



**LINEAMIENTOS PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
SÓLIDOS FUNDAMENTADO EN LAS TIC. CASO DE ESTUDIO
ANAPOIMA, CUNDINAMARCA.**

Julian Ignacio Montilla Luna

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, 15 de octubre de 2019

**LINEAMIENTOS PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
SÓLIDOS FUNDAMENTADO EN LAS TIC. CASO DE ESTUDIO
ANAPOIMA, CUNDINAMARCA.**

Julian Ignacio Montilla Luna

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Ambiental

Directora:
Claudia Patricia Gómez Rendón

Línea de Investigación:
Gestión integral sustentable

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia

“La Universidad El Bosque, no se responsabiliza de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”.

..

AGRADECIMIENTOS

A mi Madre Blanca Cecilia, Padre José Ignacio y Hermana Marcia bases fundamentales de la persona que hoy en día me he convertido, muchas gracias por la paciencia para conmigo, gracias por todo!

Agradecimientos a mis profesores que durante la carrera fueron sencillamente los mejores docentes que pude haber tenido, especialmente a mi directora de grado Ing. Claudia Patricia Gómez Rendón.

De igual manera agradezco a todos los colaboradores directos que hicieron que el proyecto se realizara, Dra. Natalia Parra, directora del programa de ingeniería de sistemas de la Universidad El Bosque quien con su empeño y colaboración relaciono la propuesta ingenieril en una realidad en prospectiva.

Gran agradecimiento al alcalde del Municipio de Anapoima Dr. Yair Rodríguez Espinosa y a su secretario de planeación Dr. Rodolfo Arias por el apoyo brindado durante el desarrollo del proyecto.

Por último agradezco a todas las personas que estuvieron conmigo durante todo el proceso como mis compañeros, amigos y conocidos que indirectamente motivaron a la realización de este proyecto de investigación.

Muchas gracias, Dios los bendiga a todos.

DEDICATORIAS

Dios grande y todopoderoso dedicado a ti mi guía y fuerza para seguir adelante por los caminos del bien y la sabiduría.

1. Tabla de contenido

2. Listado de tablas.....	7
3. Listado de figuras.....	8
4. Listado de ecuaciones	9
5. Resumen.....	10
6. Abstract	11
7. Introducción	12
8. Planteamiento del problema.....	13
9. Justificación	15
10. Objetivos.....	17
10.1 Objetivo general	17
10.2 Objetivos específicos.....	17
11. Marco referencial	18
11.1 Marco geográfico.....	18
11.1.1 República de Colombia.....	18
11.1.2 Departamento de Cundinamarca.....	18
11.1.3 Municipio de Anapoima.	18
11.1.4 Extensión.....	19
11.2 Generalidades	19
11.2.1 Población.....	19
11.2.2 Clima.....	19
11.2.3 Antecedentes.	19
11.3 Marco Teórico	20
11.3.1 Estado del arte.....	20
11.3.2 Marco Conceptual.....	26
11.3.3 Marco normativo de la investigación.....	30
12. Metodología	36
12.1 Metodología de la investigación.....	36
12.2 Metodología del estudio	36
12.2.1 Metodología del objetivo específico 1.....	36

12.2.2 Metodología del objetivo específico 2.....	43
12.2.3 Metodología del objetivo específico 3.....	45
13. Cronograma.....	48
14. Aspectos éticos.....	49
15. Resultados	50
15.1 Objetivo específico 1: “Realizar un diagnóstico técnico-operativo de la empresa prestadora del servicio público de aseo.....	50
15.1.1 Descripción general del servicio.....	50
15.1.2 Análisis estadístico.....	51
15.1.3 Producción Per Cápita PPC.	58
15.1.4 Caracterización física de los RSU.....	59
15.1.5 Aprovechamiento de los RSU.....	65
15.1.6 Emisiones de gases de efecto invernadero de los residuos	70
15.2 Objetivo específico 2: “Establecer las relaciones entre las actividades de la GIRS y el servicio público de aseo del municipio de Anapoima.....	71
15.2.1 Separación en la fuente del Municipio.....	71
15.2.2 Encuesta de percepción.....	72
15.3 Objetivo específico 3: “Proponer una medida TIC para la gestión integral de residuos sólidos en el municipio”	85
15.3.1 Propuesta del prototipo TIC para la gestión integral de residuos sólidos	85
15.3.2 Lineamientos para gestión integral de residuos sólidos fundamentado en TIC	94
15.3.3 Plan de implementación de la propuesta	102
16. Análisis y discusión de resultados.....	108
16.1 Análisis y discusión de resultados del objetivo específico. 1.....	108
16.2 Análisis y discusión de resultados del objetivo específico. 2.....	108
16.3 Análisis y discusión de resultados del objetivo específico. 3.....	109
17. Conclusiones	111
17.1 Conclusiones de objetivo específico. 1.....	111
17.2 Conclusiones de objetivo específico. 2.....	111
17.3 Conclusiones de objetivo específico. 3.....	112
18. Recomendaciones.....	113
18.1 Recomendaciones del objetivo específico. 1.....	113
18.2 Recomendaciones del objetivo específico. 2.....	113

18.3 Recomendaciones del objetivo específico. 3	114
19. Referencias bibliográficas	115
20. Anexos.....	119
Anexo 1. Costos por disposición final de los residuos generados por Anapoima	119
Anexo 2. Cantidad en peso de los residuos generados en el estudio de investigación	120
Anexo 3. Encuesta del estudio primer parte.....	121
Anexo 4. Encuesta del estudio segunda parte	122
Anexo 5. Muestreo de separación en la fuente.....	123
Anexo 6. Revisión de separación en la fuente	123
Anexo 7. Árbol de causas, problemas y consecuencias.	124
Anexo 8. Descargue vehículo OFK 158 para caracterización de los residuos sólidos urbanos.....	125
Anexo 9. Método de cuarteo de los residuos caracterizados.....	125
Anexo 10. Báscula para el pesaje de los componentes de los residuos	125
Anexo 11. Vehículo recolector OCF 227.....	126
Anexo 12. Vehículo recolector OFK 158.....	126

2. Listado de tablas

Tabla 1. Marco normativo.....	30
Tabla 2. Formato para el análisis estadístico de la generación	37
Tabla 3. Formato para la caracterización de los residuos sólidos urbanos	41
Tabla 4. Metodología de la investigación	47
Tabla 5. Cronograma de actividades	48
Tabla 6. Generación de residuos en la semana del estudio	52
Tabla 7. Análisis estadístico de la generación de los residuos sólidos urbanos.....	52
Tabla 8. Proyección poblacional del municipio	57
Tabla 9. Proyección en cantidad peso de los residuos sólidos urbanos	58
Tabla 10. Caracterización física de los residuos sólidos urbanos	60
Tabla 11. Masa total de los residuos sólidos aprovechables recolectados	66
Tabla 12. Cantidad en peso de los residuos sólidos aprovechables y rechazos	68
Tabla 13. Emisión de gases CO ₂ Y CH ₄ de los residuos aprovechables del estudio	70
Tabla 14. Lineamientos fundamentados en las TIC	94
Tabla 15. Preparatoria para implementar la propuesta.....	103
Tabla 16. Marcha de obras para la implementación de propuesta	104
Tabla 17. Construcción de Planta de aprovechamiento de residuos sólidos	105
Tabla 18. Operación y servicios de la propuesta.....	106
Tabla 19. Revisión y control del sistema propuesto.....	107

3. Listado de figuras

Figura 1. Ubicación de Anapoima en el departamento de Cundinamarca	18
Figura 2. Método de cuarteo	40
Figura 3. Diagrama del balance de masas	42
Figura 4. Recorrido de reconocimiento	44
Figura 5. Metodología propuesta por objetivos	46
Figura 6. Tasa de generación de los residuos sólidos urbanos en Anapoima	53
Figura 7. Curva del coeficiente de curtosis	55
Figura 8. Diagrama de la composición física de los residuos sólidos urbanos	62
Figura 9. Percepción general del servicio público de aseo y la GIRS	73
Figura 10. Percepción del concepto	74
Figura 11. Percepción de los residuos sólidos urbanos	74
Figura 12. Percepción de realización de la actividad	75
Figura 13. Percepción de disposición final	75
Figura 14. Percepción de incentivos	76
Figura 15. Percepción de gestión	76
Figura 16. Percepción de conectividad	77
Figura 17. Percepción de descarga	77
Figura 18. Percepción TIC	78
Figura 19. Percepción de vectores	79
Figura 20. Percepción de lixiviado	79
Figura 21. Percepción de contaminación visual	80
Figura 22. Percepción de presentación de los residuos	80
Figura 23. Percepción de aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos	81
Figura 24. Percepción de la presentación de los residuos sólidos	82
Figura 25. Percepción del sitio de presentación	82
Figura 26. Percepción de la generación por componente de residuo	83
Figura 27. Percepción de la generación de residuos sólidos peligrosos en el hogar/comercio	84
Figura 28. Propuesta de presentación de los residuos sólidos urbanos	85
Figura 29. Lectura del recuperador y envío de la información	85
Figura 30. Propuesta de recuperación de los residuos sólidos urbanos	86
Figura 31. Pesaje de los residuos descargados por el vehículo recolector	86
Figura 32. Registro e ingreso a la aplicación por parte del usuario	87
Figura 33. Presentación en sitios comunales	87
Figura 34. Esquema del sistema operativo TIC propuesto	89
Figura 35. Ingreso "Loguin" a la plataforma	90
Figura 36. Visualización del recuperador de la plataforma	91
Figura 37. Visualización de indicadores por los usuarios	91
Figura 38. Visualización de las cantidades en peso presentadas por el usuario	92
Figura 39. Resultados para el reporte dirigido a entes gubernamentales y/o públicos	93
Figura 40. Visualización del administrador TIC	93

4. Listado de ecuaciones

Ecuación 1. Media estadística de generación de residuos.....	37
Ecuación 2. Mediana estadística de generación de residuos.....	37
Ecuación 3. Moda estadística de generación de residuos.....	37
Ecuación 4. Desviación normal de generación de residuos.....	38
Ecuación 5. Coeficiente de variación de los residuos sólidos.....	38
Ecuación 6. Coeficiente de desviación.....	38
Ecuación 7. Coeficiente de curtosis.....	38
Ecuación 8. Tasa de crecimiento poblacional.....	38
Ecuación 9. Método geométrico para proyecciones poblacionales.....	39
Ecuación 10. Proyección generacional de los residuos sólidos urbanos.....	39
Ecuación 11. Producción per cápita de los residuos sólidos.....	39
Ecuación 12. Proporción de los residuos sólidos.....	40
Ecuación 13. Balance de masas de los residuos sólidos.....	42
Ecuación 14. Kg de bióxido de carbono emitidos por componente de residuo sólido aprovechable.....	42
Ecuación 15. Kg de gas metano emitidos por componente de residuo sólido aprovechable.....	43
Ecuación 16. Muestreo aleatorio simple.....	43
Ecuación 17. Ajuste del muestreo aleatorio simple.....	44
Ecuación 18. Fracción de los residuos sólidos dispuestos en relleno sanitario.....	63
Ecuación 19. Cálculo de viajes a disposición final vehículo OCF 227.....	64
Ecuación 20. Cálculo de viajes a disposición final vehículo OCF 227 y OFK 158.....	64

5. Resumen

Las propuestas tecnológicas que permitan vislumbrar indicadores ambientales a partir de la separación en la fuente y el aprovechamiento para adecuar la gestión integral de residuos sólidos urbanos en la sociedad actual, son una importante herramienta para combatir la contaminación y transmitir comunicación del impacto que se genera al ambiente en actividades comunes del ser humano contemporáneo, para que de esta manera pueda hacer frente contra el cambio climático, que perjudica además a los sectores económicos, sociales y culturales de orden nacional e internacional.

Los indicadores ambientales funcionan como medio de información que permite al usuario conocer datos de sus actividades relacionadas con el entorno, identificando de manera concisa el impacto generado al ambiente a través de TIC, para que de esta manera se logre una concienciación que fortalezca el objetivo principal del proyecto que es formular una propuesta para la adecuada gestión integral de residuos sólidos en el municipio de Anapoima, Cundinamarca, con el fin de mejorar su calidad, en cuanto a la separación en la fuente y el aprovechamiento de los residuos sólidos que allí se generan. De este modo se reduce la cantidad de residuos dispuestos en el relleno sanitario, activando la economía circular y favoreciendo en la contribución del bienestar y la mejora de la calidad de vida en el municipio.

Palabras Clave: Gestión integral de residuos sólidos, separación en la fuente, tecnologías de la información y la comunicación (TIC), aprovechamiento de residuos sólidos.

6. Abstract

The technological proposals that allow to glimpse environmental indicators from the separation at the source and the use to adapt the integral management of urban solid waste in today's society, are an important tool to combat pollution and transmit communication of the impact generated by environment in common activities of the contemporary human being, so that in this way he can cope with climate change, which also harms the economic, social and cultural sectors of national and international order.

The environmental indicators work as a means of information that allows the user to know data about their activities related to the environment, concisely identifying the impact generated to the environment through ICT, so that in this way an awareness is achieved that strengthens the main objective of the project that is to formulate a proposal for the adequate integral management of solid waste in the municipality of Anapoima, Cundinamarca, in order to improve its quality, in terms of separation at the source and the use of solid waste generated there . In this way the amount of waste disposed in the landfill is reduced, activating the circular economy and favoring the contribution of well-being and improving the quality of life in the town.

Keywords: Solid waste management, solid waste separation, information and communication technologies (ICT), Solid waste utilization.

7. Introducción

La Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) es un proceso complejo que requiere de varias etapas para realizar un adecuado Servicio de Aseo. El sistema propuesto comprende una adecuación de la gestión de los residuos, adaptando un sistema tecnológico que permita la identificación del usuario del servicio de aseo para registrar los residuos aprovechados y comunicar por medio de la aplicación su relación con los indicadores ambientales propuestos e información general de su contribución al mismo, obteniendo beneficios recibidos por realizar la separación en la fuente.

La propuesta se origina a partir de las características actuales de la GIRS realizada por el municipio de Anapoima, Cundinamarca. El municipio posee facultades que lo hacen especial conforme a la generación de sus residuos sólidos, ya que es turístico por excelencia y atrae población flotante que contribuye en la generación, su alta producción per cápita PPC de desechos, su clima cálido-seco, que de igual manera ayuda a la producción de residuos y la no separación en la fuente de los desechos generados por los pobladores, son causantes de graves impactos ambientales, reflejados en repercusiones económicas e inconvenientes sociales, que se atribuye a una peyorativa cultura ciudadana (Caja Especial de Servicios Públicos, 2018). Las repercusiones ambientales por la errónea Gestión Integral de Residuos Sólidos se ven reflejadas en impactos en el agua, en el aire y el suelo. El contacto de los residuos sólidos en el agua provoca efectos adversos fisicoquímicos, pérdida de biodiversidad y contaminación paisajística, en el aire repercute emitiendo gases de efecto invernadero que contribuyen a la acción del cambio climático y la acidificación de las precipitaciones, en el suelo generalmente los lixiviados percolan los horizontes hasta infiltrarse en aguas subterráneas creando incidencias en la calidad de los cuerpos hídricos profundos (Ríos, J.C. 2015).

Según Tchobanoglous, Theisen & Vigil (1994) es imperante realizar actividades en pro de atender las necesidades con respecto a la Gestión Integral de Residuos Sólidos, que se define como la disciplina asociada al control de la generación, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los mismos. A partir de esta disciplina se crean múltiples sistemas para que la generación sea aprovechada y la disposición final sea mínima dependiendo de las características del sector, en este caso el municipio de Anapoima, Cundinamarca. Por consiguiente, la finalidad de realizar la Gestión Integral de Residuos Sólidos es tratar los desechos de la sociedad en compatibilidad con problemáticas ambientales y de salud, en relación con el reciclaje y la reutilización.

8. Planteamiento del problema

El acuerdo de París creado en la COP 21 superó las divisiones que existían entre los países desarrollados y en desarrollo, donde todas las naciones conformadoras se comprometieron a disminuir los impactos negativos del Cambio Climático y establecer una meta para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, en el que la promesa consistía en mantener el incremento de la temperatura global por debajo de los 2 grados Celsius anuales y el objetivo alcanzar en la segunda mitad del sumideros siglo actual un equilibrio entre las emisiones antrópicas y las que pueden capturar los naturales en el mundo (García, A. Vallejo, G. Higgins, M. & Escobar , G., 2016). Sin embargo, en el 2015 el informe sobre el efecto emitido por la Secretaría de la Convención asegura que la temperatura global se encuentra sobre los 2,7 grados Celsius evidenciándose preocupación por las cifras (García, A. Vallejo, G. Higgins, M. & Escobar , G., 2016).

Aunque la contribución de Colombia en relación con el acuerdo de París fue de aumentar la cobertura de zonas protegidas en más de siete millones de hectáreas, la ampliación del Parque Nacional Natural del Chiribiquete y de disminuir las emisiones de hidrofluorocarbonos (HFC) a través de proyectos de sustitución de refrigeradores por unos de menor impacto, aún no ha sido posible determinar alternativas sustentables y sostenibles en la gestión integral de los residuos sólidos relacionadas con la disminución de gases contaminantes (García, A. Vallejo, G. Higgins, M. & Escobar , G., 2016). De esta manera en el país se evidencian emisiones a la atmósfera de bióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), hexafluoruro de azufre (SF₆) y perfluorocarbonos (PFC) producto de las actividades antrópicas y que impactan significativamente al ambiente (IDEAM, 2016).

La situación del manejo de residuos sólidos en Colombia es un problema complejo al ser el quinto sector de mayor contribución de emisiones de CO₂, seguido de los sectores forestal, agropecuario, transporte e industrias de la energía según García, A. Vallejo, G. Higgins, M & Escobar, G. (2016) y aunque los rellenos sanitarios sean la opción más práctica y económica para la disposición de los residuos, la operación de los mismos constituye un desequilibrio crítico para la sostenibilidad ambiental, y por consiguiente, un importante número de rellenos sanitarios en el país presenta problemas relacionados con el tratamiento de lixiviados, manejo de los gases emitidos a la atmósfera y la disminución de cobertura diaria, entre otras dificultades (Jaramillo, J. 2002).

Visto desde el contexto local, en el Municipio de Anapoima si bien se han realizado diversos estudios que apuntan a la gestión integral de los residuos sólidos en el marco del cumplimiento de la política temática, se evidencia que debido a: las condiciones climáticas, la cercanía a la capital de la república, características ambientales que favorecen el solaz esparcimiento, al considerable aumento demográfico y la población flotante; la producción de residuos sólidos se ha incrementado vertiginosamente evidenciándose en las cifras de producción per cápita. Significa lo anterior, que la gestión integral de residuos sólidos debe acompañarse de una estrategia que coadyuve a su verdadera materialización en aras de contribuir a la solución ambiental local, y que repercuta en cifras del ámbito nacional en aportes de reducción GEI. Dicha estrategia debe involucrar a la comunidad local donde no solo se relacione con la educación ambiental sino que se incentive ambiental y económicamente al generador, dado su aporte en la minimización y adecuada gestión de al menos una actividad y quizás la más importante del ciclo de la GIRS.

El principal problema del caso de estudio es la falta de lineamientos que permitan a la GIRS reducir los impactos ambientales negativos que generan los residuos sólidos urbanos durante la prestación del servicio de aseo y en la disposición final a través de propuestas tecnológicas de la información y la comunicación. La problemática mencionada está causando una inadecuada GIRS y en consecuencia se originan impactos ambientales negativos en el aire debido a las emisiones de GEI, en el suelo por derrames que generan malos olores y en el agua por diluciones de lixiviados en fuentes hídricas que cambian las características físico-químicas de las mismas, además de los impactos ocasionados al paisaje suscitando a la contaminación visual, el incremento de agentes vectores y la vulnerabilidad biológica debido a la exposición de residuos sólidos urbanos a los habitantes del municipio (*Ver anexo 7*).

La disposición final de los residuos sólidos en los rellenos sanitarios es un problema ambiental que podría ser mejorado con prácticas sustentables y sostenibles enfocándose en el aprovechamiento de los residuos urbanos para alargar la vida útil de los mismos (Jaramillo, J. 2002), de esta forma la contaminación que recrean los rellenos sanitarios inicia con la descomposición microbiológica y la liberación de componentes al entorno. De esta forma la contaminación se manifiesta en estado sólido (material residual y particulado), líquido (lixiviado) y gaseoso (biogás y GEI) (Kofalusi & Aguilar, 2006). No obstante, en el instante en que el lixiviado filtre o sobrepase la geomembrana protectora para el suelo en los rellenos sanitarios, el líquido percola el suelo hasta alcanzar napas freáticas con depósitos de agua en su mejor estado que al diluirse con el lixiviado, cambian su composición fisicoquímica, disminuyendo la calidad de ésta y su pureza, contaminando el recurso (Jaramillo, J. 2002). Por otro lado, la degradación de la materia orgánica emite gases a la atmósfera cuyos compuestos están constituidos principalmente por metano CH₄ y bióxido de carbono CO₂, gases de efecto invernadero (GEI) y según Kofalusi & Aguilar (2006) contribuyen significativamente al cambio climático actual. Por tal razón la gestión integral de residuos sólidos es una disciplina que favorece el normal funcionamiento del equilibrio climático y la disminución de efectos negativos en el ambiente y por consiguiente la salud de los seres vivos (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994).

Del mismo modo el problema genera impactos negativos en el componente económico debido al elevado costo del servicio de aseo que los usuarios deben efectuar y que la empresa prestadora de residuos sólidos urbanos de Anapoima debe cubrir a causa de la operación que maneja en la actualidad, estos sobre costos se manifiestan por la actividad de transporte a raíz de las largas distancias recorridas, el pago de peaje, el desembolso por la disposición final de los residuos al relleno sanitario y al mantenimiento de los vehículos compactadores (Ríos, J.C. 2015). También se generan impactos sociales perjudiciales relacionados con la exoneración de la responsabilidad socio-ambiental de cada uno de los habitantes del municipio con los residuos sólidos que se generan, consecuencias que contribuyen a la pérdida del sentido de pertenencia por el municipio al excluir la separación en la fuente y el aprovechamiento de estos, impidiendo comunicar a los usuarios del servicio información de las actividades diarias de generación de residuos sólidos relacionadas con la contribución o no al ambiente de cada suscriptor.

A partir de lo anteriormente expuesto se enuncia la siguiente pregunta de investigación: ¿De qué manera la formulación de lineamientos para la gestión integral de residuos sólidos urbanos contribuye a mejorar la calidad de vida de los habitantes de Anapoima?, a la cual subyacen: ¿Cuál es el estado de las actividades de la gestión integral de los residuos sólidos en el municipio?, ¿Cómo está articulada la

gestión de los residuos sólidos con el servicio de aseo en Anapoima?, y finalmente ¿Cómo se están edificando los fundamentos de las tecnologías modernas con los requerimientos ambientales actuales?.

9. Justificación

El presente documento expone un estudio investigativo que permite visualizar lineamientos innovadores hacia la gestión integral de los residuos sólidos urbanos a través de fundamentos que permitan disminuir los impactos ambientales negativos que se generan durante el servicio de aseo. Es así, como en la medida que se disminuyan aquellos impactos, el bienestar y la calidad de vida de los habitantes del municipio mejorará significativamente.

A nivel ambiental se espera generar alternativas que se enfoquen en la reducción de los RSU dispuestos en los rellenos sanitarios y de esta manera contribuir con lineamientos que minimicen las emisiones de GEI apoyando lo acordado por las naciones en la COP 21, además de disminuir impactos negativos en el paisaje, el suelo y las fuentes hídricas producto de la inadecuada gestión y la disposición final de los residuos sólidos en rellenos, estas reducciones se proyectan por medio de las actividades complementarias de la gestión de los residuos integradas relacionadas con propuestas tecnológicas al alcance de la población actual, estas tecnologías son alternativas ingenieriles en pro de fortalecer los componentes ecológico, social y económico en el área de intervención.

La ingeniería y la gestión integral de residuos sólidos tienen una relación dinámica, en donde se destaca el área del desarrollo y la innovación como la recuperación de materiales y energía, basándose en tecnologías y equipos capaces de realizar la gestión de una manera adecuada a el sistema. A partir de los principios del ingeniero, éste no sólo determina y evalúa los impactos de las nuevas tecnologías, sino también de seleccionar la alternativa más conveniente para el desarrollo de sistemas complejos (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994).

En el aspecto social, el estudio permite la posibilidad de lograr una conexión con la responsabilidad socio-ambiental que debe tener cada individuo en relación a su actividad residual, con el fin de educar e informar su contribución o no del ambiente y así mejorar la salud pública de los habitantes del municipio de Anapoima, por consiguiente es significativo que instituciones gubernamentales implementen propuestas tecnológicas y programas educativos para progresar en la modificación de los hábitos de consumo de la población, impulsando a la vez una cultura de reciclaje y separación en la fuente, dando pie a sistemas para el aprovechamiento de los residuos, e incorporación de los mismos a la economía circular impulsada por el gobierno actual; esto resultaría en una disminución en la carga de residuos dispuestos en los rellenos sanitarios, aumentando su vida útil.

Lo anterior está directamente relacionado con el aspecto económico, ya que con el aprovechamiento sistemático de los residuos sólidos urbanos la operatividad será más económica al disminuir el transporte y la disposición final al relleno sanitario, junto con el pago a peajes, combustible, honorarios y mantenimiento de vehículos. De igual manera con el proceso de aprovechamiento, transformación y embalaje del material recuperado, se crea un negocio verde que proporciona empleos y utilidades con la venta del material aprovechado.

En los últimos años, la normatividad nacional en cuanto a la gestión integral de residuos sólidos se ha fortalecido y se ha enfocado en el desarrollo de procesos de planificación para el ámbito municipal y departamental, garantizando proyectos con viabilidad técnica, financiera, institucional, ambiental y la inclusión de programas y planes, lo cual hace posible su sostenibilidad en el tiempo. Es por esto que se han publicado normas recientes para fortalecer la gestión de los residuos en el país, tales como el cobro al servicio de recolección de residuos aprovechables propuesto por la resolución de la Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA 720, 2015), o el incentivo económico DINC emitido según Decreto 596 (2016), dirigido a usuarios del servicio de aseo con altos porcentajes de residuos separados y aprovechados acto seguido.

10. Objetivos

11. 1 Objetivo general

Formular lineamientos para la gestión integral de residuos sólidos urbanos en el municipio de Anapoima, Cundinamarca.

10.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico técnico-operativo de la empresa prestadora del servicio público de aseo.
- Establecer relaciones entre las actividades de la GIRS y el servicio público de aseo del municipio de Anapoima.
- Proponer una medida TIC para la gestión integral de residuos sólidos en el municipio.

11. Marco referencial

11.1 Marco geográfico

11.1.1 República de Colombia.

La República de Colombia tiene una superficie de 1.141.748 km² y se encuentra ubicada en el noroeste de Sudamérica, limita al norte con Panamá y el mar Caribe, al este con Venezuela y Brasil, al sur con Perú y Ecuador y al oeste con el océano Pacífico (IGAC, 2003).

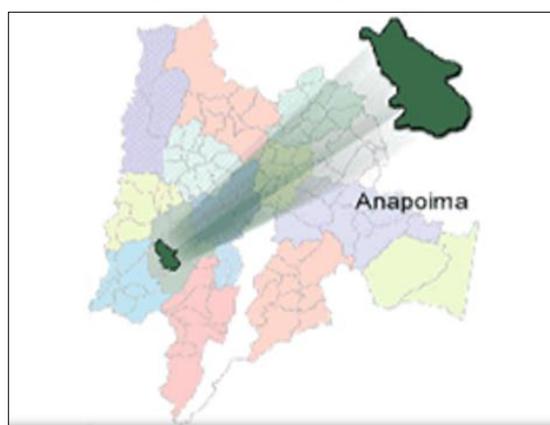
11.1.2 Departamento de Cundinamarca.

Cundinamarca es uno de los 32 departamentos de Colombia y ocupa una superficie de 24.210 km². El departamento limita por el norte con el departamento de Boyacá, por el sur con los departamentos de Meta, Huila y Tolima; y por el occidente con el río Magdalena que lo separa de los departamentos de Tolima y Caldas. Por el oriente, limita con el departamento de Casanare (IGAC, 2003).

11.1.3 Municipio de Anapoima.

El municipio de Anapoima se encuentra localizado en el departamento de Cundinamarca, hace parte de la Provincia del Tequendama, en la ladera occidental de la cordillera oriental; a una distancia aproximada de 87 Km de Bogotá y limita con los municipios de El Colegio por el Oriente, Jerusalén y Quipile por el Occidente, Apúlo y Viotá por el sur, y La Mesa al norte. Las coordenadas del municipio son 4° 33' 13" latitud norte y 74° 32' 22" longitud (SIGAM, 2014).

Figura 1. *Ubicación de Anapoima en el departamento de Cundinamarca.*



Fuente: (Caja Especial de Servicios Públicos, 2018)

11.1.4 Extensión.

El municipio alberga un área total de 119,64 Km², de los cuales el área urbana representa el 2,74% del territorio equivalentes a 3,31 Km², mientras que el 97,23% hace referencia al sector rural representadas en 27 veredas con 116,33 Km² (SIGAM, 2014).

11.2 Generalidades

11.2.1 Población.

Según el censo realizado por el DANE (2018) el municipio de Anapoima posee una población de 12.241 habitantes en la actualidad, donde el área urbana alberga a 5.266 personas cobijando al 43,02 % y el área rural otras 6.975 personas convirtiéndose en el 56,98% de la población en general.

11.2.2 Clima.

La temperatura del municipio se encuentra entre los 22 y 28 °C, conocido como un clima cálido-seco. El municipio presenta una precipitación mensual de 83 mm con régimen bimodal de lluvias con picos en los meses de marzo-abril y septiembre-octubre. El municipio se establece a una altura entre los 650 y 950 m.s.n.m. en una zona de bosque seco tropical y es considerado el “Sol de la eterna juventud” (SIGAM, 2014)

11.2.3 Antecedentes.

La Caja Especial de Servicios Públicos Domiciliarios del municipio de Anapoima es la encargada de realizar la gestión integral de los residuos sólidos (GIRS) en el Municipio y entra en operación en el año 1992, teniendo como responsabilidades el servicio público de acueducto, alcantarillado y aseo. Luego, en año 2009 y mediante el convenio interadministrativo 009 suscrito entre la Alcaldía Municipal y la empresa Aguas del Tequendama, se le entrega a esta última, la operación, facturación y mantenimiento de los servicios de acueducto y alcantarillado (Ríos, J.C. 2015); para ese mismo año y por acuerdo número 006 y la Ley 1258 de 2008 en el municipio se crea e implementa el comparendo ambiental como instrumento de cultura ciudadana sobre el adecuado manejo de los residuos sólidos y escombros previendo la afectación al ambiente y salud pública, mediante sanciones pedagógicas y económicas a todas aquellas personas naturales o jurídicas que infrinjan la normatividad Acuerdo 006 (2009). Aunque en la actualidad el comparendo ambiental no se implementa por desconocimiento de la población, la voluntad política de la administración pública y la inexistencia de herramientas que permitan informar impactos negativos al ambiente y la sociedad sistemáticamente, lo hace obsoleto.

En el año 2015 la administración pública del municipio de Anapoima adopta la actualización del plan de gestión integral de residuos sólidos a través de la resolución numeral 1922. No obstante en aquel año el costo de combustible, lubricantes y mantenimiento en general fue de \$ 60.000.000, el peaje vía Anapoima - relleno tuvo un costo de \$ 10.000.000, mientras que la disposición final de 3,940 toneladas generadas se realizó en el relleno sanitario Praderas del Magdalena con un costo de \$ 120.714.330 (Caja Especial de Servicios Públicos, 2018), sobrecostos que incrementan el valor del servicio público

de aseo por lo que la gestión integral de residuos sólidos tuvo un costo total de \$ 650.000.000 (Ríos, J.C. 2015). Las estadísticas afirman que para el año 2018, Anapoima contó con una población de 12.241 habitantes (DANE, 2018), lo que significa una PPC de 1,17 *Kg/habitante-día* (Gómez, 2016), cifra superior al establecido para Bogotá que es del orden de 1.1 *Kg/habitante-día* (Porras, 2018), evidenciando la desbordante generación de residuos sólidos urbanos en el municipio de Anapoima.

En los últimos años, el municipio trabaja con una organización que se encarga del aprovechamiento de los residuos orgánicos Asoanaporgánicos, creada como organización sin ánimo de lucro en el año 2016 y realizó cambio de estatutos en 2019 para adjuntar el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos en general dentro de su objeto. Del mismo modo, el plan de gestión integral de residuos sólidos, el cual trabaja articulado con lo dispuesto en el plan de desarrollo “Anapoima, vamos por la equidad social”, comprendido entre los años 2015 y 2019, es la hoja de ruta para el manejo de los desechos en el municipio.

