

**EVALUACIÓN Y MONITOREO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y
TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA EMPRESA “EMPOPAMPLONA
S.A.S. E.S.P.” ENFOCADO EN LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE**

FRANCIS DANIELA VILLAMIZAR PÉREZ

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA AMBIENTAL
PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER**

2020

**EVALUACIÓN Y MONITOREO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y
TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA EMPRESA “EMPOPAMPLONA
S.A.S. E.S.P.” ENFOCADO EN LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE**

FRANCIS DANIELA VILLAMIZAR PÉREZ

Proyecto de grado, como requisito parcial para optar por el título de Ingeniera Ambiental

Director: ING. MANUEL CONTRERAS

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA AMBIENTAL
PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER**

2020

RESUMEN

Se realizó un diagnóstico ambiental y técnico del sistema de recolección de residuos sólidos de la ciudad de Pamplona, Norte de Santander a través de la evaluación del desempeño ambiental con indicadores ambientales y el seguimiento de rutas de recolección. A su vez, se realizan los correspondientes mapas de rutas actuales del municipio a través del software AutoCAD 2021. Se evaluó y analizó el desempeño ambiental a través de tres indicadores, huella de carbono de los vehículos de recolección, producción per-cápita de residuos y puntos críticos. Se realizó un estudio de tiempos y movimientos detallado para cada una de las rutas de recolección incluyendo la ruta adicional de turno realizada para grandes productores de residuos del municipio. Se observaron rutas con puntos de recolección muy alejados los unos de los otros, transporte innecesario de residuos, gran cantidad de puntos críticos en los días de recolección, poca claridad en los puntos exactos de inicio y fin de los itinerarios y una alta generación de residuos por habitante al día. Se concluyó que el replanteo de las rutas de recolección con la disminución de trayectos innecesarios contribuye a disminuir la huella de carbono y con esta los impactos medioambientales del sistema.

PALABRAS CLAVE: Residuos sólidos, itinerarios de recolección, macrorutas, microrutas, huella de carbono, producción per-cápita, puntos críticos.

ABSTRACT

An environmental and technical diagnosis of the solid waste collection system of the city of Pamplona, Norte de Santander was carried out through the evaluation of environmental performance with environmental indicators and the monitoring of collection routes. At the same time, the corresponding maps of current routes in the municipality were made using AutoCAD software. Environmental performance was evaluated and analyzed through three indicators: carbon footprint of collection vehicles, per capita production of waste and critical points. A detailed study of times and movements was carried out for each of the collection routes including the additional shift route carried out for large waste producers in the municipality. Routes were observed with collection points far from each other, unnecessary transport of waste, a large number of critical points on collection days, unclear start and end points of the routes and a high generation of waste per inhabitant per day.

KEY WORDS: Solid waste, collection routes, macro routes, micro routes, carbon footprint, per capita production, critical points.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
OBJETIVOS	11
OBJETIVO GENERAL	11
OBJETIVOS ESPECIFICOS	11
MARCO TEORICO.....	12
GENERALIDADES DE LA EMPRESA	12
EL SERVICIO DE ASEO EN PAMPLONA	12
LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS.....	13
DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	13
TIEMPO DE TOMA	13
TRANSPORTE	14
LUGAR DE DESCARGA.....	14
TIEMPO MUERTO	14
RESIDUOS SOLIDOS.....	15
ITINERARIOS DE RECOLECCIÓN	15
INDICADORES AMBIENTALES.....	16
HUELLA DE CARBONO	16
PRODUCCIÓN PER-CÁPITA DE RESIDUOS SÓLIDOS	21
PUNTOS CRÍTICOS	22
MARCO LEGAL.....	23
ESTADO DEL ARTE.....	24
METODOLOGIA.....	28
.....	28
DIAGNÓSTICO DE RUTAS DE RECOLECCIÓN.....	29
INDICADORES AMBIENTALES.....	31
HUELLA DE CARBONO	31
PRODUCCIÓN PER-CÁPITA	31
PUNTOS CRÍTICOS	32
RESULTADOS Y ANÁLISIS	33

DIAGNOSTICO AMBIENTAL -INDICADORES AMBIENTALES	33
HUELLA DE CARBONO DE LOS VEHÍCULOS DE RECOLECCIÓN	33
CALCULO PRODUCCIÓN PER CÁPITA.....	36
PUNTOS CRÍTICOS	40
DIAGNOSTICO TÉCNICO	46
GENERALIDADES.....	46
ANÁLISIS RUTA 1.....	47
ANÁLISIS RUTA 2.....	48
ANALISIS RUTA 3.....	49
ANALISIS RUTA 4.....	51
ANALISIS RUTA 5.....	51
ANÁLISIS RUTA 6.....	52
ANÁLISIS RUTA 7.....	53
ANALISIS RUTA 8.....	54
RUTA DE TURNO.....	55
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES.....	66
BIBLIOGRAFIA	68
ANEXOS	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida combustibles fósiles. Fuente: Autores	17
Figura 2. Comparativo emisiones de CO2 por fase del ciclo de vida del vehículo. Fuente: Quintana C. (2018).....	18
Figura 3. Emisiones para vehículos que funcionan a base de gasolina. Fuente: Quintana C. (2018).....	18
Figura 4. Emisiones para vehículos que funcionan a base de Diésel. Fuente: Quintana C. (2018)	19
Figura 5. Población recogida los días lunes (izquierda) y martes (derecha). Fuente: Autores.	37
Figura 6. Población recogida los días miércoles (izquierda) y jueves (derecha). Fuente: Autores.	37
Figura 7. Población recogida los días viernes. Fuente: Autores.	38
Figura 8. Rutas que abarcan la población urbana total del municipio. Fuente: Autores	38
Figura 9. Producción Per-cápita de residuos Cúcuta, Norte de Santander año 2017. Fuente: La Opinión, 2017	39
Figura 10. Punto crítico Cristo Rey Torres RCN y Caracol. Fuente: Autores.....	42
Figura 11. Punto crítico Simón Bolívar Calle 1ª Norte frente a mirador en la ladera. Fuente: Autores.....	43
Figura 12. Punto crítico Carrera 3 Oeste en intersección con la calle 4ª, punto de gimnasio saludable Santa Marta.....	44
Figura 13. Carrera 1 oeste hasta el punto de las escaleras (recolecta residuos del Barrio Cinco Casas).....	44
Figura 14. Ruta 1 realizada el día lunes. Fuente: Autores	47
Figura 15. Ruta 1 realizada el día miércoles. Fuente: Autores	47
Figura 16. Ruta 1 realizada el día viernes. Fuente: Autores	47
Figura 17. Ruta 2 realizada el día lunes (izquierda) y día jueves (derecha). Fuente: Autores	49
Figura 18. Ruta 3 realizada el día lunes (izquierda) y jueves (derecha). Fuente: Autores	50
Figura 19. Ruta 4 realizada el día martes. Fuente: Autores	51
Figura 20. Ruta 5 realizada el día martes. Fuente: Autores	52
Figura 21. Ruta 6 realizada el día viernes. Fuente: Autores	53
Figura 22. Ruta 7. Realizada los días miércoles. Fuente: Autores	54
Figura 23. Ruta 8 realizada los días miércoles. Fuente: Autores.....	54
Figura 24. Ruta de turno lunes. Fuente: Autores	56
Figura 25. Ruta turno martes. Fuente: Autores.....	57
Figura 26. Ruta turno jueves. Fuente: Autores	59
Figura 27. Ruta turno viernes. Fuente: Autores	60
Figura 28. Ruta turno sábado. Fuente: Autores.	61
Figura 29. Ruta de turno domingo. Fuente: Autores	62

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades de los combustibles y factores de emisión. Fuente: Quintana (2018).....	19
Tabla 2. Factores de emisión por el uso de diésel en transporte de diferentes países. Autores: Eriksson M. y Ahlgren S. (2013).....	20
Tabla 3. Marco legal colombiano servicio público de aseo. Fuente: Empopamplona S.A. E.S.P.	24
Tabla 4. Distancias recorridas por cada vehículo en una semana. Fuente: Autores	33
Tabla 5. Cantidad de residuos producidos en Pamplona durante la semana. Fuente: Autores.....	36
Tabla 6. Pesaje residuos ruta de turno. Fuente: Autores.....	63

DEDICATORIA

Se lo dedico a mis padres Gladys Pérez Velasco y Helfin Villamizar Flórez por apoyarme incondicionalmente y darme todo su amor, los amo con todo mi corazón. Y a mis hermanas Diana Carolina Villamizar Pérez y July Andrea Villamizar Pérez es indescriptible lo dichosa que me siento de tenerlas, también las amo mucho.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a aquellas personas que me acompañaron durante todos estos años de aprendizaje y me brindaron su cariño y apoyo sincero, este título también les corresponde a ellos, los llevo siempre en mi corazón. Agradezco a mi familia, a mis padres, a mis dos hermanas, abuelos, tías y tíos. Principalmente agradezco a mi abuelita Sofía Velasco por darme la oportunidad de estudiar y desarrollarme como profesional. Agradezco a mis profesores y compañeros de los cuales aprendí enormemente y agradezco también a Dios por ser el motor que impulsa mi vida.

INTRODUCCIÓN

La empresa pública de Pamplona Norte de Santander, “EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P.” trabaja hace más de 30 años brindando a la comunidad pamplonesa los servicios de agua potable, saneamiento básico y recolección de residuos, el Relleno Sanitario “La Cortada” funciona para la disposición final a los Municipios aledaños de Labateca, Toledo, Vetas, Chitagá, Mutiscua, Silos y Cácuta. A pesar de que la empresa cuenta con un sistema de rutas de recolección de residuos sólidos, no se ha realizado la actualización y evaluación correspondiente; se hace necesaria la realización de un diagnóstico actualizado teniendo en cuenta la extensión territorial progresiva que el municipio ha tenido a lo largo de los años. De esta forma se propone la realización de dicho diagnóstico no sólo a nivel técnico sino también ambiental, que permita re-evaluar y monitorear el estado de dichos procedimientos, así como la creación de los correspondientes mapas de rutas. El diagnóstico ambiental del sistema se realiza utilizando indicadores ambientales que son una herramienta fundamental para identificar el desempeño ambiental de cualquier procedimiento, su utilización es beneficiosa a nivel técnico, económico, ambiental y social y a su vez, contribuye con el alcance de los objetivos de desarrollo sostenible para mantener el cuidado del medio ambiente. El desempeño ambiental del sistema se enfoca en el cumplimiento del objetivo número 13 de desarrollo sostenible: Tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.. Cabe destacar que la presente investigación se realizó en el marco de la pandemia mundial por COVID-19 en el semestre 2020-2, a su vez, el diagnóstico técnico fue realizado de la mano con el trabajo investigativo de la aspirante a Ingeniera Ambiental Justine Juliette Angarita Cortiñas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar un diagnóstico del sistema de recolección de Residuos Sólidos de la ciudad de Pamplona, Norte de Santander, con el fin de evaluar el desempeño ambiental, monitorear e identificar oportunidades de mejora, así como identificar métodos que permitan disminuir los impactos medioambientales producidos, guiándonos por los objetivos de desarrollo sostenible.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Realizar una recopilación de información secundaria sobre el sistema de recolección de residuos sólidos del municipio de Pamplona.

Calcular la producción de Dióxido de Carbono (CO₂) o huella de carbono producida por los vehículos durante el proceso de recolección.

Construir los mapas de rutas de recolección con el fin de evaluar su reestructuración y la disminución de trayectos innecesarios.

Registrar los pesos de los residuos sólidos para cada una de las rutas de transporte con el fin de calcular la producción per-cápita de residuos del municipio.

Analizar los puntos críticos actuales como indicador de desempeño ambiental del sistema de recolección

MARCO TEORICO

GENERALIDADES DE LA EMPRESA

“EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P. es una empresa que tiene por objeto la “prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo en la ciudad de Pamplona”.

La empresa tiene una vida institucional de casi 40 años de servicio a los Pamploneses, la empresa trabaja día a día para elevar el nivel de vida de los habitantes de la ciudad garantizándoles la prestación de los servicios públicos básicos con los más altos niveles de calidad, eficiencia, eficacia y efectividad.” (EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P, 2020)

“EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P., es una Empresa de Servicios Públicos, de Economía Mixta, dedicada a la producción y comercialización de Agua Potable, que presta además los servicios de Alcantarillado y Aseo, de acuerdo a lo dispuesto en la ley 142 y en los demás Decretos y Normas Reglamentarias.” (EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P, 2020)

“Está enmarcada por las políticas emitidas por el Ministerio de Desarrollo vigilada por la Superintendencia de Servicios Públicos y regulada por la Comisión de Agua Potable y saneamiento Básico (CRA), buscando la eficiencia en la prestación de los servicios.” (EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P, 2020)

EL SERVICIO DE ASEO EN PAMPLONA

EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P., presta el servicio de Recolección y Transporte de los Residuos Sólidos en el Municipio de Pamplona, así como el servicio de barrido y limpieza de vías. Para el Tratamiento y Disposición Final de los residuos sólidos.

