conductor	Edad
Km de salida del garaje	Km de inicio de ruta
Hora de salida del garaje	Hora de inicio de ruta
Km de entrada al relleno sanitario	Km de llegada al garaje
Hora de entrada al relleno sanitario	Hora de llegada al garaje
Pesaje de residuos (kg)	
Nº de trabajadores de cuadrilla	
Nº de viajes	



Anexo 2. Levantamiento de datos de recolección Azogues

Rutas	Día de recolección	Km salida del garage	hora salida del garage	km inicio de ruta	hora inicio de ruta	km entrada al relleno	hora entrada al relleno	Pesaje de residuos (kg)	N° de trabajadores
Residencial 1	Lunes	80418	7:57	80419	8:02	80445	11:56	9800	4
Residencial 1	Lunes	69573	7:44	69574	7:59	69612	12:04	10260	3
Residencial 1	Miércoles	80101	7:57	80103	8:06	80129	12:16	7350	4
Residencial 1	Viernes	80245	7:52	80248	8:02	80275	12:33	8670	4
Residencial 1	Viernes	69863	7:39	69864	8:00	69891	11:36	8160	4
Vespertino 1	Lunes	64988	13:32	64992	13:40	65019	16:13	4320	2
Vespertino 1	Lunes	65537	13:34	65538	13:40	65557	16:19	4490	2
Vespertino 1	Jueves	64782	13:32	64785	13:40	64804	16:28	4230	2
Vespertino 1	Lunes	81534	13:41	81543	13:54	81563	16:09	5000	2
Comercial 1	Lunes	80527	18:57	80529	19:31	80549	22:14	8630	4
Comercial 1	Lunes	81061	18:51	81063	19:30	81083	21:58	8600	4
Comercial 1	Viernes	240370	19:22	240372	19:32	240392	22:02	6940	4
Comercial 1	Sábado	80328	18:54	80329	19:29	80348	21:20	8680	4
Comercial 2	Lunes	240621	19:00	240623	19:30	240641	21:51	8430	4
Comercial 2	Martes	80063	18:53	80065	19:31	80083	21:52	6750	4
Comercial 2	Martes	69696	18:55	69697	19:30	69715	21:03	4330	3
Comercial 2	Jueves	80211	19:01	80212	19:30	80231	21:47	4240	4
Residencial 2	Martes	80562	8:00	80564	8:05	80588	11:39	8900	4
Residencial 2	Jueves	80173	7:57	80175	8:04	80199	12:04	5330	4
Residencial 2	Jueves	69797	7:46	69799	8:00	69822	11:09	4840	4
Residencial 2	Sábado	240408	7:58	240410	8:03	240435	11:34	6280	4
Residencial 2	Martes	69654	7:39	69656	7:58	69681	11:19	7500	4
Recorrido San Pedro	Martes	64509	8:16	64514	8:30	64536	11:01	3010	3
Recorrido San Pedro	Jueves	64718	8:22	64724	8:40	64763	11:55	4240	4
Recorrido San Pedro	Martes	81609	7:57	81615	8:10	81636	10:04	2590	4
Recorrido San Pedro	Jueves	66537	8:22	66543	8:33	66592	12:39	4680	4
Vespertino 2	Martes	239843	13:07	239846	13:17	239863	15:42	2170	2
Vespertino 2	Martes	80601	13:06	80603	13:13	80618	14:53	2510	2
Vespertino 2	Martes	81133	13:08	81135	13:14	81145	15:06	1960	2
Recorrido Zhindilig	Martes	65596	13:36	65602	13:55	65621	15:56	4060	2
Recorrido Zhindilig	Viernes	240331	14:32	240344	15:13	240354	16:26	3640	4
Recorrido Zhindilig	Martes	81652	13:06	81658	13:21	81676	15:04	4430	3
Recorrido Zhindilig	Viernes	81945	13:39	81948	13:43	81966	15:13	3180	3
Residencial 3	Miércoles	80662	7:49	80664	7:55	80703	12:22	6160	4
Residencial 3	Miércoles	81194	7:51	81195	8:00	81232	12:50	6290	5
Residencial 3	Lunes	81475	7:58	81478	8:15	81533	13:34	12370	4
Residencial 3	Miércoles	81725	7:59	81728	8:09	81776	12:23	6290	4
Residencial 3	Viernes	81895	7:53	81898	8:07	81934	11:48	7780	4
Vespertino 3	Miércoles	64639	13:32	64642	13:41	64683	16:08	3050	2
Vespertino 3	Miércoles	65151	13:30	65154	13:39	65194	15:16	1340	2
Vespertino 3	Miércoles	65710	13:34	65713	13:42	65746	15:03	1420	2
Periférico 1	Lunes	240522	7:57	240527	8:07	240572	12:34	8470	3
Periférico 1	Lunes	241115	7:59	241122	8:21	241163	12:18	4460	4
Periférico 1	Jueves	240877	7:49	240883	7:58	240930	12:03	6620	3
Periférico 1	Jueves	241410	7:56	241416	8:09	241465	12:12	6840	3
Periférico 2	Martes	240687	7:29	240689	7:31	240738	12:38	9600	3
Periférico 2	Martes	241218	7:30	241219	7:33	241268	12:08	11120	3
Periférico 2	Viernes	240980	7:30	240981	7:32	241017	10:39	4380	4
Periférico 2	Martes	241900	7:30	241900	7:33	241950	12:25	11530	3
Periférico 3	Miércoles	240781	8:33	240784	8:41	240825	12:21	5640	3
Periférico 3	Miércoles	241314	8:21	241317	8:27	241358	12:49	5660	3
Periférico 3	Miércoles	241988	7:53	241991	8:00	242042	11:27	4810	3
							Residuos tot	312030	