11.3 Marco Teórico

11.3.1 Estado del arte.

En cuanto estudios a nivel mundial, se tuvo en cuenta un artículo científico realizado en México titulado **Modernización de los servicios públicos municipales: perspectiva global** (Patiño & Ceja, 2013), que propone modernizar los servicios públicos a partir de las tecnologías de la información y comunicación TIC, con la finalidad de mejorar la eficiencia y eficacia en la atención de estos, planteando metodologías que auxilien la correcta estructuración y fundamento de estos servicios. Para lograr modernizar los servicios públicos los investigadores diseñaron sistemas de información integral para mejorar los procesos administrativos y operativos.

Para la realización del estudio se recopiló información del servicio público de seis municipios mexicanos a través de visitas de campo, entrevistas y análisis por observación directa al personal administrativo y operativo de los prestadores, además de aplicar 196 encuestas a los habitantes de los municipios estudiados para conocer su perspectiva. Según Patiño & Ceja en el 2013, la investigación contiene un estudio metodológico de tipo descriptivo, explicativo, de campo y propositivo. Durante el desarrollo de la metodología descriptiva se caracterizó el servicio público de aseo para conocer su estructura, seguido se explica el sistema mediante relaciones causa-efecto, de igual forma se implementaron técnicas como la entrevista estructurada, la encuesta y la observación. Durante la ejecución de la investigación propositiva se estableció un diagnóstico, se instauraron metas y se diseñaron estrategias para alcanzar los objetivos propuestos, así mismo los investigadores aplicaron simultáneamente un tipo de investigación tecnológica de intervención en donde se conglomeran el conocimiento para plasmarlo en un producto específico que resuelva un problema, cubra de una necesidad o haga eficiente una tarea; derivado de lo anterior se proponen diversos bloques para poder desarrollar el sistema, los cuales se espera estén ligados entre ellos (retroalimentación), de tal manera que cada uno tenga un fin común, para poder revisar por bloques cada sección y su funcionalidad de manera separada e integral.

En el estudio se encontró que los municipios estudiados contienen apoyo tecnológico como lo son sitios web y correos electrónicos pero no ofrecen un sistema de información en los controles de gestión de los servicios públicos. Como resultado de la investigación los autores plantean un sistema de información que integre los componentes tecnológicos, organizacionales y educativos. De la misma manera los investigadores expresan teóricamente la posibilidad de implementar TIC en los municipios estudiados para relacionar a los usuarios con el servicio y de esta forma se consiga comunicar la gestión con el fin de mejorar su eficiencia, además los expertos sugieren formular una dirección de atención ciudadana con única línea de enlace e indicadores que permitan evaluar la calidad del trabajo, detectar desviaciones y plantear medidas correctivas, además de mejorar los niveles educativos de la población para lograr una mejora continua.

El siguiente artículo estudiado es titulado **Modernización de los servicios públicos municipales a través de las TIC, desde una perspectiva integral** (Patiño & Ceja, 2014) el documento tiene como objetivo principal modernizar los servicios públicos municipales, auxiliándose de las tecnologías de la información y comunicación, con la finalidad de mejorar la eficiencia y eficacia en la atención al usuario, empleando metodologías que fortalezcan la correcta estructuración y fundamento de estos servicios. Para lograr modernizar los servicios públicos los investigadores implementaron sistemas de información integral para mejorar los procesos administrativos y operativos.

Para la realización del estudio se procedió a retomar la investigación enfocada a nivel global donde se desarrolla la investigación de tipo descriptiva, explicativa, de campo y propositiva con el fin de lograr integrar los componentes tecnológicos, estratégicos, organizacionales y educativos. Se presenta en modo gráfico sobre cómo las organizaciones encargadas de los servicios públicos pueden hacer una gestión en conexión simultánea con los usuarios, para informar a los habitantes y tener comunicación con la empresa prestadora, con esta representación se fundamentan alternativas para armar bases en resonancia con las TIC aplicadas a los servicios públicos municipales.

Los beneficios esperados por los investigadores los enmarcaron en orden social, económico y gubernamental. En el orden social aguardan que con la TIC se logre un acercamiento con la tecnología, mejorando los niveles educativos y transmitiendo la información mediante programas estructurados que articulen a los usuarios y las administraciones públicas. En el orden económico resaltan el ahorro en transporte y tiempo en el momento de implementación de una TIC municipal, y en el orden gubernamental se espera generar una mejora en el orden para controlar la gestión de los servicios públicos municipales. El resultado de la investigación fue reconocer que la modernización de los servicios públicos municipales está relacionada con la demanda de los mismos servicios, la educación del personal administrativo y del aumento demográfico, por esta razón se deben intensificar los esfuerzos para que por medio de las TIC se llegue a un beneficio en común así como generar la comodidad de hacer solicitudes bien atendidas por este medio. El modelo final fundamenta las TIC municipales bajo los criterios de los componentes estratégicos, organizacionales, tecnológicos y educativos.

Por otro lado, se analizó un artículo científico de México titulado **Modernización de los Servicios Públicos en Aguascalientes** (López, 2010). El cual se formuló bajo el objetivo de incluir a los servicios públicos las tecnologías de la información y la comunicación, para que de esta manera los

usuarios sean conscientes de cuál y por qué utilizar una tecnología y de cómo les va a ayudar a mejorar. La finalidad del documento fue proponer la instalación de una red metropolitana que permita conectar e informar a los pobladores los temas de los servicios públicos, para ello se enfocó en el énfasis de la administración de las Tecnologías de la Información y la Comunicaciones (TIC).

La red metropolitana conocida como WiMax “Worldwide Interoperability for Microwave Access” (Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas), es una tecnología que permite la recepción de datos por microondas y la retransmisión de ondas por radio, generando servicios de internet banda ancha. Se plantea que la red sea ubicada de modo que abarque la zona urbana del municipio de Aguascalientes para que pueda brindar los servicios de consulta y pago del impuesto predial, infracciones de tránsito, pago por derechos de peatones, licencias comerciales, uso del suelo, impuestos vehiculares, visualización de actas de nacimiento, entre otras. Creando una conexión entre los habitantes del municipio y la Administración Pública Municipal.

Según el investigador, un servicio que propone el documento y que posee la mayoría de la población es la telefonía celular el cual ha sido poco explotado, donde se podría tener acceso a bases de datos para consultar alguna información o la realización de trámites. En el momento en que se aplica esta clase de red los servicios públicos se ampliarían logrando a un mayor alcance.

Seguidamente, para el aspecto local se revisó un trabajo de grado titulado **Propuesta de optimización del servicio público de aseo en el municipio de Anapoima, Cundinamarca** (Gómez, 2016) donde se tuvo como objetivo principal formular una propuesta para la optimización del servicio de aseo público en el municipio de Anapoima, con el fin de mejorar su calidad, en cuanto a la recolección y manejo de los residuos sólidos que se generan enfocado en área rural. Para lograr la optimización se realizó la recolección de información. Posteriormente, se llevaron a cabo entrevistas a la comunidad local, con el ánimo de conocer su percepción acerca de la prestación de este mismo servicio, analizando e interpretando cada uno de los resultados obtenidos. Finalmente, se plantearon las respectivas medidas de corrección en pro del mejoramiento de la eficiencia y calidad del servicio público de aseo.

Cómo primera medida de corrección el autor expone que es importante aumentar la cobertura en el área rural a través de un programa de GIRS que permita promover sistemas de manejo individual o colectivo, por unidades familiares, con el fin de mejorar la gestión e integrar el manejo de residuos ordinarios, material aprovechable, residuos especiales y residuos peligrosos, minimizando de esta manera los impactos causados por la deficiencia en la prestación del servicio de aseo, tales como las quemaduras o disposiciones inadecuadas de residuos. También propone un aprovechamiento de los residuos sólidos rurales con el objeto de desarrollar procesos de aprovechamiento y valorización de los residuos sólidos inorgánicos que conlleven a disminuir el volumen de residuos dispuestos en el relleno sanitario Parque Ecológico Praderas del Magdalena, mediante la operación de la ruta selectiva, implementación de estaciones de clasificación y aprovechamiento, garantizando una dinámica de generación de ingreso e inclusión de la población recicladora. Además de proponer un programa de con recuperadores para fortalecer de manera permanente y progresiva las acciones afirmativas a favor de la población recicladora existente en el municipio de Anapoima.

11.3.1.1 Revisión bibliográfica de los residuos sólidos a nivel mundial.

Los seres humanos aportan a un grave problema generacional de residuos sólidos, produciendo una alarmante cantidad de 2.010 millones de toneladas anuales relacionadas a una considerable Producción Per Cápita (PPC) de 0,74 Kg/Habitante-día. De seguir la dinámica actual, para el año 2050 se generarán 3.400 millones de toneladas, es decir un aumento del 70% de los desechos (Kaza, Perinaz, Woerden, & Yao, 2018), además en la actualidad no existe una solución integral que optimice la gestión de los residuos sólidos de manera concreta, por lo que estos proporcionan el 5% de las emisiones mundiales, emitiendo cerca de 1.600 millones de toneladas equivalentes de dióxido de carbono (CO₂), sin incluir el transporte. El problema aumenta con un aprovechamiento ineficaz, ya que en general el 13,5 % de los desechos se recupera y el 5,5 % se composta a nivel mundial (Kaza, Perinaz, Woerden, & Yao, 2018).

11.3.1.2 Revisión bibliográfica de los residuos sólidos a nivel regional.

En América Latina y El Caribe ha prevalecido el esquema de recolección y disposición final, dejando a un lado el aprovechamiento, reciclaje y tratamiento de los residuos sólidos urbanos (Sáez, Urdaneta, & Joheni, 2014). La región genera el inquietante 11% de la producción mundial, significando el manejo de 231 millones de toneladas anuales, donde los desechos se disponen erróneamente en rellenos sanitarios, lugares a cielo abierto, se queman o se usan como alimento para animales, emitiendo de esta manera gases de efecto invernadero que ocasionan impactos negativos (Kaza, Perinaz, Woerden, & Yao, 2018). De igual manera América Latina y el Caribe produce un alto volumen de residuos, albergando una PPC promedio de 1 Kg/habitante-día y rezagando a 40 millones de personas que carecen del servicio de recolección (Savino, Solorzano, Quispe, & Correal, 2018). Para Kaza et al (2018), en la región aún no se implementan planes, programas y/o proyectos eficientes enfocados a la separación en la fuente de los residuos sólidos urbanos.

11.3.1.3 Revisión bibliográfica de los residuos sólidos a nivel nacional.

Para el año 2017, Colombia dispuso más de 10 millones de toneladas de residuos sólidos con alrededor de 30.081 toneladas diarias, contribuyendo al problema de los desechos y sus consecuencias. Además, el 5% de los municipios disponen los residuos en sitios no autorizados originando impactos desfavorables (Ruíz, Martínez, Garzón, & Sánchez, 2017).

Los gases emitidos acumulados entre 1990 y 2012 posicionan al país dentro de las 40 naciones con mayor responsabilidad histórica en la emisión de gases de efecto invernadero y según García, Vallejo, Higgins & Escobar (2017), la nación es un territorio vulnerable al cambio climático y se evidenció entre los años 2010 a 2011, cuando el fenómeno de la niña proporcionó lluvias que superaron los promedios históricos, provocando inundaciones que dejaron cerca del 7 % de la población nacional damnificada o afectada, con sobrecostos para mitigar las consecuencias con cifras cercanas a los 11,2 billones de pesos.

Asegura García, Vallejo, Higgins & Escobar (2017), que para el año 2015 el fenómeno del niño ocasionó 3.985 incendios forestales que afectaron 150.000 hectáreas, 318 municipios sufrieron escasez hídrica y 120 estuvieron en situación crítica; más de 260.000 hectáreas agrícolas fueron impactadas

aumentando los precios de los alimentos, y los ríos del país presentaron el nivel más bajo en los últimos quince años.

11.3.1.4 Revisión bibliográfica de los residuos sólidos a nivel departamental.

Cundinamarca aporta un alto porcentaje de residuos sólidos urbanos dispuestos en rellenos sanitarios a diferencia de los demás departamentos (Ruíz, Martínez, Garzón, & Sánchez, 2017), y cuenta con 115 municipios que disponen 1.625 toneladas diarias sin incluir a la ciudad de Bogotá, que dispone otros 2.255.565 toneladas de residuos sólidos anuales, omitiendo un modelo contundente en el aprovechamiento y la disposición final de éstos. En lo descrito por Ruiz et al, (2017). A raíz del alto volumen de generación y disposición final actual, el departamento presenta una PPC superior a 0,85 kg/habitante-día, lo que evidencia el alto consumo en los usuarios generadores de desechos.

El 6% de las emisiones anuales del departamento provienen de los residuos sólidos, con un aproximado de 10,46 Tera gramos de dióxido de carbono (Pulido, 2012), y 570 millones de kilogramos de metano (IDEAM, 2012), contribuyendo así al cambio climático y a la agresividad de los fenómenos del niño y la niña en la zona. De esta manera el fenómeno del niño en el departamento de Cundinamarca ocasiona desabastecimiento y racionamiento de agua en sus municipios, afectando la población en general. La anomalía trae consigo la disminución hasta de un 60% del caudal en los afluentes al río Bogotá, provocando conflictos socioeconómicos, así como problemas para la generación eléctrica que genera escasez energética, incluyendo la reducción del 5% en el rendimiento agrícola originando una caída de 4,9% en la producción de leche, un alza del 21% en los precios de los alimentos e incremento del 4,5% en la inflación. Al mismo tiempo la exposición prolongada a la radiación solar provoca enfermedades como el cáncer de piel debido a los rayos ultravioleta (IDEAM, 2014).

De igual manera, pero con diferentes impactos de alta significancia se presenta el fenómeno de la niña en la región, causando desbordamiento del río Bogotá y afectando áreas de interés, aumentando hasta un 350% los índices de precipitación diarias, provocando inundaciones e interviniendo cerca de 9 mil hectáreas cultivables, que en situaciones liberan remociones y carcavamientos en masa que perjudican a los habitantes de lugares con menor altitud, afectando a miles de familias y divisoando pérdidas para la economía regional hasta por 300.000 millones de pesos (IDEAM, 2014).

11.3.1.5 Revisión bibliográfica de los residuos sólidos a nivel local.

El principal problema local es la inadecuada gestión integral de residuos sólidos urbanos del municipio de Anapoima, originando impactos ambientales al excluir la separación en la fuente y el aprovechamiento de los desechos (Martínez, R. 2017), e impidiendo de esta manera lograr difundir a los usuarios información relacionada con las actividades diarias de generación de residuos sólidos y la contribución o no al ambiente de cada uno.

Al no realizarse una separación en la fuente propicia se están perdiendo incentivos dispuestos normativamente como el incentivo a la separación en la fuente DINC Decreto 596 (2016) art. 2.3.2.5.2.2.4 emitido por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. La norma espera favorecer la separación en la fuente y el aprovechamiento, buscando sostenibilidad y sustentabilidad por medio de la economía circular para que de esta manera se logre generar propuesta de disminución a la cantidad

de residuos dispuestos en el relleno sanitario Parque Praderas del Magdalena. Es así como en la medida que se mejoren los mecanismos de separación en la fuente y aprovechamiento de residuos sólidos se adecua sustancialmente la gestión de los desechos en el municipio de Anapoima.

La problemática de la generación de residuos sólidos no depende solo de la producción por la población permanente en el municipio sino también de la flotante en virtud de que el municipio es considerado como uno de los más importantes poblados turísticos dada las condiciones estratégicas que posee tales como la localización geográfica debido a la distancia desde la capital del país, clima, paisaje, centros urbanísticos identificados como segunda residencia, eventos culturales de gran magnitud entre otros.

Las estadísticas afirman que para el año 2018, Anapoima contó con una población de 12.241 habitantes según el DANE (2018) lo que significa una PPC de 1,17 *Kg/habitante-día* (Gómez, 2016), cifra superior al establecido para Bogotá que es del orden de 1.1 *Kg/habitante- día* (Porras, 2018). Comparativamente la producción per cápita entre Bogotá y Anapoima es similar aunque el desarrollo ciudadano sea teóricamente mayor al municipal, ya que frente a lo que es la ciudad, esta cuenta con una serie de establecimientos generadores como las universidades, la industria, la infraestructura, el sector turístico que es más diverso y la oferta laboral más amplia, etc. De esta manera la PPC de Anapoima está a tan sólo un 14,5% de diferencia de la capitalina, significando que el municipio de continuar con las cifras de producción de residuos impactaría significativamente al ambiente con las emisiones de GEI y tendría dificultades que afectan el presupuesto organizacional, porque las inversiones no se compensarán con los exiguos resultados en la gestión y por ende no conllevan a la aplicabilidad trazada en la política de gestión integral de residuos ni a los compromisos suscritos por Colombia en la COP 21.

Según López R. (2014), el Relleno Sanitario Parque Ecológico Praderas de Magdalena se ubica a una distancia de 72 km del municipio de Anapoima, Cundinamarca. Su diseño establece una vida útil hasta el año 2021 (Usaquen & Sánchez, 2014), obligando en forma inmediata a una reformulación en la planeación de las 10 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos generadas (Ríos, J.C. 2015). La gestión actual representa un gasto promedio anual de \$134'553.792, sin incluir el desplazamiento del vehículo recolector, el cual tiene que proveer tarifas de peajes, gasolina y mantenimiento de la operatividad en general (Gómez, 2016). Al existir un aumento de los desechos conforme el tiempo, la gestión integral de los residuos sólidos en Anapoima se ha hecho menos eficaz y efectiva para el municipio, por lo que en la actualidad el servicio es costoso. La Caja Especial (dependencia encargada del Servicio Público de Aseo Municipal) para el año 2015 tuvo un gasto aproximado de \$657.873.202 para llevar a cabo el manejo de los residuos sólidos urbanos, haciendo cada vez más insostenible la operatividad de la Empresa de Servicios Públicos (Martínez, R. 2017).

Para el 2016 el municipio de Anapoima, Cundinamarca dispuso 3.940 toneladas de residuos sólidos urbanos (Martínez, R. 2017), presionando a impactos adversos como la contaminación visual que afecta drásticamente al equilibrio social, la contaminación de napas freáticas por la percolación de lixiviados a través del suelo, cambiando la calidad del agua subterránea y la composición fisicoquímica del recurso hídrico, la generación de vectores y la contaminación del aire con las emisiones de gases de

efecto invernadero, principalmente CO₂ y CH₄, que contribuyen a los efectos del fenómeno del niño y la niña a nivel local (Savino, Solorzano, Quispe, & Correal, 2018).

11.3.2 Marco Conceptual.

Cuando se hace referencia a la **conectividad** se entiende por la capacidad de establecer una comunicación o vínculo entre un dispositivo móvil en este caso a una red de internet (Navarra, 2017).

Un **dispositivo móvil** es un aparato de pequeño tamaño, con capacidades de procesamiento, conexión a redes de internet y memoria limitada, que ha sido diseñado específicamente para múltiples funciones (González Fernández, Talledo Salcines, & García Ramírez, 2018).

El **internet de las cosas** se refiere a una conexión digital de objetos cotidianos con internet. Es decir, se trata de la conexión a internet con objetos y personas en simultaneidad, por tal motivo el número de habitantes para el año 2020 será de 7.600 millones de personas y el número de dispositivos móviles conectados será de 50 mil millones en todo el globo (Evans, 2011).

La gestión integral de residuos sólidos (GIRS) es el conjunto de actividades encaminadas a reducir la generación de residuos y por medio del aprovechamiento lograr integrar nuevamente el material al sistema. Además de manejar el tratamiento y disposición final de los no aprovechables (Decreto 2981, 2013).

Un **residuo sólido o desecho urbano (RS)** es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador presenta para su recolección por parte de la persona prestadora del servicio público de aseo (Decreto 2981, 2013).

Un **residuo sólido urbano (RSU)** es cualquier objeto, material o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien generado en la zona urbana (Jaramillo, J. 2002).

El **residuo sólido aprovechable** se conoce como cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso para la persona que lo está generando, pero que podría ser aprovechado y de esta manera crear a un proceso productivo (Decreto 2981, 2013).

Cuando se hace referencia a la **separación en la fuente** nos enfocamos en la clasificación de los residuos sólidos, en aprovechables y no aprovechables por parte de los usuarios en el sitio donde se generan (Decreto 2981, 2013).

Una actividad clave es el **almacenamiento de residuos sólidos** y se orienta en la acción del usuario de guardar temporalmente los residuos sólidos en depósitos, recipientes o cajas de almacenamiento para su posterior recolección y disposición final (Decreto 2981, 2013).

Se considera **aprovechamiento** a la actividad que comprende la recolección de residuos aprovechables separados en la fuente por los usuarios, el transporte selectivo hasta la estación de clasificación (Decreto 2981, 2013).

La **báscula** es el instrumento técnico de medida mecánico o electrónico calibrado y certificado por la entidad competente para determinar el peso de los residuos sólidos (Decreto 2981, 2013).

El concepto **estación de clasificación y aprovechamiento (ECA)** hace referencia a instalaciones diseñadas con criterios de ingeniería y eficiencia económica, dedicadas al pesaje y clasificación de los residuos sólidos aprovechables (Decreto 2981, 2013).

Los gases de efecto invernadero (**GEI**) son emanaciones que hacen parte de la atmosfera natural pero debido a las emisiones antropogénicas la presencia de estos gases ha aumentado contribuyendo al fenómeno de efecto invernadero, causante del cambio climático que impacta negativamente al globo (Kofalusi & Aguilar, 2006).

Un **generador o productor** es aquella persona que produce y presenta sus residuos sólidos a la persona prestadora del servicio público de aseo para su recolección (Decreto 2981, 2013).

Los **grandes generadores o productores** son los usuarios del servicio público de aseo que producen un volumen igual o superior a un metro cúbico mensual (Decreto 2981, 2013).

Una **macrorruta** es la prestación del servicio para la distribución de los recursos y equipos (Decreto 2981, 2013)

La **microrruta** es la descripción del trayecto de un vehículo o cuadrilla dentro de una frecuencia predeterminada (Decreto 2981, 2013).

El concepto **minimización de residuos sólidos en procesos productivos** es la optimización de los procesos productivos tendiente a disminuir la generación de residuos sólidos (Decreto 2981, 2013).

Los **multiusuarios del servicio público de aseo** son todos aquellos suscriptores agrupados en unidades inmobiliarias, centros habitacionales, conjuntos residenciales, condominios o similares bajo el régimen de propiedad horizontal vigente o concentrados en centros comerciales o similares, que se caracterizan porque presentan en forma conjunta sus residuos sólidos a la persona prestadora del servicio en los términos del presente decreto o las normas que lo modifiquen, sustituyan o adicione y que hayan solicitado el aforo de sus residuos para que esta medición sea la base de la facturación del servicio público de aseo. La persona prestadora del servicio facturará a cada inmueble en forma individual, en un todo de acuerdo con la regulación que se expida para este fin (Decreto 2981, 2013).

Al hablar de la **persona prestadora del servicio público de aseo** se está refiriendo a aquella persona natural o jurídica encargada de la actividad de prestación del servicio público de aseo (Decreto 2981, 2013).

Un **plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS)** es un documento definido por uno o más entes territoriales para el manejo de los residuos sólidos. Corresponde a la entidad territorial la formulación, implementación, evaluación, seguimiento y control del PGIRS (Decreto 2981, 2013).

La **presentación de los residuos sólidos** es la actividad del usuario de colocar los residuos sólidos debidamente almacenados, para la recolección por parte de la persona prestadora del servicio público de aseo. La presentación debe hacerse, en el lugar e infraestructura prevista para ello, bien sea en el área pública correspondiente o en el sitio de presentación conjunta en el caso de multiusuarios y grandes productores (Decreto 2981, 2013).

La **producción per cápita (PPC)** de los desechos hace referencia a la cantidad de residuos sólidos que genera una persona en kilogramos durante un periodo de tiempo determinado, por lo general de un día (Peñaloza Collazos & Muñoz Duque, 1993).

Las actividades de **recolección y transporte de residuos aprovechables** consistente en recoger y transportar los residuos aprovechables hasta las estaciones de clasificación y aprovechamiento (Decreto 2981, 2013).

La **recolección puerta a puerta** es el servicio de recolección de los residuos sólidos en el andén de la vía pública frente al predio del usuario (Decreto 2981, 2013).

Los **residuos peligrosos (RESPEL)** son considerados fuentes de riesgo para el ambiente y la salud, ya que son desechos generados a partir de actividades industriales, agrícolas, de servicios y aún de las actividades domésticas, constituyen un tema ambiental de importancia debido a su volumen cada vez creciente como consecuencia del proceso de desarrollo económico y de sus características principalmente (SIAG, 2019).

El **sistema Android** es un sistema operativo con una plataforma abierta para dispositivos móviles táctiles adquirido por Google y Open Handset Alliance, y como objetivo el sistema busca satisfacer las necesidades de los operadores móviles y fabricantes de dispositivos, además de fomentar el desarrollo de aplicaciones, cualidad que lo hace único frente a otros sistemas operativos (Malave Polanco & Beauperthuy Taibo, 2011).

El **sistema IOS** (anteriormente denominado iPhone OS) es un sistema operativo móvil de Apple usado en el iPhone, iPod Touch e iPad, el sistema tiene 4 capas de abstracción: la capa del núcleo del sistema operativo, la capa de "Servicios Principales", la capa de "Medios de comunicación" y la capa de "Cocoa Touch". Todo el sistema se encuentra en la partición "/root" del dispositivo que ocupa poco menos de 500 megabytes (Espitia Arias, et al. 2012).

El **servicio público de aseo** es el servicio de recolección municipal de residuos, sólidos. Incluyendo las actividades complementarias de transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de tales residuos (Ley 142, 1994).

La **TIC**, también llamada TIC's, corresponde a las siglas de Tecnologías de la Información y la Comunicación y hace referencia a las teorías, las herramientas y las técnicas utilizadas en el tratamiento y difusión de la información: informática, internet y telecomunicaciones (Patiño & Ceja, 2013).

11.3.3 Marco normativo de la investigación.

Tabla 1. *Marco normativo*

Marco normativo		
Instrumento Legal	Entidad que emite el documento	Descripción y relación con la investigación
Decreto-Ley 2811 de 1974	Presidencia de la República de Colombia	<p>El decreto-Ley 2811 de 1974 dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente y busca proteger los recursos naturales de Colombia. La norma explica en su artículo 1ro. El ambiente es patrimonio común, donde el estado y los particulares deben de participar en su prevención y manejo, que son de utilidad pública e interés social. Lo anterior acoge el manejo de los residuos sólidos y la responsabilidad que tienen las personas en conservar el ambiente a través de prácticas sostenibles y sustentables.</p> <p>Según el decreto en su artículo 34 del título 3 de los residuos, desechos y desperdicios. Para el manejo de los residuos se usarán los mejores métodos, de acuerdo con los avances de la ciencia y la tecnología para llevar a cabo la gestión integral de los residuos sólidos, donde la investigación desarrollará métodos adecuados para la defensa del ambiente y de todos los seres vivos, además de reintegrar al proceso económico aquellos residuos aprovechados. Las tecnologías de la información y la comunicación aplicadas a la GIRS buscan mejorar los métodos con el objetivo de disminuir impactos en todos los componentes.</p>

Ley 9 de 1979	Congreso de la República de Colombia	La ley 9 de 1979 dicta las medidas sanitarias para la protección ambiental en el país, de esta forma la ley en su artículo 23 expone que no es permitido realizar la separación en la fuente en áreas públicas, por lo que es debido realizar la actividad desde los hogares. De la misma forma explica que cualquier recipiente colocado en la vía pública para la recolección debe impedir la proliferación de vectores, olores y otros impactos a atenten contra la salud de las personas.
Ley 142 de 1994	Congreso de la República de Colombia	La ley 142 de 1994 establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios, estableciendo los lineamientos que debe regir el servicio de aseo en Colombia. Los servicios públicos deben avanzar en la optimización de su sistema operativo implementado metodologías y tecnologías que aseguren una mejora continua. La ley 142 permite ver la hoja de ruta en la implementación de servicios establecidos en el orden público para bien de los ciudadanos.
Decreto 1713 de 2002	Presidencia de la República de Colombia	<p>El decreto 1713 de 2002 reglamenta la prestación del servicio público de aseo y la gestión integral de los residuos sólidos a nivel nacional. El decreto dicta los principios básicos de la prestación del servicio de aseo a partir de un Plan Básico de Gestión integral de Residuos Sólidos (PGIRS), en él se evidencian las características de generación y población para poder examinar la situación residual. El decreto proporciona los componentes del servicio público de aseo y las modalidades de la prestación, e informa sobre las condiciones bases para la construcción de una estación de transferencia y los sistemas de aprovechamiento de residuos sólidos, que tienen como propósito la recuperación plasmada en el artículo 67 de la norma. Aunque la norma se encuentra derogada por el decreto 2981 de 2013, en este no se especifica de manera explícita las características que debe tener una planta de aprovechamiento de residuos solidos o ECA como lo indica el decreto 1713 de 2002 por lo cual se incluye en la investigación el presente decreto.</p> <p>Como deberes de los usuarios del servicio de aseo en el artículo 125 numeral 3 del presente decreto, se instaure la separación en la fuente cómo eje indispensable de una óptima gestión integral,</p>

apoyando la propuesta desde el enfoque normativo del presente documento de investigación.

Decreto 838
de 2005

Ministerio
de Ambiente,
Vivienda y
Desarrollo
Territorial

El decreto 838 de 2005 modifica el decreto 1713 de 2002 sobre la disposición final de residuos sólidos, implementando el sistema de los rellenos sanitarios para dejar a atrás la modalidad de disposición a cielo abierto.

La norma define la localización de las áreas para la disposición final de los residuos sólidos y mantiene las consideraciones ambientales y técnicas de planeación, construcción y operación de los rellenos sanitarios. De acuerdo con lo anterior es indispensable conocer el modo técnico y operativo definido por norma para la implementación de rellenos sanitarios, de esta manera se tienen presentes los impactos ambientales negativos que estos generan durante su desarrollo y los límites máximos permisibles de ciertos compuestos de obligación monitoreo.

Decreto
2981 de 2013

Presidencia
de la
República de
Colombia

El decreto 2981 de 2013 reglamenta la prestación del servicio público de aseo en cuanto la operatividad y sistematización, donde se describen las actividades del servicio público de aseo incluyendo el almacenamiento de los desechos con la respectiva caracterización de los recipientes de residuos que se usan en la presentación.

La norma describe en el artículo 27 una recolección separada donde propone excluir de la presentación la mezcla de residuos ordinarios y peligrosos, para aumentar así el nivel de recuperación de los residuos sólidos urbanos. La recolección, transporte, transferencia, aprovechamiento y disposición final de los residuos es definida por el decreto, fortaleciendo la gestión integral de los residuos sólidos basados en lineamientos normativos.

La orden dictamina la recolección y transporte selectivo de los residuos sólidos para su posterior aprovechamiento en el capítulo séptimo, desde este punto se declaran los propósitos de la actividad

de aprovechar y las características que deben tener los residuos sólidos para que finalice con buenos resultados la gestión. De igual manera el decreto determina los requisitos mínimos que debe tener una estación de clasificación y aprovechamiento (ECA) con el fin de reducir los impactos negativos que generan los residuos en los componentes ecológicos, económicos y sociales al ser dispuestos en rellenos sanitarios.

Resolución
CRA 720 de
2015

Ministerio
de Vivienda,
ciudad y
territorio.

La resolución de la Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico CRA 720 de 2015 establece el régimen de regulación tarifaria al que deben someterse los prestadores del servicio público que laboren en municipios con más de 5.000 usuarios en las áreas urbanas y la metodología que se debe utilizar para el cálculo de las tarifas del servicio público de aseo.

Según el artículo tercero de esta resolución la metodología tarifaria es de precio techo, lo cual implica que las personas prestadoras del servicio público de aseo podrán, en cualquier momento, y con observancia de las disposiciones relativas a la competencia, a la información y a los suscriptores, cobrar hasta el límite que constituye su precio máximo calculado con base en lo aquí establecido, siempre que éste sea el adoptado por la entidad tarifaria local.

La norma es una ventana para que las existentes y nuevas organizaciones se incentiven y busquen la manera de utilizar herramientas para lograr el aprovechamiento y la separación en la fuente de los residuos sólidos en usuarios generadores, de esta manera se producen más ingresos económicos por las actividades de recuperación selectiva y aprovechamiento de acuerdo con la reducción del transporte y la disposición final en relleno sanitario.

Decreto 596
de 2016

Ministerio
de Vivienda,
ciudad y
territorio.

El decreto 596 de 2016 adicionó el esquema de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y el régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio, y se dictan otras disposiciones como el incentivo DINC para la separación en la fuente a los usuarios que realicen la gestión.

