

**VALORACIÓN ECONÓMICA LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA
CABECERA MUNICIPAL DE GUAMAL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA**



Estudiantes:

KATHERIN ORDOÑEZ MORENO

MANUEL DE JESUS CASTRO SANABRIA

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR – CESAR

2022

**VALORACIÓN ECONÓMICA LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA
CABECERA MUNICIPAL DE GUAMAL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA**

Estudiantes:

KATHERIN ORDOÑEZ MORENO
MANUEL DE JESUS CASTRO SANABRIA

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental
Sanitario**

Director:

KARINA PAOLA TORRES CERVERA
Msc. MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR**

2021

Dedicatoria

Dedico este logro profesional a Dios por ser mi guía espiritual y mi amigo fiel, el cual siempre ha cuidado mis pasos para seguir adelante.

A mis padres y abuela por su ayuda incondicional, dedicación y apoyo en todos mis proyectos, a mi hermosa hija por ser el motor de mi vida, a mis hermanos y tías por estar siempre a mi lado acompañando, de igual manera a mi compañero de vida por su comprensión y colaboración en todo momento.

Katherin Ordoñez Moreno

Este trabajo se lo dedico a mi Madre por todo el sacrificio que ha hecho para que este aquí hoy escribiendo estas palabras.

A mi Padre por sus consejos y paciencia.

A mi hermano por su apoyo incondicional y por darme animo en los momentos más duro de mi vida.

Manuel De Jesús Castro Sanabria



Agradecimientos

Al todo poderoso por permitirnos llegar a este momento significativo; de igual manera, a cada persona que intervino en esta investigación.

Agradecimiento al escenario universitario por brindarnos las asesorías a través de sus docentes, quienes nos ofrecieron su apoyo.

Así mismo, destacar las acciones oportunas de las personas que hicieron parte de esta investigación, quienes desde el inicio de mostraron complacidas y voluntarias a realizar las actividades propuestas.

Con mucho respeto unimos nuestros agradecimientos a la directora de proyecto de investigación Ingeniera Karina Torres, quien nos aportó su conocimiento científico.

De igual manera, a los asesores quienes mantuvieron un excelente diálogo permanente con los gestores de la investigación.

Agradecimiento para todos y cada uno de las personas que hicieron parte de la investigación.

Katherin Ordoñez Moreno y Manuel De Jesús Castro Sanabria



Resumen

La cabecera municipal de Guamal Magdalena cuenta con déficit en su servicio de recolección y aseo, puesto que hay dificultades en cuanto a tratamiento y disposición final y en segunda instancia los tiempos y frecuencias de recolección son variados y no son idóneos para la generación de residuos sólidos. Por lo tanto, se propone la caracterización de los residuos sólidos, su estimación mediante la resolución CRA 351 y 352 de 2005 y formular procesos de aprovechamiento mediante reciclaje de los residuos sólidos. Con la implementación metodológica se logra estimar que la generación per cápita de la cabecera municipal de Guamal es de 0,3283 kg/hab/día y una densidad de producción de 3,10 kg/m³, representados en un total de 18574,5 kilogramos a la semana, de los cuales el 17,13% es correspondiente a residuos sólidos aprovechables. Con la estimación de los costos de referencia, los factores de producción y servicio de tarifas y los costos operativos de un modelo de negocio se estima que se puede lograr un costo-beneficio mínimo de 6,78 y un costo-beneficio máximo de 39,73, como indicadores de retorno de la inversión primaria.

Palabras claves: residuos aprovechables, generación per cápita, densidad, costo-beneficio, rentabilidad, inversión, retorno, costos, tarifas.

Abstract

The municipal seat of Guamal Magdalena has a deficit in its collection and cleaning service, since there are difficulties in terms of treatment and final disposal and secondly, the collection times and frequencies are varied and are not suitable for the generation of solid waste. Therefore, it is proposed the characterization of solid waste, its estimation through methodology resolution CRA 351 and 352 of 2005 and formulate utilization processes through recycling of solid waste. With the methodological implementation, it is possible to estimate that the per capita generation of the municipal seat of Guamal is 0.3283 kg/person/day and a production density of 3.10 kg/m³, represented in a total of 18,574.5 kilograms. per week, of which 17.13% corresponds to usable solid waste. With the estimation of the reference costs, the factors of production and service rates and the operating costs of a business model, it is estimated that a minimum cost-benefit ratio of 6.78 and a maximum cost-benefit ratio of 39 can be achieved. 73, as primary investment return indicators.

Key words: *usable waste, generation per capita, density, cost-benefit, profitability, investment, return, costs, rates.*

Tabla de Contenido

	Pág.
Dedicatoria	III
Agradecimientos	IV
Resumen.....	V
<i>Abstract</i>	V
Introducción	XIII
1. Planteamiento Del Problema.....	15
2. Justificación	18
3. Objetivos	20
3.1. Objetivo General.....	20
3.2. Objetivos Específicos	20
4. Marco Referencial.....	21
4.1. Antecedentes De La Investigación	21
4.2. Marco Teórico	25
4.2.1. Residuo.....	25
4.2.2. Manejo De Los Residuos Sólidos	26
4.2.3. Afectaciones Derivadas De Los Residuos Solidos	29
4.2.4. Valoración Económica De Bienes Y Servicios Ambientales.....	31
4.2.5. Costos Y Tarifas Para El Servicio Público De Aseo.....	32
4.2.6. Centroide	33
4.2.7. Modelos Tarifarios	33
4.3. Marco Conceptual.....	37
4.4. Marco Contextual	39

4.5.	Marco Legal.....	45
5.	Marco Metodológico.....	54
5.1.	Línea Y Sublínea De Investigación	54
5.2.	Tipo De Investigación	54
5.3.	Nivel De Investigación	54
5.4.	Población De Estudio	54
5.5.	Muestra Poblacional	55
5.6.	Desarrollo Metodológico.....	56
5.6.1.	Fase 1. Caracterizar Los Residuos Sólidos Producidos En El Casco Urbano Del Municipio De Guamal Departamento Del Magdalena.....	56
5.6.2.	Fase 2. Estimar El Valor Económico De Los Residuos Sólidos Aprovechables Generados En El Caso Urbano Del Municipio De Guamal Departamento Del Magdalena	59
5.6.3.	Fase 3. Formular Los Procesos De Reciclaje Y Aprovechamiento De Los Residuos Sólidos Generados En El Casco Urbano Del Municipio De Guamal Departamento Del Magdalena	64
6.	Resultados Y Análisis.....	65
6.1.	Caracterización De Los Residuos Sólidos Producidos En El Casco Urbano Del Municipio De Guamal Departamento Del Magdalena	65
6.1.1.	Diseño Del Marco Muestral.	65
6.1.2.	Análisis Del Marco Muestral	67
6.1.3.	Clasificación De Los Residuos Sólidos	76
6.1.4.	Producción Per CáPita Y Densidad De La Muestra.....	81
6.2.	Estimación Del Valor Económico De Los Residuos Sólidos Aprovechables Generados En El Caso Urbano Del Municipio De Guamal Departamento Del Magdalena	83
6.2.1.	Definición De Los Costos de Referencia	83