Rutas	Viajes	km llegada al garage	Hora llegada al garage	Tiempo estimado de duración de la ruta en min	Tiempo real de duración de la ruta en min	Población en promedio (hab)	Densidad Poblacional	Velocidad promedio en la ruta	Proporción de la distancia productiva (a)	Longitud (km) distancia productiva
Residencial 1	1	80456	12:22	300	234	3764	144,77	10,2	0,68	26
Residencial 1	2	69623	12:25	300	245	3764	99,05	9,3	0,76	38
Residencial 1	1	80139	12:42	300	250	3764	144,77	6,5	0,68	26
Residencial 1	1	80286	12:59	300	271	3764	139,41	12,5	0,66	27
Residencial 1	1	69902	12:00	300	216	3764	139,41	7,5	0,69	27
Vespertino 1	1	65031	16:38	240	153	3491	129,30	8,70	0,63	27
Vespertino 1	1	65569	16:47	240	159	3491	183,74	13,40	0,59	19
Vespertino 1	1	64817	16:58	240	208	3491	183,74	8,25	0,54	19
Vespertino 1	1	81576	16:48	240	135	3491	174,55	12,30	0,48	20
Comercial 1	1	80562	22:44	180	163	5144	257,20	10,00	0,57	20
Comercial 1	1	81092	22:16	180	148	5144	257,20	7,70	0,65	20
Comercial 1	1	240408	22:40	180	150	5144	257,20	9,90	0,53	20
Comercial 1	1	80361	21:46	180	111	4926	259,26	13,00	0,58	19
Comercial 2	1	240652	22:06	180	141	4926	273,67	7,40	0,58	18
Comercial 2	1	80096	22:00	180	141	4926	273,67	12,00	0,55	18
Comercial 2	1	69727	21:13	180	93	4926	273,67	10,70	0,58	18
Comercial 2	1	80245	21:57	180	137	4296	226,11	7,90	0,56	19
Residencial 2	1	80599	12:15	300	214	4148	172,83	7,10	0,65	24
Residencial 2	1	80210	12:37	300	240	4148	172,83	8,05	0,65	24
Residencial 2	1	69833	11:35	300	189	4148	180,35	7,40	0,64	23
Residencial 2	1	240447	12:10	300	211	4148	165,92	7,95	0,64	25
Residencial 2	1	69691	11:42	300	201	4148	165,92	6,20	0,68	25
Recorrido San Pedro	1	64551	11:24	240	151	2295	104,32	8,90	0,52	22
Recorrido San Pedro	2	64782	12:16	240	195	2295	58,85	13,80	0,61	39
Recorrido San Pedro	1	81656	10:35	240	114	2295	109,29	12,00	0,45	21
Recorrido San Pedro	2	66608	13:00	240	246	2295	46,84	12,40	0,69	49
Vespertino 2	1	239874	16:12	240	145	1056	62,12	8,00	0,55	17
Vespertino 2	1	80632	15:03	240	100	1056	70,40	10,10	0,48	15
Vespertino 2	1	81160	15:30	240	112	1056	105,60	8,30	0,37	10
Recorrido Zhindilig	1	65630	16:22	180	121	3397	178,79	10,20	0,56	19
Recorrido Zhindilig	1	240362	16:45	180	73	3397	339,70	12,10	0,32	10
Recorrido Zhindilig	1	81687	15:20	180	103	3397	188,72	12,00	0,51	18
Recorrido Zhindilig	1	81974	15:39	180	90	3397	188,72	14,20	0,62	18
Residencial 3	1	80724	12:51	360	267	6624	169,85	11,40	0,63	39
Residencial 3	2	81263	13:15	360	290	6624	179,03	11,90	0,54	37
Residencial 3	2	81553	14:01	360	319	6624	120,44	10,40	0,71	55
Residencial 3	1	81801	12:45	360	254	6624	138,00	10,40	0,63	48
Residencial 3	1	81944	12:06	360	221	6624	184,00	10,40	0,73	36
Vespertino 3	1	64695	16:30	240	147	1627	39,68	16,50	0,73	41
Vespertino 3	1	65206	15:40	240	97	1627	40,68	14,30	0,73	40
Vespertino 3	1	65757	15:28	240	81	1627	49,30	24,20	0,70	33
Periférico 1	1	240584	13:07	300	267	3291	73,13	12,50	0,73	45
Periférico 1	1	241175	13:00	300	237	3291	80,27	13,45	0,68	41
Periférico 1	1	240942	12:27	300	245	3291	70,02	12,50	0,72	47
Periférico 1	1	241475	12:34	300	243	3291	67,16	12,50	0,75	49
Periférico 2	2	240747	13:02	330	307	5616	114,61	11,50	0,82	49
Periférico 2	2	241280	12:32	330	275	5616	114,61	12,40	0,79	49
Periférico 2	2	241027	11:04	300	187	5616	156,00	12,00	0,77	36
Periférico 2	2	241962	12:45	300	292	5616	112,32	10,00	0,81	50
Periférico 3	1	240837	12:54	330	220	2411	58,80	13,00	0,73	41
Periférico 3	1	241370	13:20	330	262	2411	58,80	9,30	0,73	41
Periférico 3	1	242054	11:53	330	207	2411	47,27	11,80	0,77	51
						Población en rut	43642	Promedio ve	10,89	0,63

**Anexo 3. Levantamiento de datos de rutas**

RUTA RESIDENCIAL 1 (Lunes, Miércoles y Viernes) De 08:00 a 13:00		
Paradas	Nombre	Dirección
0	Salida	Nuevo Mercado Municipal
1	Tramo improductivo	Calle Miguel de Unamuno, gira a la izquierda
2	Tramo improductivo	Av. José Peralta, gira a la izquierda
3	Tramo improductivo	Av. 24 de Mayo, gira a la derecha
4	Inicio de ruta	Av. De los Alcaldes, gira a la derecha
5	Parada 2	Calle Galo Plaza Lasso, gira a la izquierda
6	Parada 3	Av. González Suárez, gira a la izquierda
7	Parada 4	Calle Ernesto López Díez, izquierda
8	Parada 5	Av. Rumiñahui, pasa el redondel
9	Tramo improductivo	Av. De los Alcaldes, gira Redondel de los Tótems, izquierda
10	Tramo improductivo	Av. 24 de Mayo-Av. José Peralta, gira a la izquierda
11	Parada 6	Calle García Moreno, gira a la derecha
12	Parada 7	Calle s/n que rodea una escuela, da una vuelta y regresa por la misma
13	Parada 8	Gira a la derecha, Calle García Moreno va en línea recta hasta el final de la calle y retorna por la misma
14	Parada 9	Izquierda, Calle Charles Darwin
15	Parada 10	Izquierda, Calle Honorato Vázquez
16	Parada 11	Izquierda, Calle Teresa de Calcuta, baja la Calle Pasteur
17	Parada 12	Derecha, Calle García Moreno
18	Parada 13	Derecha, Av. José Peralta
19	Parada 14	Derecha, Av. Homero Castanier Crespo llega hasta el final



20	Parada 15	Izquierda, otro carril Av. Homero Castanier Crespo
21	Parada 16	Derecha, Av. 24 de Mayo, gira redondel Los Tótems
22	Parada 17	Izquierda, Calle Augusto Sacoto Arias
23	Parada 18	Izquierda, Av. Hermano Miguel
24	Parada 19	Derecha, Av. Ernesto Cheguevara, redondel
25	Parada 20	Derecha, Av. Andrés F. Córdova, gira redondel del hospital
26	Parada 21	Izquierda, Calle Luis Manuel González
27	Parada 22	Derecha, Av. 16 de Abril
28	Parada 23	Derecha, Calle Alberto Ochoa Vásconez hasta intersección Calle Loja. Gira y vuelve
29	Parada 24	Derecha, Calle Vicente Cabrera
30	Parada 25	Izquierda, Calle Humberto Vicuña Novillo
31	Parada 26	Derecha, Calle Vicente Aurelio Crespo
32	Parada 27	Izquierda, Calle Miguel Veintimilla Jaramillo
33	Parada 28	Izquierda, Calle Luis Ariosto Muñoz
34	Parada 29	Derecha, Av. 16 de Abril
35	Parada 30	Ingreso a un camino de tierra (SECTOR MACAS- LA PLAYA) al terminar la Av. 16 de abril, un tramo. Gira y vuelve por la misma
36	Parada 31	Av. 16 de Abril, derecha camino s/n retrocede y sale
37	Parada 32	Derecha, Av. 16 de Abril
38	Parada 33	Izquierda, gira en la Calle Vicente Cabrera y vuelve por la Av. 16 de Abril
39	Parada 34	Derecha, Calle Vicente Aurelio Crespo
40	Parada 35	Derecha, Calle Miguel Veintimilla Jaramillo, pasa por frente al Hospital H.C.C, recoge los residuos allí
41	Parada 36	Derecha, Calle Imbabura
42	Parada 37	Izquierda, Calle Ambato
43	Parada 38	Izquierda, Calle Chimborazo
44	Parada 39	Izquierda, Calle Miguel Veintimilla Jaramillo