Los lineamientos que se siguen con respecto al servicio de aseo son los programas, proyectos y líneas de acción del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del Municipio de Pamplona PGIRS, adoptado mediante acuerdo municipal.

El Sistema de Aseo del Municipio de Pamplona, está conformado por:

- Recolección domiciliaria de residuos sólidos.
- Transporte al sitio de disposición final.
- Barrido y limpieza de vías y áreas públicas del municipio.
- Ornatos en parques y zonas verdes de diferentes sectores.
- Corte de césped y poda de árboles.

LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS

“El termino recolección, incluye no solamente la recolección o toma de los residuos sólidos de diversos orígenes, sino también el transporte de estos residuos hasta el lugar donde los vehículos de recolección se vacían. La descarga del vehículo de recolección también se considera como parte de la operación de recolección.” (Tchobanoglous G. y Theisen H. et al, 1994).

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

TIEMPO DE TOMA

“Esta definición depende del tipo de sistema utilizado. Para los sistemas de caja fija el tiempo de toma se refiere al tiempo transcurrido cargando el vehículo de recolección, comenzando por la parada del vehículo antes de cargar el contenido del primer contenedor y terminando cuando se ha cargado el contenido del ultimo contenedor que hay que vaciar.” (Tchobanoglous G. y Theisen H. et al, 1994).

TRANSPORTE

“Para el sistema de caja fija, el transporte se refiere al tiempo requerido hasta llegar al lugar donde se va a vaciar el contenido del vehículo de recolección (por ejemplo, estación de transferencia, IRM, o lugar de evacuación), comenzando cuando se ha vaciado el último contenedor del itinerario, o el vehículo de recolección está lleno, y continuando con el tiempo transcurrido después de dejar el lugar de descarga hasta que el camión llega al lugar donde se encuentra el primer contenedor que hay que vaciar en el siguiente itinerario de recolección.” (Tchobanoglous G. y Theisen H. et al, 1994).

LUGAR DE DESCARGA

“La unidad de operación lugar de descarga se refiere al tiempo transcurrido en el lugar donde se descarga el contenido del contenedor o el vehículo de recolección e incluye tanto el tiempo transcurrido esperando a descargar como el tiempo transcurrido descargando el vehículo de recolección.” (Tchobanoglous G. y Theisen H. et al, 1994).

TIEMPO MUERTO

“La unidad de operación tiempo muerto incluye todo el tiempo transcurrido en actividades que no son productivas desde el punto de vista de la operación global de recolección. Muchas de las actividades asociadas al tiempo muerto a veces son necesarias inherentes a la operación. Por lo tanto, se puede dividir en dos categorías: necesario e innecesario”. (Tchobanoglous G. y Theisen H. et al, 1994).

RESIDUOS SOLIDOS

“Los residuos sólidos se definen como todos aquellos materiales en estado sólido o semisólido que han sido desechados tras su vida útil procedentes de la fabricación, transformación o utilización como bienes de consumo.” (Ulloa S.A., sf)

ITINERARIOS DE RECOLECCIÓN

Tchobanoglous G. y Theisen H. et al, (1994) especifican que: “En general, el diseño de itinerarios de recolección implica una serie de pruebas. No hay normas fijas que se puedan aplicar a todas las situaciones. Por lo tanto, actualmente, el diseño de itinerarios de recolección sigue siendo un proceso de sentido común. Algunas líneas heurísticas que se deberían tener en consideración en el diseño de itinerarios son las siguientes:”

1. Deben identificarse las políticas y normativas existentes relacionadas con algunos asuntos como el punto de recolección y la frecuencia de recolección.
2. Deben coordinarse las características del sistema existente, tales como el número de operarios y los tipos de vehículos
3. Cuando sea posible, los itinerarios deberían ser diseñados para que empiecen y terminen cerca de calles principales, utilizando las barreras topográficas y físicas como bordes de itinerario.
4. En zonas de colinas, los itinerarios deberían empezar en la parte más alta y continuar cuesta abajo mientras se cargan los vehículos.
5. Los itinerarios deberían ser diseñados para que el último contenedor que hay que recoger en el itinerario se encuentre localizado lo más cerca posible del lugar de evacuación.

6. Deberían recogerse los residuos localizados en zonas de congestión vial a una hora del día tan temprana como fuera posible.
7. Se deberían servir las fuentes que generan cantidades muy grandes de residuos durante la primera parte del día.
8. Los puntos de toma desperdigados (donde se generan pequeñas cantidades de residuos) que reciben la misma frecuencia de recolección deberían ser servidos, si es posible, durante un solo viaje o en el mismo día.

3.6 INDICADORES AMBIENTALES

HUELLA DE CARBONO

“Se trata de un indicador ambiental clave, que refleja los gases emitidos por un individuo o empresa” (Escuela Europea de Excelencia, 2019) “La huella de carbono es un indicador de emisiones de gases de efecto invernadero (principalmente CO₂) de un producto u organización. Para este cálculo se debe desarrollar un análisis de ciclo de vida completo, que abarca desde la extracción de materiales hasta la gestión como un residuo.” (Quintana C, 2018)

CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO PARA VEHÍCULOS-MÉTODO PAS:2050

De acuerdo con el estudio realizado por Quintana D. (2018) en la Universidad de Cantabria (España) utilizando el método estándar internacional PAS:2050 desarrollado por British Standards Institution en colaboración con Carbon Trust y el departamento de medio ambiente de Reino Unido (Defra), se calculó la huella de carbono de una gama de vehículos de combustión diésel y gasolina, eléctrico e híbrido, en un enfoque de análisis del ciclo de vida, de la cuna a la tumba.

En el estudio se analizaron las siguientes etapas:

- Fase de fabricación (extracción de materiales, producción del vehículo)
- Fase de uso

FASE DE USO DEL COMBUSTIBLE FÓSIL

“Comúnmente a este análisis de ciclo de vida se le denomina “Well-to-Wheels”, que traducido significa del pozo a la rueda, nombre derivado de abarcar las emisiones desde que se extrae el petróleo del pozo, hasta la quema del combustible ya en el interior del motor para transmitir potencia a las ruedas. Normalmente este WTW se divide a su vez en dos ciclos, “Well-to-Tank”, y “Tank-to-Wheels”. Así se consiguen diferencias entre las emisiones de la fase de extracción y producción del combustible, (WTT) y de la fase de uso (TTW)”. (Quintana C, 2018)

En el estudio se concluye que la mayor cantidad de emisiones se producen en la fase de uso como se observa en la figura 1 específicamente en la subfase “Tank to Wheel” del tanque a la rueda, como se observa en la figura 2 y 3.

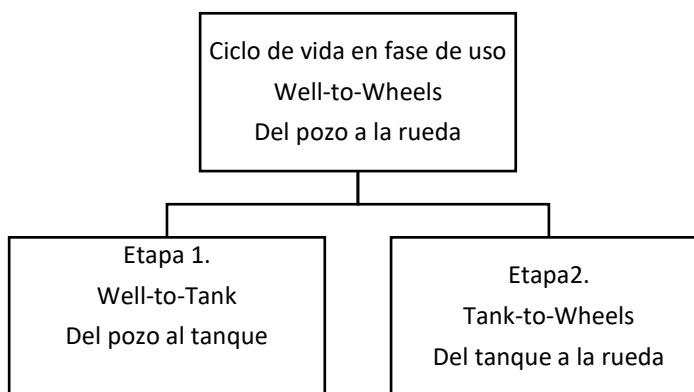


Figura 1. Ciclo de vida combustibles fósiles. Fuente: Autores

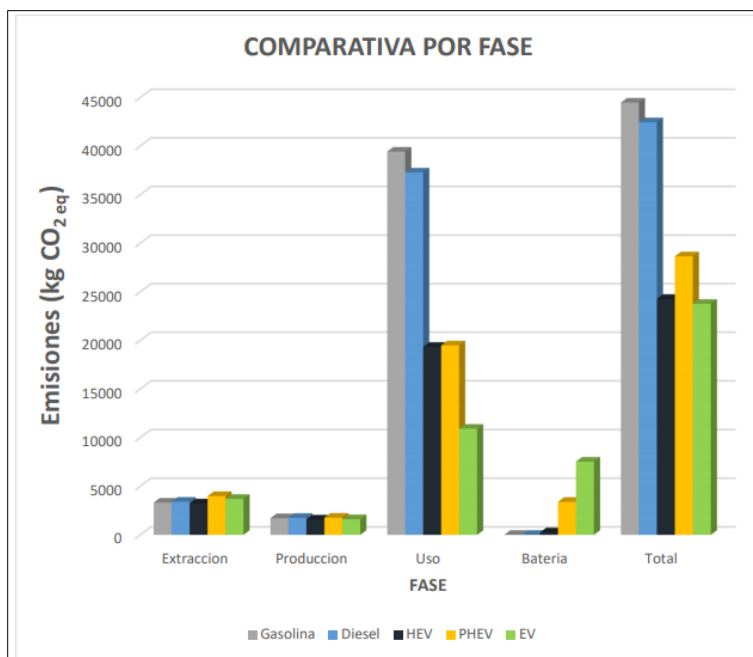


Figura 2. Comparativo emisiones de CO₂ por fase del ciclo de vida del vehículo. Fuente: Quintana C. (2018)

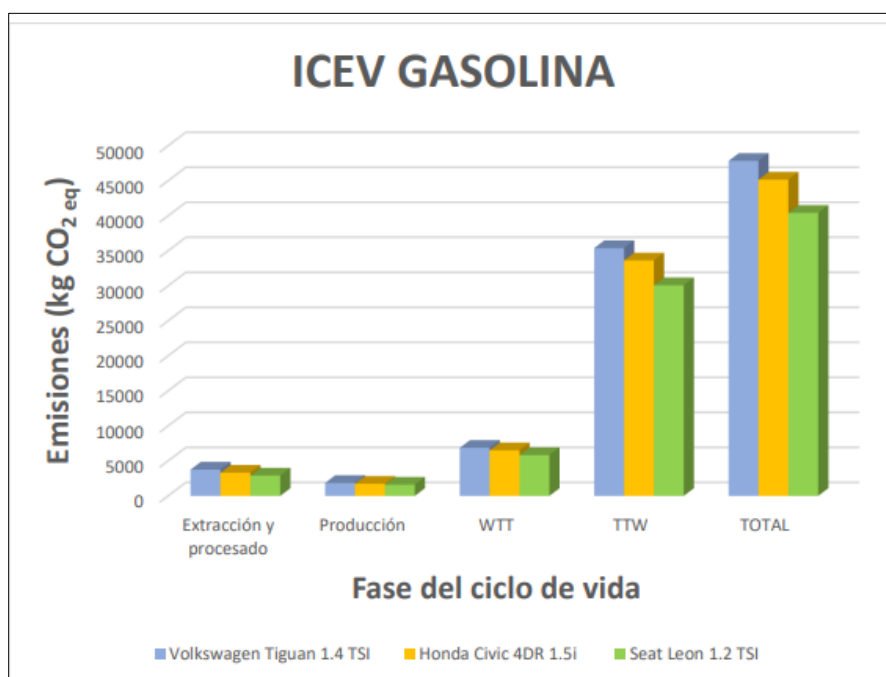


Figura 3. Emisiones para vehículos que funcionan a base de gasolina. Fuente: Quintana C. (2018)

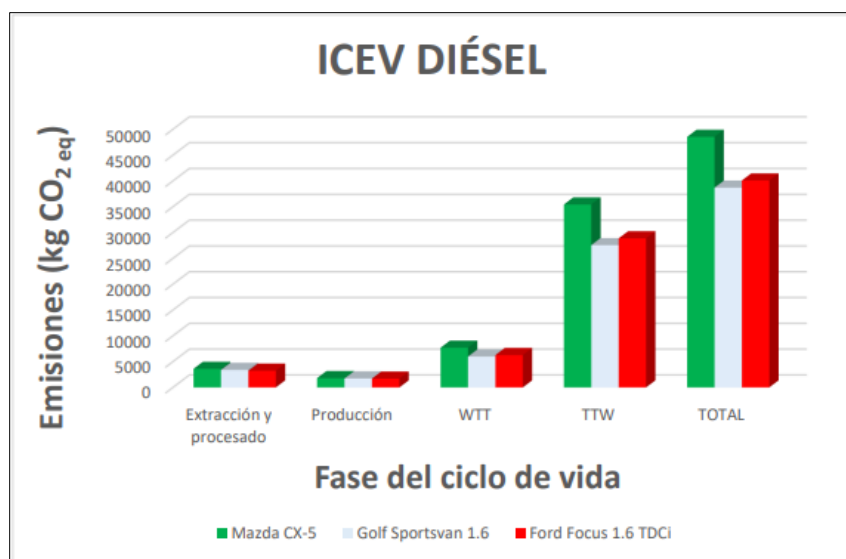


Figura 4. Emisiones para vehículos que funcionan a base de Diésel. Fuente: Quintana C. (2018)

Partiendo de estos datos, se puede calcular la huella de carbono predominante del ciclo de vida de un vehículo calculando las emisiones de la fase de uso del combustible fósil.