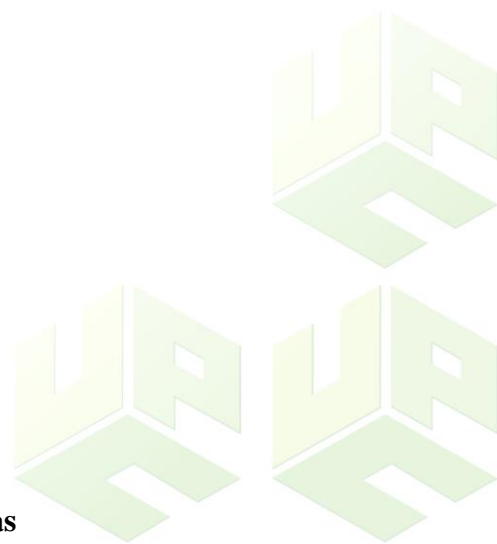
6.2.2. Definición De Los Factores.....	93
6.3. Formulación De Los Procesos De Reciclaje Y Aprovechamiento De Los Residuos Sólidos Generados En El Casco Urbano Del Municipio De Guamal Departamento Del Magdalena	98
6.3.1. Descripción De Los Procesos Y Micro Procesos.....	100
6.3.2. Costos Operativos De Los Procesos.....	104
Conclusiones	119
Recomendaciones	121
Bibliografía	122



Lista De Tablas

	Pág.
Tabla 1 Corregimientos y veredas del Municipio de Guamal, Magdalena.....	40
Tabla 2 Normatividad general sobre los residuos sólidos en Colombia.....	45
Tabla 3 Ecuaciones de determinación del tamaño de la muestra según el tipo de población y el parámetro estimado, dado un error muestral.....	55
Tabla 4. Proyección de la población de la Cabecera Municipal de Guamal Magdalena.....	65
Tabla 5. Muestra estadística a partir de la población de la cabecera municipal de Guamal.....	66
Tabla 6. Registro fotográfico de los procesos realizados para la clasificación de los RS	76
Tabla 7. Pesos registrados de los residuos solidos.....	78
Tabla 8. Clasificación de los pesos por cada uno de los tipos de residuos sólidos por día	80
Tabla 9. Generación Per Cápita por vivienda del estudio de la clasificación de los residuos solidos	81
Tabla 10. Registro fotográfico del proceso para estimación de la densidad.....	82
Tabla 11. Referencias de los Costos asociados a la Recolección y Transporte	85
Tabla 12. Criterios para la estimación del Costo Operativo por Toneladas	87
Tabla 13. Costos Fijos, Variables y Totales estimados para el periodo 2022 – 2027	92
Tabla 14. Factores de Producción del municipio de Guamal	93
Tabla 15. Cálculo de los Residuos Presentados para Recolección	94
Tabla 16. Tarifas estimadas para el periodo 2022 – 2027	97
Tabla 17. Mapa de Procesos de Empresa de Reciclaje y Aprovechamiento de Residuos Sólidos.....	99
Tabla 18. Costos de los Recursos Humanos (RH) y Recursos Materiales (RM) implicados en las operaciones del negocio.....	104
Tabla 19. Costo Asumido Máximo y Mínimo	112
Tabla 20. Costo de Recaudo Máximo y Mínimo	113
Tabla 21. Análisis Costo-Beneficio para Máxima Inversión y Máximo Recaudo. (Máx. I.).....	114
Tabla 22. Análisis Costo-Beneficio para Mínimo Inversión y Máximo Recaudo. (Máx. I.).....	114
Tabla 23. Análisis Costo-Beneficio para Máxima Inversión y Mínimo Recaudo. (Máx. I.).....	115
Tabla 24. Análisis Costo-Beneficio para Mínimo Inversión y Mínimo Recaudo. (Máx. I.).....	115

Tabla 25. Análisis Costo-Beneficio para Máxima Inversión y Máximo Recaudo. (Min. I.).....	116
Tabla 26. Análisis Costo-Beneficio para Mínimo Inversión y Máximo Recaudo. (Min. I.).	116
Tabla 27. Análisis Costo-Beneficio para Máxima Inversión y Mínimo Recaudo. (Min. I.).	117
Tabla 28. Análisis Costo-Beneficio para Mínimo Inversión y Mínimo Recaudo. (Min. I.).....	117
Tabla 29. Relaciones del Estudio del Análisis Costo-Beneficio (C-B)	118



Lista de figuras

Figura 1 Clasificación de los residuos solidos.....	26
Figura 2 Componentes del Manejo Integral de Residuos	26
Figura 3 Etapas del ciclo de residuos.....	27
Figura 4 Localización geográfica del municipio de Guamal, Magdalena	39
Figura 5 Ubicación del botadero a cielo abierto de Municipio de Guamal Magdalena	43
Figura 6. Método del Cuarteo	57
Figura 7. Elementos Muestrales (Sample, en inglés).....	58
Figura 8. Clasificación de los Residuos Sólidos en Colombia	58
Figura 9. Distribución espacial de la Muestra de las unidades residenciales de la cabecera Municipal de Guamal Magdalena.....	66
Figura 10. Distribución porcentual de Genero.....	67
Figura 11. Distribución porcentual sobre el Estrato Socioeconómico.....	67
Figura 12. Distribución porcentual del Ingreso Promedio Mensual	68
Figura 13. Distribución porcentual del Nivel Académico de Mayor Grado.....	68
Figura 14. Distribución porcentual del número de habitantes por unidad residencial.....	69
Figura 15. Distribución porcentual de como destinan los residuos sólidos producidos en la vivienda	70
Figura 16. Distribución porcentual de los tipos de residuos aprovechables que se generan en la unidad residencial	71
Figura 17. Distribución porcentual sobre los tipos de residuos no aprovechables que generan en su unidad residencia	71
Figura 18. Tipos de residuos orgánicos que genera en su unidad residencial	72
Figura 19. Distribución porcentual sobre la pregunta ¿realiza separación en la fuente en su unidad residencial?.....	73
Figura 20. Distribución porcentual sobre la pregunta ¿quién recolecta los RS producidos en la unidad residencial?.....	73
Figura 21. Descripción porcentual sobre los días de la semana que se realiza la recolección de los RS producidos en su unidad residencial	74