45	Parada 40	Izquierda, Calle Portoviejo
46	Parada 41	Izquierda, Calle Ambato
47	Parada 42	Calle Esmeraldas
48	Parada 43	Derecha, Calle Napo
49	Parada 44	Derecha, Av. 16 de Abril
50	Parada 45	Izquierda, Calle Luis Manuel González, gira en la intersección de la Av. Luis Monsalve Pozo
51	Parada 46	Derecha, Av. 16 de Abril
52	Parada 47	Izquierda, Calle Adolfo Palomeque A.
53	Parada 48	Izquierda, Av. Andrés F. Córdova
54	Parada 49	Izquierda, Av. Aurelio Jaramillo
55	Parada 50	Derecha, Av. 16 de Abril
56	Parada 51	Derecha, Calle Alberto Sarmiento
57	Parada 52	Izquierda, Av. Andrés F. Córdova
58	Parada 53	Izquierda, Calle Humberto Rodríguez
59	Parada 54	Derecha, Av. 16 de Abril hasta intersección con la Calle Napo. Gira y vuelve por la Av. 16 de Abril
60	Parada 55	Derecha, Av. Ernesto Cheguevara
61	Tramo improductivo	Derecha, Av. Luis Monsalve Pozo pasa el redondel Bellavista
62	Tramo improductivo	Derecha, Ingreso al Relleno Sanitario Chapte-Toray. 1ER VIAJE
63	Tramo improductivo	Derecha, Av. Luis Monsalve Pozo, gira en el redondel siguiente y vuelve por la misma Avenida
64	Parada 56	Derecha, Calle Rosendo López Diez, retrocede un tramo y sale por la misma calle
65	Parada 57	Derecha, Avenida Luis Monsalve Pozo. Gira en media vuelta
66	Parada 58	Derecha, Calle Julio Tobías Torres
67	Parada 59	Izquierda, Ingresa a la calle que conduce al Reclusorio/Cárcel, da una vuelta y sale por la misma



68	Parada 60	Izquierda, Calle Julio Tobías Torres
69	Parada 61	Izquierda, Calle César Molina Espinoza
70	Parada 62	Derecha, Calle Carlos Alberto Montaña
71	Parada 63	Izquierda, Calle César Molina Espinoza
72	Tramo improductivo	Derecha, Av. Luis Monsalve Pozo pasa el redondel Bellavista
73	Tramo improductivo	Derecha, Ingreso al Relleno Sanitario Chapte-Toray. 2DO VIAJE



Anexo 4. Protocolo aprobado

El presente trabajo de investigación emplea el manual propuesto por la Secretaría de Desarrollo Social de México (SEDESOL) para evaluar las rutas de recolección de residuos sólidos domiciliarios urbanos (RSDU) generados en las parroquias Aurelio Bayas, Azogues, San Francisco y Borrero, cuya responsabilidad corresponde al Departamento de Gestión Ambiental del cantón Azogues. El estudio comprenderá 3 fases: en la primera fase se diagnosticarán las rutas actuales de recolección de RSDU a través del levantamiento de información. En la segunda fase se determinarán las variaciones existentes en las rutas de recolección empleando la formulación matemática de la SEDESOL con datos obtenidos de la tabulación. Mientras que en la tercera fase se establecerán las nuevas posibles rutas optimizadas tanto de forma operativa como económica.

A. Razón de ser del trabajo académico (Identificación y justificación)

El crecimiento poblacional tanto urbano como rural y el manejo inadecuado de los RSDU en el cantón, situación que puede ser provocada principalmente debido a una falta de planificación, carencia de sistemas de información que contribuyan al actual modelo de gestión, incumplimiento en la aplicación de legislación y ordenanzas; así como una escasa participación de la población del cantón. Sumado a ello el hecho de adquirir productos de menor vida útil por parte de la ciudadanía, son factores que han intrincado la labor que viene desempeñando el Departamento de Gestión Ambiental del GAD Municipal de Azogues, de cubrir oportunamente la necesidad de recolección de residuos sólidos domiciliarios. Acarreando consigo problemas medioambientales en cuanto a la contaminación de agua, suelo y aire; además de un deterioro de la salud pública (Jalinas & Espinoza, 2019).

Actualmente el cantón de Azogues, perteneciente a la provincia de Cañar cuenta con un número de 83.770 habitantes (Datos proyectados 2018, INEC). El 48.3% lo representa la población urbana y el 51.7% la población rural (“Ciudad de Azogues,” 2014). En promedio se recolectan diariamente 40 toneladas de residuos sólidos,



que están divididos en un 50% de residuos orgánicos y el 50% de residuos sólidos comunes (Gomez, 2017).

Además, el nuevo Director del Departamento de Gestión Ambiental del Municipio de Azogues, Fausto Quevedo, con la finalidad de mejorar el servicio de recolección de residuos sólidos, optó por la implementación de 4 nuevas unidades recolectoras, así como también la adquisición de una barredora, para mejorar la limpieza de las calles (Cañar, 2019).

Es por lo antes indicado, que se considera conveniente la aplicación del manual SEDESOL a través de la formulación matemática propuesta, bajo 3 escenarios posibles, a través del cual se plantea un estudio que analice las rutas de recolección de RSDU de las 4 parroquias (Aurelio Bayas, Azogues, San Francisco, Borrero), con el objetivo de evaluar y/o presentar una propuesta que contribuya al actual sistema de recolección para que sea óptimo de forma tanto operativa como económica.

En consecuencia, se obtendrán beneficios para el Departamento de Gestión Ambiental como para la ciudadanía en general, principalmente la disminución del tiempo de recolección en la prestación del servicio, la optimización del presupuesto municipal asignado, la reducción de la congestión vehicular y ruido.

B. Breve revisión de la literatura

Araiza y José (2015), en su investigación realizada en México, específicamente en las localidades del municipio de Villaflores y Chiapas, mencionan como finalidad la optimización de rutas de recolección, en la cual buscan reducir al mínimo el consumo de combustible y aminorar los tiempos y distancias recorridas. Para su análisis emplearon datos geográficos en combinación con el análisis espacial basado en un software SIG, utilizaron la herramienta Network Analyst de ArcGis, misma que empleó un algoritmo para definir trayectorias más cortas. Cabe recalcar que 3 son las etapas que enmarcaron su metodología: 1. Recolección de datos; 2. Construcción de redes; 3. Análisis SIG. En la primera fase, construyeron una base de datos (Espacial/atributos) con información bibliográfica y ubicación de



contenedores y/o paradas. Mientras que, en la segunda etapa previo a la utilización de la herramienta Network Analyst modificaron los atributos a la red vial. Finalmente, generaron nuevas rutas, lo que les permitió realizar una comparación de la situación actual versus la situación con rutas mejoradas tanto en tiempos, distancias y consumos de combustibles. Los resultados muestran una disminución en el número total de contenedores y/o paradas de colecta, pasando de un total de 203 paradas a tan solo 89 en ambas localidades. De igual manera las cantidades recolectadas de residuos sólidos urbanos de la situación mejorada cambiaron de 6,32 t/d a 37,91 t/d, recalcando este último como el mayor beneficio dentro de la gestión del sistema de recolección.

Henao y Piedrahita (2015), cuyo trabajo fue llevado a cabo en el casco urbano del municipio de Zarzal en Colombia, el cual pretende optimizar la distancia total recorrida durante la recolección de residuos sólidos a través de la creación de un modelo de grafos que contenga las principales características de las rutas actuales de recolección; en el mismo emplearon el algoritmo del cartero chino para dar solución a los problemas presentes en la recolección de los residuos sólidos, tales como: el desconocimiento en los horarios de recolección por parte de la población, existencia de botaderos clandestinos, la limitada capacidad y número de camiones recolectores. La metodología consistió en tres etapas: I) caracterización del sistema de recolección de residuos sólidos, análisis de la estructura vial del municipio y levantamiento de información para conocer las causas de la insatisfacción de los usuarios; II) cálculo de la distancia de cada ruta que utiliza la empresa y III) programación, aplicando métodos de barrido y pétalos para definir la mejor macrorruta, misma que sirve como insumo para la definición de microrutas mediante el empleo del algoritmo del cartero chino. Una vez obtenidos los resultados, se compararon con los resultados actuales de la empresa de Aseo Proactiva S.A; con respecto a la distancia total recorrida. En este estudio se pudo observar claramente un beneficio representado por un ahorro en la distancia obtenida y un ahorro en costos de recorrido.