La norma en su sección numeral 2 de aprovechamiento en el artículo 2.3.2.5.2.1.1 expone que es obligación de los usuarios presentar los residuos separados en la fuente con el fin de ser aprovechados y entregados a la persona prestadora de la actividad de aprovechamiento, que será la responsable de su recolección y transporte hasta la Estación de Clasificación y Aprovechamiento (ECA), y del pesaje y clasificación en la ECA. Con este artículo se refuerza la actividad de separación en la fuente abriendo paso a las múltiples alternativas para lograr el aprovechamiento dentro de la gestión integral de los residuos sólidos.

Por otro lado el decreto emite el otorgamiento de beneficios a los usuarios del servicio público de aseo para quienes realicen la correcta separación en la fuente viéndose esta reflejada en la cantidad de residuos que se generan, ya que según el decreto en el artículo 2.3.2.5.2.2.4, sí en la micro ruta de recolección de aprovechables el nivel de rechazo es inferior al 20 % se le otorgará a los usuarios el incentivo DINC de naturaleza monetaria por realizar la actividad correctamente y evitar de esta manera problemáticas ambientales que alteran los componentes sociales y económicos de los centros poblados.

La norma también interpone que la persona prestadora de la actividad de aprovechamiento debe llevar un registro de las cantidades de residuos efectivamente aprovechados y los rechazos asociados a cada ruta de recolección, y que para hacer efectivo el incentivo a la separación en la fuente (DINC) la persona prestadora de la actividad de aprovechamiento deberá reportar a la base de datos de los suscriptores beneficiarios, así el uso de las TIC crea una articulación entre el usuario generador, el recuperador que aprovechó el material y los entes territoriales al tener información importante relacionada con la gestión integral de los residuos sólidos para que el Sistema Único de Información SUI procese la información con mayor claridad y comunique el panorama de los

residuos sólidos.

Resolución 330 de 2017	Ministerio de vivienda, ciudad y territorio	La resolución adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, esta norma reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de diseño construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo. La norma aplica a los prestadores de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, a las entidades formuladoras de proyectos de inversión en el sector, a los entes de vigilancia y control, a las entidades territoriales y las demás con funciones en el sector de agua potable y saneamiento básico
------------------------	---	---

Fuente: (Autor,2019).

12. Metodología

12.1 Metodología de la investigación

Este trabajo se desarrolló desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo para lograr el cumplimiento de objetivos. El enfoque cualitativo consiste en comprender e interpretar la realidad (Rodríguez , Flóres, & Jiménez, 1996), desarrollado a través de la documentación, la observación, la percepción y el análisis de la información para proponer lineamientos hacia la gestión integral de residuos sólidos en el municipio de Anapoima, y el enfoque cuantitativo está basado en el paradigma explicativo, en el cual se utiliza preferentemente datos cuantificables para describir los fenómenos que estudia (Briones, 2002), indicada en la metodología que identifica la problemática de la separación en la fuente en los usuarios por medio de los muestreos probabilísticos con el fin de comprender el panorama actual de la gestión de residuos. De igual manera se utilizaron los métodos deductivo, inductivo, análisis y síntesis, donde el alcance es principalmente descriptivo exploratorio ya que, según Hernández, S. Fernández C & Baptista L (2014) estos últimos se realizan cuando el objetivo de la investigación se relaciona con un tema poco estudiado.

12.2 Metodología del estudio

La metodología del estudio a desarrollar fue por objetivos, los cuales se ejecutaron correlacionalmente para conseguir cumplir el objetivo general que abarca la solución de la problemática relacionada con los residuos sólidos urbanos en el Municipio de Anapoima, Cundinamarca. El objetivo numero 1 proporciono conocer el estado actual de la gestión integral de los residuos solidos urbanos desde un enfoque interno de la actividad, mientras tanto el segundo objetivo tuvo un enfoque externo con el fin de conocer la perspectiva de los usuarios del servicios de aseo relacionados con las actividades de la GIRS y el servicio que se presta en la actualidad, finalmente conociendo las características internas y externas de la gestión de los residuos se propone como 3er objetivo una medida correctiva fundamentada en las TIC que incluya las actividades complementarias de la GIRS, proporcionado lineamientos para que se construya el primer prototipo de esta naturaleza con un sistema innovador que permita la identificación del generador, el aprovechamiento de los residuos presentados, el sistema técnico y operativo, el tratamiento que debe tener por componente de residuos y el modo de difusión de información para que el usuario sea comunicado por medio de su dispositivo móvil en cuanto a la contribución realizada al ambiente por medio de indicadores de interés para los usuarios que usen la plataforma virtual. De la misma manera se propuso en este planteamiento la manera de generar incentivos económicos para que los usuarios realicen la gestión con dinamismo y los actores gubernamentales obtengan información fundamental con respecto a la GIRS.

12.2.1 Metodología del objetivo específico 1.

El objetivo general de este estudio fue formular lineamientos para la gestión integral de residuos sólidos en el Municipio de Anapoima y para ello el primer paso (objetivo específico 1), fue conocer el diagnóstico técnico y operativo de la Caja Especial de Servicios Públicos con la recopilación de datos e información sustancial para el análisis sintético. A partir de los datos obtenidos se realizó un estudio

estadístico del comportamiento de los residuos sólidos en el municipio identificando la media móvil para el año 2017, tomándose como muestra una semana de recolección por lo que se investigó con base en los kilogramos dispuestos en el relleno sanitario durante los días del 6 al 11 de marzo. A partir del estudio estadístico se proyectó la generación de residuos y la población municipal para conocer la producción per cápita de los residuos sólidos urbanos de Anapoima y consecuentemente la PPC del área muestral hasta el año 2050.

Tabla 2. Formato para el análisis estadístico de la generación

Día	m ³ /día	Xi	(Xi- \bar{X})	(Xi- \bar{X}) ²	(Xi- \bar{X}) ⁴
Lunes					
Martes					
Miércoles					
Jueves					
Viernes					
Sábado					
Total					

Fuente: (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, pág. 157)

Luego de realizada la tabla 2, se procedió a encontrar los datos estadísticos de la investigación según lo propuesto por (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994) de la siguiente manera:

Ecuación 1. *Media estadística de generación de residuos*

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n}$$

Ecuación 2. *Mediana estadística de generación de residuos*

$$Mediana = \frac{Valor\ medio}{Semana}$$

Ecuación 3. *Moda estadística de generación de residuos*

$$Mod = 3 (Med) - 2(\bar{X})$$

Ecuación 4. *Desviación normal de generación de residuos*

$$s = \sqrt{\frac{\sum(Xi - \bar{X})}{n}}$$

Ecuación 5. *Coficiente de variación de los residuos sólidos*

$$Cv = \frac{100(s)}{\bar{X}}$$

Ecuación 6. *Coficiente de desviación*

$$\kappa^3 = \frac{2(\bar{X} - Mod)}{s^3}$$

Ecuación 7. *Coficiente de curtosis*

$$\kappa^4 = \frac{((Xi - \bar{X})^4 / n - 1)}{s^4}$$

Posteriormente se procedió a calcular la proyección poblacional del municipio junto con la producción per cápita PPC de los residuos sólidos generados. Para calcular la proyección poblacional se aplicó el método geométrico como lo propone el (RAS, 2001), para hallar la tasa de crecimiento se utilizaron los datos del censo poblacional (DANE, 2018) y se promediaron con los datos poblacionales municipales del 2019.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente se toman las siguientes ecuaciones para realizar los cálculos:

Ecuación 8. Tasa de crecimiento poblacional

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{1/(T_{uc} - T_{ci})} - 1$$

Donde:

P_{uc}= cifra del último censo realizado – (habitantes)

P_{ci} = cifra del censo inicial – (habitantes)

T_{ci} = censo inicial – (años)

T_{uc}= último censo – (años)

Fuente: (RAS, 2001).

Hallada la tasa de crecimiento poblacional, se procedió a realizar las proyecciones poblacionales según el método geométrico que se calcula con la siguiente ecuación:

Ecuación 9. *Método geométrico para proyecciones poblacionales*

$$Pf = Po (1 + r)^n$$

Donde:

Pf = Población final – (habitantes)

Po = Población inicial – (habitantes)

r = Tasa de crecimiento – (porcentaje)

n = Diferencia entre el último año del censo y el año a proyectar – (número entero)

Fuente: (RAS, 2001).

Se proyectaron los habitantes del municipio hasta el año 2050 y se procedió a calcular la generación municipal, donde según Peñaloza Collazos & Muñoz Duque (1993) al calcular la producción futura no debe olvidarse que la generación tiende a crecer con el tiempo a medida que crece la población y se recomienda utilizar el 1% anual:

Ecuación 10. *Proyección generacional de los residuos sólidos urbanos*

$$\text{Proyección de la generación de RS} = (\text{Generación} * 1\%) + \text{Generación}$$

Fuente: (Peñaloza Collazos & Muñoz Duque, 1993).

Conociendo los valores generacionales y la población teórica proyectada para el año 2019 se procedió a identificar la producción per cápita de los residuos sólidos urbanos según (Jaramillo, J. 2002), donde expone que la PPC se deduce de la siguiente manera:

Ecuación 11. *Producción per cápita de los residuos sólidos*

$$PPC = \frac{DSr \text{ en una semana}}{Pob \times 7 \times Cob}$$

PPC = Producción de residuos por cada habitante en un día (Kilogramo/habitante-día).

DSr = Cantidad de residuos sólidos recolectados en una semana (Kilogramo/semana).

Pob = Población total. (número de habitantes)

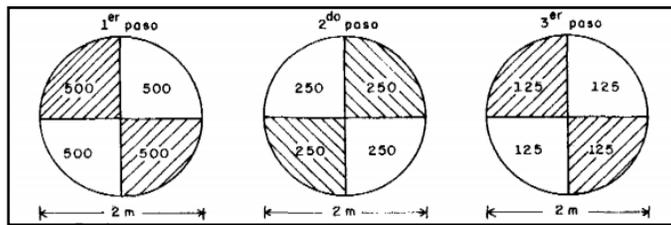
7 = días de la semana.

Cob= cobertura del servicio (Porcentaje %)

Fuente: (Jaramillo, J. 2002)

Luego de obtenida la producción per cápita se procedió a conocer las proyecciones generacionales y poblacionales hasta el año 2050. Los resultados obtenidos fueron la base del análisis del comportamiento de la gestión integral de los residuos sólidos del municipio de Anapoima, Cundinamarca con fundamento en el diagnóstico técnico operativo. Para ello, fue necesario determinar la composición de los residuos a través del cuarteo fundamentado por Alayón, E (2017) y se realizó con una muestra igual a 125 Kg recreándose un círculo de 2 metros de diámetro con los residuos mezclados. Luego de esta actividad se procedió a dividir el círculo en cuatro partes iguales donde finalmente se estudió el área I y IV para obtener la caracterización.

Figura 2. Método de cuarteo



Fuente: (Peñaloza Collazos & Muñoz Duque, 1993).

Cada recipiente, que contiene los residuos que correspondan a la clasificación, se pesan y por diferencia se conocerá el peso del componente. La proporción se calculará como (en términos de porcentaje):

Ecuación 12. Proporción de los residuos sólidos

$$P = \frac{W_i}{\sum W_i} \times 100$$

Donde:

W_i = Peso de cada componente

Fuente: (Peñaloza Collazos & Muñoz Duque, 1993).

La caracterización de los residuos sólidos urbanos se realizó para identificar la composición de los desechos dependiendo de su naturaleza y de esta manera conocer las consecuencias del fenómeno para que finalmente se logre un aprovechamiento antes de que finalicen en un relleno sanitario

(Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994). A continuación, en la tabla 3, se expone el formato base de la caracterización de los residuos sólidos urbanos ejecutada en la visita de campo:

Tabla 3. *Formato para la caracterización de los residuos sólidos urbanos*

Grupo	Componente	Caracterización física de los RSU			Porcentaje en peso (%)
		Cuartero I (Kg)	Cuartero IV (Kg)	Promedio (Kg)	
Aprovechable	Residuos de comida				
	Residuos de Jardín				
	Polietileno Tereftalato PET				
	Plástico de alta densidad HDPE				
	Plástico de baja densidad LDPE				
	Papel				
	Cartón				
	Vidrio				
	Latas				
	Estiércol				
Metales					
No aprovechables	Mixto				
	Icopor				
	Residuos sanitarios				
	Textiles				
	Caucho				
	Goma				
	Suciedad				
Otros					
TOTAL					100

Fuente: (Peñaloza Collazos & Muñoz Duque, 1993)

A partir de la caracterización se diseñó un gráfico en torta y se procedió a describir los resultados del estudio. A la postre, se calculó la masa en kilogramos/día de la generación de residuos en el municipio de Anapoima y se identificó la condición actual del servicio público de aseo por medio de la observación directa, la experiencia en campo, la percepción, la revisión bibliográfica obtenida en los últimos meses y los resultados obtenidos. Seguido se identificó la fracción de los residuos sólidos urbanos y los viajes al relleno sanitario sin el total de almacenamiento en sus vehículos. Por último se realizó un balance de masas para determinar la generación y el movimiento de los residuos sólidos urbanos, esto con el fin de determinar de manera precisa la cantidad de residuos aprovechables, donde la tasa de acumulación del residuo dentro del borde del sistema es igual a la tasa de flujo del material dentro del borde del sistema, menos la tasa de flujo del material fuera del borde del sistema, más la tasa

de generación (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994). La acumulación en este caso identifica la masa del material que es posible recuperar y aprovechar de la disposición final al relleno sanitario.

Ecuación 13. Balance de masas de los residuos sólidos

$$\frac{dM}{dt} = \sum M_{en} - \sum M_{sal} + r w$$

Donde:

dM/dt = Tasa de variación para el peso del material almacenado (acumulado), dentro de la unidad de estudio (Kg/día)

$\sum M_{en}$ = Suma de todo el material que entra en la unidad de estudio (Kg/día)

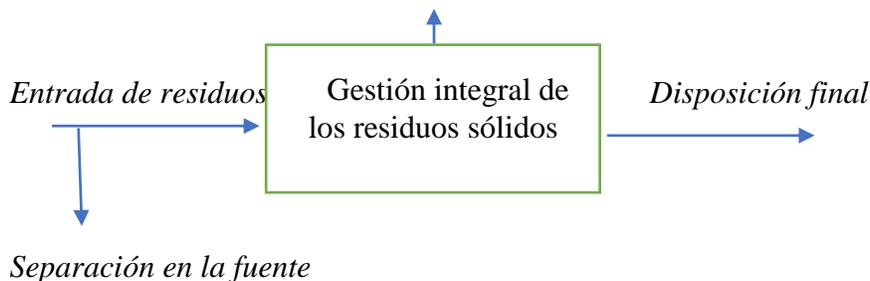
$\sum M_{sal}$ = Suma de todo el material que sale de la unidad de estudio (Kg/día)

$r w$ = Tasa de generación de residuos (Kg/día)

t = Tiempo (día)

Figura 3. Diagrama del balance de masas

Aprovechamiento de residuos sólidos



Fuente: (Autor,2019).

En el cierre del primer objetivo se tomaron los datos de aprovechamiento por componente en el municipio generados en el balance de masas y se establecen por métodos de estequiometría química la cantidad en kilogramos de CO₂ y CH₄ que los residuos sólidos urbanos emiten a la atmósfera durante su proceso de degradación en el tiempo. El resultado químico se realizó a partir de lo expuesto por Cárdenas & Gélvez (1999) y los valores de carbono expresados por Tchobanoglous, Theisen & Vigil (1994) en la página 94. De esta manera se genera la ecuación estequiométrica propuesta a continuación:

Ecuación 14. Kg de bióxido de carbono emitidos por componente de residuo sólido aprovechable

$$Kg \text{ de } CO_2 \text{ emitidos} = X \text{ Kg de } C * \frac{1 \text{ Kg mol } C}{12 \text{ Kg } C} * \frac{1 \text{ Kg mol } CO_2}{1 \text{ Kg mol}} * \frac{44 \text{ Kg } CO_2}{1 \text{ Kg mol } CO_2}$$

$$Kg \text{ de } CO_2 \text{ emitidos} = X \text{ Kg de } C * \frac{44 \text{ Kg mol } CO_2}{12 \text{ Kg } C}$$

Ecuación 15. *Kg de gas metano emitidos por componente de residuo sólido aprovechable*

$$\begin{aligned} Kg \text{ de } CH_4 \text{ emitidos} &= X \text{ Kg de } C * \frac{1 \text{ Kg mol } C}{12 \text{ Kg } C} * \frac{1 \text{ Kg mol } CH_4}{1 \text{ Kg mol}} * \frac{16 \text{ Kg } CH_4}{1 \text{ Kg mol } CH_4} \\ Kg \text{ de } CH_4 \text{ emitidos} &= X \text{ Kg de } C * \frac{16 \text{ Kg mol } CH_4}{12 \text{ Kg } C} \end{aligned}$$

El procedimiento de evaluación de gases de efecto invernadero generados por los residuos sólidos en Anapoima se realizó para demostrar la contribución en emisiones que ocasiona el cambio climático actual derivado de la no separación, tratamiento y transformación de los residuos sólidos producidos por el Municipio. Esta concentración de gases es reducida al ejecutarse las actividades complementarias de la gestión de los residuos en comparación con una disposición de la totalidad de los desechos generados actualmente.

12.2.2 Metodología del objetivo específico 2.

El segundo objetivo específico consistió en establecer relaciones entre la gestión integral de los residuos sólidos y el Servicio Público de Aseo utilizando en primera instancia un muestreo aleatorio simple estadístico el cual determino el número de viviendas generadoras de residuos sólidos urbanos a estudiar, identificando de esta manera el porcentaje de separación en la fuente de los hogares Anapoimunos. El muestreo se basó de acuerdo por lo descrito por Peñaloza, Collazos & Muñoz (1993) en la aleatoriedad simple de tal forma que cada una de las muestras posibles tuviera la misma oportunidad de ser escogida. Su cálculo se realizó de la siguiente manera:

Ecuación 16. *Muestreo aleatorio simple*

$$n^{\circ} = \frac{z^2 * (P * Q)}{e^2}$$

Donde:

- Z** = Nivel de Confianza – Valor estándar
- P*Q** = Varianza de la proporción – (porcentaje)
- e** = Nivel de significancia – (porcentaje)
- n°** = Muestra – (habitantes)
- N** = Tamaño de la población – (habitantes)

Fuente: (Walpole, Myers, & Myers, 1999)

A continuación se realizó un ajuste estadístico (n') del muestreo aleatorio simple descrito en la ecuación 17, donde se conoció el número de hogares muestra de la población total:

Ecuación 17. *Ajuste del muestreo aleatorio simple*

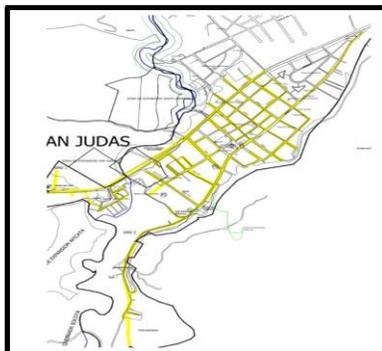
$$n' = \frac{n^{\circ}}{1 + \frac{(n^{\circ} - 1)}{N}}$$

Donde: n' = Muestra ajustada (número muestra)

Fuente: (Martínez C. B., 2005)

Obtenido el número de viviendas por muestrear se realizó un recorrido de reconocimiento para evaluar la actividad de separación en la fuente en el Municipio. El recorrido comenzó a las 6:00 a.m., el martes 6 de septiembre de 2019 a bordo del vehículo compactador OCF 227 de la Empresa de Servicio Públicos desde la calle 2 con carrera 3, dirigiéndose por la carrera 5 (autopista principal) hacia los barrios Asopovin, La Estrella, Nueva Colombia y La Meseta, posteriormente transitó por la carrera 2 con calle 1 hasta el condominio Isabela y se inició con la recolección en el condominio Las Palmas hasta llegar al Polideportivo Julio Cesar Sánchez García, por último, el camión se desplazó hacia el barrio San José terminando a las 12:00 del mediodía en la carrera 3 con calle 1. Finalmente el camión transportó los residuos hacia el municipio de Girardot para la disposición final en el relleno Praderas del Magdalena.

Figura 4. *Recorrido de reconocimiento*



(Autor,2019)

Posteriormente se tabularon y graficaron los hogares que realizaron la separación en la fuente y los que no la realizaron durante el día de estudio, de esta forma se determinó el porcentaje de la actividad en los usuarios del Servicio Público de Aseo en el municipio de Anapoima.

Simultáneamente para el cumplimiento del segundo objetivo específico se calculó un nuevo muestreo aleatorio simple a partir de las ecuaciones 16 y 17, pero para esta ocasión con el fin de determinar un número de encuestas a realizar a los usuarios del Servicio Público de Aseo y de esta manera conocer la percepción de los beneficiarios frente al servicio. El formato de encuesta (*ver anexos 3 y 4*) se diseñó tipo personal con preguntas relacionadas con el tema de investigación y se hizo un contrastaste con la revisión bibliográfica estudiada. El resultado de las encuestas examina el comportamiento y percepción de los usuarios del Servicio Público de Aseo en relación con las actividades que comprende una adecuada GIRS.

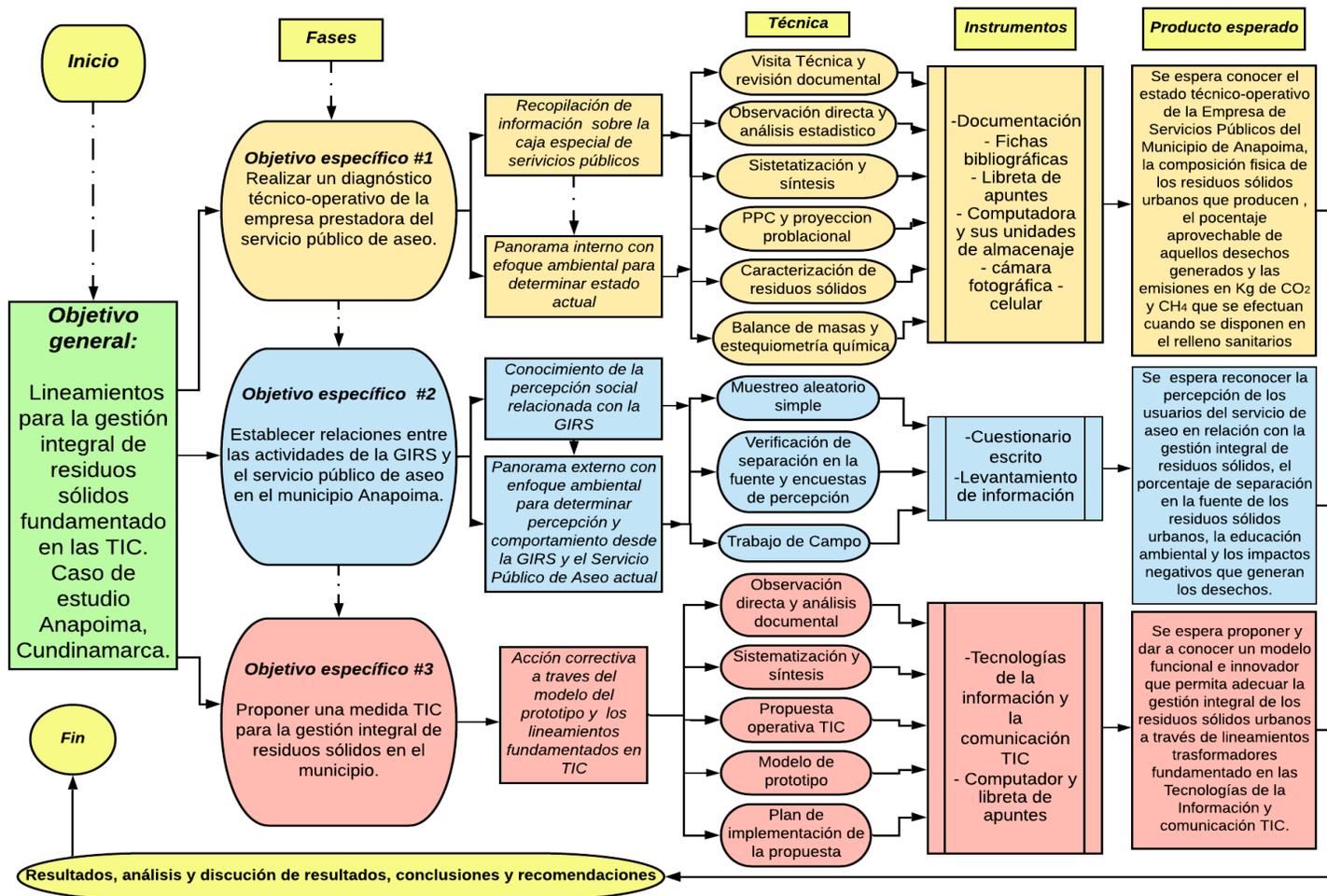
12.2.3 Metodología del objetivo específico 3.

Al ser reconocido el estado actual del Servicio Público de Aseo de Anapoima de manera interna junto con la percepción que los anapoimunos tienen del mismo con enfoque externo, se propusieron lineamientos para optimizar la GIRS fundamentada en una tecnología de la información y la comunicación TIC que se ajuste como medida correctiva al sistema, esta medida articula la gestión actual con los usuarios generadores de los desechos, la Empresa de Servicios Públicos y las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales referentes al sistema. Los lineamientos se crearon bajo principios ambientales para proponer la integración de un prototipo tecnológico dirigido a la sociedad en relación con los residuos sólidos urbanos, aquel prototipo se encuentra cimentado en una plataforma virtual que permita visualizar la información de manera fácil con dispositivos móviles que cuenten con sistemas operativos Android o IOS. Es así como en la medida que se mejoren los mecanismos de separación en la fuente y el aprovechamiento de los residuos sólidos, se adecúa sustancialmente la calidad de vida de todos los Anapoimunos.

El paso fue presentar una introducción de la propuesta TIC detallando las bases operativas del sistema, seguido se presenta la visualización del prototipo para que posteriormente se formulen lineamientos para que el modelo pueda ser efectuado de una manera eficiente, los que se basaron en la educación ambiental, el modo de separación en la fuente, la identificación del usuario y la disposición final para que posteriormente los usuarios del servicio de aseo puedan conocer su contribución o no al ambiente por medio de sus dispositivos móviles, reconociendo indicadores ambientales basados en CO₂ y CH₄ e información general de la gestión. Finalmente se propone un plan para la implementación de la propuesta TIC para ejecutar el sistema en el Municipio de Anapoima, Cundinamarca.

La propuesta correlacional se origina luego de evaluar los resultados de los objetivos 1 y 2 de la investigación para desarrollar una solución ingenieril e innovadora y de esta manera reducir impactos negativos a la ecología, la economía y la sociedad actual. A continuación se presenta el flujograma del estudio, el cual representa la metodología a seguir por cada objetivo planteado durante el estudio de investigación:

Figura 5. Metodología propuesta por objetivos



(Autor, 2019)

Tabla 4. Metodología de la investigación

Objetivo general	Objetivo específico	Diseño muestral	Técnica	Instrumentos	Producto esperado
Formular lineamientos para la gestión integral de residuos sólidos urbanos en el municipio de Anapoima.	Realizar un diagnóstico técnico-operativo de la empresa prestadora del servicio público de aseo.	Diseño de investigación documental y de campo	<ul style="list-style-type: none"> -Revisión bibliográfica -Visita técnica - Análisis documental -Observación directa -Sistematización y síntesis - Caracterización con método de cuarteo 	<ul style="list-style-type: none"> -Documentación - Fichas bibliográficas - Libreta - Computadora y sus unidades de almacenaje - Cámara fotográfica - Dispositivo móvil 	Estado técnico y operativo actual de la Caja Especial de Servicios Públicos del municipio de Anapoima.
	Establecer relaciones entre la gestión integral de los residuos sólidos y el servicio público de aseo del municipio de Anapoima.	Diseño de investigación de campo	<ul style="list-style-type: none"> - Muestreo aleatorio simple - Encuesta escrita - Análisis estadístico - Trabajo de campo 	<ul style="list-style-type: none"> -Vehículo -Libreta -Cuestionario escrito -Levantamiento de información -Celular 	Determinar las dificultades de la actividad de separación en la fuente en el municipio de Anapoima, Cundinamarca.
	Proponer una medida TIC para la gestión integral de residuos sólidos en el municipio.	Proyectos factibles	<ul style="list-style-type: none"> -Observación directa -Análisis documental -Sistematización y síntesis 	<ul style="list-style-type: none"> -Propuesta de tecnología de la información y la comunicación TIC. - Lineamientos fundamentados en las TIC 	Dar a conocer una fundamentación de modelo funcional e innovador que permita adecuar la gestión integral de los residuos sólidos urbanos a través de lineamientos transformadores.

15. Cronograma

Tabla 5. Cronograma de actividades

Cronograma de actividades Segundo semestre 2019																								
Lineamientos para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos fundamentado en las TIC. Caso de estudio Anapoima																								
Actividad	Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre							
	# Semana				# Semana				# Semana				# Semana				# Semana							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Recopilación de información	X	X																						
Visita Técnica y revisión bibliográfica	X	X																						
Observación directa y análisis estadístico		X	X																					
Sistematización y síntesis		X	X																					
PPC y proyección poblacional			X	X																				
Caracterización de residuos sólidos urbanos				X	X																			
Balance de masas y estequiometría química				X	X																			
Muestreo aleatorio simple					X	X	X																	
Verificación de separación					X	X	X																	
Encuesta de percepción							X	X																
Resultados de la encuesta								X	X															
Sistematización y síntesis de resultados								X	X															
Observación directa y análisis documental										X	X	X	X											
Formulación de lineamientos													X	X	X									
Plan de implementación															X	X								
Análisis y conclusiones															X	X	X							
Estructuración de documento final																	X	X						
Presentación de la investigación a jurados																		X	X					
Finalización del proyecto de grado																		X	X	X				

(Autor,2019)

14. Aspectos éticos

La investigación se sustentó bajo los principios de la ética, asegurando que los datos e información plasmados en este proyecto de investigación son verídicos y comprobables. Así mismo el desarrollo del proyecto de investigación se sustentó en los lineamientos de la verdad y la legitimidad.

15. Resultados

15.1 Objetivo específico 1: “Realizar un diagnóstico técnico-operativo de la empresa prestadora del servicio público de aseo

15.1.1 Descripción general del servicio.

La prestación del servicio público de aseo en el Municipio de Anapoima está a cargo de la Caja Especial de Servicios Públicos de naturaleza jurídica pública, quien es la encargada de realizar las labores de barrido, recolección y transporte hacia el sitio de disposición final de los residuos sólidos urbanos en el Relleno Sanitario Parque Ecológico Praderas del Magdalena, ubicado en el Municipio de Girardot, departamento de Cundinamarca y operado por Servicios Ambientales S.A ESP (Ríos, J.C. 2015).

Los usuarios generadores presentan los residuos sólidos en sitios marcados para tal fin o en el área pública. Si los residuos generados son domésticos, por lo general, los usuarios los presentan en bolsas para la basura de color negro o blanco, siendo algunas de ellas reutilizadas, dichos residuos por lo general no se someten a una separación en la fuente provocando que los residuos aprovechables y no aprovechables se mezclen en un mismo empaque o envase que a la postre conducen a impactos ambientales negativos. Por otro lado sí los residuos son comerciales se presentan en canecas de 100 litros hasta contenedores de 1100 litros, en algunas ocasiones embolsados en polietileno de alto calibre de tamaño industrial. La producción total de los residuos sólidos del municipio de Anapoima se recolecta y se transporta en su totalidad al relleno sanitario Praderas del Magdalena para la disposición.

15.1.1.1 Presentación de los usuarios de los RSU.

Se hace en lugares con la infraestructura prevista para ello (Shut de residuos), ubicada en el área pública señalizada, o en el sitio de presentación conjunta. Los residuos sólidos son entregados a los operarios para la recolección generalmente sin haberse realizado una separación en la fuente, producto del desconocimiento y de las consecuencias que conlleva la no clasificación de los desechos a nivel local.

15.1.1.2 Limpieza y barrido de vías y áreas públicas.

La actividad de limpieza y barrido de vías y áreas públicas se realiza de forma manual por cinco operarios de la empresa prestadora del servicio público el cual proporcionan un buen estado en las calles, parques y vías de Anapoima. Los operarios se encuentran dotados cada uno con un uniforme overol especial para la labor y elementos de protección industrial como delantales, guantes, escobas y tapabocas, además del uso del practi-vagón para el almacenamiento temporal de los desechos, escoba, pala, cepillo y bolsas de polietileno para la correcta presentación y disposición del desecho. El material recolectado es transportado hacia el relleno sanitario sitio de disposición final por medio del vehículo compactador fijado (Ríos, J.C. 2015).