Para el análisis de dicha fase se utiliza una serie de factores de conversión para lo que debemos conocer la densidad y el poder calorífico del combustible, en éste caso Diésel. En la tabla 1 se muestran los datos utilizados por Quintana (2018).

Tabla 1.

Propiedades de los combustibles y factores de emisión.

	Diésel	Gasolina
Densidad	0.832 kg/L	0.745 kh/L
Poder calorífico inferior	43.1MJ/kg	43.2 MJ/kg
Factor de emisión (W.W.T)	15.9 gCO ₂ eq/MJ	14.2 gCO ₂ eq/MJ
Factor de emisión (T.T.W)	73.2 gCO ₂ eq/MJ	73.3 gCO ₂ eq/MJ
Factor de emisión total (W.T.W)	89.1 gCO ₂ eq/MJ	87.5 gCO ₂ eq/MJ

Nota: Fuente. Quintana (2018)

Es importante destacar que los datos de factor de emisión provienen a su vez, del estudio realizado por Eriksson M. y Ahlgren S. (2013) en donde se recopila información y se hace una revisión de la bibliografía a partir de diferentes estudios que calculan estos factores tanto para Gasolina como para Diésel. A continuación, se muestra la tabla de la revisión bibliográfica realizada para el factor de emisión de CO₂ producido por el Diésel.

Finalmente, para el cálculo de las emisiones de CO₂ en la fase de uso del vehículo se utiliza la siguiente fórmula:

$$\rho \frac{\text{kg}}{\text{L}} * \text{PCIM} \frac{\text{J}}{\text{kg}} * \text{F. E.} * \frac{\text{gCO}_2\text{eq}}{\text{MJ}} = \frac{\text{gCO}_2\text{eq}}{\text{L}} \quad \text{Ecuación 1.}$$

Tabla 2. Factores de emisión por el uso de diésel en transporte de diferentes países. Autores: Eriksson M. y Ahlgren S. (2013)

Fuel	Region	Well-to-Tank (g/MJ)	Tank-to-Wheel (g/MJ)	Well-to- Wheel (g/MJ)	Reference
Diesel MK1	Sweden	9.25-9.34			Ahlvik & Eriksson, 2011
Diesel EN 590	Sweden	9.37-9.44			Ahlvik & Eriksson, 2011
Diesel	Sweden	6.7 ¹	75.5 ¹	82.3 ²	Gode et al., 2011
Diesel	Norway	4.9 ¹			Furuholt, 1995
Diesel	France	6.4			Prieur & Tilagone 2006
Diesel	Spain	12.4	73.4	85.8	Lopez et al., 2009
Diesel	Portugal	14			Baptista et al., 2010
Diesel	Europe	9-24	75	84-99	Keesom et al., 2012
Diesel EN 590	Europe	14.2	74.8	89	Perimenis et al., 2010
Diesel	Europe	15.9	73.2	89.1	Edwards et al., 2011
Diesel	International	14-17			Wang et al., 2004

¹ Calculated from LCA data given in the relevant publication.

² Calculated as the sum of WTT and TTW.

De acuerdo con Quintana (2018), “para obtener las emisiones totales a lo largo de la vida útil, bastará con fijar un kilometraje medio para el vehículo que queremos estudiar, y conociendo el consumo del mismo, obtendremos los litros totales que ha consumido dicho vehículo en su fase de uso, con lo que podremos despejar las emisiones totales de CO₂eq emitidas.”

PRODUCCIÓN PER-CÁPITA DE RESIDUOS SÓLIDOS

De acuerdo con la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT (México) (2014): “Los indicadores de generación total de residuos sólidos urbanos y la generación per cápita están presentes en la mayoría de las iniciativas de indicadores para el desarrollo sustentable. Dentro del Sistema Nacional de Indicadores Ambientales (SNIA) pertenece también al Conjunto de Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental de México.”

Por otro lado, El DANE (s.f.) estipula que: “La generación de residuos sólidos por hogar, es un indicador relacionado con los patrones de los procesos de producción, consumo y la población del país.” Este indicador es utilizado a nivel global para medir el desempeño ambiental de cualquier población. De acuerdo con el DANE (2018) la fórmula de cálculo es la siguiente:

Ecuación 2. Producción per-cápita. Fuente: DANE, 2018

$$RPC_{jt} = \frac{RG_{jt}}{PT_{jt}}$$

Dónde:

RPC_{jt} = Toneladas de residuos sólidos generados per cápita, en la unidad espacial de referencia j, y el tiempo t correspondiente.

RG_{jt} = Total de toneladas generadas de residuos sólidos y productos residuales; en la unidad espacial de referencia j, y el tiempo t correspondiente.

PT_{jt} = Población total del país; en la unidad espacial de referencia j, y el tiempo t correspondiente.

PUNTOS CRÍTICOS

De acuerdo al decreto 1077 de 2015. por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, puntos críticos “Son aquellos lugares donde se acumulan, residuos sólidos, generando afectación y deterioro sanitario que conlleva la afectación de la limpieza del área, por la generación de malos olores, focos de propagación de vectores, y enfermedades, entre otros.” Por otro lado, según Aguas de Bogotá SA ESP (2019) además de realizar un censo de puntos críticos se debe: “cuáles son los factores que inciden para que se mantenga el punto crítico” y agrega “Este flagelo afecta el entorno y medio ambiente, ya sea en la calidad del aire cuando llegan a él gases provenientes de la descomposición de los residuos, generación de malos olores; contaminación del agua si los residuos se vierten en ella o simplemente si son arrastrados por las lluvias. Así como el impacto visual de los mismos.”

MARCO LEGAL

Tabla 3.

Marco legal colombiano servicio público de aseo.

Norma	Número	Concepto
Ley	99 de 1993	“Por la cual se crea el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental –SINA y se dictan otras disposiciones”
Decreto	605 de 1996	“Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994. En relación con la prestación del servicio público domiciliario de aseo”
Decreto.	1713 de 2002	“Prestación del servicio público de aseo”
Decreto	2676 de 2002	“Reglamenta la gestión integral de los residuos hospitalarios”.
Decreto	1505 de 2003	“Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones”.
Resolución	1045 de 2003	PGIRS
Decreto	838 de 2005	“Se modifica el decreto 1713 del 2002 sobre Disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones”.
Decreto	1220 de 2005	“Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias Ambientales”.
Decreto	009 de 2006	“Por el cual se establece sanciones a la ciudadanía concernientes al manejo inadecuado de los residuos sólidos en el municipio de Pamplona”.
Decreto	2436 de 2008	“Restricciones injustificadas a los rellenos sanitarios”
Política para la gestión integral de los residuos sólido	3530 DE 2008	Lineamientos y estrategias para fortalecer el servicio de aseo

Nota: Fuente. EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P.

ESTADO DEL ARTE

EVALUACIÓN DE RUTAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS CON APOYO DE DISPOSITIVOS DE RASTREO SATELITAL: ANÁLISIS E

IMPLICACIONES: Se analiza el sistema de recolección domiciliaria en el municipio de Santiago de Querétaro, México con base en datos de recorridos reales obtenidos con dispositivos de geoposicionamiento global. Los resultados muestran la ventaja del uso de estos equipos para sustentar cambios en áreas de costo críticas para fines de planeación, operación y control del sistema clave en la preservación del medio ambiente. (Betanzo y Torres et al, 2015)

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE RUTAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS

HOSPITALARIOS PARA LA EMPRESA EDEPSA S.A.S.: La empresa EDEPSA

Soluciones ambientales, permitió construir e implementar una herramienta de ruteo vehicular para optimizar los resultados de la ruta de recolección hospitalaria para clientes de la ciudad de Bucaramanga. Se realiza una revisión de la documentación y se desarrolla un diagnóstico para identificar oportunidades de mejora en la programación de las rutas de recolección. Se selecciona el modelo del problema del agente viajero con ventanas de tiempo, para dar solución al modelo se empleó una estrategia que permitiera establecer puntos de comparación entre métodos que ofrecieran mejores resultados con menor tiempo de procesamiento de cómputo. (Guevara J. y Vargas A. 2014)

EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE RECOGIDA SELECTIVA DE RESIDUOS TEXTILES EN LA HUELLA DE CARBONO DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS MUNICIPALES. El objetivo principal es la

evaluación de la huella de carbono asociada a implantación de un sistema de recogida selectiva de residuos textiles en un sistema de gestión de residuos sólidos municipales. (RSM). Se desarrolla en la ciudad de Madrid. El trabajo se desarrolla en dos partes. Una primera en la que se estudia el impacto ambiental asociado al tratamiento final de residuos textiles bajo tres escenarios propuestos para la ciudad de Madrid, una segunda en la que se evalúa la huella de carbono asociada a la implantación de un sistema de recogida selectiva de residuos textiles. Se observa que la fase de uso del combustible es la que más impacto genera ambientalmente al año, siendo el ciclo de vida de los camiones la que menos impacto tiene. (Sanz L, 2020)

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES

VEHICULARES EN CIUDADES DE LA REPÚBLICA MEXICANA. Se plantea una propuesta metodológica para estimar las emisiones generadas por el consumo de combustibles fósiles durante los viajes urbanos en fuentes móviles, específicamente los vehículos. La metodología incluye principalmente tres aspectos considerados como necesarios: 1. Condiciones locales (altitud, temperatura, humedad relativa, y características de los combustibles); 2. Caracterización de la flota vehicular total (edad, tipo de combustible y clasificación vehicular); 3. Datos de la operación vehicular (obtenidos del análisis de las encuestas). Los resultados muestran la cantidad de emisiones generadas por la operación vehicular en la ciudad de Uruapan, de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos totales, material particulado, dióxido de azufre, dióxido de carbono, así como seis contaminantes tóxicos adicionales (HAP's). (Lara C. y Medonza J. et al, 2009)

OPTIMIZACIÓN DE LAS RUTAS DE RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

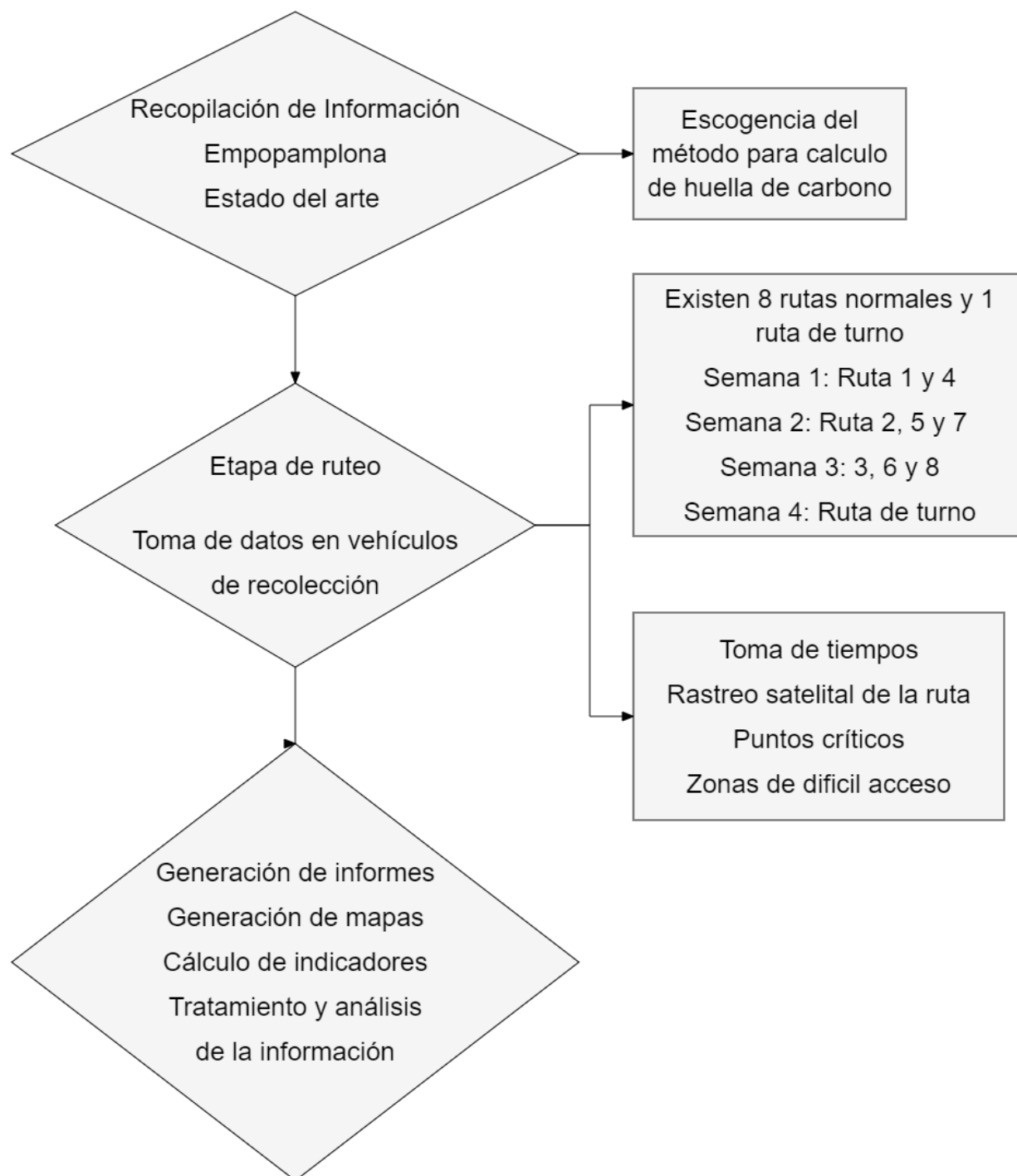
URBANOS DEL CENTRO DE CANTONAL SIGSIG. Se realizó en el área urbana del centro cantonal Sigsig, perteneciente a la provincial del Azuay, se elaboró el rediseño de la ruta de

recolección y barrido por medio del software ArcGIS 10.1, siendo las herramientas empleadas “Network DataShape y Network Analyst” para el caso del diseño de la ruta de recolección de los residuos sólidos urbanos, estas herramientas permiten modelar redes de transporte mediante un sistema vial en un espacio determinado con sus respectivos bloques y restricciones de circulación. Se calcularon indicadores básicos y una proyección de generación para el año 2030 de 0,54 toneladas al día, se busca que el GAD Municipal considere dichos resultados para la implementación en políticas públicas para mejorar la calidad del servicio. (Israel M, y Zhimina Y, 2019)

ESTIMACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE FUENTES MÓVILES PARA LA CIUDAD DE BOGOTÁ E IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES PERTINENTES. Se realizó el inventario de emisiones de fuentes móviles de la ciudad de Bogotá utilizando el modelo internacional de emisiones –IVE– como herramienta de cálculo. Se estimaron los aportes de cada categoría vehicular a las emisiones totales y se evaluaron diferentes estrategias que podrían disminuir los niveles de emisiones en la ciudad. Se determinó que los buses representan la categoría vehicular más importante, en términos de emisiones de contaminantes, a pesar de representar menos del 5% del total de vehículos en la ciudad. Los buses generan 50% de las emisiones de PM10, cerca del 30% de las emisiones de CO y 40% de las emisiones de NOx. Se determinó que el mejoramiento de la calidad de los combustibles diesel es la mejor estrategia para la reducción de las emisiones de PM10 en Bogotá. (L.A. Giraldo y E. Behrentz, sf)

PROPUESTA DEL RUTEO PARA LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE LA MESA, CUNDINAMARCA. Para el modelo de macro rutas propuestas se logró generar trayectos completos que ocupan la capacidad del vehículo recolector en su totalidad lo que genera que el vehículo se dirija al relleno sanitario al terminar la jornada

laboral completa y no al medio día como se está realizando actualmente. En el modelo de recorrido y los sentidos de ruta se eliminó los retornos en reversa que está realizando actualmente los vehículos recolectores, instalando contenedores en lugares inferiores a 100m que no afectan la comodidad del usuario, lo cual genera un cambio en el método de recolección de acera a contenedores. (Rodríguez J. y Velasco K, 2017)

METODOLOGIA

DIAGNÓSTICO DE RUTAS DE RECOLECCIÓN

Inicialmente realiza una recopilación de información sobre las macro y micro rutas de transporte de residuos, para este fin se deben conseguir los documentos correspondientes por parte de la empresa de servicios públicos de Pamplona “EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P.”. Esto incluye principalmente los horarios de las rutas con los barrios específicos para cada día y los conductores asignados.

Una vez obtenidas las rutas se inicia las 4 semanas de ruteo correspondientes, ya que existen 9 rutas repartidas en 3 conductores con 3 camiones compactadores diferentes.

Cada semana se sigue el itinerario correspondiente de un conductor de lunes a viernes, por 3 semanas, por ejemplo, primera semana conductor 1, segunda semana conductor 2, tercera semana conductor 3 y la cuarta semana corresponde a la ruta de turno, es decir una ruta adicional que se realiza en las mañanas por la zona céntrica de Pamplona, ésta se realiza de lunes a domingo.

Durante el seguimiento a las rutas se registra con un cronómetro los diferentes tiempos que se dan en el itinerario, desde que el vehículo sale del parqueadero hasta que llega al mismo, se registra el peso de los residuos. A su vez, se marca la ruta con un GPS contenido en la App móvil “GeoTrack”, cabe mencionar que este software mide datos como velocidad del vehículo, pendiente, distancia recorrida, tiempo total de detención, etc.

Se realizan informes diarios sobre la ruta recorrida, se registra el dato de pesaje de los residuos y se toma evidencia de los puntos críticos durante el itinerario.

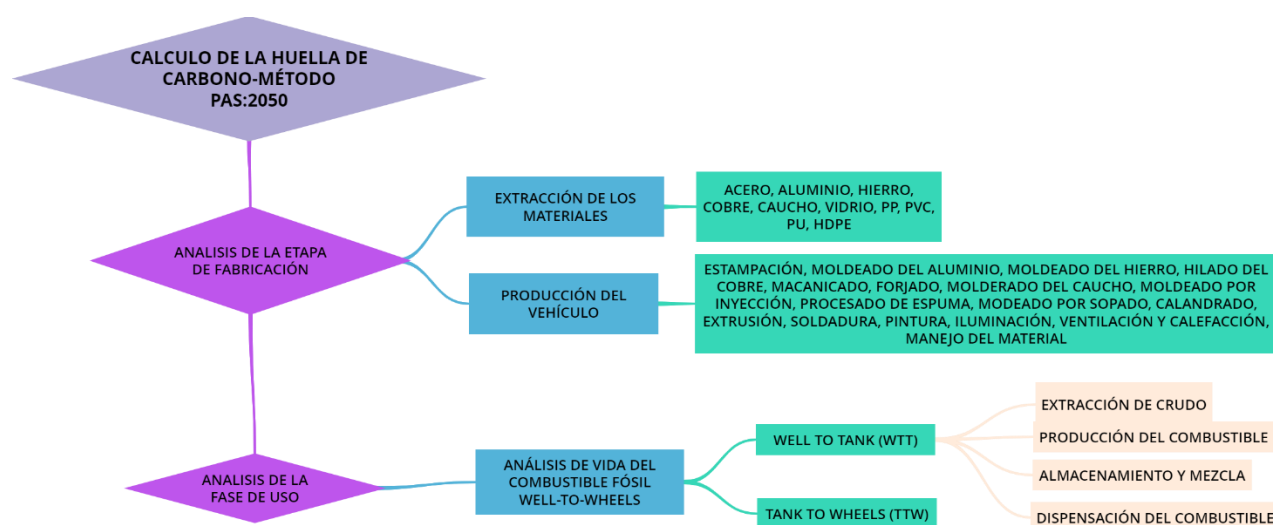
Se comienza la fase de construcción de mapas de rutas con el software “AutoCAD 2021” tomando en cuenta que cada mapa debe ser detallado y correctamente escalado, cumpliendo con las directrices para la generación de mapas.

Se realiza el estudio final de tiempos y movimientos de cada ruta, para el análisis se realiza una comparación de las rutas a través de imágenes esquemáticas obtenidas a través del software “ARCGIS 1.4.” esto permite analizar si las rutas están definidas, la lejanía de unos puntos a otros y tener una visión general del sistema. Para la ruta de turno se utilizan imágenes que esquematizan, resumen y brindan la información para su análisis correspondiente. Se realizan sugerencias y recomendaciones para el mejoramiento del sistema de recolección.

INDICADORES AMBIENTALES

HUELLA DE CARBONO

Se realiza una revisión detallada de la literatura, se utiliza el Método PAS:2050 para el cálculo de la huella de carbono de los vehículos, se utilizan los resultados del estudio realizado por Quitana D. (2018) para deducir que la huella de carbono puede calcularse de forma representativa analizando únicamente la fase de uso del combustible fósil. Se utiliza la ecuación 1 para el cálculo y a su vez se utilizan los datos de kilometraje extraídos en la fase de Diagnóstico de rutas de recolección, también se utilizan datos del gasto de combustible suministrados por la empresa “EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P.”



PRODUCCIÓN PER-CÁPITA

Para el cálculo de la producción per-cápita se deseaba obtener un dato lo más acertado a la realidad, por lo tanto, se investigaron los datos más actuales de población urbana para el municipio en este caso el más reciente encontrado fue por parte de la página oficial de la Alcaldía Municipal de Pamplona y a su vez, se calculó utilizando los datos de pesaje registrados en la fase de ruteo. Se realizó una superposición de mapas con el Software “Arcgis 1.4.” con el fin de identificar la suma de rutas que comprendiera la totalidad de la población urbana del

municipio y se sumaron los pesos de dichas rutas. Los datos del día lunes no fueron tenidos en cuenta ya que éstos comprendían el valor acumulado del peso de residuos de fin de semana, de la misma forma, los datos de pesaje de la ruta de turno tampoco fueron tenidos en cuenta debido a que provienen de productores comerciales y éstos no corresponden a residuos domiciliarios. Se utilizó la ecuación 2 (DANE, 2018) para el cálculo. Se realiza el análisis de datos correspondiente.

PUNTOS CRÍTICOS

Durante la fase de acompañamiento en las rutas de recolección se identificaron los puntos críticos producidos durante los días de recolección, se especificó su ubicación exacta en el estudio de tiempos y movimientos realizado (Anexo 1), se tomaron evidencias y se realizó el análisis correspondiente.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

DIAGNOSTICO AMBIENTAL -INDICADORES AMBIENTALES

HUELLA DE CARBONO DE LOS VEHÍCULOS DE RECOLECCIÓN

Adaptando y utilizando los resultados obtenidos por Quintana (2018), calculamos las emisiones de CO₂ de los vehículos de recolección de residuos sólidos, los cuales funcionan a base de Diesel. De acuerdo con los datos suministrados por la empresa EMPOPAMPLONA en la semana de recolección habitual se consumen 45 galones de ACPM por cada vehículo.

1 galón de ACPM = 3,74 Litros (En Colombia)

A continuación, se muestran las distancias recorridas en una semana de recolección normal para cada uno de los vehículos.

Tabla 4.

Distancias recorridas por cada vehículo en una semana. (Km)

	RUTA TURNO	VEHÍCULO 1	VEHÍCULO 2	VEHÍCULO 3
LUNES	61,64	38	35,04	47,69
MARTES	58,04	26,18	33,28	29,5
MIERCOLES	45,06	16,04	19,24	15,23
JUEVES	54,63	16,15	38,21	35,53
VIERNES	66,62	23,76	34,5	39,46
SABADO	27,15	No aplica	No aplica	No aplica
DOMINGO	9,78	No aplica	No aplica	No aplica
TOTAL	322,92	120,13	160,27	167,41

Nota: Fuente. Autores

Con los datos extraídos se calcula un promedio de distancia recorrida por un solo vehículo a la semana sin tener en cuenta la ruta de turno ya que éste dato puede alterar el promedio.

$$\text{Distancia recorrida por 1 vehiculo a la semana} = \frac{120,13\text{km}+160,27\text{km}+167,41\text{km}}{3 \text{ vehiculos}}$$

$$\text{Distancia recorrida por 1 vehiculo a la semana} = 149,27\text{km}$$

El resultado son 149,27 km recorridos en promedio cada semana por cada vehículo.

Es decir que,

$$\text{Distancia recorrida por 1 vehículo en 1 año} = 149,27\text{km/sem} * 52\text{sem}$$

$$\text{Distancia recorrida por 1 vehículo en 1 año} = 7762,04\text{km/año}$$

En un año cada vehículo recorre 7762,04 km para la recolección de residuos normal.

A partir de los datos de consumo de combustible y distancia recorrida se calcula una media de consumo por cada vehículo de recolección.

Calculamos el consumo de combustible

$$\text{Consumo} \left(\frac{L}{100\text{km}} \right) = \frac{\text{Litros} * 100}{\text{km recorridos}}$$

$$\text{Consumo} \left(\frac{L}{100\text{km}} \right) = \frac{168,3 * 100}{149,27\text{km}}$$

$$\text{Consumo} \left(\frac{L}{100\text{km}} \right) = 112,74 \text{ L}/100\text{km}$$

Teniendo el consumo medio de combustible y los kilómetros recorridos en un año, se calcula el consumo de combustible durante un año.

$$112,74 \frac{L}{100km} * 7762,04 km = 8906,16 L \text{ de combustible}$$

Seguidamente, utilizamos la fórmula 1 y los datos del estudio mencionado para calcular la producción de CO2 en un año.

$$0.832 \frac{kg}{L} * 43.1 \frac{J}{kg} * \frac{73.2 * \frac{gCO_2eq}{MJ}}{1000} * 8906,16 L$$

23377,72 kgCO2eq al año

23,37 Ton CO2eq /año

De acuerdo con cifras de la Asociación Colombiana de Vehículos Automotores (2017) en Colombia se producen 61.228.000 toneladas de CO2 al año, de las cuales el 42% son producidas por vehículos de carga. Además, de acuerdo con el inventario de emisiones del año 2016 se producen hasta 45 ton CO2 por vehículo. (Figura 5)

¿Si el kilometraje se reduce en al menos 10 km?