Cusco y Picón (2015), en su tesis pretenden optimizar las rutas de recolección de residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Cuenca, mediante el uso de herramientas SIG. La metodología que emplean consta de 3 pasos, en el primer paso identifica las rutas de recolección actuales, en el segundo implementan las técnicas SIG, para trazar las rutas que seguían los camiones recolectores en el mapa de la ciudad, para ello utilizaron el programa Arcgis. Por último, realizan la comparación entre las rutas actuales y las nuevas rutas optimizadas. Obtuvieron como resultados una reducción en el número de rutas pasando de 48 a 19, dando lugar a opciones de mejora para acortar el tiempo de recolección, ajustar la carga laboral a cada cuadrilla de trabajadores y disminuir el consumo de combustible, logrando la reducción de gases contaminantes.

Analizando el artículo de Betanzo et al. (2016), mencionan como propósito la valoración del sistema de recolección de residuos sólidos urbanos dentro del municipio de Santiago de Querétaro, México; con datos reales obtenidos mediante el seguimiento de los vehículos recolectores. Respecto a la metodología que utilizaron para el diseño de rutas, emplearon el Manual Técnico sobre Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos desarrollado por la Secretaría de Desarrollo Social de México (SEDESOL). Durante la evaluación llegan a determinar la variación de los recorridos planeados contra los reales, ya que instalaron los dispositivos GPS a bordo de los camiones para monitorear las rutas en operación, hasta completar las 71 rutas. Para la sistematización de la información proporcionada por los GPS diseñaron un tablero que contendría datos tales como: horas de inicio y terminación de los recorridos, las velocidades de recorrido y las distancias parciales y totales. Luego de ello, emplearon los métodos propuestos (formulación matemática) por la SEDESOL para evaluar los principales parámetros operativos y determinar el nivel de eficiencia de las rutas actuales. Los resultados les mostraron las ventajas de utilizar un equipo tecnológico de bajo costo y la importancia de incorporar la tecnología para sustentar cambios en áreas de costo críticas para fines de planeación, operación y control de un sistema clave en la preservación del ambiente.



Ruiz y Vidal (2016), en su trabajo plantean como objetivo el implementar el modelo de optimización en el sistema de recolección de residuos sólidos en el Distrito de Reque de Chiclayo, para mejorar la eficiencia del servicio. La metodología correspondiente emplea métodos lógicos partiendo de los 4 sectores en el Distrito: 28 de Julio, Reque Centro, Villa el Sol y La Esperanza, que comenzaron con el análisis de encuestas aplicadas en los sectores mencionados. También consideran la lista de cotejo tanto para el análisis documental y observación. Posterior a ello realizaron la optimización de las rutas en dos partes: la sectorización, donde determinaron el número de rutas como los recursos necesarios para ejecutarlas mediante la maximización de la capacidad de vehículos disponibles; y el modelo de optimización donde consideraron las distancias de recorrido y el combustible empleado, traducido en costos. Como resultados el sector Reque Centro redujo un 58% las distancias; para 28 de Julio se redujo un 22%; para sector Esperanza redujo un 87% y para el sector Villa El Sol se redujo un 69%. Evidenciando un incremento óptimo del 100% en la eficiencia del servicio en el Distrito de Reque.

El estudio realizado en la parroquia de Sangolquí, Pichincha, por Endara (2017) tuvo como objetivo el determinar las rutas óptimas para la recolección de desechos sólidos en la zona Centro Norte de la parroquia mediante Network Analyst. El procedimiento se divide en 3 fases principales y secuenciales. En la primera fase, recopila información tanto de la empresa Rumiñahui – Aseo EPM y del GAD Rumiñahui respecto a las rutas y tipos de recolección. En la segunda fase, se realiza la georeferenciación de los contenedores y de la infraestructura existente para la recolección especial, también efectúa la verificación del estado físico de cada recolector y del cumplimiento de las rutas, juntamente con una actualización de la red vial del área de estudio. En la última fase, se analiza los datos, generando una geodatabase para el posterior cálculo de las rutas óptimas. Dentro de los resultados obtenidos, se reduce la distancia recorrida y los gastos de recolección.

Por otra parte, Martínez (2018) en su trabajo desarrollado en la ciudad de Tulcán, plantea como objetivo principal brindar un mejor servicio de recolección a la población urbana a partir de la evaluación del sistema actual. Iniciando con una investigación



de campo a través de la cual se estudian los tiempos y movimientos de recolección, conjuntamente se aplicó encuestas a la ciudadanía beneficiaria de este servicio. Posterior a ello, se determinan los parámetros necesarios para el diseño de rutas, basados en su caracterización, producción per cápita y peso específico. En cuanto a la metodología utilizada para el diseño de rutas fue la propuesta por el Dr. Kunitoshi Sakurai en la que generó 4 macrorutas de recolección, divididas en 8 zonas operativas, cada una contó con una cobertura del 90%. Mientras que mediante la combinación de métodos heurísticos y algoritmos matemáticos diseñó las microrutas. Dando como resultado una disminución del 45% en el recorrido mensual a la par de un aumento del 28% en el uso de la jornada laboral. Como consecuencia de ello, se dio un ahorro en la cantidad de combustible y una reducción de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera.

Castellanos y Mejía (2018) en su estudio efectuado en el cantón Riobamba, proyectaron optimizar la distancia del recorrido y el tiempo empleado en la recolección de residuos. Para cumplir con dicho objetivo identificaron el proceso que continuaba a la prestación del servicio, seguido de un diagnóstico de la situación actual para lo cual emplearon encuestas y observación de campo. Esto les sirvió como insumo para el cálculo de ecuaciones, en las que consideraron parámetros de tiempos, tonelaje y capacidad, a través del uso de la herramienta Network Analyst de Arcgis, misma que les ayudó a diseñar la red vial del recorrido, para su posterior análisis con el uso de la herramienta New Vehicle Route Problem Arcgis respecto a las nuevas rutas optimizadas. Lo que dio como resultado que la zona urbana de la ciudad se sectorice en 6 zonas y en cada una de ellas se destine un camión recolector para la recolección de los residuos, con una frecuencia de 2 veces al día. El beneficio que obtuvieron fue la optimización del recorrido, lo que generó un ahorro económico en concepto de consumo de combustible, reduciendo por ende la emisión de gases contaminantes que emiten los carros recolectores.



Una vez revisada la literatura respecto al diagnóstico de las rutas de recolección de residuos sólidos domiciliarios urbanos, cabe mencionar que para la optimización de estas se emplean distintos modelos basados en herramientas SIG, ecuaciones matemáticas y algoritmos. Sin embargo, la investigación que utiliza la metodología planteada en el manual de la SEDESOL para la optimización de las rutas de recolección es la de Betanzo et al. (2016).

C. Contexto del problema y preguntas de investigación

En el Ecuador según el INEC (2017), en su reporte de gestión de residuos sólidos de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GADM), indica que un habitante de la zona urbana produce en promedio 0,86 Kg al día. Del total de residuos sólidos producidos caracterizado, el 57% corresponde a residuos orgánicos y el 43% a inorgánicos (cartón, papel, plástico, vidrio, madera, metal, chatarra, caucho, textil, focos, pilas y desechos sanitarios no peligrosos, entre otros). En el 2017, en el país se recolectaron en promedio 12.337,26 toneladas de residuos al día, de las cuales el 84,3% fueron recolectadas de manera no diferenciada y el 15,7% de manera diferenciada. En el 2017, a nivel regional, más del 50% de GADM de la Sierra disponen sus residuos sólidos en rellenos sanitarios, mientras que en la Costa el 25%.