Figura 22.Descripción porcentual sobre la pregunta ¿Desea participar en el estudio de clasificación y cuantificación de los residuos sólidos?	74
Figura 23. Distribución porcentual de los pesos registrados diariamente	79
Figura 24.	89
Figura 25.Diagrama de los procesos y micro procesos de reciclaje y aprovechamiento de los residuos sólidos.....	100



Introducción

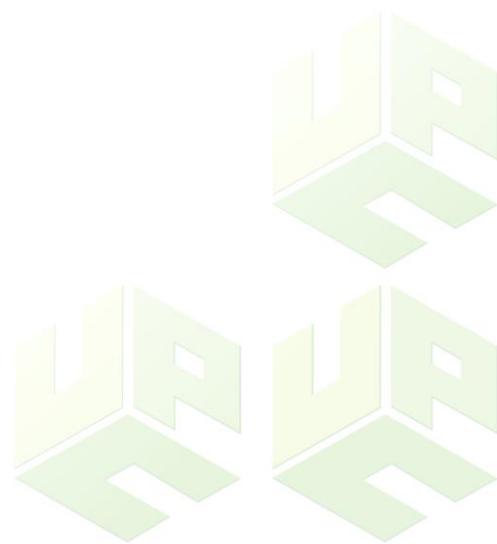
El problema de los residuos sólidos (basura) va en aumento en los últimos años, sobre todo en las zonas urbanas o cabeceras municipales donde hay mayor concentración de población, lo que provoca efectos negativos en el ambiente y problemas de salud pública, tales como enfermedades por vectores, contaminación de aguas subterráneas y superficiales, del aire, de los suelos, paisajísticos y emisión de gases de efecto invernadero. Tal es el caso de estudio la cabecera municipal de Guamal Magdalena, donde CORPOMAG emitió la resolución 2018 de 2021 en la cual se aprueba la clausura y pos clausura del botadero a cielo abierto del municipio de Guamal, debido a que las condiciones actuales del botadero son un riesgo ambiental y social.

Por lo tanto, la presente investigación tiene como objetivo realizar la Valoración Económica de los Residuos Sólidos, que se puede definir como la disposición de información cuantitativa para la toma de decisiones sobre la gestión de los RS en pro del ambiente, producción de indicadores que permiten evaluar la viabilidad ambiental y social de cualquier política, plan, programa o proyecto, teniendo en cuenta el costo/beneficio (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Se realizó la caracterización de los RS domiciliarios producidos en la cabecera municipal de Guamal implementado un diseño aleatorio simple y al azar para obtener una muestra representativa de la población teniendo en cuenta el tipo del uso del suelo. Luego de obtener la muestra se aplica una encuesta estratégica para la obtención de información primaria útil para la investigación. posterior se clasificaron los residuos en un periodo de una semana por el método de cuarteo obteniendo características como peso, volumen y densidad per cápita.

Después, se estimó el valor económico de los RS Aprovechables, lo que tuvo como resultado un Costo Total de Referencia CTR de \$39.622 COP por tonelada está dado por la suma de los Costos Fijos y los Costos Variables estimados. Esto representa el valor del Modelo de Servicio que la empresa debe asumir para acaparar los residuos sólidos aprovechables y es un valor de referencia que permite en primera medida saber más sobre la rentabilidad de este negocio.

Por último, se formularon los Procesos y costos operativos del Aprovechamiento de los RS, por medio de los resultados se pudo realizar el análisis costo/beneficio. Donde las tarifas de servicio (beneficios), los costos de referencia y los costos operativos (gastos financieros), con el cual se pudo llegar a la conclusión que el proyecto es muy viable y que con una mínima inversión se logran mejores índices de retribución, condición que también es muy deseable, resaltando que ante inversiones mínimas se pueden lograr recaudos máximos de hasta 39,73 veces la inicial.



1. Planteamiento Del Problema

El inadecuado manejo y disposición de los residuos sólidos se ha convertido en una problemática a nivel mundial (Santiago Quintero, 2017). Si no se toman medidas, se prevé que el volumen mundial de desechos debido a la rápida urbanización y el crecimiento de la población aumente de 2.010 millones de toneladas registradas en 2016 a 3.400 millones de toneladas en los próximos 30 años (Banco Mundial, 2018). En los países de ingreso bajo, son los pobres y los más vulnerables quienes se ven más afectados.

En Colombia, el sistema de disposición final más utilizado en 2019 es el relleno sanitario cubriendo el 56% de los municipios del país, botaderos a cielo abierto 32%, celdas de contingencia y las celdas transitorias mantienen una proporción muy similar entre 5% y 6%. Según los datos reportados por los usuarios del servicio público de aseo en el país se disponen en promedio 32.294 Ton/día de residuos sólidos (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios [SSPD], 2020). Para el periodo 2018 - 2019 se evidencia una tendencia al aumento en la cantidad de residuos a disponer correspondiente al 4.5%.

Puntualmente, el área de influencia del proyecto es la cabecera municipal de Guamal, en cuanto la generación, aprovechamiento y disposición final de residuos sólidos se encuentran actualmente al límite. Por lo tanto, la Corporación Autónoma Regional del Magdalena CORPOMAG emitió la resolución 2018 de 2021 en la cual se aprueba la clausura y pos clausura del botadero a cielo abierto del municipio de Guamal en el departamento del Magdalena, solicitada por la alcaldía de Guamal en el año 2020 (CORPAMAG, 2021).

Según la resolución 2018 de (CORPAMAG, 2021), las condiciones del botadero del municipio de Guamal son deplorables, el lote se encuentra sin cercado y a la intemperie, presencia de animales especialmente de ganado vacuno, los residuos son simplemente amontonados (no se aplanan) lo que permite que los residuos plásticos de peso ligero sean esparcidos por acción del viento hacia los predios aledaños, las vías de acceso se encuentran llenas de residuos sólidos y se realiza la quema de basura sin ningún tipo de control; en la visita técnica no se evidenció encharcamiento superficial de agua o lixiviados.