La frecuencia de barrido y limpieza de vías y áreas públicas es diaria en horario de 4:30 am a 12:00 am, esta actividad de barrido y limpieza produce el 10 % de los residuos totales recolectados mensuales, lo cual equivalen a 30 toneladas/mes. La actividad comprende un área total de 219,960 hectáreas y la longitud de las vías cuenta con servicio de barrido de 10.990 Km/mes (Caja Especial de Servicios Públicos, 2018).

15.1.1.3 Recolección y transporte de los RSU.

La actividad de recolección y transporte de los residuos sólidos urbanos generados por los usuarios del servicio público de aseo de Anapoima es llevada a cabo en dos carros compactadores, un KODIAK modelo 1996 con capacidad de 6 toneladas placas OFK 158 y un Volkswagen modelo 2012 con capacidad de 12 toneladas con placa OCF 227 (*Ver anexo 11 y 12*). Luego de realizada la recolección se transportan los residuos sólidos urbanos hacia el relleno sanitario Praderas del Magdalena del municipio de Girardot.

La recolección es programada por la Oficina de Servicios Públicos del municipio de Anapoima quien es la encargada de crear las rutas y administrar el servicio de aseo sin interrupciones. La frecuencia de recolección es de 2 o 3 veces por semana según el sector geográfico, por lo tanto las actividades de recolección y transporte de los residuos sólidos urbanos son el eje del servicio público de aseo en el municipio al no existir transporte hacia un lugar de aprovechamiento de los residuos sólidos. En cuanto al personal, se dispone de cinco auxiliares de recolección y dos conductores vinculados directamente a la Caja Especial de Servicios Públicos que transportan los residuos al sitio de disposición final.

En la actualidad el Municipio cuenta con 6 micro rutas para poder efectuar la correcta recolección de los residuos sólidos en el casco urbano durante la semana, el servicio se efectúa de lunes a sábados desde las 6 am hasta las 12 am, luego de este tiempo el vehículo recolector transporta los residuos al relleno sanitario a 72 Km de distancia.

15.1.2 Análisis estadístico.

15.1.2.1 Tendencias, ciclos y fluctuaciones de los RSU.

Se aplicó el método de media móvil para descubrir las tendencias en tiempos definidos a través de observaciones sucesivas con un valor medio en generación de 320 Kg/mes, tomando como punto de partida el mes de marzo de 2017 para el estudio probabilístico entre el lunes 6 al sábado 11 del mes mencionado, los días domingo el servicio de aseo no realiza actividades de recolección y transporte hacia disposición final. De igual manera se comprobó que la generación en el municipio está sujeta a ciclos bimodales con dos puntos máximos reflejados en los meses de enero y julio, y dos mínimos en los meses de febrero y septiembre con fluctuaciones lineales en el aumento anual de producción. De esta manera se tomaron los siguientes datos:

Tabla 6. *Generación de residuos en la semana del estudio*

Día	Camión Compactador	Toneladas recolectadas y transportadas para disposición final
Lunes 6 de marzo	OCF 227	12,2
Martes 7 de marzo	OCF 227-OFK 158	16,6
Miércoles 8 de marzo	OCF 227	9,1
Jueves 9 de marzo	OCF 227-OFK 158	12,8
Viernes 10 de marzo	OCF 227	10,7
Sábado 11 de marzo	OFK 158	4,5
Total	8 veces por semana	65,9 toneladas/semana.

(Autor,2019)

La Empresa de Servicios Públicos para los días del lunes 6 al sábado 11 de marzo de 2017 recolectó, transportó y dispuso 65.900 kilogramos de residuos sólidos urbanos al Relleno Sanitario Parque Ecológico Praderas del Magdalena, cifra promedio para la generación de los desechos en el municipio. A partir de los datos anteriormente mencionados se realizó un análisis estadístico de la generación, recolección y transporte hacia disposición final de los RSU (*Ver anexo 1 y 2*).

15.1.2.2 *Medidas estadísticas de los RSU.*

Las medidas estadísticas permiten conocer la naturaleza de la distribución de los datos de la semana en estudio a través de las observaciones realizadas a los residuos sólidos urbanos generados (*Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994*), de esta manera se aplicaron las principales herramientas estadísticas en función de la generación de los residuos sólidos urbanos, teniendo en cuenta una capacidad de compactación del vehículo recolector de 310 Kg/m³, donde los resultados fueron los siguientes :

Tabla 7. *Análisis estadístico de la generación de los residuos sólidos urbanos*

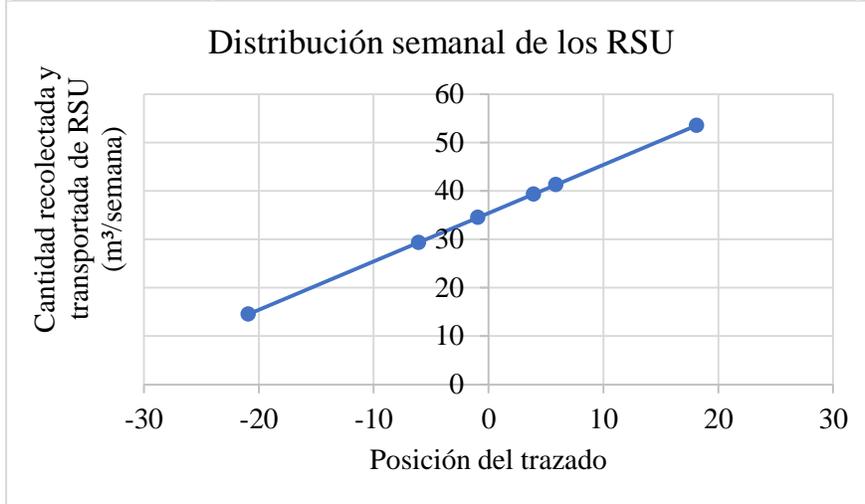
Día	RSU m ³ /día	Xi	(Xi- \bar{X})	(Xi- \bar{X}) ²	(Xi- \bar{X}) ⁴
Lunes	39,35	14,51	-20,92	437,65	191.534,37
Martes	53,55	29,35	-6,08	36,97	1.366,51
Miércoles	29,35	35,51	-0,92	0,84	0,71
Jueves	41,29	39,35	3,92	15,36	236,12
Viernes	35,51	41,29	5,86	34,34	1.179,48
Sábado	14,51	53,55	18,12	328,33	107.803,48
Total		213,56		853,49	302.120,79

(Autor,2019)

La generación total volumétricamente fue de 213,56 m³/semana lo que a su vez en la medida del desarrollo proporciono la creación gráfica de la posición del trazado en relación con la cantidad recolectada y se determinó de igual manera en el análisis estadístico el valor de la desviación normal, de esta manera se obtiene finalmente el valor de coeficiente de curtosis, donde se conocieron las

características de la distribución de la generación de los residuos en el municipio de Anapoima, Cundinamarca.

Figura 6. Tasa de generación de los residuos sólidos urbanos en Anapoima



(Autor,2019)

Para conocer el estado de la empresa fue necesario ejecutar un estudio estadístico por lo tanto necesario desarrollar los siguientes datos:

15.1.2.3 Media

A partir de la “ecuación. 1” expuesta con anterioridad se calculó la media estadística de generación diaria con una probabilidad de 35.59 m³:

$$\bar{X} = \frac{213,56}{6}$$
$$\bar{X} = 35,59 \text{ m}^3/\text{día}$$

15.1.2.4 Mediana

El valor con mayor frecuencia generacional de los RSU en el municipio de Anapoima es de 35.51 m³/día.

15.1.2.5 Moda

Según la “ecuación. 3” los resultados fueron los siguientes para la determinación de la moda estadística generacional de los residuos sólidos urbanos caso de estudio del municipio de Anapoima:

$$Mod = 3(35,51) - 2(35,59)$$

$$Mod = 35,35 \text{ m}^3/\text{día}$$

15.1.2.6 Desviación normal

La desviación normal bajo los rangos generacionales es alta a lo largo de la semana debido a que la producción es variable según el día de presentación y a que la ruta de recolección abarca un número diferente de usuarios por área. Con base en “ecuación. 4” se genera el siguiente resultado:

$$S = \sqrt{\frac{853,49}{6}}$$

$$S = 11,93$$

15.1.2.7 Coeficiente de variación

El coeficiente de variación se determina para evaluar las tasas de generación de los residuos sólidos indicando la actividad que presenta una tasa de dispersión relativa, revelando en esta investigación que los puntos mínimos y máximos de la generación se presentan en los sábados y martes respectivamente y que en los demás días de la semana se mantiene una constante que tiene una cantidad en volumen. A partir de la “ecuación. 5” se calculó el coeficiente de variación del estudio:

$$Cv = \frac{100(11,93)}{35,59}$$

$$Cv = 33,52$$

15.1.2.8 Coeficiente de desviación

El parámetro de desviación indicó la dispersión generacional del estudio de investigación con un resultado de 0,00028 a partir de la “ecuación.6”, expuesta en la metodología según Tchobanoglous, Theisen & Vigil (1994), arrojando el resultado del coeficiente de desviación:

$$\kappa^3 = \frac{2(35,59 - 35,35)}{11,93^3}$$

$$\kappa^3 = 0,00028$$

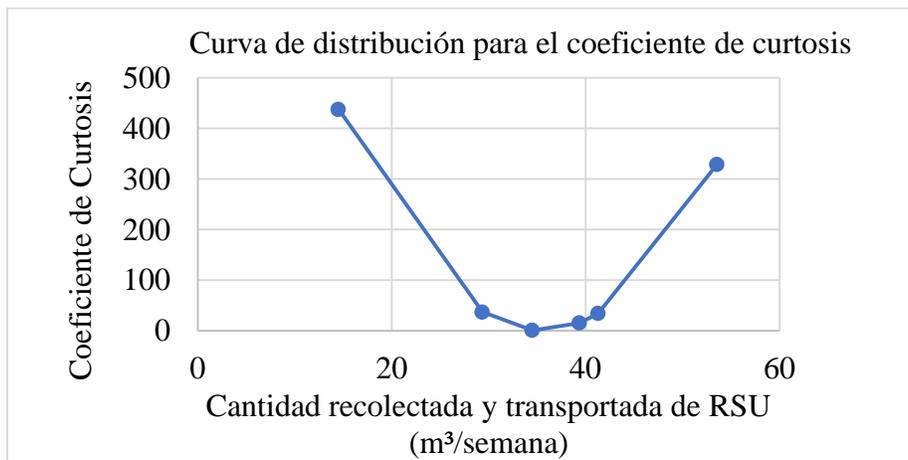
15.1.2.9 Coeficiente de curtosis

La curva refleja una extensión hacia la izquierda en tendencia de campana y según Tchobanoglous, Theisen & Vigil (1994), hace falta un valor de 0.02 para que la tendencia sea una generación de residuos sólidos con una distribución normal.

$$\kappa^4 = \frac{(303.120,79)/5}{11.93^4}$$

$$\kappa^4 = 2,98$$

Figura 7. Curva del coeficiente de curtosis



(Autor, 2019)

Esto indica la variabilidad productiva de los desechos y por consiguiente en algunos días el vehículo realiza trayectos con una cantidad menor de la capacidad de almacenamiento medio o total que puede transportar de desechos hacia la disposición final en el relleno sanitario.

15.1.2.10 Cobertura del servicio de aseo en Anapoima.

Según las cifras del DANE (2018) la población del municipio de Anapoima posee 12.241 habitantes, la cobertura del servicio público de aseo es del 100% en el casco urbano cobijando a 5.266 habitantes en el área urbana y en el área rural la cobertura es del 20% con una cifra 1.395 habitantes reconocidos, sumando un total de 6.661 habitantes a los que se les presta el servicio de aseo (DANE,2018).

15.1.2.11 Tasa de crecimiento poblacional

Para calcular la población de Anapoima desde el año 2019 hasta el año 2050 se necesitó la población inicial del Municipio indicada en el Censo Nacional Poblacional y de Vivienda realizado por el DANE en el año 2018 y de la población del año 2019 registrada por el Censo Municipal en Anapoima, a partir de los datos anteriores se calculó la tasa de crecimiento poblacional que es del orden del 0.3 % anual. Bajo lo argumentado en la “ecuación. 8” la tasa de crecimiento poblacional se conoció de la siguiente manera:

$$r = \left(\frac{12.280}{12.241} \right)^{(1)} - 1$$
$$r = 0,003$$

A continuación, se desarrollaron las proyecciones poblacionales según lo establecido en la “ecuación. 9”, aplicando el método geométrico como la siguiente proyección poblacional para el año 2020:

$$Pf = 12.241 (1 + 0,003)^2$$
$$Pf (2020) = 12.314 \text{ habitantes}$$

Tabla 8. *Proyección poblacional del municipio*

Proyección poblacional en Anapoima					
Año	Población total municipal	Población urbana	Población rural	Población rural con servicio de aseo	Población con servicio de aseo municipal
2018	12.241	5.266	6.975	1.395	6.661
2019	12.277	5.282	6.995	1.399	6.681
2020	12.314	5.298	7.017	1.403	6.701
2022	12.388	5.329	7.059	1.412	6.741
2024	12.463	5.362	7.101	1.420	6.782
2026	12.538	5.394	7.144	1.429	6.823
2028	12.613	5.426	7.187	1.437	6.863
2030	12.689	5.459	7.230	1.446	6.905
2032	12.765	5.492	7.273	1.455	6.946
2034	12.842	5.525	7.317	1.463	6.988
2036	12.929	5.562	7.367	1.473	7.035
2038	12.997	5.591	7.406	1.481	7.072
2040	13.075	5.625	7.450	1.490	7.115
2042	13.153	5.658	7.495	1.499	7.157
2044	13.232	5.692	7.540	1.508	7.200
2046	13.312	5.727	7.585	1.517	7.244
2048	13.392	5.761	7.631	1.526	7.287
2050	13.472	5.796	7.676	1.535	7.331

(Autor,2019)

15.1.2.12 *Proyección generacional de RS en Anapoima.*

Según Peñaloza Collazos & Muñoz Duque (1993) la generación de residuos sólidos de un municipio con las características que posee Anapoima es del orden del 1% incremento anual. Por lo que se realizó la siguiente proyección generacional de los residuos sólidos urbanos:

Tabla 9. *Proyección en cantidad peso de los residuos sólidos urbanos*

Proyección generacional de los RS en Anapoima			
Año	Promedio de generación semanal (Kg/semana)	Promedio de generación mensual (Ton/mes)	Promedio de generación anual (Ton/año)
2017	65.900	263,60	3.163,20
2018	66.559	266,24	3.194,83
2019	67.218	268,87	3.226,46
2020	67.877	271,51	3.258,10
2022	69.195	276,78	3.321,36
2024	70.513	282,05	3.384,62
2026	71.831	287,32	3.447,89
2028	73.149	292,60	3.511,15
2030	74.467	297,87	3.574,42
2032	75.785	303,14	3.637,68
2034	77.103	308,41	3.700,94
2036	78.421	313,68	3.764,21
2038	79.739	318,96	3.827,47
2040	81.057	324,23	3.890,74
2042	82.375	329,50	3.954,00
2044	83.693	334,77	4.017,26
2046	85.011	340,04	4.080,53
2048	86.329	345,32	4.143,79
2050	87.647	350,59	4.207,06

(Autor, 2019)

A partir del resultado generado por la proyección del año 2019, el promedio de generación de los RSU es de 268,8 toneladas/mes en el municipio de Anapoima, por lo que se llevó a realizar el siguiente cálculo de producción per cápita.

15.1.3 Producción Per Cápita PPC.

Se toma el dato proyectado para el año 2019 de generación semanal de residuos sólidos en el municipio expuesto en la tabla 10 y el dato actual de habitantes que se acogen a la prestación del servicio público de aseo según lo descrito en la cobertura del servicio de aseo para determinar la cantidad en kilogramos que un habitante de Anapoima genera al día de RS, proporcionando el siguiente resultado con base en la “ecuación. 11” para calcular la producción per cápita de los residuos sólidos:

$$PPC = \frac{67.218 \text{ Kg/semana}}{6.681 \text{ hab.} \times 7 \text{ días} \times 1} = 1,43 \text{ kg/habitante-día.}$$

(Autor, 2019)

De acuerdo con la Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), un municipio con una PPC entre 0,7 y 1,8 Kg/habitante/día representa un nivel de desarrollo con ingresos altos. Anapoima registró una Producción Per Cápita de 1.4 kilogramos generados por cada habitante en el día, lo que indica un alto nivel de complejidad diaria de residuos por cada habitante que hace uso del servicio de aseo producto de un elevado consumo de productos según lo publicado en el RAS (2000).

15.1.3.1 Proyección de la PPC

La producción per cápita de los residuos sólidos urbanos estableció un grado entre los 1,44 y 1,70 kilogramos de residuos sólidos por habitante producidos durante el día entre los años 2020 y 2050 respectivamente:

Año	PPC (Kg/habitante-día)
2020	1,44
2024	1,48
2030	1,54
2034	1,58
2040	1,62
2044	1,66
2050	1,70

(Autor,2019)

La producción de los residuos sólidos en el municipio es alta en comparación a los estándares de generación, de la misma manera el aumento constante anual de los RSU resulta en proporciones similares a las de la ciudad de Bogotá.

15.1.4 Caracterización física de los RSU.

La caracterización de los residuos sólidos urbanos se realiza para identificar la composición de los desechos dependiendo de su naturaleza (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994). El municipio de Anapoima se cimenta bajo dos sectores productivos que son el agricultor y el turístico, debido a estas características el poblado adquiere una serie de retos enfocados en la adecuación de la GIRS, sumado a esto el número de lugares domésticos y comerciales con los que cuenta el municipio aumenta la generación en el sistema del servicio público de aseo.

Tabla 10. Caracterización física de los residuos sólidos urbanos

Grupo	Componente	Caracterización física de los RSU			
		Cuartero I (Kg)	Cuartero IV (Kg)	Promedio (Kg)	Porcentaje en peso (%)
Aprovechable	Residuos de comida	61,24	62,92	62,08	49,27
	Residuos de Jardín	7,26	8,20	7,73	6,15
	Polietileno Tereftalato (PET)	2,44	286	2,65	2,10
	Plástico de alta densidad (HDPE)	2,24	3,28	2,76	2,19
	Plástico de baja densidad (LDPE)	0,14	0,20	0,17	0,13
	Papel	3,28	3,42	3,35	2,65
	Cartón	2,56	3,84	3,20	2,54
	Vidrio	1,62	1,44	1,53	1,21
	Latas	1,48	1,28	1,38	1,08
	Estiércol	0,54	0,32	0,43	0,34
	Metales	0,98	1,48	1,23	0,98
No aprovechables	Mixto	40,56	35,82	38,19	30,31
	Icopor	0,04	0,03	0,04	0,03
	Residuos sanitarios	0,25	0,32	0,29	0,23
	Textiles	0,94	0,62	0,78	0,62
	Caucho	0,06	0,04	0,05	0,04
	Goma	0,02	0,02	0,02	0,02
	Suciedad	0,03	0,01	0,02	0,02
	Otros	0,12	0,10	0,10	0,09
TOTAL	125,80	126,20	126,00	100,00	

Fuente: (Autor,2019)

Según el estudio de caracterización de los residuos generados por el municipio de Anapoima realizada en visita de campo (*Ver anexo 8,9 y 10*) el desecho que se genera en mayor cantidad son los residuos de comida que se producen principalmente en los sectores domésticos y comerciales contribuyendo con un 49,27% de la recolección total para ese día de muestreo. Seguido se generan residuos de poda y jardinería asistiendo con el 6,15% del total generacional. Ambos residuos de naturaleza aprovechable y de alto grado de generación.

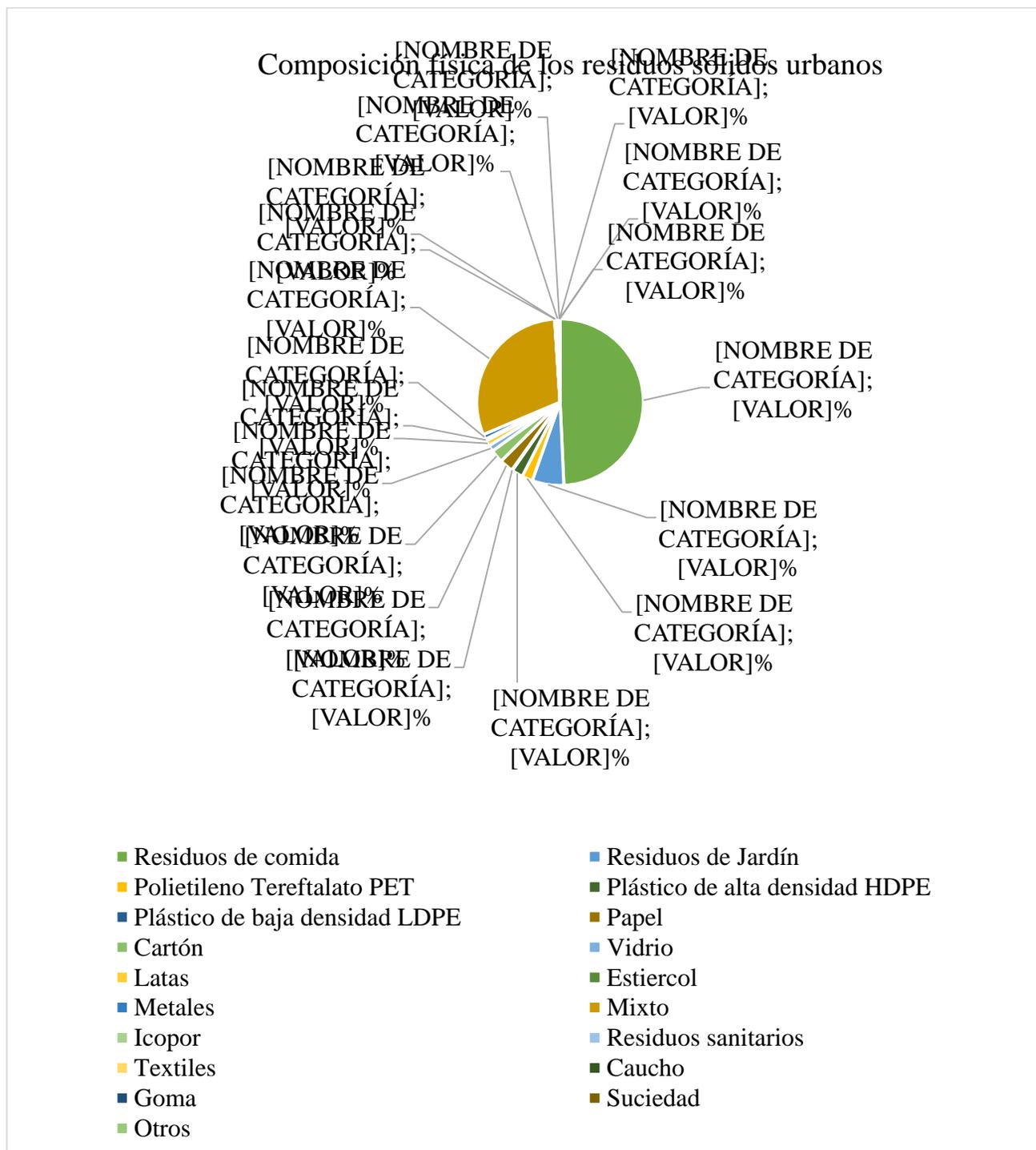
Los residuos mixtos que por su condición no pueden ser aprovechados, generan el 30,31% del total de la producción. De la misma manera se produce un porcentaje de residuos de papel del 2,67 % principalmente proveniente del sector doméstico e institucional. También se genera una cantidad considerable de PET debido a las características climáticas y geográficas del municipio que permiten el alto consumo de productos envasados proporcionado el 2,10 % del estudio, además de la generación de cartón que es debido al consumo de productos empacados con este material y que en su mayoría son recuperables y provienen del sector doméstico y comercial registra un valor del 2,54%. Los residuos generados compuestos de polietileno de alta densidad HDPE son generados principalmente por el sector doméstico y comercial reflejado en envases y bidones de productos alimenticios, de aseo y del cuidado personal abarcando un valor en el estudio del 2,19%. Los residuos de LDPE son generalmente bolsas plásticas comunes de diferentes calibres contribuyendo con el 0,13% de la generación.

Al igual que el polietileno tereftalato, el vidrio de color verde, marrón y transparente se genera por el consumo de bebidas en el municipio y de envases de productos consumibles registrando un 1,21%, de igual forma los residuos de metales ferrosos y no ferrosos provenientes de los sectores domésticos y comerciales contribuyen con el 0,98% del total del estudio. Los residuos de estiércol de animales y latas de alimentos o bebidas arrojan el 0,2% y el 0,5% respectivamente.

Seguidamente los residuos textiles donde se encontraron camisas y pantalones registraron en la investigación una relación del 0,62% mientras que los residuos sanitarios cerraron con un 0,23%. Aunque se encontró un volumen significativo de icopor producto del sector comercio, este debido a su densidad solo registra un peso minúsculo comparado con los demás residuos del estudio por lo que su resultado fue del 0,03%. Finalmente los residuos de caucho, goma y suciedad representan el porcentaje más bajo de la caracterización con un 0,04 %, 0,02% y 0,02% respectivamente.

Los residuos descritos cómo otros se reflejan en la presencia de residuos tecnológicos como los cargadores de los celulares, los celulares y los teclados de los computadores de escritorio, y residuos de cuero de prendas o elementos domiciliarios. A partir del estudio de caracterización de residuos sólidos se estima que en teoría el porcentaje de los residuos sólidos aprovechables es del 68,64% y no aprovechables es del 31,36%.

Figura 8. Diagrama de la composición física de los residuos sólidos urbanos



Fuente: (Autor, 2019)

15.1.4.1 Disposición final de los residuos sólidos generados por el municipio de Anapoima.

Los residuos sólidos son recolectados y transportados hacia el relleno sanitario Parque Ecológico Praderas del Magdalena, el cual se encuentra ubicado a 72 Km del municipio de Anapoima, es operado por la empresa SER Ambiental S.A. E.S.P. que cuenta con aprobación de la CAR mediante la Resolución 408 del 9 de marzo de 2005, en donde se establece una vida útil hasta el año 2021 (Ríos, J.C. 2015).

El Relleno Sanitario Parque Ecológico Praderas del Magdalena opera bajo la mecánica de tipología mixta (mecánica y manual) de combinación con celdas y rampas (Martínez, R. 2017). Según Ríos J.C (2015), el relleno cuenta con una capacidad de 1.000.000 de toneladas cúbicas y ubica el material a disposición en celdas hasta que estas ocupan el total de su almacenamiento, para que posteriormente se adicione una capa compactadora de suelo de 60 cm y una de materia orgánica de 15cm para la plantación de gramíneas con el fin de evitar el impacto a nivel paisajístico.

El municipio de Anapoima dispone del 99% de los residuos generados al relleno sanitario Praderas del Magdalena (ecuación 26), con la excepción de los que son recuperados por las organizaciones de aprovechamiento. El relleno sanitario es una instalación donde se utilizan principios de la ingeniería con el propósito de disminuir los impactos en la salud de las personas y proteger el ambiente (Jaramillo, J. 2002).

Ecuación 18. *Fracción de los residuos sólidos dispuestos en relleno sanitario*

$$Frsd (\%) = \frac{66.545 \frac{Kg}{Semana}}{67.218 \frac{Kg}{Semana}} * 100$$
$$Frsd (\%) = 99\%$$

(Autor,2019)

En cuanto a la disposición final de residuos sólidos generados por el municipio de Anapoima, Cundinamarca, los picos en los meses de diciembre a enero corresponden al aumento de la población flotante que se alberga en el municipio a razón de las vacaciones de fin de año, de igual manera sucede con los picos de junio y julio.

Los viajes promedio al relleno sanitario por semana son de 8 para el municipio que cuenta con 3.0 habitantes por vivienda según Patiño (2019), los vehículos que transportan los residuos tienen una capacidad de 310 kg/m³ para recolectar a los 4.586 hogares de Anapoima (DANE,2018).

a. Frecuencia de recolección: 3 veces por semana.

Ecuación 19. *Cálculo de viajes a disposición final vehículo OCF 227*

$$\frac{\text{Volumen de RS}}{\text{Semana}} = \frac{3.000 \text{ viviendas} * \frac{3,0 \text{ habitantes}}{\text{vivienda}} * \frac{1,4 \text{ Kg}}{\text{habitante}} * 3 \text{ días}}{310 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\frac{\text{Volumen de RS}}{\text{Semana}} = 121,93 \text{ m}^3/\text{semana}$$

$$\text{a.1 \# de viajes al relleno sanitario} = \frac{121,93}{36}$$

$$\# \text{ de viajes al relleno sanitario} = 3,37$$

$$\# \text{ de viajes al relleno sanitario} = 4 \text{ Viajes}$$

(Autor, 2019)

b. Frecuencia de recolección: 2 veces por semana.

Ecuación 20. *Cálculo de viajes a disposición final vehículo OCF 227 y OFK 158*

$$\frac{\text{Volumen de RS}}{\text{Semana}} = \frac{1.586 \text{ viviendas} * \frac{3,0 \text{ habitante}}{\text{vivienda}} * \frac{1,4 \text{ Kg}}{\text{habitante}} * 2 \text{ días}}{310 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\frac{\text{Volumen de RS}}{\text{Semana}} = 42,97 \text{ m}^3/\text{semana}$$

$$\text{b.1 \# de viajes al relleno sanitario} = \frac{42,97}{24}$$

$$\# \text{ de viajes al relleno sanitario} = 1,79$$

$$\# \text{ de viajes al relleno sanitario} = 2 \text{ Viajes}$$

(Autor, 2019)

c. Total de viajes al relleno sanitario durante la semana del estudio:

$$\text{Total de viajes} = 4 + 2 + 2$$

$$\text{Total de viajes} = 8$$

(Autor, 2019)

d. Volumen total de residuos recolectados, transportados y dispuestos en el relleno sanitario

$$\begin{aligned} Vol. total &= 121.93 + (42.97 * 2) \\ Vol. total &= 207.87 m^3/semana \\ & \text{(Autor, 2019)} \end{aligned}$$

15.1.4.2 Generación de RESPEL en el municipio.

De acuerdo con (Ríos, J.C. 2015) el mayor generador de residuos sólidos peligrosos es el Centro de Salud del municipio, en donde se han contratado los servicios de la empresa Proyectos Ambientales Ltda. para la gestión externa de los desechos, realizando una recolección quincenal de los residuos y acumulando un total de 41 kilogramos mensualmente. Aunque en el municipio también existen varios comercios que generan residuos sólidos peligrosos como ferreterías, montallantas, peluquerías, centros microbiológicos, veterinarias y vidrierías (Caja Especial de Servicios Públicos, 2018).

15.1.5 Aprovechamiento de los RSU.

El aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos generados por los usuarios del servicio público de aseo es progresivo, según la bibliografía registrada y lo sintetizado con el trabajo de campo, desde la Caja Especial de Servicio Públicos, aún no se han formulado ni desarrollado planes, programas o proyectos para incluir al servicio a recuperadores de residuos para lograr el aprovechamiento de estos (Ríos, J.C. 2015). Por este motivo organizaciones privadas en su mayoría creadas sin ánimo de lucro se encargan de la selección, recuperación, acopio y aprovechamiento a pequeña escala en el municipio de Anapoima.

En el momento operan tres organizaciones de naturaleza jurídica sin ánimo de lucro las cuales se encargan de aprovechar los residuos sólidos generados para que posteriormente puedan ser transformados y reintegrados al sistema productivo. Asoanaporgánicos es una organización creada en el año 2015 y se encarga del aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en una planta de compostaje en la inspección de San Antonio, los residuos son recuperados del Supermercado “Anapoima” del casco urbano y del Club Campestre del municipio, aquellos desechos orgánicos son llevados a un proceso de compostaje para la posterior distribución. Recicalimeno y la organización Sánchez La torre se encargan juntas de recuperar material de tipo PET, HDPE, vidrio, cartón y aluminio para transformar su volumen y comercializarlo en la ciudad de Bogotá.

El abastecimiento de materias primas es limitado y la recuperación de un residuo constituye un elemento esencial para la conservación de los recursos naturales; por lo tanto, su reúso, reciclaje y empleo constructivo se constituyen en una actividad importante en la gestión integral de los residuos, cuyo objetivo último es la disminución de su volumen y su aprovechamiento económico (Jaramillo, J. 2002).