Distancia recorrida por 1 vehiculo a la semana = 139,27 km

Distancia recorrida por 1 vehículo en 1 año = 7242,04 km/año

El gasto de combustible para un año sería

$$112,74 \frac{L}{100km} * 7242,04 km = 8164,67 L$$

La huella de carbono sería

$$0.832 \frac{kg}{L} * 43.1 \frac{J}{kg} * \frac{73.2 * \frac{gCO_2eq}{MJ}}{1000} * 8164,67 L$$

21431,38 kgCO2eq al año

21,43 Ton CO2eq /año

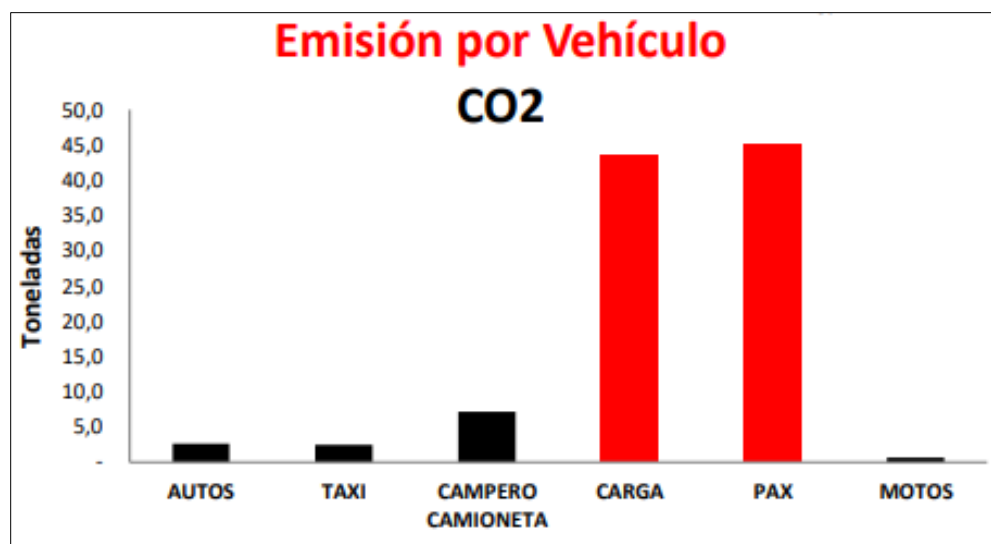


Figura 5. Emisiones de CO2 al año por vehículo. FUENTE: Asociación Colombiana de Vehículos Automotores (2017)

CALCULO PRODUCCIÓN PER CÁPITA

De acuerdo con el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) (2018) se proyectaba una población de 52848 habitantes en cabecera municipal en Pamplona.

A continuación, calculamos la producción diaria de residuos a partir de los datos obtenidos en el diagnóstico realizado.

Tabla 5.

Cantidad de residuos producidos en Pamplona durante la semana.							
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
3, 6 y 8	17800	13075	5260	10450	12420	-	-
2, 5 y 7	14230	13040	4040	9720	17075	-	-
1 y 4	15610	11670	6280	5570	9100	-	-
TOTAL	47640	37785	15580	25740	38595	-	-
Ruta turno	20580	17600	9990	12860	23660	3310	4040

Nota: Fuente. Autores

Los datos de la ruta de turno no se tienen en cuenta para el cálculo ya que no corresponden a residuos domésticos. El dato del día lunes abarca también el fin de semana por lo tanto éste dato se divide en tres días.

Sin embargo, se pudo analizar a través de los mapas de las figuras 1, 2 y 3 que en ninguno de los casos se está abarcando la población total de Pamplona.

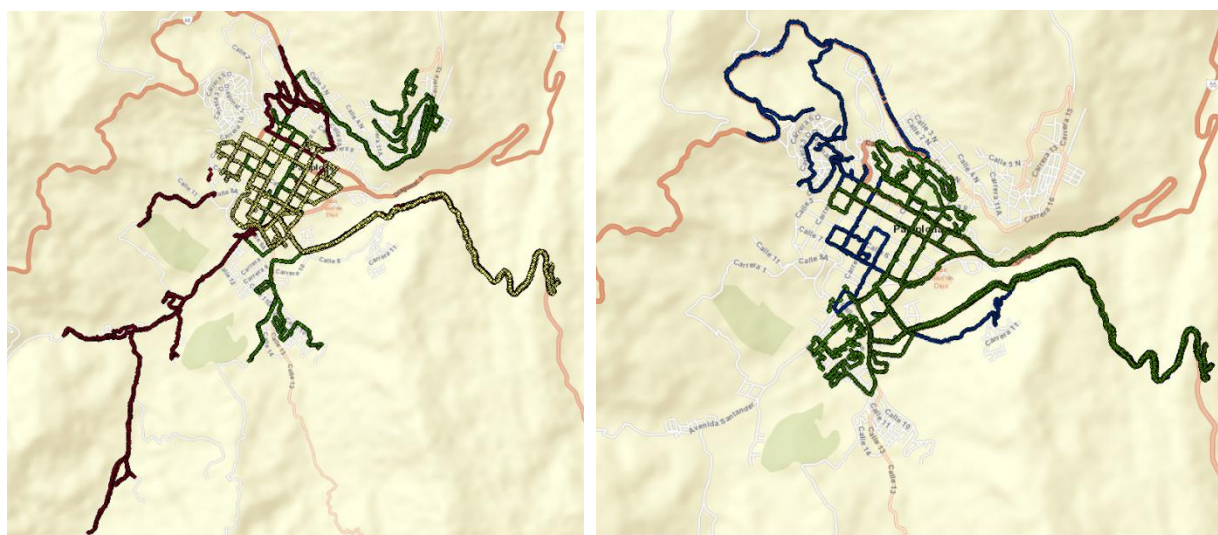


Figura 6. Población recogida los días lunes (izquierda) y martes (derecha). Fuente: Autores.

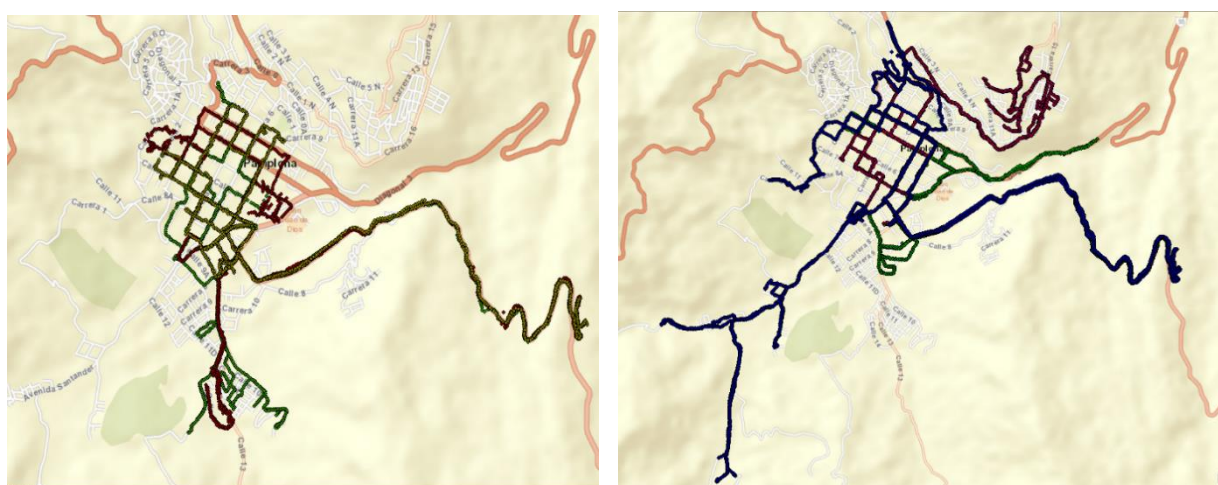


Figura 7. Población recogida los días miércoles (izquierda) y jueves (derecha). Fuente: Autores.

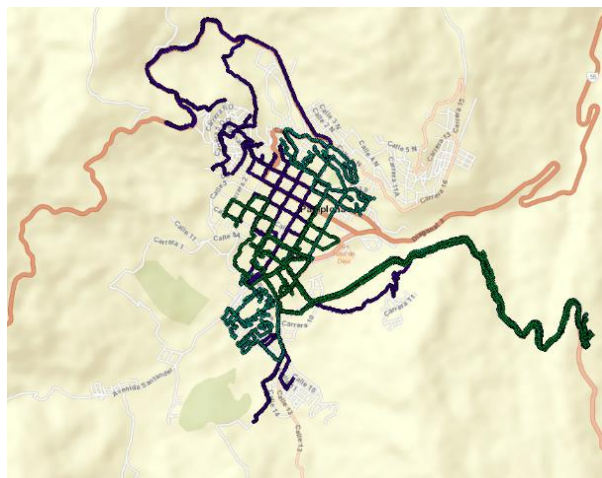


Figura 8. Población recogida los días viernes. Fuente: Autores.

Por lo tanto, se realizó un análisis visual y un recuento de los barrios recolectados en cada día en donde se pudo concluir que la suma de rutas correspondiente, para que se abarque la población total de Pamplona es la siguiente:

Residuos producidos por la población total de Pamplona en un día=

Ruta1 Viernes+Ruta5Martes+ Ruta3Jueves+Ruta2Jueves

En la figura 8 se observa como las rutas de estos días abarcan la población urbana total del municipio sin repeticiones.

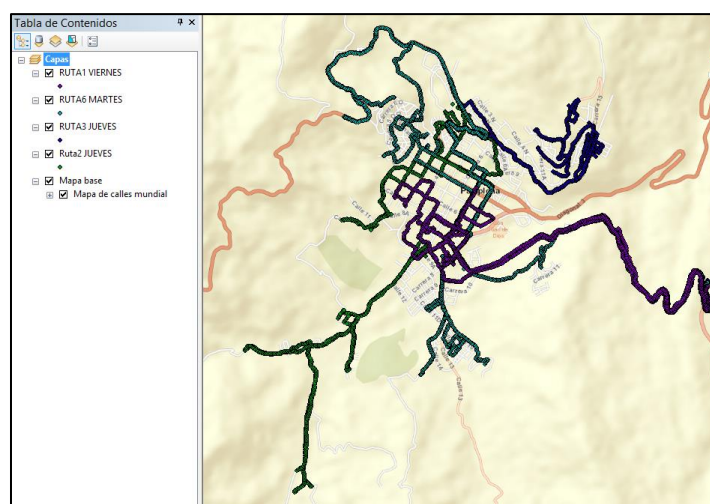


Figura 9. Rutas que abarcan la población urbana total del municipio. Fuente: Autores

De esta forma el total de residuos producidos en un día por la población urbana de Pamplona sería el siguiente:

$$9100\text{kg}+13040\text{kg}+10450\text{kg}+9720\text{kg} = 42930\text{kg}$$

Aplicando la fórmula obtenemos:

$$PPC = \frac{42930\text{kg} * \text{dia}}{52848 \text{ hab}}$$

$$PPC = 0.82 \text{ kg} * \text{hab}/\text{dia}$$

De acuerdo con La Opinión (2017) para el año 2017 en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander ya se estaba produciendo 1 kg de basura por cada habitante al día. (Ver figura 9)

Año	Población	Producción per cápita (Kg.)	Toneladas/día	Toneladas/mes	Toneladas/año	Acumulado Toneladas/año
2017	705.761	1,022	721,40	21.641,93	259.703,17	513.798,81
2018	717.034	1,028	737,32	22.119,54	265.434,44	779.233,25
2019	728.486	1,03	753,59	22.607,68	271.292,20	1.050.525,45
2020	740.122	1,040	770,22	23.106,60	277.279,22	1.327.804,67
2021	751.944	1,046	787,22	23.616,53	283.398,37	1.611.203,04
2022	763.955	1,053	804,59	24.137,71	289.652,56	1.900.855,61
2023	776.157	1,059	822,35	24.670,40	296.044,78	2.196.900,38
2024	788.555	1,06	840,49	25.214,84	302.578,06	2.499.478,44

Figura 10. Producción Per-cápita de residuos Cúcuta, Norte de Santander año 2017. Fuente: La Opinión, 2017

De acuerdo con la Línea Base Plan De Gestión Integral De Residuos Sólidos Bogotá D.C, PGIRS (2018), para la fecha la PPC de residuos sólidos en Bogotá era de 0,93 kg/hab*día. Por lo tanto, es posible manifestar que actualmente la ciudadanía Pamplonesa produce una cantidad de residuos que no es tan alta como la producida en grandes ciudades de Colombia, sin embargo su

potencial crecimiento puede alcanzar valores como los registrados en la capital del departamento.

PUNTOS CRÍTICOS

Durante la fase de diagnóstico en la cual se hizo seguimiento a cada una de las rutas, sus tiempos y su respectivo estudio de movimientos, se pudo evidenciar la generación de puntos críticos, sin embargo, cabe aclarar que los puntos críticos contados corresponden a los generados durante las rutas de recolección, que se pueden denominar como PUNTOS CRÍTICOS ESTACIONARIOS éstos son diferentes a los PUNTOS CRÍTICOS PERMANENTES contabilizados por Empopamplona.