El cantón Azogues tiene una extensión de 122.471 ha, respecto a la población cuenta con 83.770 habitantes (Datos proyectados 2018, INEC). Además se encuentra dividida en 4 parroquias urbanas: Aurelio Bayas, Azogues, San Francisco, Borrero y 8 parroquias rurales: Cojitambo, Guapán, Javier Loyola, Luis Cordero, Pindilig, Rivera, San Miguel de Porotos y Taday (*Diagnóstico Plan del Buen Vivir y Ordenamiento Territorial*, 2015). En promedio se recolectan diariamente 40 toneladas de residuos sólidos, que están divididos en un 50% de residuos orgánicos y el 50% de residuos sólidos comunes (Gomez, 2017).

Como es competencia de los GADM la gestión integral de los residuos sólidos en todas sus etapas desde su generación hasta su disposición final, es importante señalar que la etapa de recolección es una de las actividades más costosas



representando entre el 80 y 90% del costo total (Jaramillo, 1999). El proceso del manejo de los residuos sólidos en el cantón Azogues comprende 3 actividades, las mismas que son: el barrido, recolección y disposición final. Para ello, se ha establecido una división territorial en 3 secciones: centro comercial de la ciudad, sector residencial y el sector de la periferia, abarcando las parroquias urbanas y rurales del cantón (Molina, 2004).

La recolección de residuos, es un problema que ha venido acarreado desde ya varios años el cantón; debido principalmente al crecimiento poblacional, los cambios en los hábitos de consumo y la topografía del mismo, incrementando de una manera directa la cantidad de residuos producidos. De la misma manera, la limitada capacidad de los camiones recolectores, las distancias recorridas, y un mal diseño de las rutas ha permitido que la percepción de la ciudadanía del servicio de recolección sea distinto al esperado (Moreno & Arriaga, 2006).

Para dar una solución al problema, es fundamental contar con una participación conjunta tanto de la ciudadanía (generación – recolección) como por parte del Departamento de Gestión Ambiental respecto a la definición de rutas, horarios y frecuencias de recolección.

Pregunta de Investigación

¿Las rutas actuales de recolección de RSDU en las parroquias urbanas del cantón Azogues son óptimas de manera tanto operativa como económica?

D. Marco Teórico

RESIDUOS SÓLIDOS

Según TULSMA citado en Consejo Nacional de Competencias (2019), define un residuo como un elemento sólido derivado del consumo de actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que puede ser convertido en un nuevo bien. Mientras que la O.C.D.E citado en Calunia (2015), nos dice que los residuos son aquellos materiales obtenidos en la producción y consumo, sin valor económico alguno en dicho ambiente. De la misma manera, Boada citado en



Calunia (2015), indica que el residuo es un elemento que no genera valor económico para su dueño. De esta manera, un residuo es un elemento procedente de múltiples actividades, sin proporcionar ningún valor económico para el bien final.

Una vez definido lo que es un residuo, siguiendo a Serrano (2013), respecto a la clasificación de residuos, propone que será de acuerdo a su origen, dividida en orgánicos e inorgánicos; según su manejo en residuos sólidos urbanos (domiciliarios), residuos peligrosos y residuos sólidos de manejo especial.

Residuos sólidos orgánicos. - También conocidos como biodegradables, los cuales se descomponen de manera natural como restos de alimentos, residuos de la jardinería, residuos agrícolas, animales muertos y huesos.

Residuos sólidos inorgánicos. - Se los define como inertes debido a que su descomposición no afecta al medio ambiente.

Residuos sólidos domiciliarios. - Son aquellos que se generan en diferentes lugares, ya sean en viviendas, restaurantes, locales comerciales, hoteles, colegios, etc. Estos residuos tienen una doble finalidad, por un lado está destinarlos al relleno sanitario y por otro el reciclarlos.

Residuos peligrosos. - Es aquel residuo que se considera perjudicial para el medio ambiente y la salud de la población.

Residuos sólidos de manejo especial. - Son los que se derivan de los procesos productivos entre los cuales se pueden mencionar los residuos de los servicios de la salud, residuos de insumos agrícolas, avícolas, silvícolas, forestales y ganaderas, residuos de servicios de transporte generados en puertos, aeropuertos, terminales ferroviarias y portuarias, residuos de centros comerciales y residuos de escombreras.

Centrándose en el trabajo de investigación, éste se orientará en el estudio de los residuos sólidos domiciliarios.



RUTAS DE RECOLECCIÓN

Según Moreno y Arriaga (2006), la recolección de residuos no es más que el traslado de la basura desde su fuente de origen hasta el vehículo recolector, para su posterior envío al lugar de disposición final. Igualmente, la SEDESOL (2011), define la recolección como una de las partes fundamentales del manejo de residuos sólidos, buscando conservar la salud pública a través de un adecuado tratamiento de los residuos sólidos desde su origen hasta su disposición final.

En el mismo contexto, el Manual de Recolección y Transporte de los Residuos Sólidos (2017), menciona que es la labor de recolección de basura para su posterior traslado a un sitio establecido. Entendiéndose lo antes mencionado, como el traslado de los residuos desde el punto de origen hasta su disposición final, con el propósito de preservar la salud de los habitantes de una determinada localidad.

Con lo anterior se busca definir una ruta de recolección, que según SEDESOL (2011), es el trayecto diario que efectúa el vehículo recolector en las áreas designadas, dentro de los distintos sectores con el objetivo de cumplir el trabajo de recolección de una manera óptima. Por otro lado OSMAN (2019), expresa que son: “Rutas establecidas seguidas en la recogida de residuos no seleccionados o separados en la fuente, de viviendas, negocios, instalaciones comerciales e industriales y otras localizaciones.” Por lo tanto, una ruta de recolección se entiende como el trayecto realizado por un vehículo recolector en los lugares previamente establecidos.

Cabe mencionar que un mal diseño de rutas de recolección trae consigo una serie de problemas entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- Deficiente operación y funcionamiento del equipo.
- Desperdicio de personal.
- Reducción de las coberturas del servicio de limpia.
- Proliferación de tiraderos clandestinos a cielo abierto en diferentes puntos de la ciudad (SEDESOL, 2011).



Métodos de Recolección

La SEDESOL (2011), en su manual respecto a la generación, recolección y transferencia de residuos sólidos municipales, en el apartado de métodos y rutas de recolección menciona que el método de recolección es una de las decisiones más importantes que se debe tomar para el diseño del sistema, dando a conocer que dentro de los más utilizados, se encuentran los siguientes:

Método de parada fija o de esquina: Es aquel que recoge los residuos en las esquinas de las calles, previo al sonido de la campana del camión recolector. Este tipo de método es uno de los más económicos, sin embargo, la desventaja que presenta es que al no haber quien saque la basura podría existir una acumulación.

Método de acera: Consiste en que los trabajadores de la cuadrilla recojan la basura, la cual deberá estar en frente de cada domicilio por lo que cada sector deberá contar con un horario y una frecuencia definidos para que la ciudadanía pueda sacar sus bolsas en el momento preciso.

Método de contenedores: Es idóneo para los grandes generadores de basura; hoteles, mercados, hospitales, industrias, tiendas de autoservicio, etc., siendo necesario su recolección oportuna para evitar problemas de contaminación.

El método de recolección empleado para los domicilios dentro del cantón de Azogues es el método de acera y para los mercados el de contenedores.

SEDESOL- Manual Técnico sobre Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos Municipales

El manejo de los residuos sólidos urbanos es uno de los problemas ambientales que han dificultado la gestión adecuada por parte de las municipalidades de los estados en México. Sin embargo, Betanzo et al. (2016), menciona algunos antecedentes que dan a conocer acciones realizadas en la gestión de los residuos sólidos municipales, mismas que datan del año 1985, cuando se elaboró un estudio



sobre el estado en curso del manejo y disposición final de los residuos sólidos (INE 1985). Posterior a ese documento, dependencias como la Secretaría de Desarrollo Social- SEDESOL iniciaron programas y establecieron normas, reglamentos y leyes para el manejo de los residuos sólidos en el país. Una de ellas es la publicación del Manual Técnico sobre Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos (SEDESOL 2001a), en paralelo con el manual Técnico-Administrativo para el Servicio de Limpia Municipal (SEDESOL 2001b).