En el Municipio de Guamal se generan residuos sólidos de carácter domiciliario el cual arroja un promedio total de residuos sólidos generados según la muestra de estudio realizada en la resolución 2018 de 2020 de CORPOMAG en el casco urbano fue de 2.74 kg/día equivalente a 0.00271 ton/día. En el sector urbano el municipio de Guamal cuentan con un carro compactador que es operado por la oficina de servicios públicos para el transporte y recolección de los residuos sólidos. La frecuencia de recolección es de 2 a 4 veces por semana.

La disposición final de los residuos sólidos generados en el sector urbano se realiza en un lote al margen derecho de la vía que de Guamal comunica con la Astera, departamento del Cesar. Como se había mencionado anteriormente, allí llegan toda clase de residuos y son arrojados sin ningún tipo de técnicas trabajo, ocasionando el deterioro de la cobertura vegetal, el suelo y subsuelo, cuerpos de agua superficiales y subterráneos. La distancia aproximada desde la cabecera municipal o centroide hacia el botadero municipal es de 3.02 Km. El área aproximada del botadero dada en hectáreas es de 7,2 Ha.

El lote del botadero no cumple con ninguna exigencia ambiental, los residuos son descargados por el vehículo recolector sin realizar algún tipo de cobertura. Tampoco existe un sistema de evacuación de gases o tratamiento de los gases emitidos. No se hace medición o control de la cantidad de gas metano presente en el sitio. Por otro lado, no existe un sistema de evacuación de lixiviados o tratamiento como drenes y lagunas de evaporación.

Básicamente el peligro para la salud pública y el ambiente surge cuando los residuos son dispuestos en los sitios anteriormente mencionados ya sean informales y/o oficiales, sin ningún tipo de aprovechamiento o tratamiento a priori, generando a colmatación de los rellenos, malos olores y contaminación paisajística por la acumulación de residuos (UPME, 2005). Convirtiéndose en criaderos de moscas, ratas y otros vectores de enfermedades, fuente de contaminación del aire, suelo, corrientes superficiales o subterráneas de agua.

En la resolución 2018 de 2020 de CORPOMAG se plantean dos alternativas indispensables para dar cumplimiento al requerimiento ambiental que supone el plan del cierre del botadero a cielo abierto del municipio de Guamal. Estas fueron Alternativa 1: Traslado de basuras al relleno sanitario regional del Municipio de Bosconia y Alternativa 2: Saneamiento y cierre del botadero a

cielo abierto mediante la conformación de celdas transitorias hasta que entre en operación el relleno sanitario regional del Municipio de El Banco.

Como medida a corto plazo decidieron optar por la segunda alternativa que es el saneamiento y cierre del botadero a cielo abierto mediante la conformación de celdas transitorias para la cantidad de residuos sólidos existentes que constan hasta la fecha de elaboración de la resolución de 10.850 toneladas de residuos in situ (CORPAMAG, 2021). Esta alternativa permite el aprovechamiento del acondicionamiento técnico y operativo del lugar en el que se encuentra el botadero para la construcción de la celda transitoria final; las características del subsuelo, permite que el material extraído pueda ser utilizado para la cobertura final tanto de la calda de disposición final transitoria como la de la clausura total del botadero.

Por lo que se adecuaran técnicamente las celdas para arrojar los residuos sólidos y se realizara la construcción de drenes de lixiviados, sistema de tratamiento de los mismos, construcción de chimeneas de extracción de gases, aislamiento paisajístico, cobertura final con geo membrana y arcilla. Después de realizar todas estas medidas técnicas se estima una disminución de un 40% de los residuos sólidos existentes.

También, se establece en El Plan de Clausura y Posclausura que tendrá una vigencia máxima de 18 meses para ser implementado y realizado el saneamiento del botadero. Una vez cumplido este tiempo no podrá disponerse ningún tipo de residuos en el sitio. Por lo tanto, el Municipio de Guamal deberá hacer las gestiones para disponer sus residuos en el relleno sanitario regional del Municipio de El banco una vez este haya entrado en operación.

Si bien es cierto es una medida que garantiza un impacto positivo ambiental y social sobre el predio del botadero a cielo abierto, pero no soluciona la problemática de la mala disposición de residuos sólidos de raíz en este municipio.

Por lo tanto, se plantea como pregunta de investigación ¿Cuál será el valor económico de los Residuos Sólidos producidos o generados en el casco urbano del municipio de Guamal Magdalena?

2. Justificación

Es importante resaltar los avances en políticas y lineamientos en materia ambiental en aras de alcanzar un desarrollo sostenible en Colombia. Anteriormente, la producción y el consumo eran lineales, por lo que los productos elaborados con materias primas se vendían a los consumidores finales, quienes los eliminaban cuando dejaban de estar activos o no cumplían su función (SSPD, 2020).

En el documento presentado por el Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES, 2018) el en cual se establece la política nacional para la gestión integral de residuos sólidos “propone avanzar hacia una economía circular, la cual busca que el valor de los productos y materiales se mantengan durante el mayor tiempo posible en el ciclo productivo” p.3. Sin embargo, existen barreras para el manejo de residuos sólidos, como pocos incentivos económicos para el aprovechamiento y reciclaje de los RS, falta de conciencia que empieza con la separación en la fuente y la apropiación de las autoridades municipales y ambientales para la gestión pública de los recursos económicos que den viabilidad de programas y proyectos que mitiguen los impactos negativos tanto en lo social como ambiental, ya que estos problemas pueden acarrear el desbordamiento de la capacidad física de los rellenos sanitarios, tal es el caso del botadero a cielo abierto del municipio de Guamal que supero su volumen útil.

Según (Alcaldía Municipal de Guamal, Actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos “PGIRS” del Municipio de Guamal, 2018) en su Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos “PGIRS” del 2018 más actualizado, afirma que la empresa de servicios públicos domiciliarios NO realiza ningún tipo de actividad en cuanto al aprovechamiento y reincorporación de los residuos orgánicos y reciclables al sistema productivo como alternativas económicas tales como la creación de una empresa de compostaje, ya que aproximadamente el 67% de los residuos generados son de tipo orgánico.