RUTA 1 LUNES
1. -Conjunto San Fermín 2. -Portón detrás del Hotel Cariongo (entre Carrera 4ª con Calle 10) 3. -Escaleras de colores Calle 8 4. -Urbanización El solar de los abuelos 5. -Fabrica alpargatas Pera DK
RUTA 4 MARTES
6. -Barrio Camellón 7. -Puente Chíchira
RUTA 1 MIERCOLES
8. -Escaleras de colores Calle 8ª 9. -Conjunto San Fermín 10. -ECA Renacer
RUTA 2 LUNES
11. -Loma de La Cruz 12. -Carrera 1 con Calle 11 13. -Conjunto Las Gardenias 14. -Entrada centro recreacional Los Tanques 15. -Jardín Infantil Nacional 16. -Villa Juliana 17. -Inurbe 18. -Conjunto Díaz Parada 19. -Conjunto Elimelet 20. -Barrio la Fosforeria 2 puntos 21. -Semáforo Las Américas 22. -Virgen Juan XXIII Parte Baja 23. -Antigua Escuela Juan XXIII Carrera 3ª

24. -Edificio Majai
RUTA 5 MARTES
25. Celestino, antiguo punto de la U, Carrera 4 con Calle2 26. Campo Amor parte baja 27. Esquina de la Carrea 8 con Calle 11D 28. Portal de Bavaria-Carrera 7b 29. Calle 11d, bajando a mano izquierda (terreno baldío) 30. Carrera 9 A con Calle 11d, bajando a mano derecha 31. Carrera 8, costado del río (Ed. La Riviera) 32. Calle 11c con Carrera 9 A 33. Calle 11c con Carrera 10 34. Calle 11 con Carrera 9 35. Pasaje de la Carrera 8ª A
RUTA 3 LUNES
36. Barrio Juan XXIII Calle 1ª Norte en el vértice con la calle 2ª Norte 37. Calle 1ª Norte camino al barrio Simón Bolívar frente a mirador en la ladera 38. Cancha Simón Bolívar carrera 14 39. Simón Bolívar carrera 13A ascenso por la virgen 40. Torres RCN y Caracol, Barrio Cristo Rey Calle 5 Norte
RUTA 6 MARTES
41. Carrera 1 oeste hasta el punto de las escaleras (recolecta residuos del Barrio 5 casas) 42. Calle 2 intersección con diagonal 2 escaleras 43. Carrera 3 Oeste en intersección con la calle 4ª, punto de gimnasio saludable 44. Punto 5 esquinas calle 3 intersección 1ª y Diagonal 3 45. Carrera 3 en ascenso diagonal a la Flecha punto de la Virgen
RUTA 8 MIERCOLES
46. Calle 10ª detrás del Cariongo La Burrera 47. Carrera 4, La Burrera al finalizar ascenso escaleras de Colores.

La empresa en la actualidad registra 23 puntos críticos permanentes y 47 puntos críticos generados en horarios de recolección.

El municipio de Pamplona por su estructura y naturaleza geográfica presenta gran cantidad de calles de difícil acceso, por lo tanto, los mismos ciudadanos se han encargado de organizarse empíricamente para depositar sus residuos en puntos específicos que permitan al camión recolector y a los auxiliares realizar la totalidad de la recolección.

Sin embargo, éstos puntos se convierten en puntos críticos de disposición de residuos ya que los ciudadanos comienzan a utilizarlas en horas diferentes a las estipuladas para la recolección, también existen otros casos en los que a pesar de que los residuos sean depositados a la hora de la recolección, la cantidad de residuos generada y dejada a la intemperie genera problemas al medio ambiente y a la ciudadanía, demuestra desorganización en el Municipio, mala imagen, alteración no solo del contenido paisajístico sino también y muchas veces alteración de la movilidad vehicular.

A continuación, se observan algunos de los puntos críticos de mayor magnitud generados durante las horas de recolección.



Figura 11. Punto crítico Cristo Rey Torres RCN y Caracol. Fuente: Autores

El punto crítico mostrado en la imagen 10, presenta gran dificultad debido a que se encuentra en condiciones que hacen casi imposible su recolección como lo son la falta de iluminación y la falta

de un contenedor o superficie que evite el esparcimiento que se observa en la imagen, al encontrarse en un pastizal los residuos se adhieren y agregando a esto que la recolección se realiza en las horas de la noche, la única iluminación con la que se cuenta es la generada por el camión recolector. Vale la pena estudiar la posible instalación de no sólo un contenedor sino también iluminación para hacer de éste sitio un lugar propicio para la disposición de los residuos en las horas de recolección y a su vez, realizar su recolección de la mejor manera.



Figura 12. Punto crítico Simón Bolívar Calle 1ª Norte frente a mirador en la ladera. Fuente: Autores



Figura 13. Punto crítico Carrera 3 Oeste en intersección con la calle 4ª, punto de gimnasio saludable Santa Marta. Fuente: Autores



Figura 14. Carrera 1 oeste hasta el punto de las escaleras (recolecta residuos del Barrio Cinco Casas). Fuente: Autores

El Barrio Cinco Casas es de los sectores de mayor pendiente del Municipio y por lo tanto con mayor dificultad para la movilidad vehicular, el camión recolector debe ascender y maniobrar en reversa por la pendiente de la carrera 1 Oeste para llegar a este punto de las escaleras, el punto se

encuentra muy mal ubicado ya que dificulta la movilidad peatonal y su magnitud es bastante grande.

DIAGNOSTICO TÉCNICO

GENERALIDADES

Los datos de pesaje tienden a tener un comportamiento similar a través de la semana, los días lunes se recolecta la mayor cantidad de residuos y por tanto se da un mayor número de viajes, esto es debido a que se acumulan los residuos domiciliarios de los fines de semana, al transcurrir la semana la cantidad de residuos llega a un punto mínimo los días miércoles y vuelve a aumentar los días viernes sin sobrepasar la producción máxima de los días lunes.

El número de itinerarios o número de viajes es diferente, aunque se trate de la misma ruta, éste depende del día que se realice la recolección y por ende de la cantidad de residuos generados, por ejemplo, los días lunes y viernes se realiza un mayor número de viajes al relleno sanitario, mientras que los días miércoles por lo general solo se realiza un viaje.

La existencia de puntos críticos en los barrios de difícil acceso es inevitable, ya que debido a que el vehículo no transita por todas y cada una de las calles, los habitantes deben trasladar o depositar sus residuos en un sitio común, escogido al azar por la comunidad a través de los años, todos estos puntos generan problemas en la comunidad, como lo son vectores, malos olores, insectos, proliferación de enfermedades y alteración del contenido paisajístico. Esto se convierte en un problema aún mayor tomando en cuenta que la acumulación de los residuos en dichos puntos se da dos y hasta tres veces por semana en algunos barrios. Por lo tanto, es de gran importancia tratar algunos de estos puntos críticos o al menos proporcionar soluciones a los de mayor dificultad.

Los tiempos muertos innecesarios son mínimos, los conductores realizan su trabajo evitando distracciones o situaciones que alarguen el transcurso de las labores de recolección.

Nota: Las siguientes imágenes son explicativas y no corresponden a los mapas finales de rutas creados como parte del diagnóstico.

ANÁLISIS RUTA 1.

Correspondiente a: Casona de la Universidad, Cra 4, Cra 5, Cra 6, Cra 7, Calle 5, Calle 6, Calle 7, Calle 8, Barrio los Treses, Santo Domingo, Brighton, Parque, Plazuela, Chapinero, Topón, Pasaje Cruz, con todos los Pasajes (Caicedo, Toto, Humilladero, Faria, Solar de los Abuelos, Caicedonia, Cecilia, San Fermín) Pasaje F a r i a.



Figura 15. Ruta 1 realizada el día lunes. Fuente: Autores



Figura 16. Ruta 1 realizada el día miércoles. Fuente: Autores

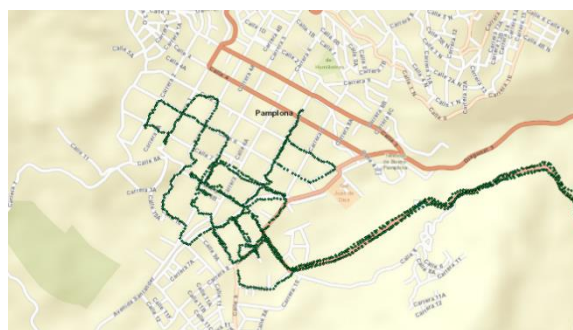


Figura 17. Ruta 1 realizada el día viernes. Fuente: Autores

Como se observa en las imágenes la ruta no se encuentra totalmente definida, a pesar de que los lugares de recolección están establecidos como los mismos, cada día se realiza una ruta diferente a la anterior, esto genera varias repeticiones de tránsito por una misma calle.

En el estudio de tiempos no se encuentran gran cantidad de recorrido en el que no recolecte residuos estando en la ruta, lo que significa que la población aprovecha la cantidad de veces que el vehículo transita de forma repetitiva por algunas calles para continuar sacando sus residuos, esto es un comportamiento que se encuentra generalizado en todas las rutas.

ANÁLISIS RUTA 2.

Correspondiente a: Jurado, Monteadentro, los Tanques, Patinodromo, Puente Ospina, El Pinar, los Molinos del Zulia, Urbanización la Campiña, Urbanización Días Parada, Urbanización los Alpes, Avenida Santander, Colegio Normal, Provincial y la Sallé, Coliseo Chepe Acero, la Sallé, Urbanización Almeйда, La fosforaría, El Nogal, vía salida a Bucaramanga, Romeritos, Villa Juliana, Escuela Mistral, Juan XIII parte baja, Universidad de Pamplona, rampa las Américas,

entrada principal Universidad de Pamplona, el Buque, Rampa galán, Kennedy, Cementerio, sector Capilla Galán, detrás del Cementerio. Pasaje Faria.



Figura 18. Ruta 2 realizada el día lunes (izquierda) y día jueves (derecha). Fuente: Autores

Es una ruta que se encuentra definida y se realiza de la misma forma en sus dos días de recolección a la semana por lo tanto su número de itinerarios es el mismo, correspondiente a 2, su producción de residuos es mayor los días lunes debido a la producción de fines de semana. Sin embargo, sus puntos de recolección se encuentran muy alejados los unos de los otros generando tiempos de traslado o recorridos hasta de 24 min de un punto a otro.

ANALISIS RUTA 3.

Lunes correspondiente a: Cristo Rey, Puesto de Salud, Juan XXIII, la Trinidad, San Pedro, Simón Bolívar, Villa Cristina, Cote Lamus, Hilda María, Pasaje Gutiérrez.

Jueves correspondiente a: Cristo Rey, Simón Bolívar, Juan XXIII.



Figura 19. Ruta 3 realizada el día lunes (izquierda) y jueves (derecha). Fuente: Autores

La ruta se encuentra diseñada para variar de la forma que se muestra en la imagen, el día jueves se realiza recolección en el Barrio San Pedro y Trinidad (entre otros) junto con Simón Bolívar, Cristo Rey y Juan XXIII, mientras que el día lunes únicamente se recolecta Juan XXIII, Cristo Rey y Simón Bolívar.

Sin embargo, a pesar de que su macroruta se encuentra definida, en términos de que no tiene grandes variaciones, (siempre pasa por las mismas calles) no sucede lo mismo con las microrutas, se evidenció que el conductor no tiene claridad en cuanto al Barrio por el cual debe empezar y por el cual debe terminar, esto varía según el día. A su vez, esto genera que el conductor deba volver a recorrer grandes distancias para recolectar un porcentaje de residuos mínimo restante de la recolección anterior.

Se sugiere realizar la recolección para el barrio Cristo Rey y Simón Bolívar empezando desde la parte más alta hasta la parte más baja, ya que ésta se está realizando de forma contraria lo que genera un gasto innecesario de tiempo y paso repetitivo por una misma calle, lo que a su vez es aprovechado por los ciudadanos para volver a depositar sus residuos.

ANALISIS RUTA 4.

Correspondiente a: Inicia Centrales, Carrera 8, Calle 3, Calle 4, Barrio el Carmen, Tinto Redondo, Chichira, sector Hospital, salsamentaría, Feria, Camellón, Águeda Gallardo, parque Afanador, Seminario Menor, Seminario Mayor, ISER, Plazuela Bolívar con todos los pasajes (Paloma, Lara, Yolanda, Cruz, Cerezos, San Fermín, Turbay, Carmelitano).



Figura 20. Ruta 4 realizada el día martes. Fuente: Autores

En la ruta del día viernes se realizan dos viajes mientras que en la ruta del día jueves únicamente se realiza un viaje con una producción de 5570 kg de residuos y tiene una duración de 3 horas 18 min.

ANALISIS RUTA 5.

Martes correspondiente a:

Inicia en el Barrio Galán, Urbanización Campo Amor, Urbanización San Rafael, Urbanización los Pinos, Avenida Celestino Villamizar, pasaje San José, baldosines Amatista, barrio las Américas, urbanización Augusto Villamizar, urbanización Villas de San Juan, urbanización los Sauces, urbanización Romero, Urbanización el Portal de Babarúa, Urbanización la Esperanza, Clínica Saludcoop, Pasaje Saludcoop, barrio el Florián, bomberos, Urbanización San Francisco.