Según menciona la SEDESOL (2011), en el apartado de la problemática, para conseguir un manejo adecuado de los residuos sólidos es fundamental contar con una participación conjunta, tanto del gobierno, como de la industria, el comercio y la población en general. Siendo relevante además disponer de información actualizada respecto a posibles soluciones y tácticas a seguir para disminuir el impacto que ocasionan los residuos sólidos al medio ambiente que partan de un diagnóstico oportuno y adecuado. Las autoridades como tal son las encargadas de elaborar las guías respectivas. El Manual Técnico sobre Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos Municipales presenta las pautas a seguir, para una correcta planeación de las acciones entre los agentes involucrados en la prestación del servicio del aseo urbano.

NORMATIVA

Constitución del Ecuador 2008

Dentro de la Ley Suprema gobernante en el país, señala en los artículos 14 y 66, garantizar el derecho de la ciudadanía de tener una vida digna, asegurando un adecuado saneamiento ambiental, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir.

Mientras que en los artículos 264 y 415, expresan que es competencia de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) la prestación de servicios públicos tal como el manejo de desechos sólidos, la implementación de programas de reciclaje, tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos (Constitución República del Ecuador, 2011)



Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)

Los artículos 55, 136 y 137 establecen que, es responsabilidad de los GAD municipales llevar a cabo sistemas de gestión integral de desechos, a fin de evitar la contaminación en fuentes de agua. Para ello se definirán precios y tarifas equitativas a favor de los sectores con menores recursos económicos, determinando mecanismos de regulación y control, en el marco de las normas nacionales.

Respecto a modalidades de gestión, se indica que:

“Los GADs regional, provincial distrital o cantonal podrán prestar los servicios y ejecutar las obras que son de su competencia en forma directa, por contrato, gestión compartida por delegación a otro nivel de gobierno o cogestión con la comunidad y empresas de economía mixta” (Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización, 2015, art. 275).

De igual manera se expresa que: “Las tasas serán reguladas mediante ordenanzas, cuya iniciativa es privativa del alcalde municipal o metropolitano, tramitada y aprobada por el concejo, para la prestación de los siguientes servicios:...d) Recolección de basura y aseo público...” (Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización, 2015, art.568).

Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA)

Dentro del Capítulo VI, indica que:

“El Estado Ecuatoriano declara como prioridad nacional y como tal, de interés público y sometido a la tutela Estatal, la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos y desechos peligrosos y/o especiales. El interés público y la tutela estatal sobre la materia implican la asignación de la rectoría y la tutela a favor de la Autoridad Ambiental Nacional, para la emisión de las políticas sobre la gestión integral de



los residuos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales. También implica, la responsabilidad extendida y compartida por toda la sociedad, con la finalidad de contribuir al desarrollo sustentable a través de un conjunto de políticas intersectoriales nacionales, en todos los ámbitos de gestión...”(TULSMA, 2017, art. 47).

En el mismo capítulo, se define a la gestión integral como:

“El conjunto de acciones y disposiciones regulatorias, operativas, económicas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, monitoreo y evaluación, que tienen la finalidad de dar a los residuos sólidos no peligrosos el destino más adecuado desde el punto de vista técnico, ambiental y socio-económico, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos de tratamiento, posibilidades de recuperación y aprovechamiento, comercialización y su disposición final” (TULSMA, 2017, art. 55).

Respecto a las fases de manejo de desechos y/o residuos sólidos no peligrosos, señala que:

“Corresponde al conjunto de actividades técnicas y operativas de la gestión integral de residuos y/o desechos sólidos no peligrosos que incluye: minimización en la generación, separación en la fuente, almacenamiento, recolección, transporte, acopio y/o transferencia, aprovechamiento, tratamiento y disposición final” (TULSMA, 2017, art. 59).

De la misma manera, expresa que:

“Los GADs son responsables de la recolección de residuos en el área de su jurisdicción y definirán las rutas, horarios y frecuencias de recolección de residuos urbanos domésticos y de ser necesario y previa aprobación de la Autoridad Ambiental Nacional, definirán



estaciones de transferencia técnicamente construidas para su posterior disposición final” (TULSMA, 2017, art. 68).

Ley Orgánica de la Salud

En lo dispuesto en los artículos 97, 98 y 100, mencionan que la autoridad sanitaria nacional dictará las normas y promoverá programas para el manejo de todo tipo de desechos y residuos que afecten la salud humana en coordinación con entidades públicas o privadas. Siendo encargados los municipios del proceso de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de desechos (Ley Orgánica de Salud, 2015).

ORDENANZAS

Se mencionan varias ordenanzas referentes a la gestión ambiental, así como al adecuado manejo de residuos sólidos.

Ordenanza de creación de la Unidad de Gestión Ambiental de la I. Municipalidad de Azogues, 2002

Según la Ordenanza de creación de la Unidad de Gestión Ambiental citado en Uguña y Guncay (2017), indica a “La Unidad de Gestión Ambiental como una entidad pública descentralizada del Gobierno Autónomo Municipal de Azogues, que tiene como responsabilidad coordinar, gestionar y liderar la Gestión Ambiental, una de sus competencias es ejercer como Autoridad Ambiental”.

La Unidad de Gestión Ambiental tiene los siguientes propósitos:

1. Proteger el entorno natural, social y cultural, especialmente los recursos básicos que son la fuente de la supervivencia, se tratan del agua, aire y el suelo.
2. Impulsar la explotación racional de los recursos naturales con el fin de contribuir el desarrollo sostenible de la ciudad.



3. Controlar las actividades económicas que generen residuos sólidos y contaminen el medio ambiente, ya sean ocasionados por fuentes fijas y móviles”.

Ordenanza Sustitutiva para la Gestión Integral de Desechos Sólidos en el Cantón Azogues, 2008

Por otra parte el Ilustre Consejo Municipal de Azogues, citado en Loyola (2018), indica en:

“Art. 4. La recolección y transporte de los desechos sólidos (orgánicos, inorgánicos, materiales reciclables y desechos biopeligrosos) es obligación de la Municipalidad con las Instituciones públicas y privadas, y con la participación de la ciudadanía en general.

Art. 5. La separación en origen de los desechos sólidos tanto orgánicos, inorgánicos, como materiales reciclables es obligación de las instituciones públicas y privadas, así como de la ciudadanía, previa su entrega a los vehículos recolectores en los horarios y frecuencias establecidas para cada sector de la ciudad.

Art.8. La disposición final y tratamiento de los desechos sólidos en general es obligación de la Municipalidad, a través de la Dirección de Higiene o Empresa correspondiente.

Art.13. Toda persona que proceda a sacar los desechos sólidos (orgánicos e inorgánicos) debe depositarlos en la acera de su domicilio o negocio en la hora establecida para su sector para que sean recogidos por los vehículos recolectores, y debe realizarlo en la siguiente forma:

En fundas plásticas de color negro para los desechos inorgánicos y de color verde para los desechos orgánicos. Las bolsas de plástico serán sustituidas por otras de materia biodegradable cuando la realidad tecnológica y económica lo permita.

Art.27. Queda prohibido entregar basuras y residuos al personal encargado del barrido de las calles.



Art.51. Los rellenos sanitarios para la disposición final de los desechos sólidos urbanos son de exclusiva competencia municipal, y en cuanto a su situación, instalación, forma de vertido y funcionamiento se dará cumplimiento a las disposiciones en la legislación vigente.

Art.64. CONTROL. La Dirección de Higiene con el apoyo de Comisaría Municipal controlará el cumplimiento de esta ordenanza y normas conexas; la comisaría juzgará y sancionará a los infractores conforme a lo establecido en la ley y en general tomarán todas las medidas para mejorar el aseo y limpieza de la ciudad. El control se realizará también por parte de los Inspectores de Higiene, Policía Municipal, autoridades competentes y los veedores cívicos ad honórem”.