En cuanto a los residuos reciclables, la generación de estos residuos es pequeña, equivalente al 13% de la producción total de los residuos generados en el casco urbano del municipio, convirtiendo de esta manera la actividad del reciclaje, en una actividad no viable económicamente para los habitantes del municipio de Guamal. No se cuenta con bodegas de

acopio, estaciones de clasificación y aprovechamiento, ni mucho menos con grupos de recicladores conformados legalmente bajo alguna figura jurídica; Sin embargo, algunas personas de manera informal se dedican a recuperar plásticos o materiales ferrosos.

Por lo anterior, nace la propuesta de investigación que pretende realizar la valoración económica los residuos sólidos generados en la cabecera Municipal de Guamal departamento del Magdalena. Lo cual permite tener una información actualizada de las características, cantidad y clasificación de residuos sólidos producidos en el casco urbano del Municipio de Guamal teniendo en cuenta las características sociodemográficas de la población. Conocer los alcances y limitaciones económicas (costo/beneficio) del reciclaje y aprovechamiento de los residuos sólidos en el municipio de Guamal. A partir de la anterior información se puede formular procesos de reciclaje y aprovechamiento de los residuos y así solucionar problemas ambientales como extender la vida útil del relleno sanitario, activación de la economía local respecto a este tema, incentivar a la comunidad en general sobre los beneficios sociales y ambientales que se tiene al adoptar estrategias de mitigación de impacto ambiental como el aprovechamiento de los RS generados.

Así mismo, esta propuesta de negocio estará basada en los principios de economía circular de los residuos sólidos y lineamientos de la resolución 351 y 352 de 2005 de la Comisión de Regulación de Aseo y Agua Potable, para lograr un mayor aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos.



3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Valorar Económicamente los Residuos Sólidos Generados en la cabecera Municipal de Guamal Departamento del Magdalena.

3.2. Objetivos Específicos

Caracterizar los Residuos Sólidos Producidos en el Casco Urbano del municipio de Guamal Departamento del Magdalena.

Estimar el Valor Económico de los Residuos Sólidos Aprovechables Generados en el Casco Urbano del Municipio de Guamal Departamento del Magdalena.

Formular los Procesos de Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Generados en el Casco Urbano del municipio de Guamal Departamento del Magdalena.



4. Marco Referencial

4.1. Antecedentes De La Investigación

A continuación, se presentan los antecedentes relacionados al tema de interés con el fin de orientar los objetivos de la investigación que se realiza:

Robledo y Ronderos (2019), desarrollaron la investigación titulada Estudio de pre factibilidad del aprovechamiento de los residuos orgánicos para la producción de compost en el asentamiento poblacional la Nohora; para optar el título de Ingeniero Ambiental en la Universidad Santo Tomás, con la finalidad de definir una estrategia para el aprovechamiento de los residuos orgánicos de la comunidad La Nohora para la producción de compost.

Para dar cumplimiento a su objetivo realizaron la caracterización de las tecnologías actuales en el compostaje en el ámbito nacional e internacional y la caracterizaron cuantitativa y cualitativamente residuos orgánicos en el asentamiento poblacional la Nohora. A partir de esos datos hicieron un estudio de mercado. Por último, realizaron la valoración de la perfectibilidad económica financiera. Los resultados de la investigación fueron que no existe un tratamiento adecuado para aprovechar los residuos sólidos en La Nohora, pero, en cambio, hay un potencial de materia orgánica producida por las viviendas que se puede aprovechar. El aporte de este trabajo en el desarrollo del presente proyecto es que instruye en el análisis de la perfectibilidad económica y financiera de la producción de compost y también mecanismo de capacitación de acuerdo a las falencias y dudas que tenga los habitantes de una comunidad específica en cuando a los conceptos de separación en la fuente, reciclaje y compost.

Montoya et al. (2018), desarrollaron la investigación titulada Valoración de los residuos sólidos de la Comuna Dos de Bello (Antioquia), como sistema alternativo de aprovechamiento; artículo científico como resultado de investigación, en la Universidad Tecnológico de Antioquia, con la finalidad de caracterizar los residuos generados en la Comuna 2, del municipio de Bello (Antioquia), para valorar el potencial económico y energético de los residuos sólidos generados.

Este trabajo se centra en la caracterización de los residuos generados en la Comuna 2, del municipio de Bello (Antioquia), para valorar el potencial económico y energético de los residuos

sólidos generados. Para la valoración del potencial energético de los residuos sólidos con fines de cogeneración se determinó el poder calorífico inferior de los residuos (PCI). Los residuos sólidos de la comuna 2 del municipio de Bello están compuestos por residuos ordinarios o comunes (46.7 %), residuos orgánicos (32.2 %) y residuos reciclables (21.0 %), con un PCI de 3 444.1 kcal/kg, por lo que tienen un valor económico y energético. El estudio de esta investigación es importante porque de muestra a través de sus resultados que si es posible implementar alternativas de gestión hacia la valorización energética de los residuos, los cuales pueden ser: biomasa estabilizada, fracciones de plásticos, celulosa (papel, cartón y madera), lodos biológicos estabilizados, así como textiles, caucho (incluyendo llantas) y cuero. Por lo tanto, es viable técnicamente la implementación de un tratamiento térmico de los residuos sólidos.

Figueroa (2018), desarrolló la investigación titulada Estimación del valor económico del proceso de compostaje de residuos sólidos urbanos en el distrito de independencia, Huaraz, Ancash, Perú; para optar el título de Ingeniero Ambiental, en la Universidad Nacional de Santiago Antúnez De Mayolo. El autor evaluó la situación actual de la gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) en el distrito de Independencia, Huaraz. Luego, identificó los factores que determinan el valor económico del proceso de compostaje de residuos sólidos urbanos (RSU). Por último, estimó el valor económico del proceso de compostaje de residuos sólidos urbanos (RSU). La metodología aplicada en esta investigación se toma como un punto referente para el desarrollo del estudio valoración económica de RS generados en la cabecera municipal de Guamal por su aporte en la medición de las variables más representativas para la medición monetaria de la ganancia o el beneficio de los RS, lo cual permitirá simular un mercado hipotético mediante encuestas a los consumidores, mecanismo más simple y eficaz, permitiendo averiguar cómo valora la persona el cambio en el bienestar que se necesita.