15.1.5.1 Balance de masas.

A partir de la caracterización de residuos como se mostró en la tabla 12, se estimó el porcentual de composición y la masa total del residuo recolectado aprovechable (Kg/día) a partir del volumen de residuos sólidos diarios promedio que fue de 35,59 m³/día

Tabla 11. *Masa total de los residuos sólidos aprovechables recolectados*

Componente de RS	Volumen (m ³ /día)	% de composición	Peso específico (Kg/m ³)	Masa total del residuo recolectado (Kg/día).	% de aprovechamiento
Residuos de comida	17,53	49,27	291	5.101,23	95%
Residuos de jardín	2,18	6,15	237	517,00	95%
Polietileno Tereftalato	0,75	2,10	65	48,75	70%
Plástico de alta densidad HD-PE	0,78	2,19	70	54,60	90%
Plástico de baja densidad LD-PE	0,04	0,13	42	1,94	50%
Papel	0,94	2,65	89	83,94	70%
Cartón	0,90	2,54	50	45,00	70%
Vidrio	0,43	1,21	196	84,40	90%
Latas	0,38	1,08	89	33,82	90%
Estiércol	0,12	0,34	100	12,00	90%
Metales	0,35	0,98	131	45,85	95%
Total	24.40	68.64		6.028,53	

(Autor,2019)

Para conocer la cantidad teórica de material recuperable-aprovechable de los RSU del Municipio, se partió de la recolección promedio de 35,59 m³/día de residuos sólidos urbanos, de los cuales 17,53 m³ son residuos de comida equivalentes a 5.101 kg, de esta cantidad recolectada en ese día se pudo haber aprovechado 4.760 kg. Así mismo, el vehículo recolector transportó 2,18 m³ de residuos de poda y jardinería, de los cuales se prestaba la oportunidad de aprovechar 491 kg y de rechazar 26 kg. Un total de 0,75 m³ de residuos tipo PET se generaron para disposición final provenientes de botellas y frascos de líquidos, la masa de recuperación de PET era de 34 kg aprovechables y de 14,75 kg de rechazo debido a las condiciones inadecuadas de presentación. De igual manera sucede con los residuos de compuestos de HDPE donde los residuos sólidos totales del vehículo albergan 0,78 m³ de este material plástico, los cuales se pueden aprovechar 49 kg y se enviaron a relleno sanitario como rechazo 5,6 kg. Para ese día de recolección se compactaron 0,94 m³ de residuos de papel, conteniendo revistas, papeles plastificados, papel periódico, papel blanco, libros, cuadernos, volantes, recibos y otros desechos de papel aprovechables, de estos residuos se aprovecharon 59 kg y 25 kg fueron residuos de papel en rechazo. De igual forma se presentó un volumen de 0,90 m³ de cartón, donde el cartón corrugado, el cartón de empaques y el cartoncillo aportaron 31,5 kg aprovechables, mientras que 13,5 kg de cartón se encontraba contaminado con sustancias que lo transforman en un material de rechazo. El total de vidrio generado fue de 0,43 m³ representados en vidrios transparentes, verdes y marrones de envases de líquidos, refrescos o bebidas, y otros residuos de vidrio y cristalería, la masa de vidrio aprovechable era de 76 kg y un rechazo de 8 kg. Finalmente dentro de los desechos aprovechables se encontraban los metales que ocupaban un espacio en el camión recolector de 0,35 m³, así 44 kg de los metales presentados son aprovechables y 2 kg no lo son. Las latas ocuparon 0,38m³ y se aprovecharon 30 Kg y otros 4 kg aproximadamente eran rechazos. El faltante de los desechos son caracterizados como residuos no aprovechables. Suponer que los materiales son recuperados para el aprovechamiento, preparar un balance de masas para la empresa de recolección que contempla un aprovechamiento de aquellos residuos y un diagrama de flujo con los materiales mencionados anteriormente. Determinar la cantidad de residuos aprovechables en peso para ese día de recolección. En el día dado, la empresa recolecta el material aprovechable:

- 5,1 t/día son residuos de comida
- 0,5 t/día son residuos de poda y jardinería
- 0,04 t/día son de residuos PET
- 0,05 t/día son de residuos HDPE
- 0,08 t/día son de residuos papel
- 0,04 t/día son de residuos cartón
- 0,08 t/día son de residuos vidrio
- 0,03 t/día son latas de hojalata o aluminio
- 0,04 t/día son de residuos metales

1. Como consecuencia de la actividad interna:

- Se generan 5.101,23 Kg/día de residuos de comida las cuales son aprovechan 4.846 Kg/día
- Se generan 517 Kg/día de residuos de comida las cuales son aprovechan 491,15 Kg/día

- Se producen 48,75 kg/día de residuos PET de los cuales la masa de aprovechamiento es de 34,13 kg/día y 14,62 kg/día restante son rechazo.
- 54,6 kg/día son de residuos HDPE los cuales se podrían recuperar hasta 49,14 kg/día y el restante 5,46 kg/día son rechazo por mala presentación o tratamiento del residuo.
- 83,94 kg/día se recolectan de residuos de papel en el municipio, no obstante 58,76 kg/día pueden ser aprovechadas y 25,18 kg/día son enviados a relleno sanitario.
- 45 kg/día son de residuos de cartón, donde el cartón aprovechable se considera para este día de recolección de 31,5 Kg/día, y 13,5 Kg/día es cartón contaminado con sustancias que lo transforman en un material de rechazo.
- 84,4 kg/día son de residuos de vidrio como botellas transparentes, verdes y marrones de líquidos, refrescos o bebidas, estas contribuyen con 76 kg/día aprovechable y un rechazo en vidrio de 8,4 toneladas.
- Se generan 33,82 kg/día de latas las cuales son aprovechables 30,41 kg/día
- Se producen 12 kg/día de estiércol y son aprovechables 11 kg/día
- 45.85 kg/día son residuos de metales, así 43.56 kg/día son aprovechables y 2.29 son rechazo.

Determinar las cantidades requeridas:

Tabla 12. *Cantidad en peso de los residuos sólidos aprovechables y rechazos*

Componente del Residuo	Kg/día de residuos aprovechables	Kg/día de residuos para rechazo
a. Residuos de comida	4,846	255,00
b. Residuos de poda y jardinería	491,15	25,85
c. Residuos sólidos PET	34,13	14,62
d. Residuos sólidos HDPE	49,14	5,46
e. Residuos sólidos de papel	58,76	25,18
f. Residuos sólidos de cartón	31,50	13,50
h. Residuos sólidos de vidrio	76,01	8,40
i. Residuos de estiércol	11,01	1,00
j. Residuos de latas	30,42	3,40
k. Residuos sólidos de metales	43,56	2,29
l. Masa total del material aprovechado	5,674	-
m. Masa total del material del material de rechazo en el proceso de aprovechamiento	-	354,7
n. Masa total de residuos no aprovechables	-	3.902
o. Masa total de rechazo para disposición final en relleno sanitario		4.257

(Autor,2019)

2. Preparación del balance de masas y flujograma:

Las cantidades en el balance de masas son:

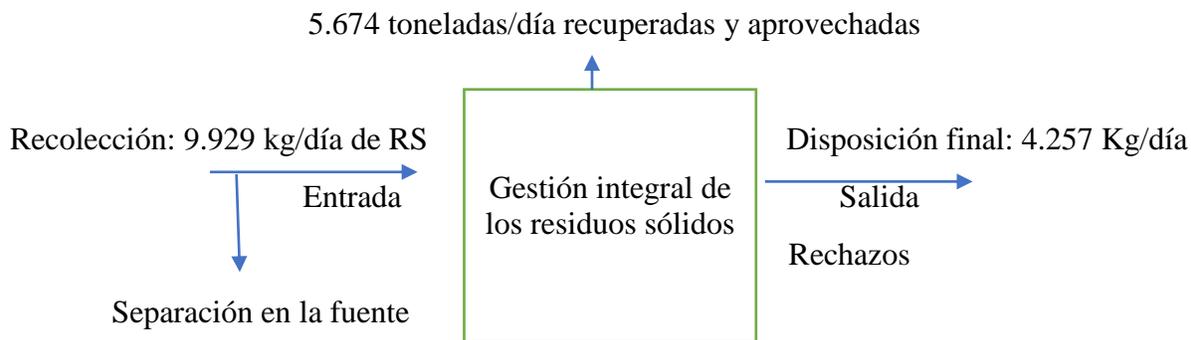
- i. Material aprovechado: (5,7 t/día de RSU recuperadas)
- ii. Material de entrada: (9,9 t/día de RSU recolectadas)
- iii. Material de salida: (4,2 t/día de RSU dispuestas en relleno sanitario)

3. Balance de masa final:

$$\text{toneladas aprovechadas día} = 9,9 t - (3,9 t + 0,3)$$

$$\text{toneladas aprovechadas día} = 5,7 \text{ toneladas/día}$$

4. El diagrama de flujo para el balance de masa se representa a continuación:



Fuente: (Autor,2019).

Con base en la “ecuación. 13” el balance de masas para conocer el aprovechamiento del municipio de Anapoima se desarrolló de la siguiente manera:

$$\frac{dM}{dt} = \sum 9.929 \frac{Kg}{día} - \sum 4.257 \frac{Kg}{día}$$

$$\frac{dM}{dt} = 5.672 \frac{Kg}{día} \text{ aprovechables}$$

Fuente: (Autor,2019)

15.1.6 Emisiones de gases de efecto invernadero de los residuos

15.1.6.1 Determinación de emisiones de CO₂ y gas CH₄ de los residuos aprovechables dispuestos en relleno sanitario.

A partir de los resultados del balance de masas, se desarrolló un análisis por el método de estequiometría para determinar la cantidad en kilogramos de CO₂ Y CH₄ emitidos por los residuos teóricamente aprovechables con mayor impacto negativo en la atmósfera debido a las emisiones de gases, de esta manera se generaron los siguientes datos:

Tabla 13. Emisión de gases CO₂ Y CH₄ de los residuos aprovechables del estudio

Componente del RS	Kg de CO ₂ teórico emitidos al ambiente	Kg de CH ₄ teórico emitidas al ambiente
Residuos de comida	2,567	933,33
Residuos de poda y jardinería	302,76	110,09
Residuos sólidos Plásticos	180,58	65,67
Residuos sólidos de papel	88,22	32,08
Residuos sólidos de cartón	48,33	17,57
Residuos sólidos de latas de Al	273,78	-
Residuos sólidos de vidrio	22,80	-

(Autor,2019)

Debido a la disposición final de la totalidad de los residuos sólidos generados, recolectados y transportados hacia el Relleno Sanitario Praderas del Magdalena el día en estudio, se emitieron a la atmósfera cerca de 2.567 kg de bióxido de carbono y 933,33 kg de metano, causa de la disposición final de residuos de comida, cifra que pudo haber sido disminuida con en el aprovechamiento del material orgánico a través de un tratamiento diseñado para el procesamiento respectivo, incluyendo los residuos de poda y jardinería que generaron 302,76 kilogramos de CO₂ Y 110,09 kilogramos de gas metano, contribuyendo así al calentamiento global que da paso al cambio climático actual.

La disposición final de residuos plásticos se encuentra generando en el relleno GEI hasta llegar a emitir cerca de 180,58 Kg de CO₂ y 65,67 kg de CH₄ sólo de un día de GIRS en el municipio de Anapoima sin contar las emisiones por transporte. Los residuos de papel y cartón emitieron a la atmósfera 136,55 kg por el proceso de degradación natural, aunque estos valores de emisiones podrían haber sido reducidas con la recuperación para el reciclaje de estos materiales.

Los residuos de aluminio como latas de bebidas o conservas tardan siglos en degradarse, pero de igual manera generaran hasta 273,78 Kg de CO₂, de igual forma sucede con los residuos de vidrio que emiten hasta 22,8 kg de CO₂ en ese día de disposición producida en Anapoima.

15.2 Objetivo específico 2: “Establecer las relaciones entre las actividades de la GIRS y el servicio público de aseo del municipio de Anapoima.

15.2.1 Separación en la fuente del Municipio.

Se estableció un muestreo aleatorio simple de la población beneficiaria del Servicio Público de Aseo del Municipio de Anapoima para reconocer la cantidad de viviendas que realizan la separación en la fuente y de esta manera determinar si se efectúa o no la actividad, las características de presentación de los usuarios y los fenómenos alternos que interfieren o se relacionan con la GIRS en el Municipio. De esta manera el resultado del número de viviendas a muestrear se llevó a cabo bajo el método propuesto por Walpole, Myers & Myers (1999) donde especifica los valores a partir de lo estipulado en la ecuación (16):

$$n^{\circ} = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5}{(0.03)^2}$$
$$n^{\circ} = 1.067$$

Donde:

- Z** = 1.96 – Valor estadístico
- P** = 0.5 – (porcentaje)
- Q** = 0.5 – (porcentaje)
- e** = 0.03 – (porcentaje)
- n**^o = muestra – (viviendas)
- N** = 4.586 – (viviendas- DANE 2018)

A continuación se realizó un ajuste estadístico (n') del muestreo aleatorio donde se determinaron las viviendas para realizar el muestreo como lo anuncia la ecuación (17):

$$n' = \frac{1.067}{1 + \frac{(1.067 - 1)}{4.586}}$$

$$n' = 866 \text{ Viviendas}$$

(Autor,2019)

A partir del cálculo del número de viviendas a muestrear se realizó el recorrido y reconocimiento para verificar la separación en la fuente de los residuos sólidos urbanos generados en el Municipio de Anapoima, Cundinamarca (*Ver anexo 5 y 6*). De las 866 viviendas del muestreo, 823 no realizan la separación en la fuente y solo 43 usuarios presentaron los residuos sólidos separados desde la fuente. Dado lo anterior, el 95,03% de los suscriptores del servicio de aseo no hacen la actividad complementaria de separación para la posterior clasificación, mientras el 4,97% de los usuarios realizan la actividad. Este porcentaje no se aprovecha y es transportado por el vehículo recolector hacia el sitio de disposición final.

15.2.2 Encuesta de percepción.

A partir de los resultados anteriormente obtenidos se realizaron encuestas para conocer la perspectiva de los usuarios con respecto al servicio de aseo actual, el panorama ambiental y el conocimiento de los encuestados con el tema relacionado en general. Las encuestas se realizaron personalmente con respuesta de tipo cerrado (sí o no) aunque siempre con la opción de marcar otro resultado o de describir la operación que se le está preguntando de otra manera.

Para conocer el número de encuestas fue necesario utilizar de nuevo la metodología de muestreo aleatorio simple (Walpole, Myers, & Myers, 1999) descrita en la ecuación (16). El número total de la muestra de personas encuestadas equivale al 1.21% del total de la población municipal, conteniendo un error representado en población flotante y migrante de 7 personas aproximadamente, mientras que 75 encuestados son usuarios permanentes del servicio de aseo, estadísticamente se encontraron los siguientes datos:

$$n^{\circ} = \frac{1.64^2 * 0.5 * 0.5}{(0.09)^2}$$

$$n^{\circ} = 83 \text{ encuestas}$$

Donde:

Z = 1.64 – Valor estadístico

P = 0.5 – (porcentaje)

Q = 0.5 – (porcentaje)

e = 0.09 – (porcentaje)

n^o = muestra – (Personas a encuestar)

N = 6.681 – (habitantes- Proyección al 2019)

A continuación se realizó un ajuste estadístico (n') del muestreo aleatorio donde se determinaron el número de encuestas que se realizaron como lo explica la ecuación (17):

$$n' = \frac{83}{1 + \frac{(83 - 1)}{6.681}}$$

$$n' = 82 \text{ encuestas}$$

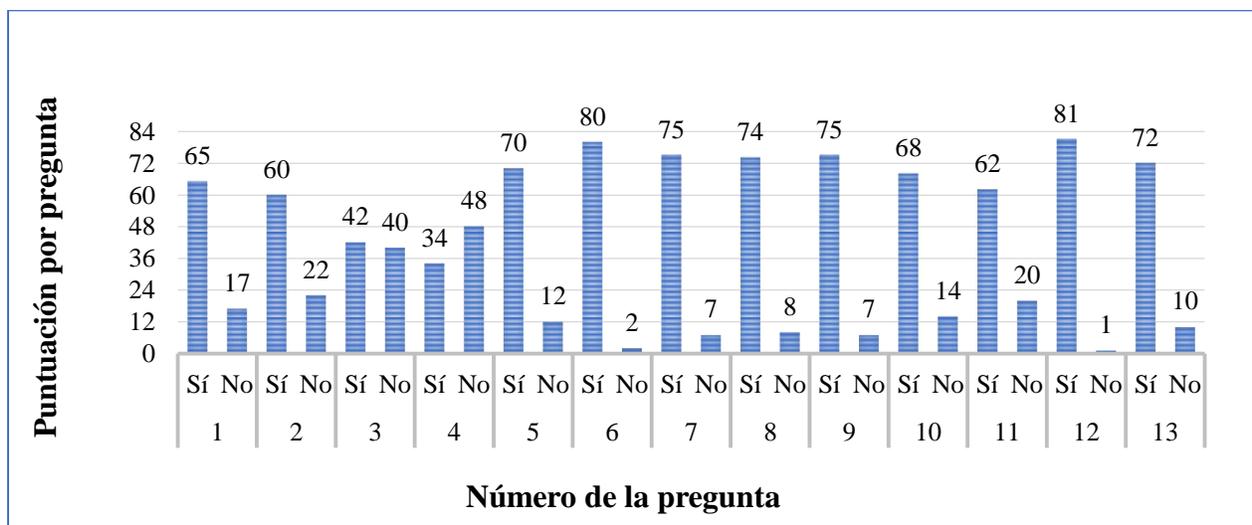
(Autor, 2019)

A través del anterior resultado se aplicaron 82 encuestas a la población del municipio de Anapoima para conocerlas perspectivas que tienen los usuarios en relación con el servicio de aseo y la GIRS creando un resultado conjunto.

15.2.2.1 Resultado de las encuestas

Se realizaron 82 encuestas con 18 preguntas en total (Ver anexo 3 y 4). Las preguntas de la 1 a la 13, son de respuesta único (Sí, No u otros) y, las preguntas desde la 14 a la 18 son de respuesta múltiple con única o varias respuestas. A continuación se presentan los resultados de las encuestas:

Figura 9. Percepción general del servicio público de aseo y la GIRS

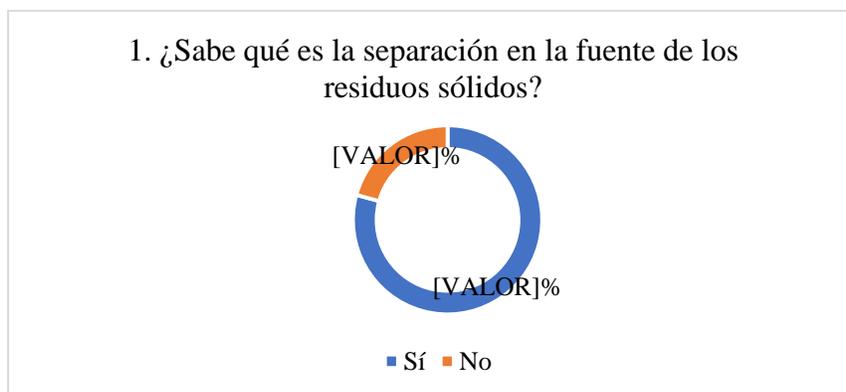


(Autor, 2019)

15.2.2.2 Resultado de las preguntas de la encuesta.

De las 82 personas encuestadas, 65 acordaron en conocer el concepto de separación en la fuente mientras que 17 marcaron desconocerlo. De esta manera el 79,27% de los encuestados conocen de la gestión, mientras que el 20,73% no saben que es la separación en la fuente de residuos sólidos.

Figura 10. *Percepción del concepto*



(Autor,2019)

Respecto a la pregunta número dos, 65 personas están de acuerdo en que pueden diferenciar entre los residuos sólidos urbanos aprovechables y no aprovechables, simultáneamente 22 personas no saben que es un residuo aprovechable y uno no aprovechables. De acuerdo con lo anterior el 73,17% de los encuestados conocen la diferencia, mientras que el 26,83% la desconocen.

Figura 11. *Percepción de los residuos sólidos urbanos*



(Autor,2019)

La pregunta número tres está relacionada con el hecho de la separación o no en la fuente de los residuos sólidos en sus viviendas y/o comercios, dando como resultado que 42 personas coinciden en ejecutar efectivamente la clasificación, mientras que 40 no proceden con la actividad. Por lo tanto el 51,22% de los encuestados practican la separación en la fuente como actividad complementaria de la gestión integral de los residuos sólidos urbanos, diferente del 48,78% que se abstienen de realizar la gestión o aún no conocen como realizar la actividad de una forma satisfactoria.

Figura 12. *Percepción de realización de la actividad*



(Autor,2019)

De acuerdo con las respuestas marcadas para la siguiente pregunta, 34 personas dicen conocer el sitio de disposición final de los residuos sólidos, mientras que 48 concordaron en no tener idea hacia donde transportan y disponen los residuos sólidos que se producen en el Municipio de Anapoima, de esta forma el 58,54% de los entrevistados no conocen el sitio de disposición final mientras que el 41,46% contestaron reconocer que sus residuos son enviados al Relleno Sanitario Parque Praderas del Magdalena, ubicado en la ciudad de Girardot.

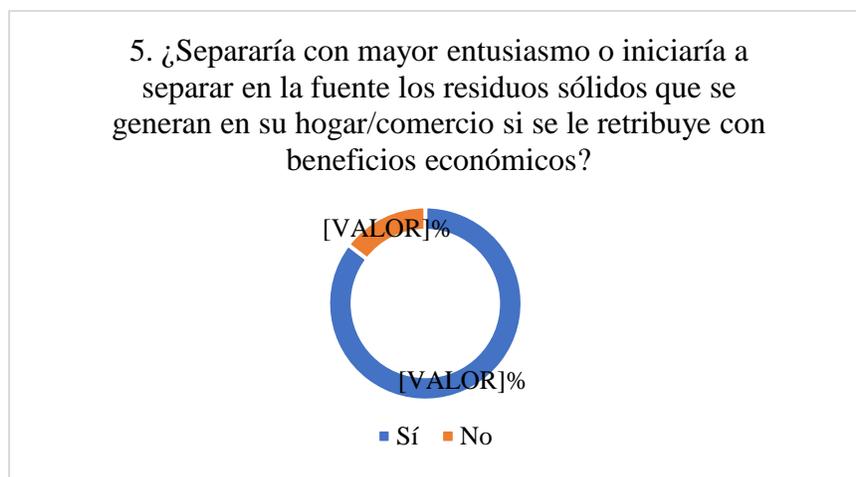
Figura 13. *Percepción de disposición final*



(Autor,2019)

De las 82 encuestas realizadas, 70 personas coincidieron en separar los residuos sólidos que se generan en su hogar y/o comercio si se le retribuye económicamente la actividad ejecutada, de la misma manera en la respuesta de esa pregunta, 12 personas no harían la separación unas por desinterés general y otras por el contrario recalcaron que no es necesaria una retribución ya que realizan la actividad por el sentido de pertenencia hacia el ambiente sin esperar algo a cambio (Benítez, 2019).

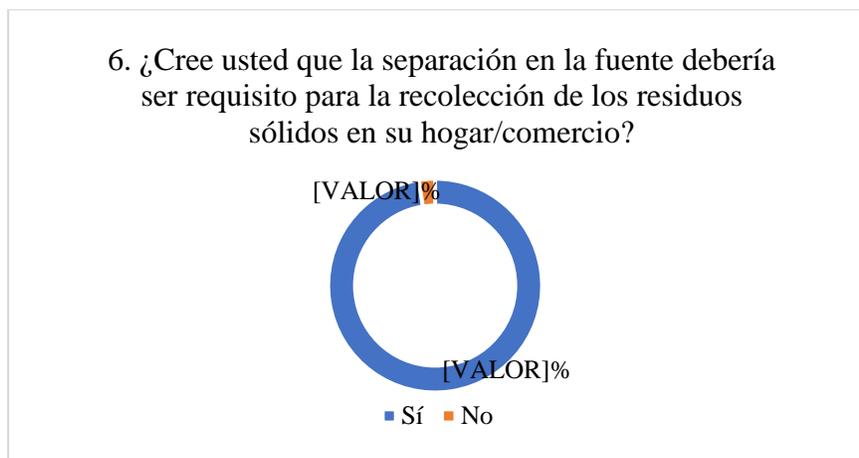
Figura 14. *Percepción de incentivos*



(Autor,2019)

A partir de la tabulación de los 82 usuarios del servicio público de aseo, 80 personas creen que separar en la fuente debería ser una actividad con mayor importancia dentro de la gestión integral de residuos sólidos, no obstante 2 personas no están de acuerdo en que sea un requisito. Con base en los resultados se tiene que el 97,56% de las personas encuestadas piensan se deben separar los residuos antes de presentarlos a la empresa prestadora mientras que 2,44% no piensan que debe ser regla.

Figura 15. *Percepción de gestión*



(Autor,2019)

De las personas encuestadas, 75 tienen un celular Android o ios que permita conectarse a internet y de esta manera visualizar información de interés, otras 7 personas comunicaron no tener por el momento dispositivos móviles para la conexión, siguiendo estos datos el 91,46% de los encuestados no cuentan con un dispositivo con características Android o ios, mientras que el 8,54% manifestó no contar con dispositivos móviles.

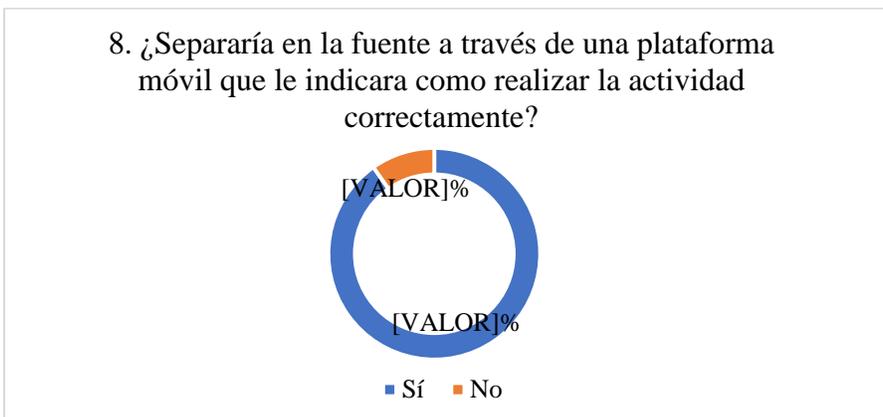
Figura 16. *Percepción de conectividad*



(Autor,2019)

74 personas encuestadas de las 82 descargarían una aplicación que se encargara de indicarle la manera adecuada de realizar una separación en la fuente de los residuos sólidos urbanos al usuario que esté interesado en realizar la actividad correctamente, no obstante 8 personas no usarían una plataforma virtual convirtiéndose en el 9,76% de los encuestados del estudio.

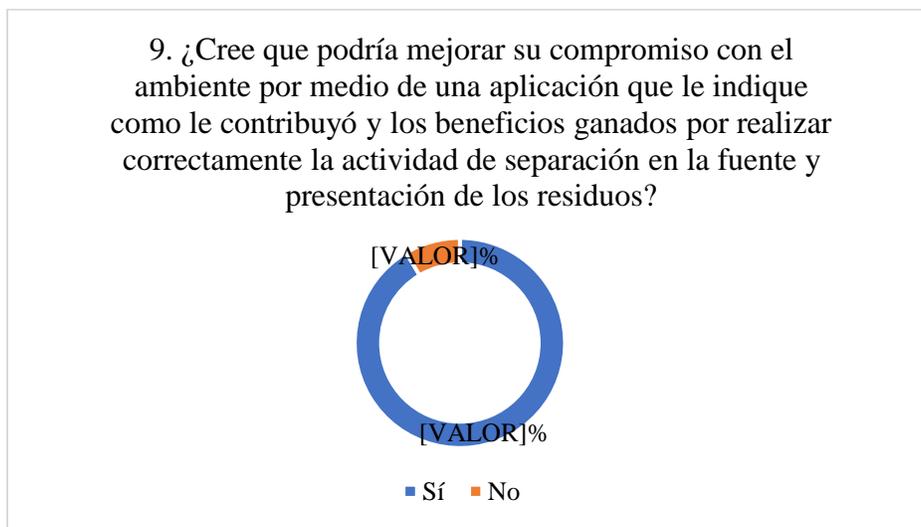
Figura 17. *Percepción de descarga*



(Autor,2019)

Con base en la tabulación de las encuestas resueltas por 82 participantes, 75 usuarios creen que podrían mejorar su compromiso con el ambiente por medio de una TIC que le genere indicadores de tipo ambiental, económico, social, entre otros, en relación con la gestión integral de los residuos sólidos urbanos, mientras que 7 participantes creen que no podrían mejorar su compromiso ambiental de la forma propuesta. Es decir, el 91.46% de los encuestados piensan en contribuir con la responsabilidad ambiental individual a través de una TIC que esté relacionada con los residuos sólidos urbanos

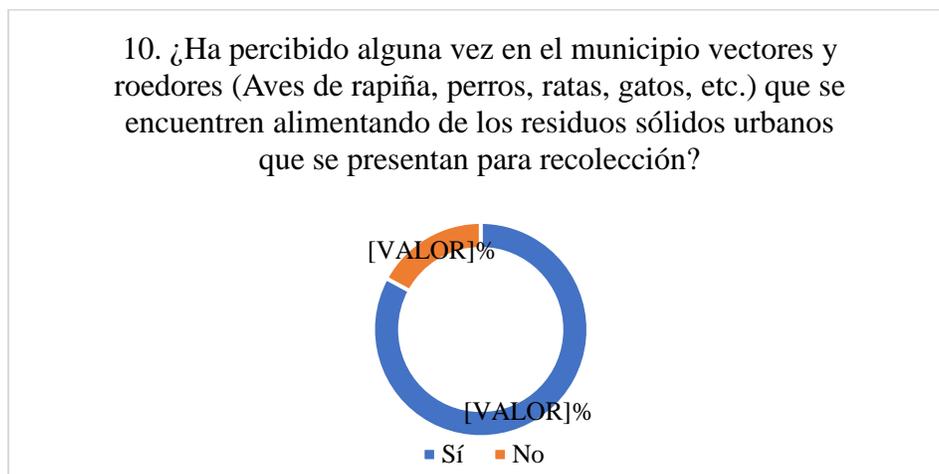
Figura 18. *Percepción TIC*



(Autor,2019)

68 personas han percibido vectores que podrían ocasionar problemas biológicos o de salud pública en el Municipio, mientras que 14 encuestados nunca han visto sucesos en que roedores, canes o aves de rapiña se alimentan de los residuos sólidos, de esta forma el 82,93% han percibido estos animales alimentándose de los residuos dispuestos para la recolección mientras que el 17,07% no ha percibido alguna vez lo anteriormente mencionado.

Figura 19. *Percepción de vectores*



(Autor,2019)

De las 82 personas encuestadas, 62 personas es decir el 75,61% marcaron que han percibido olores causados por lixiviados que se riegan en las calles y aceras de Anapoima, mientras que 20 personas correspondientes al 24,39% no han percibido tal descripción.

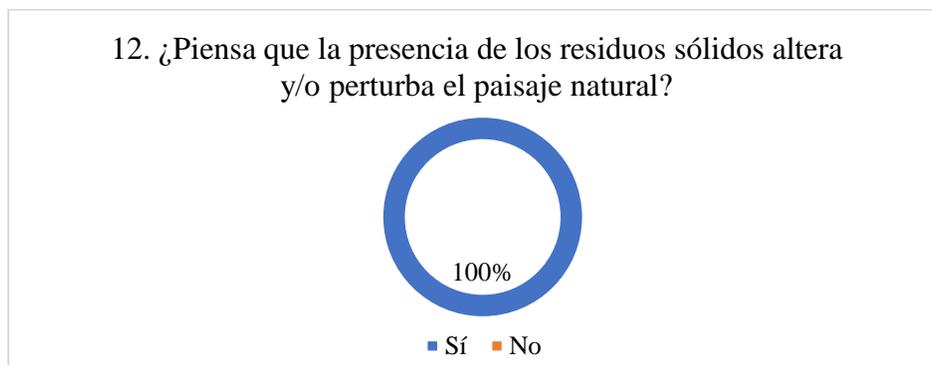
Figura 20. *Percepción de lixiviado*



(Autor,2019)

Todos los encuestados están de acuerdo en que la presencia de los residuos sólidos altera el paisaje natural del Municipio de Anapoima:

Figura 21. *Percepción de contaminación visual*



(Autor,2019)

De los 82 usuarios del Servicio Público de Aseo, 72 declararon que se han sentido estresados o irritados al ver los residuos sólidos domiciliarios o comerciales mal presentados o dispersos en vías, calles y andenes: “Todo el tiempo me siento estresada por la mala presentación de los residuos en el Municipio”. Otras 10 personas coincidieron en no haber sentido estos síntomas por las razones especificadas. De esta manera el 87,80% han presentado estrés o irritación por lo anteriormente mencionado mientras que el 12,20% no ha sentido los descrito.