Viernes correspondiente a:

Inicia en el Barrio Galán, Urbanización Campo Amor, urbanización San Rafael, Urbanización los Pinos, Avenida Celestino Villamizar, pasaje san José, baldosines Amatista, Barrio las Américas, urbanización agosto Villamizar, Urbanización Villas de San Juan, Urbanización los Sauces, Urbanización romero, urbanización el Portal de Bavaria, Urbanización la Esperanza, Clínica Saludcoop, Pasaje Saludcoop, Barrio el Florián, Bomberos, Urbanización San Francisco, Calle 5, Calle 6, Barrios Unidos, Pasaje Caicedo y Brighton, Pasaje Faria.



Figura 21. Ruta 5 realizada el día martes. Fuente: Autores

Es una ruta que cuenta con puntos de transporte cercanos a otras rutas por lo tanto se podría rediseñar para ser aprovechadas de mejor manera.

ANÁLISIS RUTA 6.

Martes correspondiente a: Barrio el Progreso, Santa Marta, orfanato, Tres Esquinas, Pica Piedra, DAS, El Contenido, El Guamo, la Piscina, Cinco Casas (Palos blancos), Animes, El Buque, Urbanización las Margaritas, Benhabitat

Viernes correspondiente a: Barrio el Progreso, Santa Martha, Trinidad, San Pedro, la Burrera (San Francisco), DAS, Orfanato, Contenido, Guamo y Piscina, Cinco Casas, Animes, Buque, Urbanización las Margaritas, Pasaje Gutiérrez, Hilda María, El Olivo, Benhabitat.

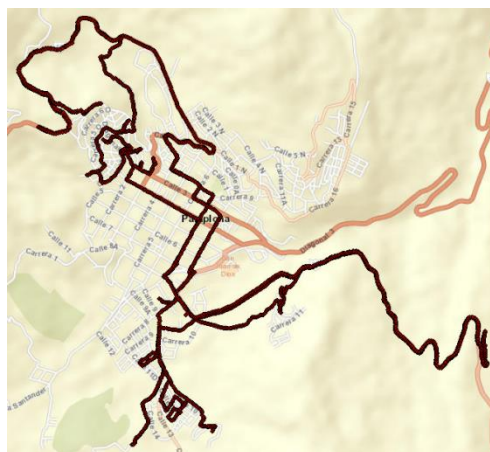


Figura 22. Ruta 6 realizada el día viernes. Fuente: Autores

En la ruta 6 sucede la misma situación que en la Ruta 3, el día viernes se realiza junto con el Barrio San Pedro y Trinidad, mientras que el día martes se realiza únicamente lo que se observa en la parte noroccidental (Barrio Santa Marta, Orfanato, entre otros). Nuevamente se recomienda comenzar a realizar la recolección en el Barrio mas lejano, en éste caso comenzar en el Orfanato y Caseta Picapiedra con el fin de que para los Barrios ubicados en dicha zona únicamente se realice un viaje. Esta recolección inicia normalmente con el Barrio el Progreso y éstos residuos son trasladados de forma innecesaria hasta las zonas anteriormente mencionadas.

8.8 ANÁLISIS RUTA 7.

Correspondiente a: Barrios Unidos, Hospital, Calle 5, Pasaje Caicedo, Barrio Brighton, Calle 6, Santo Domingo. Pasaje Faria.

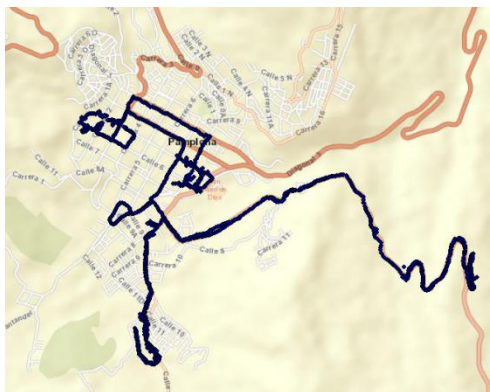


Figura 23. Ruta 7. Realizada los días miércoles. Fuente: Autores

Esta ruta es una de las más cortas con una duración de apenas 2 horas con 49 minutos, solo se realiza una vez a la semana y su producción de residuos es de apenas 4040 kg.

ANÁLISIS RUTA 8.

Correspondiente a: Trinidad, San Pedro, pasaje Almeyda, la Burrera (San Francisco), Norgas, Cote Lamus, El Olivo, Hilda María, Pasaje Gutiérrez.

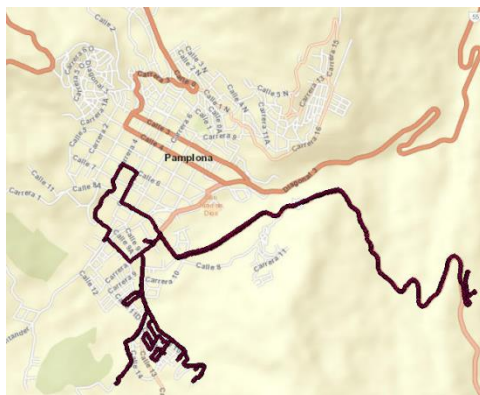


Figura 24. Ruta 8 realizada los días miércoles. Fuente: Autores.

La ruta se encuentra definida, la repetición en el paso de calles es casi nula, se realiza en un tiempo de 3 horas con 38 min y el peso registrado es de 5260 kg.

RUTA DE TURNO

La ruta de turno es una ruta adicional que se realiza todos los días y es turnada por los tres conductores de los vehículos, es decir, una semana es realizada por el conductor 1, la siguiente por el conductor 2 y la siguiente por el conductor 3, hasta volver a iniciar el conductor 1. Ésta ruta recolecta en las mañanas a los grandes productores como lo son Batallón, Hospital, Policía, Centro de Acopio, entre otros, a su vez se realiza recolección a residuos de Barrido de los Escobistas.

A continuación, se esquematiza cómo se realiza esta recolección a través de la semana en las horas de la mañana.

Lunes:



Figura 25. Ruta de turno lunes. Fuente: Autores

- Frente a Movistar (Triángulo verde imagen)
- Mercados
- Avenida Celestino
- Plazuela Almeyda y Casetas
- Salsamentaria Alemana
- Hospital
- Terminal de Transporte (Policía, Centro de Acopio, Terminal)
- Plazuela Bolívar
- Batallón
- Cariongo (Pentagono verde imagen)

Martes:

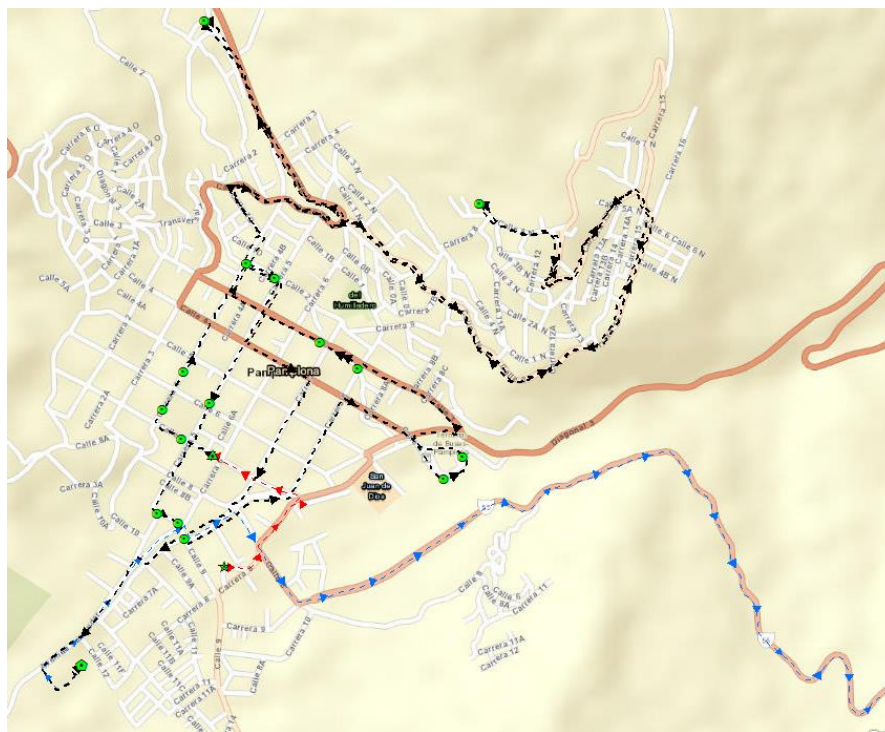


Figura 26. Ruta turno martes. Fuente: Autores.

- Frente a Movistar (Triángulo verde imagen)
- Mercados
- Avenida Celestino
- Plazuela Almeyda y Casetas
- Asilo San José
- Hospital
- Plazuela Bolívar
- Universidad
- Torre Cristo Rey
- Batallón (Pentagono verde)

Miércoles:

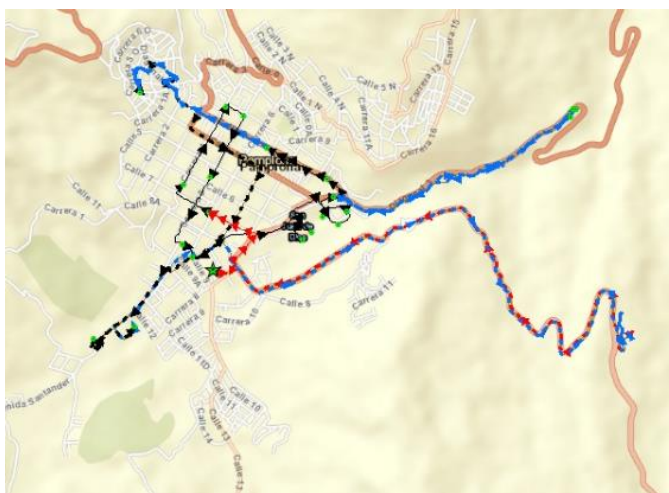


Figura 27. Ruta turno miércoles. Fuente: Autores

- Frente a Movistar (Triángulo verde imagen)
- Mercados
- Avenida Celestino
- Plazuela Almeyda y Casetas
- Hospital San Juan de Dios
- Terminal de Transporte (Centro de Acopio)
- Vuelta Los Adioses
- Plazuela Bolívar
- Santa Marta (Barrido)
- INPEC
- Batallón (cuadrado verde)

Jueves:

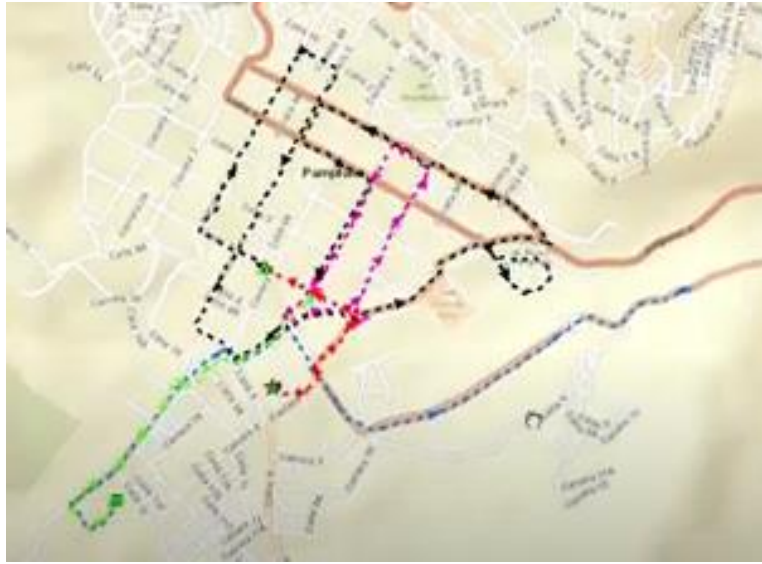


Figura 28. Ruta turno jueves. Fuente: Autores

- Frente a Movistar (Triángulo verde imagen)
- Mercados
- Avenida Celestino
- Plazuela Almeyda y Casetas
- Terminal de Transporte (Centro de Acopio)
- Plazuela Bolívar
- Asilo San José
- Batallón (cuadrado verde)

Viernes:



Figura 29. Ruta turno viernes. Fuente: Autores

- Frente a Movistar (Triángulo verde imagen)
- Mercados
- Avenida Celestino
- Plazuela Almeyda y Casetas
- Asilo San José
- Terminal de Transporte (Policía, Centro de Acopio, Terminal)
- Plazuela Bolívar
- Torre Cristo Rey
- Hospital
- Batallón (cuadrado verde)

Sábado:



Figura 30. Ruta turno sábado. Fuente: Autores.