Osorio (2016), desarrolló la investigación titulada Valoración costo-beneficio del manejo integral de los residuos sólidos, aplicable a conjuntos residenciales en la ciudad de Cali. Caso de estudio: Cofundadores. Para optar el título de Economista, en la Universidad del Valle, con la finalidad de cuantificar desde el punto vista económico los costos y beneficios de la implementación de PGISS y el aprovechamiento de los residuos orgánicos para el conjunto residencial caso de estudio. La autora desarrolló un diagnóstico de la situación actual del manejo

de los residuos sólidos en el conjunto residencial caso de estudio. Después se hizo una valoración de los costos y beneficios económicos asociados a la implementación del PGIRS y al aprovechamiento de los RS. Por último, realizo una socialización de los resultados a través del observatorio de conflictos ambientales del área de gestión ambiental en la escuela de ingeniería de los recursos naturales y del ambiente y con los habitantes del conjunto residencial objeto de estudio. Según los resultados de la relación beneficio-costos B/C, encontramos que financieramente el proyecto es atractivo, puesto que la relación B/C es de 4.1. Es decir, que, por cada peso invertido en el programa, se obtiene un beneficio de 4,1. Los beneficios brutos que podrían recibir el conjunto residencial anualmente (con escenario de aprovechamiento del 85% de los residuos sólidos) ascienden a \$ 19.979.857.

El componente más representativo del total de los ingresos es la disminución de la tarifa de aseo, seguido de la venta de compost y finalmente del reciclaje. La disminución potencial de la tarifa de aseo en caso de lograr la implementación del PGIRS y el aprovechamiento del 85% de los residuos sólidos, está alrededor del 30% con base en la tarifa el conjunto residencial caso de estudio. El 85% de los residuos generados en la unidad residencial Fundadores son aprovechables (compostables y Reciclables), los cuales en su gran mayoría son residuos orgánicos de rápida degradación. Tan solo el 15% no son recuperable y está compuesto en mayoría por residuos higiénicos y desechos de mascotas. Esta investigación demuestra los resultados positivos cuando se realiza una buena investigación sobre la valoración económica de los residuos sólidos y que si es posible el equilibrio del costo beneficio de aprovechar los RS todo esto con el debido apoyo de las comunidades involucradas.

Ortega y Torres (2016), desarrollaron la investigación titulada Diseño de una planta de tratamiento de residuos sólidos municipales para poblaciones pequeñas; para optar el título de Ingeniero Químico Ambiental, en la Universidad Nacional del Centro del Perú, con la finalidad de Diseñar una planta de Residuos Sólidos Municipales y seleccionar el sitio en la localidad de Huacrapuquio - Huancayo - Junín. Esta investigación se llevó a cabo en cuatro etapas; los autores caracterizaron los Residuos Sólidos Municipales de la localidad de Huacrapuquio - Huancayo – Junín. Luego, analizaron el dimensionamiento de las áreas de reciclaje y compostaje de la planta de tratamiento de los Residuos Sólidos Municipales de la localidad de Huacrapuquio. Analizaron

el dimensionamiento del área de disposición final de la planta de tratamiento de los Residuos Sólidos. Por último, evaluaron y seleccionaron el sitio adecuado para la planta de Residuos Sólidos Municipales para la localidad de Huacrapuquio. Los resultados de la investigación fueron que la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios en la localidad de Huacrapuquio es de 0,364 kg/habitante/día del cual un 48,942% es reaprovecharle, de estos los residuos compostificables un 25,77%, los reciclables se cuantificaron en un 23,18%. Este trabajo es una guía para realizar la determinación y caracterización de los residuos sólidos generados en un municipio pequeño, sumado a esto brinda pautas para evaluar y seleccionar el sitio más adecuado para la construcción de una planta de residuos sólidos municipales.



4.2. Marco Teórico

4.2.1. Residuo

Según (Minambiente & Minvivienda, 2005) un residuo es cualquier objeto, material, sustancia, elemento o producto que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, cuyo generador descarta, rechaza o entrega porque sus propiedades no permiten usarlo nuevamente en la actividad que lo generó ó porque la legislación o la normatividad vigente así lo estipula Pag.3.

4.2.1.1. Tipos De Residuos.

4.2.1.1.1. Residuos Sólidos.

Los residuos sólidos se dividen en aprovechables y no aprovechables.

Residuo sólido no aprovechable. Es todo material o sustancia sólida o semisólida de origen orgánico e inorgánico, putrescible o no, proveniente de actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación en un proceso productivo. No tienen ningún valor comercial, requieren tratamiento y disposición final y por lo tanto generan costos de disposición (Ministerio de Vivienda, 2017).

Residuo sólido aprovechable. Es cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso directo o indirecto para quien lo genere, pero que es susceptible de incorporación a un proceso productivo (Ministerio de Vivienda, 2017).

4.2.1.1.2. Residuos Peligrosos.

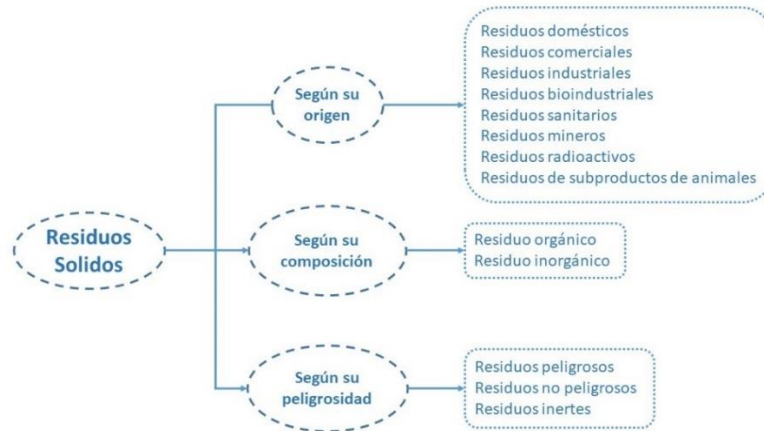
Es aquel que, por sus características infecciosas, tóxicas, explosivas, corrosivas, inflamables, volátiles, combustibles, radiactivas o reactivas puedan causar riesgo a la salud humana o deteriorar la calidad ambiental hasta niveles que causen riesgo a la salud humana (Ministerio de Vivienda, 2017).