Figura 22. *Percepción de presentación de los residuos*



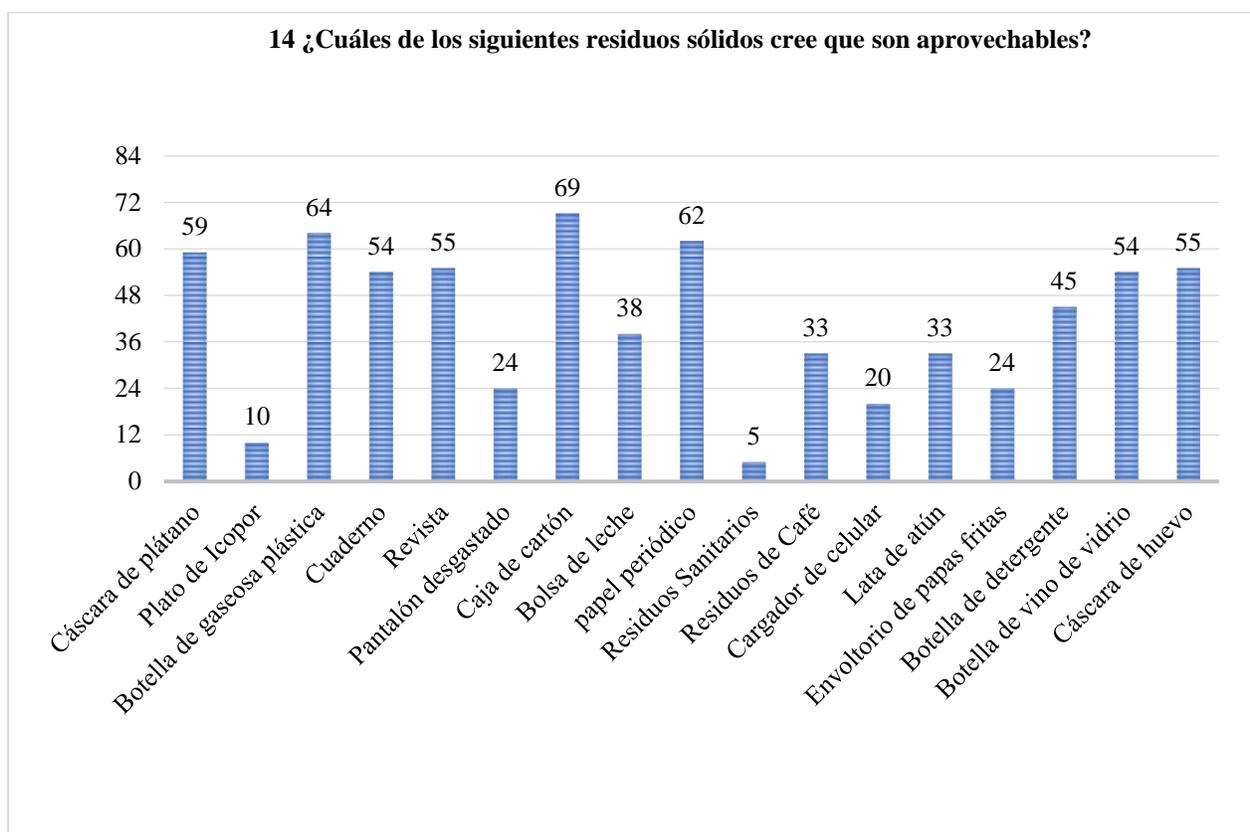
(Autor,2019)

El 71,95% de los usuarios encuestados especula que las cáscaras de plátano son un residuo aprovechable, el 78,04 % cree que las botellas de gaseosa plásticas tipo PET son de igual forma aprovechables, de la misma manera el 65,85% de las personas encuestadas consideran un cuaderno aprovechable, el 84,15% de los encuestados marcaron las caja de cartón cómo aprovechables y finalmente el 65,85 % que piensa que las botellas de vidrio son recuperables junto al 67,07 % de las personas que opinan que la cáscara de huevo se puede aprovechar. Los anteriores porcentajes

demuestran la capacidad de entendimiento de los usuarios por algunos materiales aprovechables y que pueden ser de más fácil separación en fuente a diferencia de otros como los residuos de aluminio domésticos y comerciales, de café, tecnológicos y de plásticos de alta densidad.

Por otro lado con respecto a los resultados de la percepción de aprovechamiento de los residuos sólidos, las personas piensan que los residuos compuestos principalmente por icopor, el material de las bolsas de leche, el material metalizado de las bolsas de papas fritas y los residuos sanitarios se pueden aprovechar de manera directa en el municipio generando un panorama de incertidumbre, ya que son residuos que por el momento no se pueden aprovechar en el municipio y las personas consideran que se pueden integrar a la actividad.

Figura 23. *Percepción de aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos*

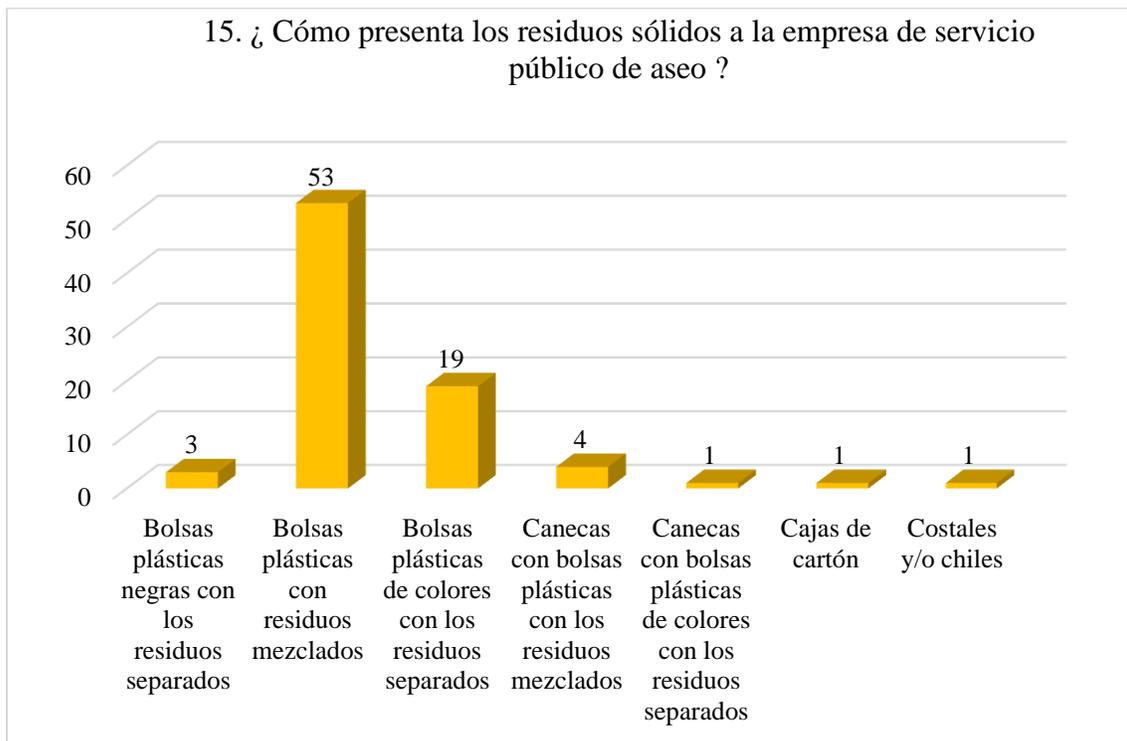


(Autor,2019)

La figura 24 permite visualizar los resultados generados en la percepción de la presentación de los residuos sólidos urbanos, donde el 3,68 % lo hace en bolsas plásticas negras con los residuos separados, el 64,63% en bolsas plásticas negras, blancas o reutilizadas con los residuos mezclados, el 23,17 % en bolsas plásticas de colores con los residuos separados, el 4,87 % de los encuestados en canecas con bolsas plásticas de polietileno de alto calibre generalmente proveniente del sector comercio. De igual manera el 1,22 % de los encuestados mencionó que presenta los residuos separados

en canecas de colores y con el mismo porcentaje también se encuentran la presentación en cajas de cartón y costales de fibra.

Figura 24. *Percepción de la presentación de los residuos sólidos*



(Autor,2019)

Con base en el 100% de las personas encuestadas el 58,54 % presenta los residuos en sitios del área pública como andenes y aceras de las calles, 12,20% lo hace en sitios municipales autorizados, el 28,04 % presenta en shut´s de residuos y por último el 1,22% no cuenta con el Servicio Público de Aseo.

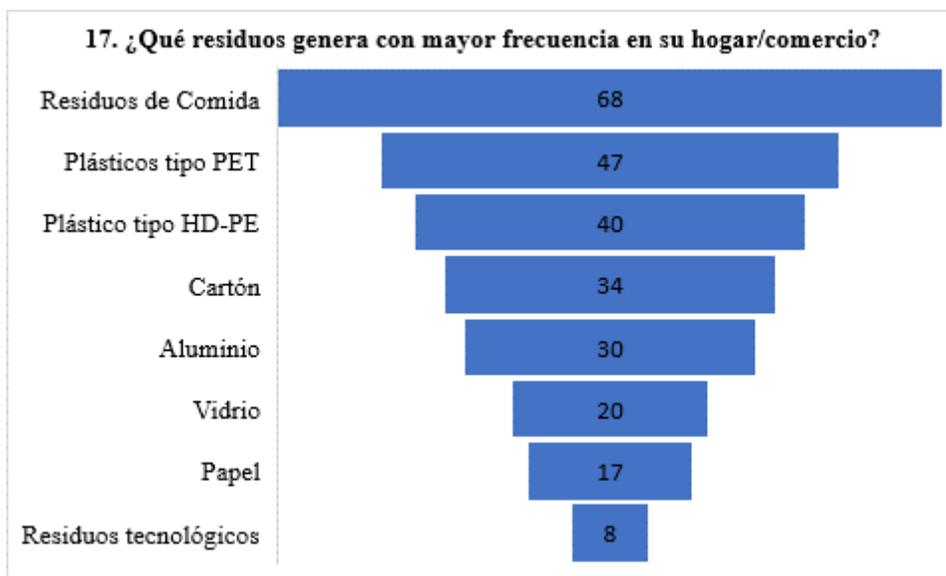
Figura 25. *Percepción del sitio de presentación*



(Autor,2019)

De acuerdo con las encuestas tabuladas, el 82,93 % de los usuarios del servicio de aseo generan en sus viviendas o comercios residuos de comida, el 57,32 % residuos plásticos tipo PET proveniente de envases líquidos, un 48,78% produce desechos plásticos tipo polietileno de alta densidad derivado de productos para el hogar, un 41,46% de los encuestados concuerda en generar residuos de cartón en sus domicilios o comercios, de igual manera el 36,59% registraron producir desechos de aluminio provenientes de productos enlatados, el 24,39% generan residuos de vidrio transparente, marrón o verde, el 20,73% de los usuarios coincidieron en producir residuos de papel y finalmente el 9,76% de los encuestados registraron una generación de residuos tecnológicos como computadores de escritorio, teclados, cargadores y equipos móviles.

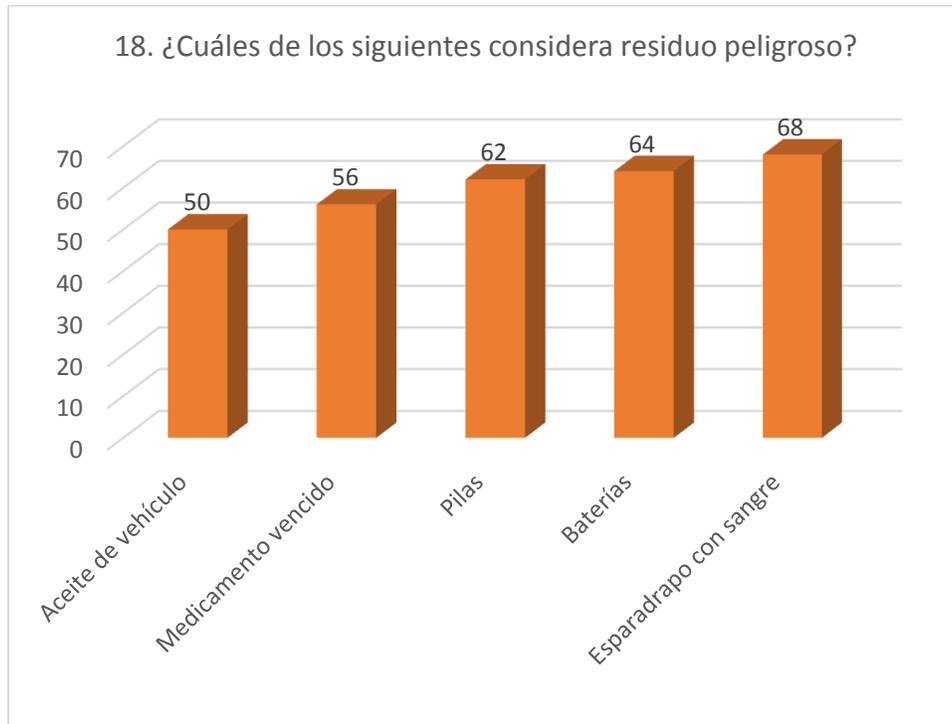
Figura 26. *Percepción de la generación por componente de residuo*



(Autor,2019)

La percepción que tienen los usuarios del Servicio Público de Aseo sobre los residuos peligrosos RESPEL que se encuentran presentes en las viviendas y comercios del Municipio de Anapoima es óptima, al considerar la población encuestada en un 60,98% que el residuos que producen los aceites de vehículo son considerados como peligrosos y que estos deben recibir un tratamiento diferente al que reciben los residuos sólidos urbanos, de igual forma sucede con los medicamentos vencidos cuando los resultados concuerdan en que el 68,29 % de los encuestados se encuentran conscientes de que son residuos peligrosos. Un 75,61% de las encuestas tabuladas coinciden en que los usuarios están de acuerdo en que las pilas son residuos peligrosos, un 78,05 % piensa lo mismo de las baterías y un 82,93 % sobre los residuos que contienen sangre humana.

Figura 27. *Percepción de la generación de residuos sólidos peligrosos en el hogar/comercio*



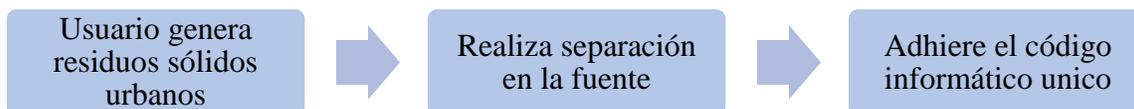
(Autor,2019)

15.3 Objetivo específico 3: “Proponer una medida TIC para la gestión integral de residuos sólidos en el municipio”

15.3.1 Propuesta del prototipo TIC para la gestión integral de residuos sólidos

15.3.1.1 Propuesta del sistema operativo para la presentación, recolección y tratamiento.

Figura 28. Propuesta de presentación de los residuos sólidos urbanos



(Autor, 2019)

El modelo TIC consiste en un sistema articulado entre varios actores (Empresa de Servicios Públicos, usuarios, App y Entidades Gubernamentales) e inicia en el momento en que el generador realiza la separación en la fuente independiente del tipo de presentación que utilice, adhiriendo un código informático de forma visible para el recuperador, quien se encarga de tomar la bolsa o la caneca e identificar por medio de un dispositivo móvil celular al generador y de esta manera, recibir beneficios de acuerdo a la contribución ambiental que haya realizado.

Figura 29. Lectura del recuperador y envío de la información

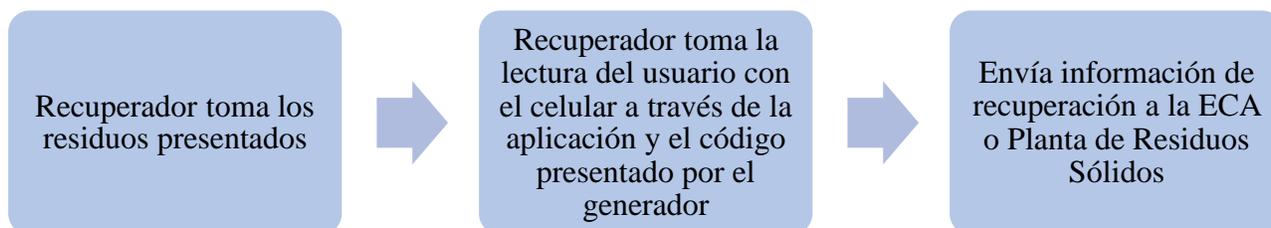


(Autor,2019)

En el momento en que el recuperador recolecta el material dispuesto y embolsado, toma la lectura del usuario quien está realizando la presentación del material a aprovechar a través del código, los residuos son pesados por medio de una balanza digital para obtener el valor de recuperación por usuario registrado en la plataforma virtual, aquellos residuos deben presentarse en tres tipos de clasificaciones: Residuos orgánicos (Residuos de comida, jardinería, poda, putrescibles), Residuos aprovechables (Papel, Cartón, PET, HD-PE, Latas de hojalata) y Residuos perennes (Vidrio y Metales ferrosos y no

ferrosos). Luego de obtenida la información del usuario generador y el peso de los residuos recuperados es enviada a la base de datos para que la Estación de Clasificación y Aprovechamiento o La Planta de Aprovechamiento de Residuos Sólidos configure el sistema a la espera de los residuos recolectados para ser tratados.

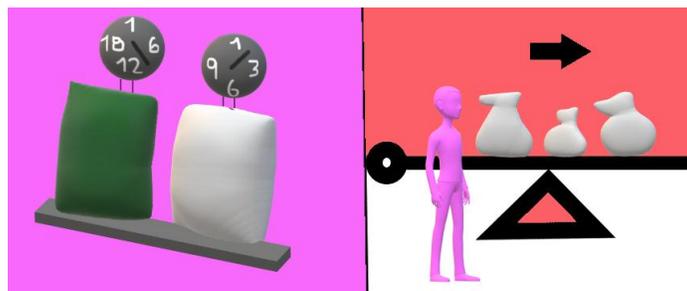
Figura 30. Propuesta de recuperación de los residuos sólidos urbanos



(Autor,2019)

El transporte de los residuos sólidos recuperados debe ser de almacenamiento compartido, esto con el fin de evitar contaminar los residuos aprovechables de lixiviados u otra sustancia proveniente de los residuos orgánicos, de la misma manera evitar el contacto de los residuos perennes. Simultáneo a la actividad recuperadora, la estación reconocerá el ruteo realizado y cronometrará los tiempos de llegada de cada recuperador. En el momento del arribo del recolector con los residuos aprovechables a la estación o planta se realiza un pesaje de los desechos y se compara con la información que envió el recuperador al momento de la recolección.

Figura 31. Pesaje de los residuos descargados por el vehículo recolector



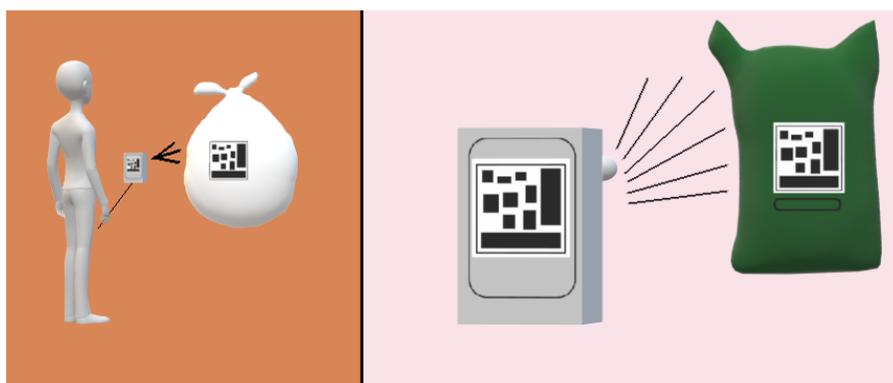
(Autor,2019)

Luego de confirmado el pesaje total recibido en estación o en planta, el coordinador de planta verifica información y comunica a los usuarios quienes realizaron la separación correctamente la contribución ambiental que realizó a través de indicadores ambientales y lo beneficios económicos otorgados, entre otra información. De igual manera la información es enviada a las instituciones de control o entes territoriales de la jurisdicción en donde se realiza la operación TIC. Después en planta los residuos son separados según su tipo y serán conducidos según su línea de aprovechamiento. En una estación sencilla con este sistema, deberá existir 3 líneas de identificación y aprovechamiento (Línea de orgánicos, Línea de aprovechables y Línea de perennes). Finalmente los residuos recuperados son

aprovechados por métodos como el compostaje para los desechos orgánicos y la transformación en volumen para los residuos aprovechables y perennes. Aquel material tratado y transformado es embalado y dispuesto al sistema productivo nuevamente.

Por otro lado el usuario podrá observar información relacionada con el servicio público de aseo en general, el recorrido diario y demás datos adicionales de la organización, también podrá visualizar opciones de envío de imágenes para dar a conocer casos de contaminación con residuos sólidos y podrá ganar puntos que se redimirán en beneficios económicos, alimentos y/o artículos u objetos de interés. La base de datos registra los datos de recolección, transporte, aprovechamiento y disposición final de los residuos aprovechados y por medio de la aplicación los suscriptores de la aplicación tendrán conocimiento de su recuperación, como también de los indicadores ambientales equivalentes, su contribución al ambiente y demás información. Se procesan y analizan los resultados y se genera un balance de lo obtenido.

Figura 32. Registro e ingreso a la aplicación por parte del usuario



(Autor,2019)

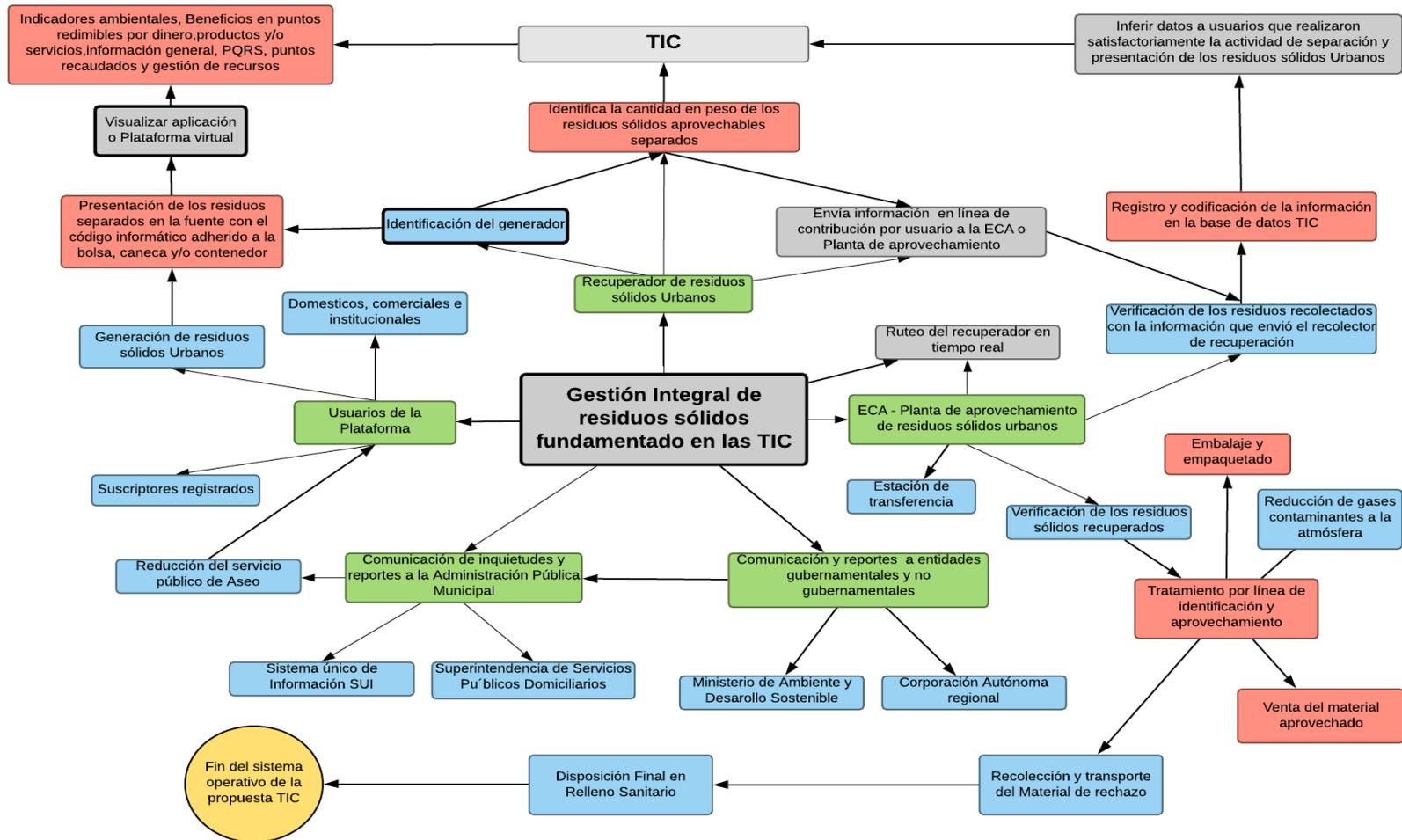
Por último cabe referenciar que en los lugares de presentación comunal como el shut de residuos será dividido en residuos no recuperables y residuos recuperables (Residuos orgánicos, aprovechables, y perennes), para estos últimos debe haber dos canecas o vagones para la disposición de residuos orgánicos marcados con el código y los residuos aprovechables y perennes marcados de la misma manera con el código.

Figura 33. Presentación en sitios comunales



(Autor,2019)

Figura 34. Esquema del sistema operativo TIC propuesto



(Autor,2019)

La figura 34, especifica por medio de un diagrama el sistema operativo propuesto de la TIC, donde los recuadros de color gris corresponden al desarrollo de la TIC, los recuadros rojos representan lineamientos de la tecnología en relación con los residuos sólidos, los recuadros verdes representan los actores fundamentales para que se despliegue el sistema y por último los recuadros de color azul indican los complementos de la gestión en general.

15.3.1.2 Prototipo TIC

A continuación en la figura 35 se presenta el diseño ingreso de la plataforma virtual que se ha venido desarrollando con estudiantes de ingeniería de sistemas de noveno semestre Claudia Sosa y Cristian Bolívar, esta plataforma virtual se ha estado creando desde principios del año 2019 y se encuentra en fase prospectiva con implementación para el próximo semestre.

Figura 35. Ingreso "Loguin" a la plataforma

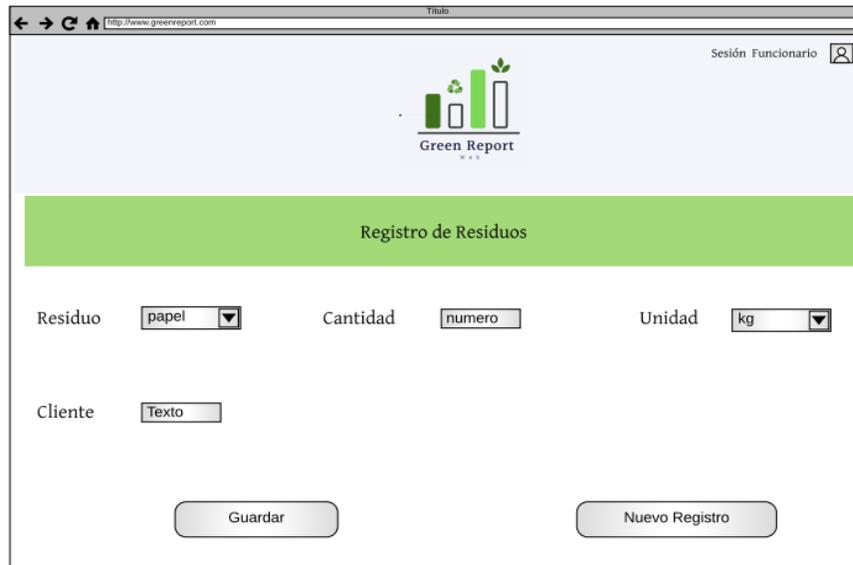


The image shows a web browser window displaying the login page for 'Green Report'. The browser's address bar shows 'http://www.greenreport.com'. The page features a logo with a bar chart and a recycling symbol, with the text 'Green Report' and 'W e b' below it. The login form includes three input fields: 'Correo' (Email) with a 'Texto' label, 'Contraseña' (Password) with a 'Texto' label, and 'Perfil' (Profile) with a 'Funcionario' label and a dropdown arrow. Below these fields is a button labeled 'Iniciar Sesión'.

Fuente: (Sosa Peña & Rodríguez Bolívar, 2019)

Luego de que el recuperador halla escaneado el código informático y diferenciado al usuario generador se mostrará la ventilla para el ingreso de las cantidades presentadas (figura 36), cantidades que serán generadas por las basculas digitales de cada recolector y enviadas a la ECA o Planta de aprovechamiento de residuos sólidos para el conocimiento de las cantidades recolectadas en línea.

Figura 36. Visualización del recuperador de la plataforma



Fuente: (Sosa Peña & Rodríguez Bolívar, 2019)

A continuación en la figura 37, se presenta la pantalla de indicadores ambientales y económicos basados en las cantidades presentadas por los usuarios identificados:

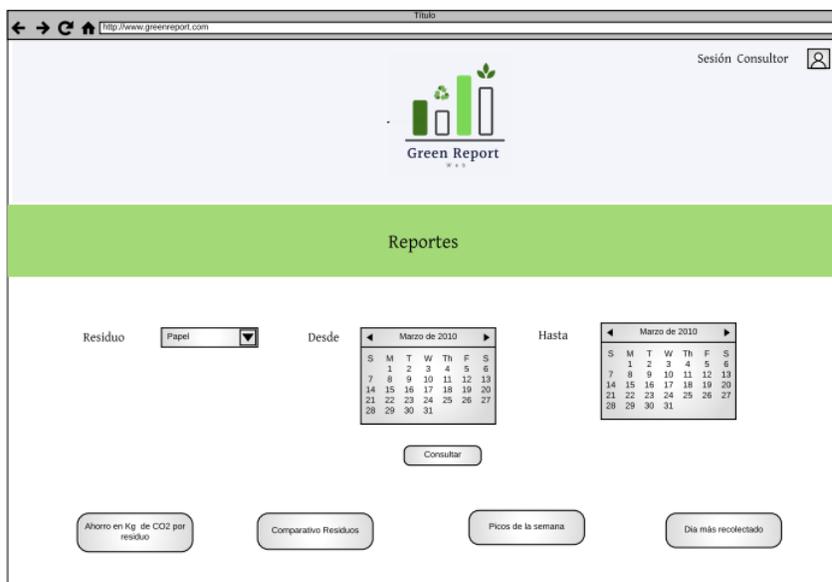
Figura 37. Visualización de indicadores por los usuarios



Fuente: (Sosa Peña & Rodríguez Bolívar, 2019)

De igual manera los usuarios tienen la posibilidad de verificar sus datos de presentación durante el tiempo que haya estado efectuando la actividad de separación y presentación a los recuperadores encargados de realizar la ruta selectiva como lo muestra la figura 38.

Figura 38. Visualización de las cantidades en peso presentadas por el usuario



Fuente: (Sosa Peña & Rodríguez Bolívar, 2019)

La plataforma virtual procesa la información que fue almacenada en la base de datos y esta se encarga de generar un resultado que en posterioridad será entregado como información de las cantidades aprovechadas y de los impactos ambientales y económicos que se minimizaron, este informe será entregado a la Administración Pública para que tenga entendimiento de los valores aprovechados y pueda esta de la misma manera informar del rendimiento que tiene el municipio al haber implementado la TIC al Sistema Único de Información (SIU) y a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD).

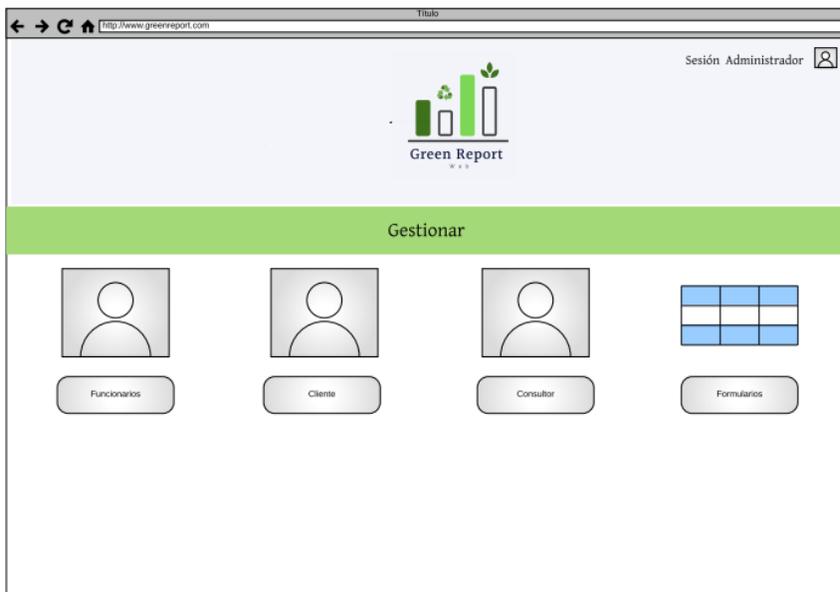
Figura 39. Resultados para el reporte dirigido a entes gubernamentales y/o públicos



Fuente: (Sosa Peña & Rodríguez Bolívar, 2019)

El administrador TIC tendrá acceso a la base de datos de todo el sistema propuesto, que incluye la información proporcionada por recolectores, planta y usuarios para evaluar el estado de la actividad de separación en la fuente y las contribuciones en kilogramos de gases de efecto invernadero dejadas de emitir a la atmósfera, entre otros indicadores incluyendo los económicos.