Ordenanza Sustitutiva que establece el cobro de la tasa por el servicio de aseo público y recolección de desechos sólidos en el cantón Azogues

Tiene como objetivo definir un sistema de aseo público, que permita a la ciudad y los centros poblados de sus parroquias, mantener la higiene necesaria y garantizar la salud de los que habitan en su jurisdicción. A su vez determinar la tasa con la que el GAD Municipal, retribuirá el costo por el servicio de barrido de calles, recolección de desechos sólidos y disposición final de las mismas que se generen en el cantón (Registro Oficial No 463, 2016).

De esta forma, se puede resumir que la gestión integral de los RSDU dentro del cantón Azogues corresponde al Departamento de Gestión Ambiental del GAD Municipal, mismo que será responsable de la recolección, transferencia y disposición final de los mismos, señalando además que es deber de la ciudadanía en general separar los desechos sólidos en su fuente de origen para facilitar la labor de recolección, en los horarios y frecuencias establecidas. A su vez está definida una tasa de cobro para ofrecer un mejor servicio en el manejo de residuos sólidos en el cantón. El cumplimiento de las normas y ordenanzas está sujeto a control, por lo que en caso de incumplir con las mismas habrá sanción.



GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

En Ecuador

Como se mencionó dentro de la Constitución y el Cootad, es responsabilidad de los GAD Municipales la prestación del servicio de gestión de residuos sólidos.

Considerando lo antes mencionado, en el Ecuador según el INEC (2017), en su reporte de gestión de residuos sólidos de los GADM 2017, del total de municipios (221), el 73,2%, correspondiente a 161 GADM, gestionaron sus residuos sólidos a través de unidades, departamentos o direcciones del GADM, el 6,4%, correspondiente a 14 GADM, lo realizaron como empresa municipal y el 20,5%, correspondiente a 45 GADM, gestionaron los residuos sólidos como mancomunidad.

También es importante mencionar que, en el año 2017, el promedio de subsidio que otorgaron los GAD's por la prestación del servicio del manejo de residuos sólidos fue del 43,9%. En todas las regiones el subsidio ha disminuido, a excepción de la región Costa. Siendo de 21% para la región Sierra.

El GAD Municipal de Azogues emplea una gestión directa en el manejo de los residuos sólidos a través de su Departamento de Gestión Ambiental abarcando por ende la utilización de personal y equipo propios de la municipalidad.

E. Objetivos e hipótesis

Objetivo General

Evaluar las rutas actuales de recolección de residuos sólidos domiciliarios urbanos (RSDU) mediante el modelo SEDESOL en el Departamento de Gestión Ambiental del GAD Municipal de Azogues

Objetivos Específicos

- Identificar las rutas actuales de recolección de los RSDU en las parroquias Aurelio Bayas, Azogues, San Francisco y Borrero mediante el uso de dispositivos GPS.



- Analizar los costos totales directos de las rutas de recolección de los RSDU.
- Identificar la variación existente entre los recorridos actuales y el óptimo teórico propuesto por el modelo SEDESOL.
- Definir las posibles rutas de recolección optimizadas, a través del empleo de herramientas SIG.

Hipótesis

H:1= Las rutas actuales de recolección de RSDU de las 4 parroquias (Aurelio Bayas, Azogues, San Francisco y Borrero) son las óptimas de manera operativa como económica.

H:0= Las rutas actuales de recolección de RSDU de las 4 parroquias (Aurelio Bayas, Azogues, San Francisco y Borrero) no son las óptimas de manera operativa como económica.

F. Variables y Datos

Para el presente trabajo de investigación, se hará uso de distintas técnicas de recolección de datos (cuestionarios y fichas de observación) las que proporcionarán información, misma que servirá de insumo para la aplicación de la formulación matemática propuesta por la SEDESOL (2011), en las rutas de recolección. Dentro de las variables objeto de estudio tenemos:

-Longitud: distancia en Km recorrida por el camión recolector en cada ruta.

-Población: cantidad de habitantes que residen en la zona a la que atiende el carro recolector en una ruta.

-Densidad poblacional: número de habitantes que residen a lo largo del recorrido que realiza el camión recolector dividido para la cantidad de km recorridos.

-Velocidad de avance: es un valor estándar del recorrido que realiza un camión recolector de residuos y desechos.



- Proporción de la distancia productiva: es la distancia en la que el camión realiza el trabajo de recolección y depósito de los residuos y desechos en el relleno sanitario.
- Tiempo disponible para la recolección: cantidad de minutos en la recolección de los residuos y desechos en cada ruta.
- Rutas: número de rutas que se realizan para recolectar residuos sólidos domiciliarios en las 4 parroquias urbanas.

Es importante mencionar que parte de los datos necesarios para el desarrollo del trabajo serán proporcionados por el Departamento de Gestión Ambiental del GAD Municipal de Azogues y conforme al avance en la ejecución del proyecto la información encontrada podrá ser convertida en datos, que posteriormente serán utilizados para cumplir con los objetivos planteados.

G. Descripción de la metodología a utilizar

El estudio se realizará dentro del Departamento de Gestión Ambiental del GAD Municipal de Azogues, en el cual se evaluarán las rutas de recolección de las 4 parroquias urbanas (Aurelio Bayas, Azogues, San Francisco, Borrero), buscando optimizarlas de manera tanto operativa como económica.

La metodología que se aplicará para el tema de investigación se basa en el manual de la SEDESOL, el cual considera todo el proceso relacionado sobre Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos Municipales planteando una formulación matemática, la misma que servirá para medir el rango de variación de las rutas, es decir el tiempo que tarda el vehículo recolector en cubrir la ruta. Esta formulación se analizará bajo 3 escenarios posibles en el diseño de las macrorutas de recolección, cuyo objetivo es cuantificar las rutas para determinar si se acercan o no al óptimo teórico (0%).

Siguiendo a la SEDESOL (2011), el método de diseño de rutas emplea los parámetros contenidos en la siguiente ecuación:



$$L = \frac{P}{d} = \frac{T(r)}{60} = \frac{a(T)r}{60} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

- L = Longitud del recorrido del camión en un turno (km).
- P = Población de la zona que atenderá un vehículo en cada turno (hab).
- d = Densidad de población (hab/km).
- r = Velocidad de avance del vehículo durante la recolección, considerada como una constante en los países latinoamericanos (entre 1.5 y 1.9 km/hr).
- a = Proporción de distancia productiva en relación a la distancia total, obtenida mediante los traslados externos y los recorridos de recolección (entre 0.9 y 0.6).
- T = Tiempo disponible para la recolección (min).

Como lo indica Betanzo et al. (2016), esta ecuación expresa una condición de equilibrio entre los recorridos productivos e improductivos (internos y externos a la ruta) de manera que la condición ideal derivada sea la siguiente:

$$\frac{P}{d} = \frac{a(T)r}{60} \quad \text{Ecuación 2}$$

Sin embargo, es recomendable incrementar los valores de “a” considerando como restricción el tiempo total de la jornada de trabajo, de forma que se incrementen las distancias productivas tanto como sea posible, provocando a su vez una reducción de las distancias improductivas, obteniendo la ecuación 3.

$$\frac{P}{d} > \frac{a(T)r}{60} \quad \text{Ecuación 3}$$

En caso de que en la ecuación anterior el resultado sea distinto al esperado, se deberá realizar un ajuste para que los recorridos tiendan a la igualdad, ya que la jornada laboral no es suficiente para completar el ciclo, obteniendo la ecuación 4.



$$\frac{P}{d} < \frac{a(T)r}{60} \text{ Ecuación 4}$$

Cabe indicar que dentro del presente estudio se utilizarán técnicas cuantitativas como encuestas y fichas de observación, las mismas que serán realizadas a los choferes de los vehículos recolectores y supervisores o técnicos encargados del servicio de recolección de RSDU, para obtener información de las variables de estudio que propone la SEDESOL, dentro de las que se considerarán: Longitud, población, densidad poblacional, velocidad de avance, proporción de la distancia productiva, tiempo disponible para la recolección, rutas.