4.2.1.2. Clasificación De Los Residuos Sólidos.

Los residuos sólidos se pueden clasificar según su origen, peligrosidad y composición como se muestra en la siguiente figura 1:

Figura 1

Clasificación de los residuos solidos



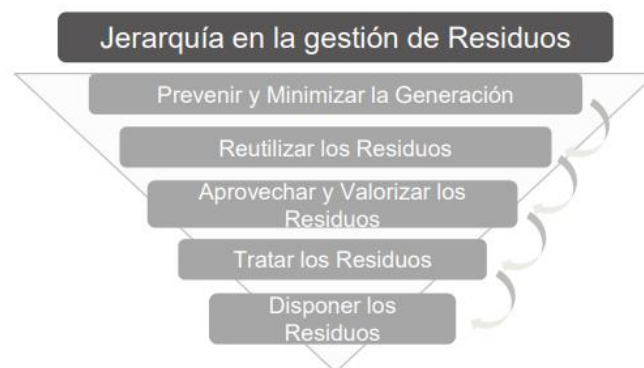
Fuente: Autores, 2021. Adaptado de (ICONTEC, 2009)

4.2.2. Manejo De Los Residuos Sólidos

El manejo integral implica la planeación y cobertura de las actividades relacionadas con los residuos, desde la generación hasta la disposición final.

Figura 2

Componentes del Manejo Integral de Residuos



Fuente: (Ministerio de Vivienda, 2017)

La eficiencia en la gestión de residuos sólidos municipales no sólo depende de los municipios e instituciones responsables de su administración, sino también de los hábitos y costumbres de la población: es importante que la misma entienda la importancia del manejo de los residuos y participe activamente.

4.2.2.1. Sistema De Manejo De Los Residuos.

Es importante conocer cada etapa del ciclo de residuos, para entender la situación actual del manejo de los residuos en el municipio o donde aplique, de este modo identificar brechas y criticidades en el servicio, y establecer áreas de prioridad por mejoramiento.

Figura 3.

Etapas del ciclo de residuos



Fuente: (Ministerio de Vivienda, 2017)

En el caso de estudio el Municipio de Guamal, la situación actual del manejo de residuos sólidos la etapa inicia en la generación, recolección y transporte y pasa directamente a la disposición final que es en el botadero a cielo abierto, por lo tanto, no cuenta con un tratamiento o aprovechamiento antes de ser llevado al botadero.

4.2.2.2. Tipos De Tratamiento De Residuos Sólidos.

4.2.2.2.1. Biometanización.

Proceso realizado por microorganismos en ausencia de oxígeno, para producir metano (CH₄), Dióxido de carbono (CO₂) y un producto orgánico (lodos) que una vez estabilizado se puede utilizar para el mejoramiento de los suelos (aquellos productos que no vayan a ser destinadas al consumo directo como productos alimentarios) (Figuroa, 2018).

4.2.2.2.2. Incineración Con Aprovechamiento Energético.

Es un proceso de oxidación térmica que ocurre a altas temperaturas en el cual los residuos (peligrosos o no), son convertidos en presencia de oxígeno, en gases y residuos sólidos incombustibles. Los gases generados son emitidos a la atmósfera y los residuos sólidos son depositados en un relleno de seguridad (Figuroa, 2018).

4.2.2.2.3. Reciclaje.

En lo establecido en el decreto 1713 de 2002 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. El reciclaje puede constar de varias etapas: procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, recolección selectiva acopio, reutilización, transformación y comercialización (Presidente de la República de Colombia, 2002).

4.2.2.2.4. Compostaje.

El compostaje es un mecanismo de tratamiento en el que residuos orgánicos se descomponen biológicamente en condiciones controladas, el resultado se puede utilizar como fertilizante orgánico para el suelo. Entre los beneficios de esta práctica están: que aporta nutrientes al suelo, brinda extensión de la vida útil del relleno sanitario, el uso de fertilizantes artificiales y es eco-sostenible (Figuroa, 2018).

4.2.2.2.5. Aprovechamiento En El Marco Del Servicio Público Domiciliario De Aseo.

Es el conjunto de actividades dirigidas a efectuar la recolección, transporte y separación, cuando a ello haya lugar, de residuos sólidos que serán sometidos a procesos de reutilización, reciclaje o incineración con fines de generación de energía, compostaje, lombricultura o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos en el marco de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos (Presidente de la República de Colombia, 2002).

4.2.3. Afectaciones Derivadas De Los Residuos Solidos

Los residuos sólidos han existido a través de toda la existencia de la humanidad, los cuales al pasar de las eras estos han tenido una transformación puesto nuestras civilizaciones han pasado de ser nómadas a ser civilizaciones sedentarias, lo cual conlleva la generación de miles de afectaciones tanto hacia el ser humano como así el medio ambiente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Piensa un minuto antes de actuar: Gestión Integral de los Residuos Solidos, 2018).

4.2.3.1. Enfermedades Provocadas Por Los Residuos Sólidos.

4.2.3.1.1. Enfermedades Microbiológicas.

Parasitosis: Muy común en personas expuestas, encontrando lo más frecuente a la ascaridiasis por la ingestión de alimentos contaminados por los huevos del áscar, dando alteraciones en el intestino, vías biliares y raramente en pulmones.

Amebiasis: Producida por la ingestión de huevos de amebas, los síntomas son; malestar general, falta de apetito, diarreas leves o graves, algunas veces con sangre, acompañado de dolores cólicos abdominales, fiebre y deshidratación, pudiendo llegar a un cuadro más grave con compromiso hepático por la presencia en el mismo de abscesos.

Tenías: Alojadas en el intestino producen una alteración en la nutrición de las personas ya que producen disminución de peso porque se alimentan de los nutrientes aportados.

Fiebre Tifoidea: Causada por la ingestión de alimentos o bebidas contaminadas, llegando la bacteria a instalarse en el intestino, donde luego podrán migrar a ganglios para instalarse en el hígado pudiendo de allí llegar al bazo y cerebro. Los síntomas con que se manifiesta son: dolor de cabeza, escalofrío, insomnio, decaimiento y fiebre.

Enfermedades Micóticas: Producen enfermedades por la putrefacción de alimentos o compuestos orgánicos de la basura que al descomponerse liberan sus esporas al aire, que luego se ponen en contacto con la piel causando dermatitis.

4.2.3.1.2. Enfermedades Esparcidas Por El Aire.

El Aire es una fuente transportadora de millones de microorganismos de los Residuos Sólidos (Basura) que favoreciendo las enfermedades de tipo respiratoria a las que se agregan la presencia de partículas de plomo, dióxido de carbono y demás componentes de la descomposición orgánica (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Piensa un minuto antes de actuar: Gestión Integral de los Residuos Solidos, 2018).