Figura 40. Visualización del administrador TIC



Fuente: (Sosa Peña & Rodríguez Bolívar, 2019)

15.3.2 Lineamientos para gestión integral de residuos sólidos fundamentado en TIC

El mundo contemporáneo busca tendencias tecnológicas que permitan mejorar el eficiencia y eficacia de los Servicios Públicos Domiciliarios, por tal razón se presentan a continuación los lineamientos para la gestión integral de los residuos sólidos fundamentados en las TIC, visto desde el estudio ejecutado al municipio de Anapoima, Cundinamarca:

Tabla 14. *Lineamientos fundamentados en las TIC*

Actividad de la GIRS	Lineamientos	Descripción de la actividad
Propuesta: Fundamentos TIC	Registro del generador de residuos sólidos a la plataforma virtual de la TIC propuesta	EL usuario genera el "Loguin" de la gestión integral de residuos sólidos urbanos a través de la aplicación y/o página virtual que ofrece la TIC, con el fin de identificarse e iniciar con el proceso que establece la plataforma. Al registrarse el generador se convertirá en un usuario de la propuesta y con ella el compromiso de contribuir con el ambiente de la población en general, Así mismo iniciará a conocer indicadores ambientales relacionados con la cantidad de residuos presentados y los beneficios ganados por realizar la actividad correctamente. Los usuarios también tendrán la opción de enviar imágenes y texto para informar de problemas de contaminación relacionados con los residuos sólidos. Los usuarios serán puntuados por estrellas según sea la interacción con la aplicación propuesta.
Generación de RSA	Separación en la fuente según el sistema operativo TIC	El primer paso es que el usuario se cerciore de ser identificado y para esto puede descargar su código único por medio de la plataforma virtual y adherirlo a bolsas reutilizadas o en las canecas de presentación que el usuario contenga, el suscriptor puede acercarse a la oficina de

Presentación en sitios estratégicos para la recolección con el código informático adherido en bolsa o caneca.

Servicios Públicos la cual le otorgará stickers adhesivos con el código impreso para que pueda adherirlos y de esta manera lograr la identificación. Se recomienda que los códigos impresos en hojas blancas estén adheridos con cinta gruesa transparente y que aquellos usuarios con difícil acceso al código la Empresa de Servicios Públicos los hará llegar por medio de la factura mensual de saneamiento básico.

Los usuarios presentan los residuos de 3 maneras diferentes según el compuesto de los residuos, pueden presentarse empacados en bolsas de polietileno, polipropileno o en canecas, de igual manera con el código adherido para su posterior lectura en cada una de ellas. La primera forma de presentación son los residuos orgánicos donde se resaltan residuos que se generan en la cocina como los residuos de comida y lo que se generan en poda y jardinería, la segunda manera de presentación son los residuos aprovechables (previamente lavados y secos) de los que sobresalen los desechos de polietileno tereftalato, polietileno de alta densidad, papel, cartón, vidrio y latas de hojalata ya que son los desechos con mayor demanda en el mercado de los residuos sólidos aprovechables en la actualidad, por última la tercera forma de presentación incluye los residuos perennes, además de que su descomposición se produce en milenios el peso específico es mayor en estos desechos y estos deben ir de forma aparte para este sistema (residuos de vidrio y metales ferrosos y no ferrosos) a pesar de que igualmente son aprovechables como la segunda forma de presentación. La TIC informará a los usuarios los días y horas de presentación de los residuos separados y se enviará

información de la recolección de los residuos no aprovechables, es decir del servicio de aseo habitual.

Recolección de los RSA

Presentación en puntos definidos

Un cuadrante está constituido para este caso de cuatro cuadras de la zona urbana, por lo que se propone un sitio de presentación de los residuos sólidos aprovechables en el centro de cada cuadrante para que los usuarios se desplacen máximo una cuadra para presentar de sus residuos sólidos urbanos aprovechables, de esta manera se agrupan aquellos desechos para una más fácil recolección de las rutas selectivas.

Seguimiento de rutas selectivas en tiempo real

Las rutas selectivas son los desplazamientos del vehículo recolector por vías y calles para recuperar los residuos sólidos separados por los usuarios TIC, mientras el vehículo recolector y/o el recuperador realiza el turno rotatorio simultáneamente se envía información en línea de ubicación y desplazamiento durante el recorrido a la ECA o Planta y a los suscriptores, esto para el conocimiento del sistema operativo y para los usuarios con el fin de conocer su cercanía con un elemento físico de la TIC, que sería la persona recuperadora.

Transporte de los RSA	Vehículo con almacenamiento de residuos dividido	Para evitar que los residuos aprovechables y perennes se contaminen de lixiviado proveniente de los residuos orgánicos o de alguna otra sustancia el camión debe contener un almacenamiento dividido en sus vehículos de transporte de residuos sólidos, de la misma forma el vehículo debe tener compartimiento para almacenar el lixiviado que se filtra en la base del contenedor.
	Compartimiento de lixiviados	Este compartimiento debe tener un volumen mínimo de 1 metro cúbico para almacenar momentáneamente los lixiviados que se generan durante el transporte de los desechos aprovechables hacia la ECA o Planta de aprovechamiento de residuos sólidos urbanos.
Tratamiento de los RSA	Pesaje del material recuperado y comprobación con la información recibida por la TIC durante la recolección	En el instante en que el vehículo recolector arriba a la ECA o Planta de aprovechamiento dispone a descargar los residuos aprovechables que recolectó y posteriormente son pesados los desechos y comprobar sí el peso corresponde con la información enviada por la TIC durante la actividad de recolección de los residuos sólidos que los usuarios presentaron con el código para su identificación.
	Herramientas, maquinaria y equipos necesarios para el aprovechamiento	La ECA o Planta de aprovechamiento de residuos sólidos como mínimo para el sistema propuesto debe contener una trituradora de residuos orgánicos incluyendo los residuos de

poda y jardinería, esto con el fin de disminuir el tamaño de la partícula para la posterior transformación en el proceso de compostaje, de igual forma debe contener una revolcadera para el constante movimiento de los desechos y los equipos necesarios para la labor como palas, espacio físico, elementos de protección, entre otros. El tratamiento de los residuos aprovechables es llevado a cabo por medio de una trituradora de residuos plásticos esto con el fin de convertirlos en lo que se conoce como escama plástica, mientras que los residuos de papel, cartón y aluminio es tratado por una compactadora que comprime el material en unidades de 500 kilogramos por metro cúbico de desechos aprovechados.

Transformación de los RSA

Reciclaje de los residuos aprovechables y perennes

El reciclaje es el proceso mediante el cual se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos. Para llevarse a cabo la actividad de reciclaje, es necesario tener en cuenta ciertas condiciones como la limpieza de los materiales, al mismo tiempo que los proveedores garanticen un mínimo del producto y este sea entregado a plazos fijos. De no realizarse de este modo, el costo de realizar el proceso de reciclaje aumentaría considerablemente. Existen diversas formas de valorizar las basuras, ya sea reciclando los materiales que la componen o recuperando parte de su energía, pero en todas las formas, siempre es necesario recoger de manera separada los materiales que se encuentran presentes en estas (Colomer & Gallardo, 2013)

Compostaje de los residuos orgánicos compuestos principalmente por residuos de comida, de poda y jardinería

El proceso de compostaje está dado por la degradación aeróbica de materia orgánica debido a la acción de microorganismos en condiciones controladas de aireación, humedad y temperatura, los cuales transforman los residuos degradables en productos estables e higienizados, que sirven a su vez, para ser aplicados como abono o sustrato para las plantas o cultivos. Cuando se agrupan los residuos en montones para la realización del compost, los diferentes grupos de microorganismos trabajan rompiendo las moléculas hasta llegar a la degradación de estos. Mediante el compostaje se obtiene un producto de color oscuro, de consistencia liviana y olor terroso, el cual después de dichos procesos no guarda ninguna similitud con los materiales que lo originaron (Aristizabal, 2013). A partir del procedimiento mencionado anteriormente se propone que la ECA o Planta maneje los residuos orgánicos, de poda o jardinería para que sean transformados a partir de este proceso que disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero a diferencia de la disposición en relleno sanitarios, genera ofertas laborales y contribuye a mejorar la calidad de vida de los pobladores de quienes realizan la operación TIC.

Reducción de viajes y disposición final

Dado que la disposición final de los residuos sólidos del municipio se realiza a 72 km y que contrastado con el diagnóstico realizado resulta ser muy costoso para el municipio, se propone para esta problemática la implementación de La TIC con al ECA O Estación de

		<p>Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Urbanos junto con una estacione de almacenamiento de rechazos y no aprovechables con descarga directa, con las cuales se pueda disminuir el recorrido de los camiones recolectores, dando de este modo, una alternativa económicamente más viable que la actual.</p>
<p>Aprovechamiento de los RSA</p>	<p>Embalaje y venta</p>	<p>El material que fue tratado y transformado es embalado según su componente. El compostaje es empacado en lonas de fibra de 50Kg para la venta, mientras que los materiales de plástico, papel y cartón son compactados en volúmenes de 1 metro cúbico, el vidrio y los metales se venden cómo llegan a la ECA o Planta de aprovechamiento.</p>
	<p>Bases TIC para los usuarios del Servicio Público de Aseo</p>	<p>La herramienta se podrá utilizar desde un dispositivo móvil con acceso a datos el cual podrá descargar y abrir la aplicación desde la plataforma virtual establecida. 1 kilogramo de residuos orgánicos (Residuos de comida, poda, jardinería, etc.) reducen 0,5 kilogramos de CO₂, 1 kilogramo de plástico recuperado deja de emitir un equivale a 1,5 kilogramos de CO₂, 1 kilogramo de papel aprovechado son 900 gramos de CO₂ dejado de emitir a la atmósfera, 1 kilogramo de cartón son 1,5 kilogramos de CO₂ recuperados, 1 kilogramo de vidrio equivale a 300 gramos de CO₂ dejado de emitir y 1 kilogramo de aluminio son 9 kilogramos de CO₂ y CH₄ contenido, según la OMS (2008) en comparación con lo que se produce sí los residuos fueran dispuestos en un relleno sanitario.</p>

Por cada kilogramo de residuos orgánicos que un usuarios genere se le otorgaran 200 puntos equivalentes a 200 pesos Colombianos provenientes como convenio entre la TIC y la Administración Pública del Municipio y/o Ciudad a la cual se aplica el método, por cada kilogramo que un usuario presente con su código y este sea leído obtendrá 300 puntos equivalentes a 300 pesos colombianos y los usuarios que acumulen 10 kilogramos de residuos perennes (Vidrio y metales ferrosos y no ferrosos) obtendrán 300 puntos equivalentes a 300 pesos colombianos. Estos puntos también podrán ser redimidos por productos o servicios en los establecimientos que estén en convenio con la TIC.

Almacenamiento de rechazos y no aprovechables

Los rechazos que genere la Planta de aprovechamiento o la ECA junto con los residuos no aprovechables inicialmente recolectados por el Servicio Público habitual, son trasportados en un camión de residuos sólidos con su máxima capacidad hasta el Relleno Sanitario donde se realiza la disposición final, esto garantizará una disminución de viajes repercutiendo en un ahorro económico considerable.

(Autor,2019)

15.3.3 Plan de implementación de la propuesta

15.3.3.1 Introducción del plan de implementación para la propuesta TIC

El logro de la implementación de la gestión integral de los residuos sólidos fundamentada en las TIC en el Municipio de Anapoima debe estar estructurado bajo las propuestas del Plan de Desarrollo Municipal del alcalde electo articulado con fondos provenientes del Fondo de Desarrollo de proyectos del Departamento de Cundinamarca “FONDECUN” al estar en concordancia con la resolución 0006 de enero 2 de 2015 y suscrito en el Plan de Gestión Integral de Residuos sólidos del Municipio de Anapoima (PGIRS) el cual fue adoptado mediante Decreto Municipal No 061, de septiembre 30 de 2005, en el marco de la Ley 142 de 1994, decreto No 2981, del 20 de diciembre de 2013. Dentro del PGIRS se debe estipular como alternativa la recuperación de residuos como una opción viable con la creación de una ECA o Planta de aprovechamiento que minimice el material designado hacia el relleno sanitario y disminuya los costos operativos financiados por el Municipio.

Siendo coherente con las especificaciones técnico-administrativas que brinda la ley como modelo de planeación de la GIRS, el presente documento contiene lineamientos de gestión en cada una de las fases o actividades de que conforma el sistema: generación, aprovechamiento, recolección, transporte, tratamiento, transformación y disposición final, además de otras que dispone la ley. Por lo cual se crean tendencias base para la implementación de la TIC en el Servicio Público de Aseo del Municipio de Anapoima.

De la misma manera la implementación de la TIC debe estar de la mano con jornadas de educación ambiental, manipulación de la TIC, descarga de la TIC, capacitaciones en gestión integral de los residuos sólidos, instrucción en la separación en la fuente y la presentación de los residuos con el código informático adherido. La Administración Pública debe definir los incentivos hacia los usuarios que realizan la actividad apropiadamente y mantendrá una red de información para la comunicación conexas.

15.3.3.2 Programa de implementación

El plan de trabajo que se plantea a continuación pretenden ser lineamientos para seguir por el municipio para la elaboración e implementación de la GIRSU fundamentada en las TIC. El programa se plantea a 10 años y se consideran cinco etapas: 1. Preparatorias del proyecto, 2. Puesta en marcha de programas y obras, 3. Construcción de obras, 4. Operación y servicios, y finalmente el punto 5. Revisión y control.

Tabla 15. Preparatoria para implementar la propuesta

Actividad	Responsable	Duración											
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
PREPARATORIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LINEAMIENTOS PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS FUNDAMENTADO EN LAS TIC.													
Anexo de la propuesta al Plan de Desarrollo Municipal	Alcalde del Municipio y su equipo de trabajo												
Finalización del prototipo TIC	Estudiante de Ingeniería de Sistemas de 10 semestre de la Universidad El Bosque												
Evaluación de la TIC en el Municipio	Implementación de la TIC en una muestra poblacional de Anapoima para evaluar eficiencia y eficacia												
Presentación de la Propuesta a FINDETER y FONDECUN para el financiamiento de proyectos	Administración Pública del Municipio de Anapoima												
Estudios conexos para la implementación TIC	Administración Pública del Municipio de Anapoima												
Elaboración de instrumentos Legales	Administración Pública del Municipio de Anapoima												
Articulación con autores de la propuesta	Organización integradora y creadora del Software en en Municipio												
Consolidación estructural de la implementación	Todos los actores involucrados en la TIC												
Diseño e implementación de programas de capacitación para la descarga y uso de la TIC	Administración Pública del Municipio de Anapoima												
Jornadas de educación ambiental relacionadas con la GIRS para los habitantes del Municipio	Administración Pública del Municipio de Anapoima												
Almacenamiento de información en la base de datos TIC de los usuarios	Organización integradora y creadora del Software en Municipio												
Implementación de programas ambientales y sociales en el marco de la TIC	Organización integradora y creadora del Software en Municipio												
Adecuación de herramientas y equipos de la TIC	Organización integradora y creadora del Software en Municipio												
Integración poblacional a la TIC	Organización integradora y creadora del Software en Municipio												
Balance y conclusiones de la propuesta	Todos los actores involucrados en la TIC												
Adecuaciones y mejora continua	Organización integradora y creadora del Software en Municipio												

(Autor, 2019)

Tabla 16. Marcha de obras para la implementación de propuesta

Actividad	Responsable	Duración										
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
MARCHA DE OBRAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LINEAMIENTOS PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS FUNDAMENTADO EN LAS TIC.												
Adecuación de POT para el diseño y construcción de ECA o Planta de aprovechamiento de residuos.	Administración Pública del Municipio de Anapoima											
Integración con recuperadores independientes	Administración Pública del Municipio de Anapoima											
Apertura de oficina de la TIC con base datos	Organización integradora y creadora del Software en Anapoima											
diseño de rutas selectivas para la recolección d elos residuos sólidos separados	Administración pública y organización software											
Adecuación de herramientas y equipos para el sistema propuesto	Administración Pública del Municipio de Anapoima											
Adjudicación de licencias ambientales para la construcción de la obra	Administración Pública del Municipio de Anapoima											
Licitación de obras	Administración Pública del Municipio de Anapoima											
Adjudicación de las coneciones	Administración Pública del Municipio de Anapoima											

(Autor, 2019)

Tabla 17. Construcción de Planta de aprovechamiento de residuos sólidos

Actividad	Responsable	Duración											
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE PLANTA CON MÁQUINAS Y EQUIPOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LINEAMIENTOS PROPUESTOS													
Nivelación y acondicionamiento del terreno	Administración Pública del Municipio de Anapoima												
Construcción de pisos y paredes rígidos	Administración Pública del Municipio de Anapoima												
Construcción de caminos internos	Administración Pública del Municipio de Anapoima												
Adecuación de cobertura vegetal	Administración Pública del Municipio de Anapoima												
Construcción de la ECA o la Planta de Aprovechamiento de Residuos Sólidos Urbanos Separados.	Administración Pública del Municipio de Anapoima												
Construcción de una estación de almacenamiento temporal del material aprovechado	Administración Pública del Municipio de Anapoima												
Construcción de una estación de almacenamiento temporal de rechazos y no aprovechables urbanos	Administración Pública del Municipio de Anapoima												
Construcción de sistema de tratamiento de lixiviados	Administración Pública del Municipio de Anapoima												
Construcción del área de descarga	Administración Pública del Municipio de Anapoima												
Construcción de las líneas de aprovechamiento con maquinaria y equipos	Administración Pública del Municipio de Anapoima												
Integración de sistemas tecnológicos y base de datos	Administración Pública del Municipio de Anapoima												
Construcción de sistemas de control de emisiones	Administración Pública del Municipio de Anapoima												
Construcción de sistema de reducción para las emisiones de olores	Administración Pública del Municipio de Anapoima												
Construcción de sistema contra incendios	Administración Pública del Municipio de Anapoima												
Ubicación de trituradoras, compactadoras, materiales, herramientas y equipos	Administración Pública del Municipio de Anapoima												
Terminación de obras	Administración Pública del Municipio de Anapoima												

(Autor,2019)

Tabla 18. *Operación y servicios de la propuesta*

Actividad	Responsable	Duración											
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
OPERACIÓN Y SERVICIOS GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS FUNDAMENTADO EN LAS TIC.													
Cobertura total TIC en la GIRSU	Organización integradora y creadora del Software en en Municipio												
Funcionamiento de ECA o Planta de aprovechamiento de RSU	Administración Pública del Municipio de Anapoima												
Usuarios con conectividad a la plataforma TIC	Administración Pública del Municipio de Anapoima												
Entidades Gubernamentales informadas de la GIRS con la TIC	Organización integradora y creadora del Software en en Municipio												
Administración pública informada y comunicada de cantidad aprovechada	Organización integradora y creadora del Software en en Municipio												
Administración pública informada y comunicada de cantidad de GEI dejada de emitir	Organización integradora y creadora del Software en en Municipio												
Cambio de puntos por productos y/o servicios	Organización integradora y creadora del Software en en Municipio												
Desarrollo y cumplimiento de la operación y el servicio de la GIRS fundmanetado en las TIC	Administración Pública del Municipio de Anapoima y Organización integradora y creadora del Software												

(Autor, 2019)

Tabla 19. Revisión y control del sistema propuesto

Actividad	Responsable	Duración											
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
REVISIÓN Y CONTROL DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS FUNDAMENTADO EN LAS TIC.													
Revisión de indicadores técnicos, ambientales y sociales	Administración Pública del Municipio de Anapoima												
Revisión de indicadores administrativos y economicos	Administración Pública del Municipio de Anapoima												
Revisión de funcionamiento TIC	Organización Software Municipal												
Revisión de articulación de actores	Organización Software Municipal												

(Autor,2019)

16. Análisis y discusión de resultados

16.1 Análisis y discusión de resultados del objetivo específico. 1

La Empresa de Servicio Públicos del Municipio de Anapoima maneja un sistema operativo en función de una distribución cuasi-normal en la generación de los residuos sólidos, el faltante para que se constituya la generación como una distribución normal se debe a la variabilidad en la producción diaria provocando que el vehículo recolector no transporte la capacidad total de almacenamiento de RSU hacia el relleno sanitario durante los días de la semana del servicio, de igual forma esta distancia de trayectoria es importante al encontrarse la disposición final a 72 Km del lugar de partida aumentando los impactos ambientales y económicos de manera negativa. La generación de residuos sólidos urbanos del Municipio es una constante que aumenta anualmente lo que indica la expansión del municipio propuesta en su PBOT y a la población flotante que se encuentra en simultaneidad en el área de cobertura, lo anterior conduce hacia una Producción Per Cápita alta y por consiguiente se presenta una inadecuada gestión integral de los residuos sólidos.

El 99% de los residuos generados en el Municipio se dispone en el Relleno Sanitario Praderas Del Magdalena, conteniendo residuos de comida, de poda y jardinería, papel, cartón, residuos plásticos como el PET y el HD-PE, y finalmente metales ferrosos y no ferrosos; estos residuos son recuperables en un principio y que según las características y los fenómenos que muestra el caso de estudio es factible el inicio del proceso de aprovechamiento, dado que el 68,64% de los desechos producidos son aprovechables en métodos como el compostaje y el reciclaje, mientras que el 31,36% de los desechos no lo son, minimizando de esta forma los viajes a disposición final y contribuyendo a la sostenibilidad y sustentabilidad ambiental al disminuir gases de CO₂ y CH₄ que se emiten en los rellenos sanitarios y económica al reducir el número de viajes y disposiciones interviniendo directamente en el costo del Servicio Público de Aseo de Anapoima, Cundinamarca.

16.2 Análisis y discusión de resultados del objetivo específico. 2

El Municipio de Anapoima según el muestreo de separación realizado en la visita de campo generó como resultado que un 95,03 % de las personas no realizan la separación en la fuente, no obstante en las encuestas de percepción los encuestados reconocieron realizar la actividad en un porcentaje del 51,22 % lo que indica que aproximadamente el 50% de la población o más no realiza la separación en la fuente desde sus hogares o comercios de los residuos sólidos que producen, aunque el 79,27% de los encuestados como muestra poblacional indicaron que reconocen saber que es la separación en la fuente, mientras que el 73,17% registró diferenciar entre un residuo aprovechable y no aprovechable, por tal motivo la actividad aún no se cumple a cabalidad. Alrededor de la quinta parte de los encuestados no reconoce la actividad de separación en la fuente ni tampoco sabe cómo realizarla, de igual forma sucede con los residuos sólidos aprovechable y no aprovechables.

De las personas encuestadas, más de la mitad, es decir el 58,54% de la población muestra desconoce el sitio de disposición final de los residuos sólidos municipales contribuyendo a la desinformación de la gestión de los desechos, por otro lado un significativo 85,37 % de los encuestados registró separar en fuente con mayor agrado sí se le retribuye con beneficios económicos, de esta manera se relacionan los incentivos en la separación en fuente “DINC” expuestos en el decreto 596 de 2016. De igual forma un 97,56% de los encuestados está de acuerdo con que la separación en la fuente debería ser requisito fundamental para la recolección de los residuos sólidos, esto luego de ser explicado el concepto y su relación con el servicio de aseo.

Posteriormente se conoció que el 91,46 % de las personas encuestadas cuenta con un dispositivo móvil con sistema operativo Android o IOS, el cual da entender al investigador que la mayoría de las personas puede acceder a aplicaciones, programas y plataformas en manera fácil y sencilla. En relación con lo descrito anteriormente el 90,24 % de las personas considera usar una aplicación, programa y/o plataforma móvil virtual que le indique como realizar correctamente la separación en la fuente lo que es una luz en el uso de herramientas convencionales que se encuentran a la mano, integrando un apoyo al internet de las cosas e innovando el sistema de gestión integral de los residuos sólidos. De igual manera el 91,46 % de las personas encuestadas indicó que mejoraría su compromiso con el ambiente por medio de una plataforma que le informe cómo contribuyó y los beneficios ganados por realizar correctamente la separación en la fuente.

En cuanto a la percepción del Servicio Público de Aseo un 82,93% de los encuestados admitió haber percibido alguna vez en el Municipio vectores como aves de rapiña, roedores y canes alimentándose y dispersando los residuos sólidos por las calles y aceras de Anapoima creando impactos negativos a la atmosfera, el suelo y el paisaje. Igualmente un 75,61% ha percibido olores pútridos producto de lixiviados derramados en el suelo luego de la recolección de residuos sólidos ocasionado problemáticas de salud pública. Lo mismo sucede con el síntoma de estrés o irritación en el 87,80% de los encuestados que ve los residuos mal presentados o dispersos y vías y calles públicas.

En general las personas muestra diferencian entre los residuos sólidos urbanos aprovechables y no aprovechables de tipo doméstico o comercial que se genera en el municipio de Anapoima al considerar en su mayoría que los residuos de comida, de poda, plásticos, vidrio, cartón, papel y metales ferrosos y no ferrosos son de interés recuperable y que los residuos como medicamentos vencidos, pilas y baterías son considerados como RESPEL y que estos se deben someter a una presentación y tratamiento diferente al de los residuos sólidos convencionales.

16.3 Análisis y discusión de resultados del objetivo específico. 3

En un globo en conectividad y en constante generación de residuos sólidos, la propuesta parece ser una herramienta innovadora e ingenieril al aprovechar los residuos sólidos y generar datos de manera telemática hacia los usuarios que los generaron, con el fin de crear conciencia ambiental a través de indicadores y generar incentivos que promuevan la actividad. Al realizarse de esta manera se estarán dejando de emitir gases de efecto invernadero constituidos principalmente de gas metano, bióxido de carbono, monóxido de carbono y óxidos nitrosos que contribuyen al actual calentamiento global en el marco del Cambio Climático.

El sistema operativo se propone mediante pasos consecutivos para que logre la categorización de lineamientos dentro de las actividades de la gestión integral de los residuos sólidos urbanos, por este motivo la implementación de tecnologías que permitan la articulación de generadores de residuos consiente en conectar a quienes se responsabilizan de sus desechos, creando grupos en pro del fortalecimiento ambiental.

El primer paso es el registro del usuario a la plataforma, seguido el usuario obtiene el código informático y lo adhiere al empaque que contiene los residuos separados, luego se realiza la identificación del usuario generador por parte del recolector, quien envía las cantidades en línea a través de la plataforma virtual a la ECA o Planta de aprovechamiento, a continuación el recolector transporta el material recuperado a la ECA o Planta de aprovechamiento donde se realiza la comprobación de las cantidades arribadas y los usuarios identificados.

A partir de la verificación de la cantidad de residuos recibidos en planta con los datos enviados por el recuperador durante la recolección, la información es difundida a los usuarios a través de la plataforma que convertirá las cantidades recuperadas de desechos separados en indicadores ambientales creando conciencia ambiental, el recibimiento de puntos por la gestión realizada a los usuarios y los beneficios indicados en el incentivo DINC propuesto en el decreto 596 de 2016. Los usuarios podrán redimir los puntos obtenidos por productos, servicios y efectivo en lugares que tengan convenio con la plataforma virtual. Esta plataforma virtual difundirá información al usuario registrado y comunicará a entes públicos y gubernamentales las cantidades aprovechadas de los residuos sólidos, así como las principales problemáticas ambientales que se presentan a raíz de la mala disposición de estos en los municipios o ciudades donde se efectúe el sistema propuesto, por lo que la convierte en un proceso fundamentado en las Tecnologías de la información y comunicación TIC.

Simultáneamente a la verificación de la cantidad de residuos recibidos en planta con los datos enviados por el recuperador durante la recolección, se dispone a realizar el tratamiento y transformación de los residuos orgánicos por medio del método de compostaje, este proceso se ejecuta en la Línea 1. Se propone una separación por componente de los residuos aprovechables categorizándolos en Papel, Cartón, PET, HD-PE y Aluminio de hojalata en la Línea 2 de aprovechamiento, el plástico es triturado en tamaño escama para reducir su volumen y el Papel, Cartón y Latas son comprimidas en cubos de metro cúbico para su posterior venta. El último procedimiento se desarrolla en la Línea 3 con el proceso de aprovechamiento de los residuos compuestos de metales féreos y no féreos y los residuos de vidrio. Los metales son vendidos como chatarra o materia prima mientras que el vidrio es vendido junto con los materiales de la Línea 2 de aprovechables. La ECA o Planta se encontrará junto a una estación de transferencia municipal con el fin de almacenar el porcentaje de recolección habitual diaria y los rechazos generados por la misma, mientras se acumula la cantidad máxima del vehículo recolector y disponer los residuos no aprovechables totales en el Relleno Sanitario.

Para que la TIC logre una expansión municipal es necesario pensar que a medida en que se organizan los pasos según lo descrito en el plan de implementación de la propuesta se aumente la cobertura de los suscriptores generadores de residuos sólidos urbanos en el Municipio de Anapoima.

17. Conclusiones

17.1 Conclusiones de objetivo específico. 1

El Servicio Público de Aseo del Municipio de Anapoima maneja una inadecuada Gestión Integral de los Residuos sólidos Urbanos reflejándose en los impactos ambientales y económicos negativos que genera, de esta forma se pierde la posibilidad de recuperar los residuos sólidos urbanos impactando en el mejoramiento de la calidad de vida del municipio al reducir la huella de carbono y metano y generando ofertas laborales en el marco de las sistematización en una Estación de Clasificación y Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Urbanos o una Planta de Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Urbanos.

Es evidente que el Municipio maneja unas cifras elevadas en cuanto a su producción de los residuos sólidos urbanos gracias al moderado nivel socioeconómico y que debido al aumento demográfico anual y a la población flotante que arriba al municipio estas cifras de producción aumentarían significativamente y de seguir con la tendencia Anapoima tendría un PPC de residuos de 1,50 Kg/habitante-día contribuyendo al presente Cambio Climático global.

Falta el desarrollo e implementación de planes, programas y proyectos enfocados al aprovechamiento de los RSU desde la Empresa de Servicios Públicos de Aseo hacia sus suscriptores domésticos y comerciales inicialmente hasta lograr las actividades complementarias de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en todos beneficiarios del servicio de aseo.

17.2 Conclusiones de objetivo específico. 2

Los usuarios del servicio de aseo no realizan la separación en la fuente de los residuos sólidos urbanos en Anapoima aun sabiendo la mayoría cómo realizar correctamente la actividad y cuáles son los residuos aprovechables para recuperar y clasificar. Por este motivo se deben incentivar a las personas a promover la actividad dando información acerca de las contribuciones que cada uno realiza al ambiente a través de indicadores, los beneficios económicos obtenidos por ejecutar progresiva y óptimamente la actividad y otorgar una línea de comunicación directa entre el generador de residuos sólidos urbanos y las entidades gubernamentales como la Administración Pública, La Corporación Autónoma Regional CAR Cundinamarca, SUI, SSPD, Ministerio de Ambiente y Ministerio de las TIC.

El Servicio Público de Aseo es costoso debido a las características de la gestión integral de los residuos sólidos que opera el municipio y los usuarios contribuyen sin conocer los impactos que genera transportar y disponer residuos sólidos mezclados a rellenos sanitarios. Es por lo que difundir información y comunicación entre los usuarios y las empresas prestadoras de los servicios públicos es importante para el fortalecimiento de las alternativas de recuperación y aprovechamiento.

17.3 Conclusiones de objetivo específico. 3

Luego de presentar las actividades de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos con lineamientos fundamentados en una tecnología que permita informar y comunicar datos e información sobre la actividad en relación, se concluye que en el caso de implementarse la TIC se reduciría considerablemente la cantidad en Kg/día de residuos sólidos urbanos dispuestos en relleno sanitario, incentivando de esta manera a la responsabilidad ambiental ciudadana representadas en contribuciones para la minimizar los impactos que produce el actual Cambio Climático.