Una vez obtenidos los resultados en la formulación del modelo y en el caso de que las rutas actuales no sean eficientes, se procederá a mejorar el recorrido de cada una de ellas.

Respecto al tipo de investigación, será una investigación cuantitativa de corte transversal, que permitirá utilizar magnitudes numéricas para definir ciertos datos o cantidades con las que se trabajará en el presente tema de estudio. En la investigación se empleará el método analítico, puesto que nos permitirá analizar los resultados obtenidos mediante la observación directa, encuestas, muestreo y cálculos matemáticos realizados, para posteriormente definir las necesidades en las parroquias estudiadas.

H. Explicación del contenido mínimo

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

MARCO TEÓRICO

1.1 Residuos sólidos

1.2 Rutas de recolección

1.3 SEDESOL

1.4 Normativa

1.5 Gestión integral de residuos sólidos

METODOLOGÍA



2.1 Levantamiento de información

2.1.1 Métodos de obtención

2.2 Diagnóstico de rutas actuales de recolección de RSDU

2.2.1 Tratamiento de la información

2.2.2 Cálculo de variaciones de las rutas actuales de RSDU

2.3 Mejoramiento de rutas actuales de recolección de RSDU

2.3.1 Cálculo de costos de las rutas de recolección

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

I. Bibliografía inicial

Araiza, J., & José, M. (2015). Mejora del servicio de recolección de residuos sólidos urbanos empleando herramientas SIG: un caso de estudio. *Ingeniería*, 19(2), 118–128.

Betanzo, E., Torres, M., Romero, J., & Obregón, S. (2016). Evaluación de rutas de recolección de residuos sólidos urbanos con apoyo de dispositivos de rastreo satelital: Análisis e implicaciones. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(3), 323–337. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.03.07>

Calunia, L. (2015). *Caracterización de los residuos sólidos generados en los hangares del gobierno autónomo descentralizado provincial de Pastaza, ciudad del Puyo*.

Cañar, T. (2019). *Nuevo Director de Gestión Ambiental del GAD Municipal de Azogues | Cañar televisión*. Retrieved from <https://www.canartelevision.com/?p=13779>

Castellanos, J., & Mejía, R. (2018). *Programación del servicio de recolección de desechos sólidos domiciliarios mediante herramientas SIG, en la zona urbana del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo*.

Ciudad de Azogues. (2014). Retrieved October 9, 2019, from <http://azogues-rrodasc.blogspot.com/>



CNC. (2019). *Informe sobre mapeo de actores generadores de información a nivel territorial e identificación de fuentes de información de la competencia de desechos sólidos.*

Constitución República del Ecuador. , (2011).

COOTAD. *Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización.* , (2015).

Cusco, J., & Picón, K. (2015). *Optimización de rutas de recolección de desechos sólidos domiciliarios mediante uso de herramientas SIG.*

Diagnóstico Plan del Buen Vivir y Ordenamiento Territorial. (2015).

Endara, A. (2017). *Propuesta de rutas óptimas para la recolección de desechos sólidos en la zona centro norte de la parroquia Sangolqui mediante la extensión Network Analyst del software Arcgis.*

Gomez, M. (2017). *40 toneladas de basura va todos los días al relleno sanitario de Azogues - El espectador azogues.* Retrieved from <http://www.elespectadorazogues.com/?p=7846>

Henao, B., & Piedrahita, J. (2015). *Diseño de un modelo de ruteo de vehículos para la recolección de residuos sólidos en el municipio de Zarzal Valle del Cauca* (Vol. 151). <https://doi.org/10.1145/3132847.3132886>

INEC. (2017). *Gestión de Residuos Sólidos GAD Municipales 2017.* Retrieved from https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2017/Residuos_solidos_2017/PRESENTACION_RESIDUOS_2017.pdf?fbclid=IwAR29mWRa1HL8N3f_wSW_C1qTC2qebp4IL92feNulTarcw08LWUPaPveTMvM

Jalinas, S., & Espinoza, D. (2019). *Servicios Públicos Municipales.* Retrieved from http://repositorio.unan.edu.ni/10873/1/19515.pdf?fbclid=IwAR2_S66-mP46eyBf01DIXqHZkAuKGtCbvQQAvgqbwPidFgISHVsF4rBcZQA



Jaramillo, J. (1999). *Seminario Internacional Gestión Integral De Residuos Sólidos y Peligrosos, Siglo XXI*. Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal/viii.pdf?fbclid=IwAR1fD972ReB0Bw1b0f0IH-uYQI4XyoG4YNNyBUpMcmKcrB-tMMr4WpJYMPo>

Ley Orgánica de Salud. , (2015).

Loyola, K. (2018). *Estudio Comparativo de los Indicadores de los Residuos Sólidos en la Zona Urbana y Cuatro Parroquias Rurales del Cantón Azogues.*

Manual de Recolección y Transporte de los Residuos Sólidos. (2017).

Martínez, F. (2018). *Propuesta de rediseño de macro y micro rutas del sistema de recolección de residuos sólidos de la ciudad de Tulcán.* Retrieved from <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19136/1/CD-8521.pdf>

Molina, V. (2004). *La ciudadanía participa en la gestión de los desechos sólidos en la ciudad de Azogues.*

Moreno, J. R., & Arriaga, E. P. (2006). *Optimización del sistema de rutas de recolección de residuos sólidos domiciliarios (Ecoeficiencia).*

OSMAN. (2019). Diccionario de Salud y Medio Ambiente. Retrieved November 15, 2019, from https://www.osman.es/diccionario/definicion.php?id=13961&fbclid=IwAR30LMeG2KNcxr6D63fTHR98gRtArMUXYjB8Af1V_7pNWrl1GjBNI8Ja_c

Registro Oficial No 463. , (2016).

Ruiz, I., & Vidal, W. (2016). *Modelo de optimización del Sistema de Recojo De Residuos Sólidos En El Distrito De Reque Para Mejorar La Eficiencia De Operaciones, Chiclayo.*

SEDESOL. (2011). *Manual Técnico Sobre Generación, Recolección y transferencia de residuos sólidos.*

Serrano, S. (2013). *Estudio sobre el manejo de los residuos sólidos domiciliarios*



en el municipio de el Almendro Rio San Juan, Nicaragua. UNIVERSIDAD
NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA.

TULSMA. *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente.* , (2017).

Uguña, C., & Guncay, J. (2017). *Auditoría De Gestión Ambiental a Los Residuos Sólidos Del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal De Azogues Por El Periodo 2015.* Retrieved from

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/27729>



J. Un cronograma de actividades con fechas coordinadas con el asesor sobre reuniones, presentación de avances y el envío final del trabajo académico.

Nombre Actividad	Meses						
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
a) Recolección de literatura							
b) Elaboración del Estado de Arte							
c) Recolección de Información Bibliográfica							
d) Elaboración del marco teórico							
e) Revisión y edición de la primera parte (Protocolo)							
f) Planificación de visitas y recorridos							
g) Revisión de rutas actuales mediante mapeo							
h) Levantamiento de información							
i) Análisis y tratamiento de datos							



j) Revisión y edición de la segunda parte							
k) Análisis de posibles nuevas rutas							
l) Elaboración de posibles nuevas rutas a través de SIG							
m) Revisión y edición de la tercera parte							
n) Conclusiones							
o) Recomendaciones							
p) Revisión y edición final del artículo							