- Frente a Movistar (Triángulo verde imagen)
- Mercados
- Avenida Celestino
- Plazuela Almeyda y Casetas
- Asilo San José
- Terminal de Transporte (Centro de Acopio, Terminal)
- Vuelta Los Adioses
- Plazuela Bolívar
- Santa Marta (Barrido)
- INPEC
- Batallón (cuadrado verde)

Domingo:

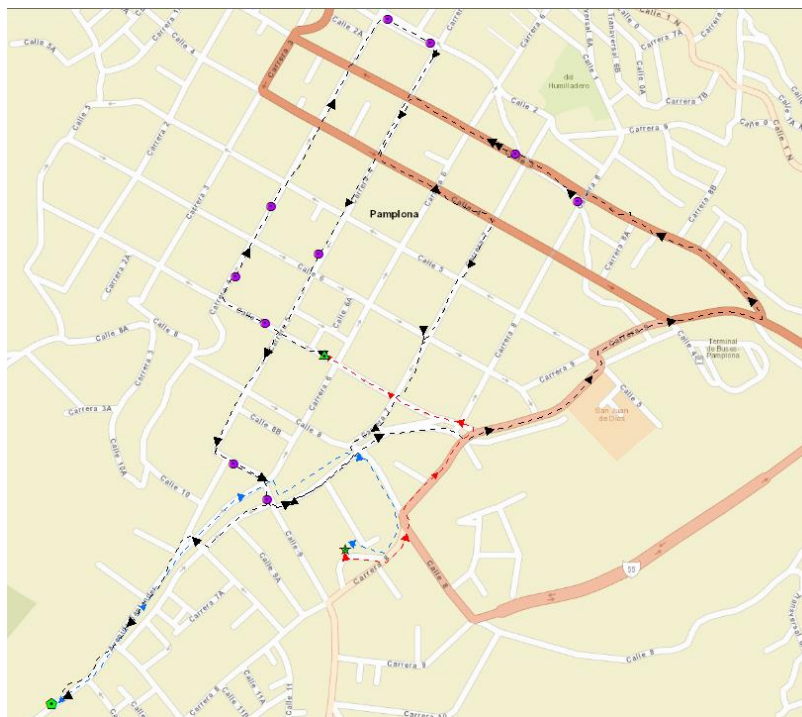


Figura 31. Ruta de turno domingo. Fuente: Autores

- Frente a Movistar (Triángulo verde imagen)
- Mercados
- Avenida Celestino
- Plazuela Almeyda y Casetas
- Plazuela Bolívar
- Frente a Coliseo Chepe Acero (cuadrado verde)

Cabe destacar que la ruta de turno de las tardes consiste en la ruta normal del conductor agregando recolección en la parte central y por tanto parte comercial del municipio, correspondiente a calle real y mercados.

Por otro lado, la recolección en las horas de la mañana no genera el aprovechamiento total del vehículo, como se puede observar en la tabla 6.

Tabla 6.

Pesaje residuos ruta de turno.	
DIA	PESO RESIDUOS EN RUTA DE TURNO EN LA MAÑANA (kg)
LUNES	4300
MARTES	4100
MIERCOLES	4000
JUEVES	2480
VIERNES	3840
SABADO	3310
DOMINGO	2000

Nota: Fuente. Autores

A partir de los datos extraídos se puede observar que la capacidad del vehículo no sobrepasa poco más de la mitad, por lo tanto, sería recomendable analizar la posibilidad de realizar la ruta de turno una vez al día en la parte de mercados y pasar la ruta de calle real para las horas de la mañana, esto con el fin de evitar alterar la ruta normal del conductor realizada en las noches.

CONCLUSIONES

Se comprueba que el análisis, monitoreo y evaluación realizado sugiere la realización de una reestructuración a las rutas de recolección de residuos como medida para combatir el cambio climático del planeta y sus efectos ya que la cantidad de emisiones que se pueden disminuir son considerables y se disminuyen a su vez, los impactos medioambientales generados.

La huella de carbono es un indicador de gran importancia en la actualidad, ésta debería ser medida en todos los procesos que se desarrollan a nivel empresarial y más aún en aquellos procesos relacionados con el mejoramiento de la calidad de vida de una población, no sirve de nada un sistema de aseo y recolección de residuos si las emisiones producidas por los vehículos no son cuantificadas periódicamente y analizadas con estrategias para su disminución.

El método PAS 2050 para medir huella de carbono puede ser utilizada para vehículos analizando únicamente su etapa de uso ya que es en ésta donde se produce la mayor cantidad de emisiones.

Todas las rutas del municipio se encuentran definidas correctamente, la ruta 1 principalmente no cuenta con movimientos específicos, sino que varía constantemente, además todas las microrutas son diversas en todos los casos, la organización de rutas con un punto concreto de inicio y uno de fin no se encuentra estipulado, esto genera variaciones en el número de viajes que se debe realizar para cada microruta, confusión por parte de los conductores y gasto innecesario de tiempos de transporte de los vehículos.

Debido a la falta de puntos concretos de inicio y fin de los itinerarios, la ciudadanía aprovecha el paso repetitivo de los vehículos para depositar los residuos a horas diferentes a las estipuladas en el sistema de recolección.

La topografía propia del municipio de Pamplona y la estructura física de las calles y barrios genera gran cantidad de puntos de difícil acceso para el vehículo de recolección y por lo tanto una gran cantidad de puntos críticos en los días de recolección, generando problemas en la comunidad, como lo son vectores, malos olores, insectos, proliferación de enfermedades y alteración del contenido paisajístico, así como alteración de la movilidad.

El presente trabajo, los mapas y los datos aquí recopilados se pueden utilizar como punto clave de partida para realizar una reingeniería a las rutas de recolección, partiendo de que la necesidad se encuentra en la reorganización de los grupos de barrios correspondientes para cada una de las rutas, con el fin de que no estén alejados los unos de los otros, así como la estipulación de puntos específicos de inicio y fin de cada una de las microrutas.

En el diagnóstico ambiental se encuentra que la producción per-cápita de residuos del municipio es alta aún en tiempos de pandemia, por lo tanto, valdría la pena recalcularla incluyendo la población estudiantil del municipio.

Los indicadores ambientales calculados son muy importantes y tienen un gran potencial para ser implementados en el Sistema de Gestión Ambiental de la empresa “EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P.” pues demuestran de qué forma se está llevando a cabo el desempeño ambiental empresarial, en este caso del Sistema de recolección y transporte de residuos sólidos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar cuantificando la huella de carbono de los diferentes procesos desarrollados en la empresa EMPOPAMPLONA, se recomienda implementar la guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas propuesta por el Ministerio de Ambiente en el año 2018.

Se recomienda estudiar la instalación de contenedores o métodos de disposición temporal de residuos de forma organizada en algunos puntos en la que la acumulación de residuos es de gran magnitud y obstaculiza no solo el tránsito peatonal sino también en algunos casos el tránsito vehicular, además cabe destacar que existen puntos en los que sí se cuenta con el espacio adecuado para la instalación de contenedores u otros métodos de disposición temporal de residuos.

Se recomienda continuar con el seguimiento al desempeño ambiental del sistema a través del cálculo, análisis, monitoreo y evaluación de indicadores ambientales.

La movilidad es un tema importante ya que es la principal dificultad que se encuentra en el momento de realizar la recolección de los residuos, los vehículos automotores como motocicletas y carros particulares mal estacionados son frecuentes y muchas veces repetitivos en ciertos puntos, por lo tanto, se recomienda hacer un control o llamada de atención especial para éstos casos.

Se recomienda hacer difusión a la comunidad de los días y horarios de recolección, ya que algunos habitantes retrasan el desarrollo del proceso de recolección descatando los horarios correspondientes.

Se recomienda implementar un sistema simple de alerta de trancones o accidentes en la vía, principalmente tratándose de las vías de nacionales como son la vía Bucaramanga, esto con el fin de generar un previo aviso y que no se generen tiempos muertos por transporte innecesario que a su vez repercute en un gasto de recursos que se puede evitar de forma simple.

BIBLIOGRAFIA

- SEMARNAT (2014) “*Generación total y per cápita de residuos sólidos urbanos*” Gobierno de México
https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores_verdes16/indicadores/02_productividad/2.1.6.html
- La Opinión (2017) “*Cada cucuteño produce un kilo de basura al día*” Colombia
<https://www.laopinion.com.co/cucuta/cada-cucuteno-produce-un-kilo-de-basura-al-dia-146107>
- Gonzalez J. y Martinez M. (2015) “Cálculo de la huella de carbono del parque automotor de la policía nacional seccional Bogotá” Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Bogotá D.C. Colombia.
<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/7620/1/GonzalezMartinezJoseLuis2016.pdf>
- Escuela Europea de Excelencia (2019) “Huella del carbono ¿Qué es? ¿Cómo se mide?” Chile.
<https://www.nueva-iso-14001.com/2019/09/huella-del-carbono-que-es-como-se-mide/>
- Quintana C. (2018) “Cálculo de la huella de carbono de vehículos utilitarios mediante el análisis del ciclo de vida” Universidad de Cantabria. España.
<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/14678/410501.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (2020) “Sobre la Secretaría” Naciones Unidas ONU. <https://unfccc.int/about-us/about-the-secretariat>
- Ministerio de Ambiente (2017) “Decreto 926 de 2017”
<https://www.minambiente.gov.co/index.php/decreto-926-de-2017>
- Bolsa de Comercio de Buenos Aires (2018) “Mercado de Carbono” Buenos Aires.
<https://www.bcba.sba.com.ar/institucional/otrosmercados/carbono/#:~:text=Los%20mercados%20de%20carbono%20pueden,%2C%20brokers%2C%20bancos%20e%20individuos>
- Secretaría Distrital de Ambiente Subdirección de Políticas y Planes Ambientales Colombia (2015) “Guía para el cálculo y reporte de Huella de Carbono Corporativa”
http://www.ambientebogota.gov.co/en/c/document_library/get_file?uuid=f64a7ccd-8a76-4d0d-b6de-33a3f08576fc&groupId=586236
- Sanz L, (2020) “Evaluación del impacto de la implantación de un sistema de recogida selectiva de residuos textiles en la huella de carbono de la gestión de los residuos municipales” Universidad Politécnica de Madrid. España.
http://oa.upm.es/57865/1/TFG_LUCAS_SANZ_GARCIA.pdf

- Guevara J. y Vargas A. (2014) “Diseño e implementación de rutas de recolección de residuos hospitalarios para la empresa edepsa s.a.s.” Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia. <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2014/151279.pdf>
- Israel M, y Zhimina Y, (2019) “Optimización de las rutas de recolección de los residuos sólidos urbanos del centro de cantonal sigsig.” Universidad Politécnica Salesiana, Sede cuenca. Ecuador <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18149/1/UPS-CT008622.pdf>
- Lara C. Mendoza J. López M. Téllez R. Martínez W. y Alosa E. (2009) “Propuesta metodologica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades de la reúnlica mexicana” Sanfandila. México. <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt322.pdf>
- L.A. Giraldo y E. Behrentz, (sf) “Estimación del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de bogotá e identificación de variables pertinentes” Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia. https://bogota.gov.co/sites/default/files/inlinefiles/inventario_de_emisiones_fuentes_moviles.pdf
- Carbon Footprint Ltd (2020) England and Wales. <https://www.carbonfootprint.com/aboutus.html>
- Eusko Jauriaritza. (sf) “7 METODOLOGÍAS PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO” Ihobobe S.A. Gobierno Vasco. https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/7metodologias_gei/es_def/adjuntos/7METODOLOGIAS.pdf
- Rodriguez J. y Velasco K. (2017) “Propuesta del ruteo para la recolección de residuos solidos en el municipio de la mesa, cundinamarca.” Universidad Católica de Colombia. Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15477/1/05-12-2017%20%20PROPUESTA%20DE%20RUTEO%20PARA%20LA%20RECOLECCION%20DE%20RESIDUOS%20SOLIDOS%20URBANOS%20EN%20EL%20MUNICIPIO%20DE%20LA%20MESA%20C%20CUNDINAMARCA%20%283%29%20%281%29.pdf>
- Rojas N, Sheinbaum P y Orta T. (2014) “Gases de invernadero generados de residuos sólidos” Universidad Autónoma de México. México
- Tchobanoglous G, Theisen H y Vigil S. (1994) “Gestión Integral de Residuos sólidos” McGraw-Hill. España.
- IDEAM. (2020) Subdirección de Estudios Ambientales, con base en revisión de la normatividad expedida por las diferentes entidades gubernamentales
- GreenMetric World University Rankings (2018) “Guideline” p. 39-40.
- Betanzo E, Torres M, Romero J y Obregón S. (2015) “Evaluación de rutas de recolección de residuos sólidos urbanos con apoyo de dispositivos de rastreo satelital: análisis e implicacion”

Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de Las Campanas s/n, Colonia Las Campanas, Querétaro, México.

Alcaldía Mayor de Bogotá. Decreto 456 del 23 de diciembre de 2008, “Por el cual se reforma el Plan de Gestión Ambiental del Distrito Capital y se dictan otras disposiciones”. Bogotá D.C.

Instituto Colombiano de Normalización y Certificación (2006) Principios y requisitos para el diseño, desarrollo y gestión de inventarios de GEI para compañías y organizaciones. NTC-ISO 14064-1:2006. Bogotá D.C.

World Resources Institute y el World Business Council for Sustainable Development (2005) Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol). México. WRI- WBCSD.

Secretaría Distrital de Ambiente Subdirección de Políticas y Planes Ambientales (2015) “Guía para el cálculo y reporte de Huella de Carbono Corporativa” Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.