La implementación de la propuesta aumenta el nivel cultural y la educación ciudadana ambiental disminuyendo impactos económicos negativos al reducir la tarifa del Servicio Público de Aseo a los usuarios debido a la reducción del 50% del transporte y disposición final de residuos sólidos al Relleno Sanitario Parque Ecológico Praderas del Magdalena ya que estas dos actividades de la gestión se realizaban a diario y con la implementación se realizarán cada dos días con el vehículo recolector copado, de igual forma se activarían ofertas laborales influyentes mejorando el nivel socio económico de familias en la región y por ende en la contribución del desarrollo sustentable en el municipio de Anapoima.

Finalmente a medida en que la actividad se desarrolle satisfactoriamente se va mejorando la calidad de vida y el bienestar de los habitantes del Municipio de Anapoima, Cundinamarca al experimentar un hábitat urbano sin residuos sólidos interviniendo en el panorama.

18. Recomendaciones

18.1 Recomendaciones del objetivo específico. 1

Es imperante iniciar con planes, programas y proyectos enfocados al aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos con el fin de realizar una adecuada gestión integral de los residuos sólidos y establecer una contribución al ambiente en dirección a una mejora en el bienestar y la calidad de vida de los pobladores y visitantes del Municipio de Anapoima desde la Alcaldía, la Caja Especial de Servicios Públicos y las organizaciones de recuperadores de residuos sólidos urbanos. De acuerdo con lo anterior es indispensable la construcción de una Estación de Clasificación y Aprovechamiento de los residuos sólidos o una Planta de Aprovechamiento de Residuos que amortigüe la carga de producción de tiene el Municipio. Estas adecuaciones lograran el óptimo desempeño de la gestión conduciendo hacia la sostenibilidad y sustentabilidad ambiental.

Se recomienda también la adecuación física e infraestructura de las herramientas y equipos necesarios para adecuar la gestión integral de los residuos sólidos que se generan el Municipio de Anapoima iniciando con la aplicación de las rutas selectivas, la adecuación de los vehículos recolectores de los residuos aprovechables y la integración de personal capacitado para el manejo, tratamiento y transformación de los desechos. Por ultimo se recomienda un fortalecimiento a la integración de organizaciones que se enfoquen en la recuperación de materiales aprovechables para que de esta forma se logre la disminución de impactos negativos a la ecología, la economía y la sociedad Anapoimuna.

18.2 Recomendaciones del objetivo específico. 2

Es importante iniciar con planes, programas y proyectos enfocados a la separación en la fuente de los residuos sólidos desde los hogares y/o comercios generadores de desechos a través de la educación ambiental, capacitaciones y visitas programadas, y por medio de prototipos de TIC se incentivaría la separación en la fuente de los residuos sólidos en los usuarios del servicio público al poderse visualizar en sus dispositivos móviles indicadores ambientales y generar información de los beneficios económicos ganados por realizar la óptima separación en la fuente, además de información relacionada con notificaciones y noticias de las rutas selectivas y/o las rutas de recolección de residuos no aprovechables.

Se recomienda identificar al usuario por medio un código informático único que permita reconocer la persona generadora y de esta manera aplicar el incentivo “DINC”. Este código puede estar adherido a bolsas de polietileno reutilizadas o a canecas con el código adjunto. Las personas también podrán observar su contribución y beneficios a través de la descarga o el ingreso web con el código de la aplicación encargada de sistematizar los datos ejecutables.

Importante profundizar en el tema legislativo y normativo relacionado con la obtención, almacenamiento y tratamiento de los datos de los usuarios que hacen parte de la plataforma virtual.

18.3 Recomendaciones del objetivo específico. 3

En lo posible antes de ejecutar la implementación de la propuesta en masa es necesario realizar mejoras continuas para desarrollar el funcionamiento administrativo y operativo de la plataforma y su conectividad, aquellas mejoras deben basarse en la evaluación de viabilidad y factibilidad de la propuesta, análisis financieros, contables, legales y normativos y contener un músculo financiero firme entre las partes o actores que intervienen en la tecnología de la información y la comunicación.

También se recomienda realizar asegurar la ubicación de la ECA o Planta de Aprovechamiento de residuos sólidos junto a una estación de transferencia municipal, construcción que debe estar avalada con licencias ambientales y autorizaciones municipales y departamentales. De igual manera es necesario contar con todas las herramientas, instrumentos y equipos para la óptima operación del sistema propuesto y del personal idóneo para realizar las labores que se requieren en la estación o planta.

Por otro lado se recomienda que la organización que se encargue del manejo, administración y operación de la TIC cuente con un servidor para que este pueda contener la mayor cantidad de datos posibles de la actividad propuesta para el posterior análisis y ejecución de la mejora continua como índice de calidad empresarial, además de proporcionar la seguridad suficiente de datos contra los ataques cibernéticos y espionajes masivos. De esta manera la TIC debe crecer en los lugares donde se implemente de manera progresiva y lograr una cobertura con crecimiento sistemático.

Finalmente se recomienda que exista un vínculo y articulación con entidades intergubernamentales para visibilizar la propuesta y de esta manera relacionar los resultados con beneficios que provienen de la reducción de la huella de carbono y del metano en las actividades antrópicas contemporáneas, esos beneficios serán dirigidos a los usuarios registrados en la base de datos.

19. Referencias bibliográficas

- Caja Especial de Servicios Públicos. (2018). *Informe de gestión de residuos*. Alcaldía de Anapoima, Cundinamarca, Anapoima.
- Alayón, E. (2017). *Cuarteo de los residuos sólidos*. Clase magistral de gestión integral de residuos sólidos. Universidad El Bosque. Bogotá.
- Aristizabal, N. (2013). *Manual de compostaje*. Medellín.
- Benítez, J. (2019). *Perspectiva de incentivos para la construcción de encuesta*. Anapoima.
- Briones, G. (2002). *Metodología de la investigación cuantitativa en las ciencias sociales*. Bogotá.
- Cárdenas, S. F., & Gélves, S. C. (1999). *Química y ambiente*.
- Colomer, F & Gallardo, A. (2013). *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. México: Limusa.
- DANE. (2005). *Proyección poblacional municipal y departamental en Colombia*. Bogotá.
- DANE. (2018). *Censo Nacional de Población y Vivienda de Colombia*. DANE, Bogotá.
- Espitia Arias, A. Ávila Torres, C. M. Enciso Abril, L. Garzón Cruz, J. Matías Parrado, J. Peralta Sánchez, L. M., . . . Vega Salgado, D. (2012). *Influencia de los smartphones en los estilos de vida de los jóvenes univertitarios y jóvenes ejecutivos de la ciudad de Bogotá*. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- Evans, D. (2011). *Internet de las cosas, Cómo la proxima evolución de internet lo cambia todo*. Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG).
- García, A. Vallejo, G. Higgins, M. & Escobar , G. (2017). *El acuerdo de París. Así actuará Colombia frente al cambio climático*. Cali: WWF- Colombia.
- Gómez, S. (2016). *Optimización del servicio público de aseo del municipio de Anapoima, Cundinamarca*. Universidad El Bosque, Bogotá.
- Gonzáles Fernández, N. Talledo Salcines , I & García Ramirez, A. (2018). *La competencia mediática de la ciudadanía en medios digitales emergentes*. Córdoba, España: Prima social.
- Hernández Sampieri, R. Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F: Mc- Graw Hill.

- ICONTEC. (2009). *Guía para la separación en la fuente*. Colombia.
- IDEAM. (2012). *Inventario de gases de efecto invernadero de la región capital*. Bogotá.
- IDEAM. (2014). *Evolución de precipitación y temperatura durante los fenómenos del niño y la niña en Bogotá-Cundinamarca*. Bogotá.
- IDEAM. (2016). *Inventario Nacional y Departamental de Gases de Efecto Invernadero - Colombia*. Bogotá.
- IGAC. (2003). *Atlas de Colombia*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá.
- Jaramillo, J. (2002). *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. OPS-CEPIS, Medellín.
- Kaza, S., Perinaz, B. t., Woerden, F., & Yao, L. (2018). *What a waste 2.0*. World Bank Group, Washington. Recuperado el 2019
- Kofalusi, K., & Aguilar, E. G. (2006). Los productos y los impactos de la descomposición de los residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final. *Gaceta Ecológica*(79), 39-51.
- López. (Enero- Junio de 2010). Modernización de los servicios públicos en Aguascalientes. Administración de los servicios TIC. *Conciencia tecnologica*(39), 54-56.
- López, R. (2014). *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de Anapoima, Cundinamarca*. Alcaldía de Anapoima, Cundinamarca, Anapoima.
- Malave Polanco, K., & Beauperthuy Taibo, J. L. (2011). *"Android" el sistema operativo de Google para dispositivos móviles*. Fundación Miguel Unamuno y Jugo. Maracaibo: Negotium .
- Martínez, C. B. (2005). *Estadística y muestreo*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Martínez, R. (2017). *Plan de Gestión Integral de residuos sólidos de Anapoima*. Anapoima. Recuperado el 2018
- Ministerio de Ambiente, V. y. (2002). *Selección de tecnologías y manejo integral de los residuos sólidos*. MAVDS, Bogotá.
- Navarra, G. d. (2017). *Acércate a las TIC. Uso de dispositivos móviles (Teléfonos móviles, smartphone, ebook, GPS y tablet)*. Navarra, España.
- Noguera, K., & Olivero, J. (Septiembre de 2010). Los rellenos sanitarios en Latinoamérica: Caso Colombiano. *Revista Académica Colombiana de Ciencia*, 34(132).
- OMS. (2008). *Proteger la salud frente al cambio climático*. Recuperado el 30 de 10 de 2018, de www.who.int/world-health-day
- Patiño, I. & Ceja, J. J. (2013). Modernización de los servicios públicos municipales: perspectiva global. *Revista Punto de Vista*, 5(1), 133-148.

- Patiño, I. Ceja, J. J. (2014). Modernización de los servicios públicos municipales a través de las TIC, desde una perspectiva integral. *Revista Dimensión Empresarial*, 11(2), 70-88.
- Patiño, N. (24 de Agosto de 2019). Funcionarios del SISBEN de Anapoima. (J. Montilla, Entrevistador) Anapoima.
- Peñalosa Collazos, H. & Muñoz Duque, R. (1993). *Residuos sólidos*. Fundación para la investigación sobre residuos sólidos , Bogotá.
- Porras, A. (2018). *Residuos sólidos en el municipio de Chía vs Crecimiento poblacional. Un indicador ambiental para ejecutar planes de acción enmarcados en la política pública*. Trabajo de grado, Universidad Militar Nueva Granada, Cundinamarca, Bogotá.
- Públicos, C. e. (2017). *Censo de Residuos peligrosos del municipio de Anapoima*.
- Pulido, A. (2012). *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero para la región Cundinamarca- Bogotá*. Universidad Nacional de Colombia, Cundinamarca, Bogotá.
- RAS. (2001). *Reglamento técnico para el sector de Agua potable y Saneamiento básico*. Bogotá.
- Ríos, J. C. (2015). *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del municipio de Anapoima, Cundinamarca*. Alcaldía del municipio de Anapoima, Cundinamarca, Anapoima. Recuperado el 2016
- Rodriguez , G. Flores, J. & Jiménez, E. (1996). *Metodología de la investigación cuantitativa*. Ediciones Aljibe.
- Ruíz, A. Martínez, A. Garzón, C. & Sánchez, H. (2017). *Informe de la disposición final de los residuos sólidos*. Superintendencia de los servicios publicos domiciliarios.
- Sáez, A. Urdaneta, G. & Joheni, A. (Septiembre-Diciembre de 2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y El Caribe. (U. d. Zulia, Ed.) *OMNIA*, 20(3), 121-135.
- Savino, A. Solorzano, G. Quispe, C. & Correal. (2018). *Perspectiva regional de la gestión de residuos en América Latina y el Caribe*. PNUMA.
- SIAG. (2019). *Residuos Peligrosos*. Bogotá. Obtenido de <http://www.siac.gov.co/residuos peligrosos>
- SIGAM. (2014). *Sistema de Gestión Ambiental Municipal*. Alcaldía de Anapoima, Cundinamarca, Anapoima.
- Sosa Peña, C. & Rodríguez Bolívar, C. C. (2019). *Prototipo de aplicación para la Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Anteproyecto de grado, Universidad El Bosque, Bogotá.
- Tchobanoglous, G. Theisen, H. & Vigil, S. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Madrid, España: Mc Graw-hill. Recuperado el 2016

Usaquen, M. & Sánchez, M. (2014). *Determinantes de la generación de residuos sólidos en diez municipios representativos del departamento de Cundinamarca 2007-2012*. Trabajo de grado, Universidad Libre de Colombia, Cundinamarca, Bogotá.

Walpole, R. E. Myers, R. H. & Myers, S. L. (1999). *Probabilidad y estadística para ingenieros*. México.

20. Anexos

Anexo 1. Costos por disposición final de los residuos generados por Anapoima



SER AMBIENTAL
S.A. E.S.F.

MUNICIPIO DE ANAPOIMA

NIT. 830.131.031-1
Calle 21A No. 2-07 B. San Antonio
Girardot - Cundinamarca
Telefax: 8353500 - 8353501




Referencia de Pago **90502**

Período Facturado: 01/03/17 - 31/03/17

Fecha Límite de pago: ABRIL-11-2017

Fecha de Impresión: 03/04/17
Fecha Proceso: 03/04/17

Total a Pagar \$ **11.560.696**

Facturas Vencidas: 0

FACTURA DE VENTA
FD-05088

N.I.T.: 890680087-1 Ciclo 1 Categoría: NO RESIDENCIAL GRAN PRODUCTOR > 15
 Dirección: CL 5 CR 3 ESQUINA
 Barrio:
 Tipo de Cobro: Serv. de Disposición Final y OTROS
 No se requiere Autorización de la Numeración. Resolución No. 3878 (Junio 28 de 1998) Art. 3

LIQUIDACION DE SERVICIOS Y VALORES			
DESCRIPCION	CANTIDAD	Vr. Unitario	Total
TARIFA POR COMPONENTES			
TdI 320,1200 Ton			
TBL Barrido y Limpieza \$	0,00		
ERT Recolección y Transporte \$	0,00		
TTE Tramo Excedente \$	0,00		
TDT Tratamiento y Disposición Final \$	10.741.806,97		
TTL Tratamiento de Lixiviados \$	185.322,03		
TFR Concesión \$	0,00		
TOTAL \$	10.927.129,00		
Cargo S/n Peso o Viajes 320,12000Ton		33.209	10.630.865
Tratamiento de Lixiviados 320,12000 Ton		863	276.284
INCORPORADO INCENTIVO DECRETO 0920 MN.V.C.T		653.567	653.567
NO HACER RETENCIÓN SOBRE INCENTIVO			
Contribución			0
TOTAL PERIODO FACTURADO \$			11.560.696

CLIMATE

Últimos Consumos

Mes	Consumo
MAR	443,00
Ene	249,00
Nov	249,00
Oct	249,00
Sep	443,00
Ago	443,00
MAR Dic	443,00

CONSIGNE ÚNICAMENTE EN:
 BANCOLOMBIA CUENTA CORRIENTE No. 65952964719
 A NOMBRE DE SERVICIOS AMBIENTALES S.A E.S.P.
 NIT. 830.131.031-1

SERVICIO DE RECOLECCIÓN TRANSPORTE, BARRIDO, LIMPIEZA Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS. LA PRESENTE FACTURA PRESTA MERITO EJECUTIVO

YINETH MARCELA AYA MOGAYON
Representante Legal

TOTAL A PAGAR
11.560.696

Por Favor, envíe comprobantes de su pago a Nuestras Oficinas o al Correo Electrónico: cometa@serambiental.com

FACTURA IMPRESA POR SER AMBIENTAL S.A. E.S.P. NIT. 830131031-1
 Vigilado por la Superintendencia de Servicios Públicos S.S.P. NUIR 1-26367010-5 Visite nuestra Página Web www.serambiental.com
 Autorretenedores del CREE, según Decreto 1828 de Agosto 2013



SER AMBIENTAL
S.A. E.S.F.

NIT. 830.131.031-1
Calle 21A No. 2-07 B. San Antonio
Girardot - Cundinamarca
Telefax: 8353500 - 8353501




Fecha Límite de Pago: ABRIL-11-2017

Forma de pago: Cheque Efectivo TOTAL A PAGAR **11.560.696**

Cód. No Cuanta

Banco

BANCOLOMBIA CUENTA CORRIENTE No. 65952964719

MUNICIPIO DE ANAPOIMA
CL 5 CR 3 ESQUINA

FACTURA No. **FD-05088**
Referencia de Pago **90502**

GFR-RE-05 Versión 2 / 28/02/2015

Fuente: (Caja Especial de Servicios Públicos, 2018)

Anexo 2. Cantidad en peso de los residuos generados en el estudio de investigación

RELLENO SANITARIO PARQUE ECOLÓGICO PRADERAS DEL MAGDALENA					
REPORTES PESAJE DE ANAPOIMA					
TITQUETS	FECHAS	PLAZA	PESO (Kg)	PESO (TON)	Ciudad
53707	01-mar-17	OCF227	9,650	9.7	ANAPOIMA
135760	02-mar-17	OCF227	9,460	9.5	ANAPOIMA
135766	02-mar-17	OFK158	4,410	4.4	ANAPOIMA
135819	03-mar-17	OCF227	11,480	11.5	ANAPOIMA
135852	04-mar-17	OCF227	5,790	5.8	ANAPOIMA
135915	06-mar-17	OCF227	12,160	12.2	ANAPOIMA
135923	07-mar-17	OCF227	10,790	10.8	ANAPOIMA
135976	07-mar-17	OFK158	5,820	5.8	ANAPOIMA
136032	08-mar-17	OCF227	9,130	9.1	ANAPOIMA
136079	09-mar-17	OCF227	8,800	8.8	ANAPOIMA
136084	09-mar-17	OFK158	3,950	4.0	ANAPOIMA
136129	10-mar-17	OCF227	10,680	10.7	ANAPOIMA
136187	11-mar-17	OFK158	4,450	4.5	ANAPOIMA
136231	13-mar-17	OCD686	2,830	2.8	ANAPOIMA
136252	13-mar-17	OCF227	12,360	12.4	ANAPOIMA
136300	14-mar-17	OFK158	4,600	4.6	ANAPOIMA
136305	14-mar-17	OCF227	10,790	10.8	ANAPOIMA
136366	15-mar-17	OCF227	9,710	9.7	ANAPOIMA
136403	16-mar-17	OCF227	9,350	9.4	ANAPOIMA
136412	16-mar-17	OFK158	5,610	5.6	ANAPOIMA
136453	17-mar-17	OCF227	11,680	11.7	ANAPOIMA
136561	20-mar-17	OFK158	3,300	3.3	ANAPOIMA
136560	20-mar-17	OCF227	11,570	11.6	ANAPOIMA
136634	21-mar-17	OCF227	12,830	12.8	ANAPOIMA
136635	21-mar-17	OFK158	5,110	5.1	ANAPOIMA
136654	22-mar-17	OCF227	11,320	11.3	ANAPOIMA
53991	22-mar-17	OHK928	3,210	3.2	ANAPOIMA
136708	23-mar-17	OFK158	5,610	5.6	ANAPOIMA
136736	23-mar-17	OCF227	12,460	12.5	ANAPOIMA
136753	23-mar-17	OFK158	4,460	4.5	ANAPOIMA
136789	24-mar-17	OCF227	10,350	10.4	ANAPOIMA
136835	25-mar-17	OCF227	5,790	5.8	ANAPOIMA
136898	27-mar-17	OCF227	11,800	11.8	ANAPOIMA
136963	28-mar-17	OFK158	5,900	5.9	ANAPOIMA
136967	28-mar-17	OCF227	10,490	10.5	ANAPOIMA
52613	29-mar-17	OHK930	3,960	4.0	ANAPOIMA
137038	29-mar-17	OCF227	6,440	6.4	ANAPOIMA
137065	30-mar-17	OCF227	8,460	8.5	ANAPOIMA
137063	30-mar-17	OFK158	3,600	3.6	ANAPOIMA
137131	31-mar-17	OCF227	9,960	10.0	ANAPOIMA
TOTAL			320,120	320.12	
			VR TONELADA...	33,209	
a.) VR DISPOSICION PERIODO...				10,630,865	
			VR INCENTIVO X TONELADA...	2,041.63	
b.) VR INCENTIVO X TON DISPUESTAS...				653,567	
			COSTO TRATAMIENTO LIXIVIADO	863.00	
c.) VR COSTO TRATAMIENTO LIXIVIADO				276,264	
TOTAL A FACTURAR a.) + b.) + c.)				11,560,696	

Elaboró: 
ALEXANDER RAMIREZ
 ASISTENTE DE FACTURACION

Fuente: (Caja Especial de Servicios Públicos, 2018)

Anexo 3. Encuesta del estudio primer parte

Nombre		Firma:		Fecha
N°	Marque con una "X" Pregunta	Respuestas		
		SI	NO	Describe, otros.
1	¿Sabe qué es la separación en la fuente de los residuos sólidos?			
Si la respuesta anterior fue sí, responda: ¿Reconoce cómo realizar una debida separación en la fuente?				
2	¿Sabe qué es un residuo aprovechable o no aprovechable?			
3	¿Hace usted separación en la fuente de residuos sólidos en su hogar/comercio?			
4	¿Sabe cual es el sitio de disposición final de los residuos sólidos que se generan en el municipio de Anapoima?			
5	¿Separaría con mayor entusiasmo o iniciaría a separar en la fuente los residuos sólidos que se generan en su hogar/comercio si se le retribuye con beneficios económicos?			
6	¿Cree usted que la separación en la fuente debería ser requisito para la recolección de los residuos sólidos en su hogar/comercio?			
7	¿Cuenta con teléfono celular Android o IOS?			
8	¿Separaría en la fuente a través de una plataforma móvil que le indicara como realizar la actividad correctamente?			
9	¿Cree que podría mejorar su compromiso con el ambiente por medio de una aplicación que le indique como le contribuyó y los beneficios ganados por realizar correctamente la actividad de separación en la fuente y presentación de los residuos?			
10	¿Ha percibido alguna vez en el municipio vectores y roedores (Aves de rapiña, perros, ratas, gatos, etc.) que se encuentren alimentando de los residuos sólidos urbanos que se presentan para recolección?			
11	¿Ha percibido alguna vez en el municipio olores putrefactos producto de lixiviados derramados en el suelo luego de la recolección de los residuos?			
12	¿Piensa que la presencia de los residuos sólidos altera y/o perturba el paisaje natural?			
13.	¿Ha sentido estrés o irritación al ver los residuos mal presentados o dispersos en las vías y calles del municipio?			
14.	¿Cuáles de los siguientes residuos cree que son aprovechables? Marque con una "X" Puede elegir más de una respuesta	<i>Marque con una X los recuadros</i>		
		Cáscara de plátano	Trozo de porcelana	Cargador de celular
		Plato de icopor	Caja de cartón	Lata de atún
		Botella de gaseosa plástica	Bolsa de leche	Envoltorio de papas fritas
		Cuaderno	Papel Periódico	Botella de detergente
		Revista	Residuos sanitarios	Botella de vino de vidrio
		Pantalón desgastado	Residuos de café	Cáscara de huevo

(Autor,2019)

Anexo 4. Encuesta del estudio segunda parte

15.	<p>¿Cómo presenta usted los residuos a la empresa de servicio público de aseo?</p> <p>Marque con una "X"</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>a. Bolsas plásticas de polietileno negras, blancas o reusadas con los residuos mezclados</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>b. Bolsas plásticas de polietileno de colores con los residuos separados</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>c. Canecas con bolsas plásticas de polietileno negras, blancas o reusadas con los residuos mezclados</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>d. Canecas con bolsas plásticas de polietileno de colores con los residuos separados</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>e. Cajas de cartón</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>f. Costales o chiles</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>	a. Bolsas plásticas de polietileno negras, blancas o reusadas con los residuos mezclados	<input type="checkbox"/>	b. Bolsas plásticas de polietileno de colores con los residuos separados	<input type="checkbox"/>	c. Canecas con bolsas plásticas de polietileno negras, blancas o reusadas con los residuos mezclados	<input type="checkbox"/>	d. Canecas con bolsas plásticas de polietileno de colores con los residuos separados	<input type="checkbox"/>	e. Cajas de cartón	<input type="checkbox"/>	f. Costales o chiles	<input type="checkbox"/>					
a. Bolsas plásticas de polietileno negras, blancas o reusadas con los residuos mezclados	<input type="checkbox"/>																		
b. Bolsas plásticas de polietileno de colores con los residuos separados	<input type="checkbox"/>																		
c. Canecas con bolsas plásticas de polietileno negras, blancas o reusadas con los residuos mezclados	<input type="checkbox"/>																		
d. Canecas con bolsas plásticas de polietileno de colores con los residuos separados	<input type="checkbox"/>																		
e. Cajas de cartón	<input type="checkbox"/>																		
f. Costales o chiles	<input type="checkbox"/>																		
16.	<p>¿En qué lugar realiza la presentación de sus residuos sólidos urbanos?</p> <p>Marque con una "X"</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>a. Area pública (En los andenes de las calles o las esquinas de las manzanas)</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>b. Sitios autorizados (Vagones autorizados municipales para la disposición temporal)</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>c. Shut de basuras</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>	a. Area pública (En los andenes de las calles o las esquinas de las manzanas)	<input type="checkbox"/>	b. Sitios autorizados (Vagones autorizados municipales para la disposición temporal)	<input type="checkbox"/>	c. Shut de basuras	<input type="checkbox"/>											
a. Area pública (En los andenes de las calles o las esquinas de las manzanas)	<input type="checkbox"/>																		
b. Sitios autorizados (Vagones autorizados municipales para la disposición temporal)	<input type="checkbox"/>																		
c. Shut de basuras	<input type="checkbox"/>																		
17.	<p>¿Qué residuos genera con mayor frecuencia en su hogar/comercio?</p> <p>Marque con una "X"</p> <p>Puede elegir más de una respuesta</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>a. Residuos de comida</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>b. Plásticos PET (Botellas de agua y gaseosa)</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>c. Plásticos PEHD (Envases de detergentes líquidos y suavizantes)</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>d. Papel de libros, revistas cuadernos</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>e. Frascos de vidrio</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>f. Latas de aluminio (Latas de productos envasados)</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>g. Residuos tecnológicos</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>h. Residuos de cartón (Cajas y protectores)</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>	a. Residuos de comida	<input type="checkbox"/>	b. Plásticos PET (Botellas de agua y gaseosa)	<input type="checkbox"/>	c. Plásticos PEHD (Envases de detergentes líquidos y suavizantes)	<input type="checkbox"/>	d. Papel de libros, revistas cuadernos	<input type="checkbox"/>	e. Frascos de vidrio	<input type="checkbox"/>	f. Latas de aluminio (Latas de productos envasados)	<input type="checkbox"/>	g. Residuos tecnológicos	<input type="checkbox"/>	h. Residuos de cartón (Cajas y protectores)	<input type="checkbox"/>	
a. Residuos de comida	<input type="checkbox"/>																		
b. Plásticos PET (Botellas de agua y gaseosa)	<input type="checkbox"/>																		
c. Plásticos PEHD (Envases de detergentes líquidos y suavizantes)	<input type="checkbox"/>																		
d. Papel de libros, revistas cuadernos	<input type="checkbox"/>																		
e. Frascos de vidrio	<input type="checkbox"/>																		
f. Latas de aluminio (Latas de productos envasados)	<input type="checkbox"/>																		
g. Residuos tecnológicos	<input type="checkbox"/>																		
h. Residuos de cartón (Cajas y protectores)	<input type="checkbox"/>																		
18.	<p>¿Cuáles de los siguientes considera residuo peligroso?</p> <p>Marque con una "X"</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>a. Aceite de vehiculo</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>b. Medicamento vencido</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>c. Pilas</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>d. Baterías</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>e. Esparadrapo con sangre</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>	a. Aceite de vehiculo	<input type="checkbox"/>	b. Medicamento vencido	<input type="checkbox"/>	c. Pilas	<input type="checkbox"/>	d. Baterías	<input type="checkbox"/>	e. Esparadrapo con sangre	<input type="checkbox"/>							
a. Aceite de vehiculo	<input type="checkbox"/>																		
b. Medicamento vencido	<input type="checkbox"/>																		
c. Pilas	<input type="checkbox"/>																		
d. Baterías	<input type="checkbox"/>																		
e. Esparadrapo con sangre	<input type="checkbox"/>																		

Gracias por la colaboración!

(Autor,2019)

Anexo 5. Muestreo de separación en la fuente



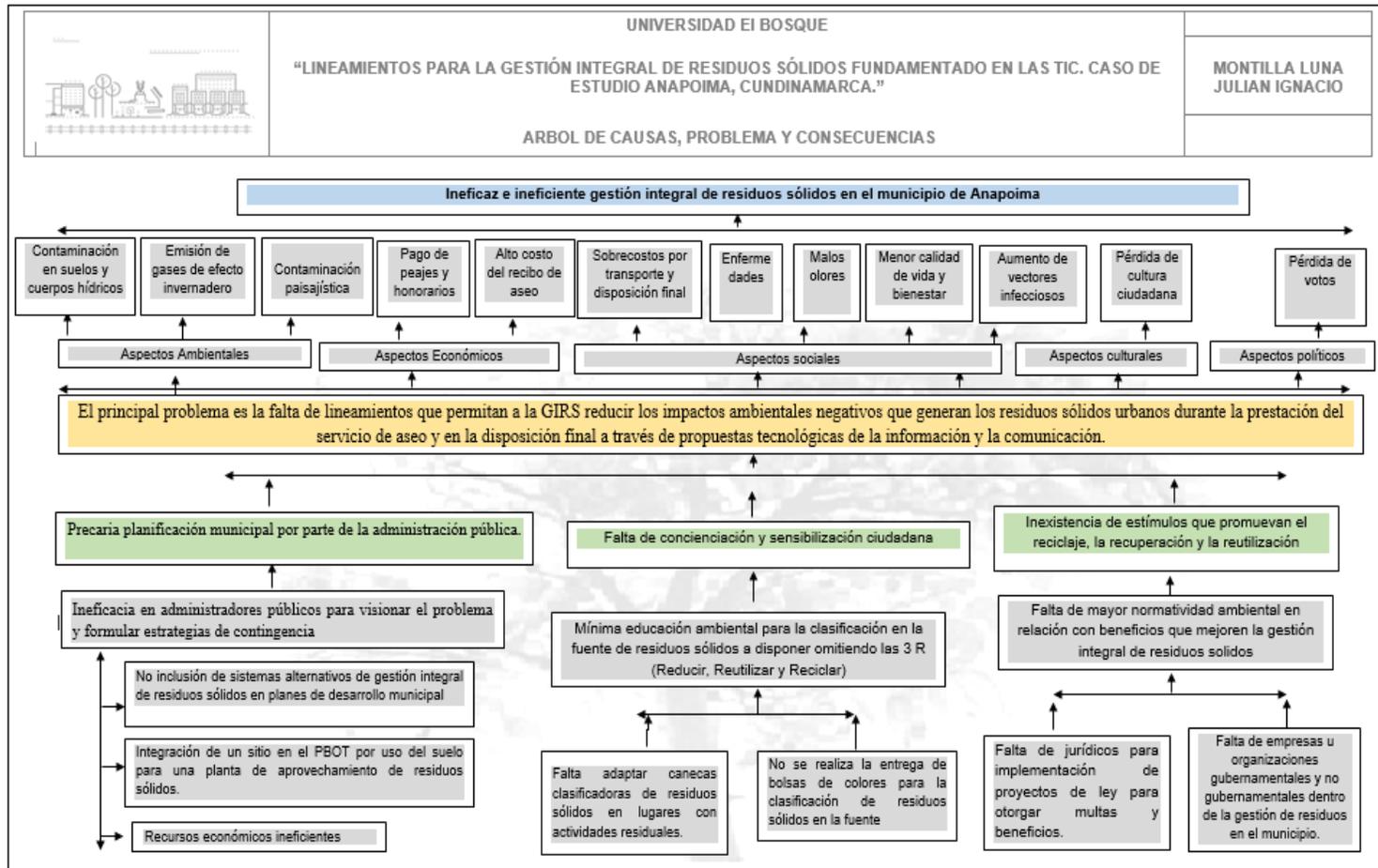
(Autor,2019)

Anexo 6. Revisión de separación en la fuente



(Autor,2019)

Anexo 7. *Árbol de causas, problemas y consecuencias.*



(Autor,2019)

Anexo 8. *Descargue vehículo OFK 158 para caracterización de los residuos sólidos urbanos*



(Autor,2019)

Anexo 9. *Método de cuarteo de los residuos caracterizados*



(Autor,2019)

Anexo 10. *Báscula para el pesaje de los componentes de los residuos*



(Autor,2019)

Anexo 11. Vehículo recolector OCF 227



(Autor,2019)

Anexo 12. Vehículo recolector OFK 158



(Autor,2019)