Enfermedades respiratorias: Bronquitis, Asma, Neumonía, Cáncer Pulmonar, Edema Pulmonar y otras. Enfermedades en la piel Fatiga y Migraña. Se afectan los animales domésticos y salvajes. Se afectan las plantas domésticas y los bosques.

4.2.3.1.3. Enfermedades Esparcidas Por El Agua.

El Agua es una fuente transportadora de millones de microorganismos de los Residuos Sólidos (Basura) que favorece el contagio de varias enfermedades, ya que se presentan la contaminación de este vital recursos para la vida el cual se presenta tanto de forma superficial (Ríos, Lagunas, Lagos, Quebradas, Riachuelos y el Mar) y de forma subterránea al trasportase los diferentes lixiviados por las capas de la tierra hasta llegar a este vital recursos que termina brotando de la tierra a las fuentes superficiales de agua ya contaminada, todo esto debido a la descomposición de la materia orgánica que esta mezclada con diferentes componentes (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Piensa un minuto antes de actuar: Gestión Integral de los Residuos Solidos, 2018).

Enfermedades infecciosas, causadas por las aguas negras. Cómo el cólera, la fiebre tifoidea, la disentería y la hepatitis A y B. Enfermedades ocasionadas por la presencia en el agua de tóxicos químicos Enfermedades cuando el agente infeccioso se encuentra en el seno de otros organismos que viven en el agua (larvas de mosquitos). Muerte de la vida acuática. Enfermedades que engloban trastornos nerviosos, digestivos y renales (causado por el plomo), como la diarrea.

4.2.4. Valoración Económica De Bienes Y Servicios Ambientales

Se define como un intento de atribuir valores cuantitativos a los bienes, servicios y atributos que brindan los recursos naturales y el medio ambiente, independientemente de que tengan mercado o no. Es un instrumento que posibilita las pérdidas económicas y ganancias para la sociedad, la protección, restauración, restauración y conservación del o, por el contrario, los costos del deterioro o destrucción de los recursos naturales y ambientales (Castiblanco, 2013).

4.2.4.1. Beneficios De La Valoración Económica De Bienes Y Servicios Ambientales.

Según (Castiblanco, 2013) realizar la valoración económica ambiental aporta los siguientes beneficios:

Mejora la calidad y complementar los procesos de evaluación ambiental, mediante la estimación del valor de las externalidades negativas y positivas, incluyendo el efecto de las medidas de control y compensación ambiental.

Facilita el seguimiento a los planes de manejo, al servir como punto de referencia para dimensionar las inversiones para el control de los impactos ambientales.

Evalúa la equivalencia entre los costos de los efectos negativos sobre el bienestar de la población que no se pueden evitar mediante la prevención, mitigación o corrección de los impactos ambientales, y los efectos positivos sobre esta misma población derivados de las medidas de compensación que se apliquen.

Mitiga problemas de subvaloraciones o sobre estimaciones de las inversiones ambientales en el control de los impactos.

Genera información sobre incertidumbres y riesgos.

Incorpora criterios de costo efectividad para mejorar el diseño e implementación del proyecto.

Aporta información para diseñar mejores esquemas y planes para corregir, mitigar o compensar los impactos ambientales.

4.2.5. Costos Y Tarifas Para El Servicio Público De Aseo

La Resolución 351 de 2005, contiene las indicaciones de cálculo para la determinación de las tarifas a cobrar a los usuarios por el servicio público domiciliario de aseo (UNICEF, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Terr, Embajada del Reino de los Países Bajos, & CRA, 2006).

La metodología indica que hay dos tipos de costos para adoptar:

4.2.5.1. Costo Fijo Medio De Referencia (CFMR).

Se calcula por suscriptor y es el resultado de la suma de los costos de facturación, recaudo y manejo de los usuarios o clientes, y del costo del barrido y limpieza de vías y áreas públicas al menos una vez por semana. El costo fijo no varía de acuerdo con el volumen recolectado. Estos son los costos de comercialización y costo del barrido y limpieza de vías y áreas públicas (UNICEF et al, 2006).

4.2.5.2. Costo Variable Medio De Referencia (CVMR).

Se calcula a partir de la suma del costo de recolección y transporte y el costo de transporte por tramo excedente (cuando la distancia al sitio de disposición final es mayor a 20 Km) más el costo del tratamiento de los residuos (si se realiza esta actividad) y lo que se cobra por la disposición final de los residuos en un sitio adecuado (generalmente un relleno sanitario) (UNICEF et al, 2006). Estos son costo de la recolección y transporte de los residuos, costo del transporte por tramo excedente, cálculo del costo de aprovechamiento (CDTa), y costo de la disposición final.

4.2.5.2.1. Cálculo Del Costo De Aprovechamiento (CDTA).

El aprovechamiento es un tipo de disposición final de residuos sólidos que comprende las actividades de recuperación y/o utilización de manera que únicamente sean llevado al relleno sanitario aquellos residuos que definitivamente no tienen ninguna utilidad (UNICEF et al, 2006).

Los procesos más significativos de aprovechamiento de estos residuos sólidos son: Reciclaje de material (vidrio, aceite, papel, materiales plásticos, metales, etc.). Transformación de residuos orgánicos en compost, producción de biogás.

4.2.6. Centroide

Para el cálculo del centroide, el área de prestación de servicio deberá dividirse en áreas de tamaño homogéneo como máximo de un (1) km². Para cada una de estas áreas, se establecerá un Centroide particular, determinado como el centro de la figura geométrica que se constituye en el área de tamaño homogéneo (CRA, 2006).

4.2.7. Modelos Tarifarios

Es fundamental lograr que el diseño del modelo de costos de transporte sea el correcto, debido a que de ello dependerá la precisión y confiabilidad de su resultado. El diseño se basa desde el punto de vista de la empresa o personas que requieren un servicio de transporte (ESPOL).

El modelo de costos de transporte básicamente consiste en determinar la tarifa de transporte de diferentes rutas con diferentes tipos de vehículos y seleccionar la alternativa óptima o menos costosa, con esto se logra determinar la capacidad del vehículo que debe realizar una ruta específica y el valor de la tarifa a pagar por el transporte (ESPOL).

El modelo tarifario emplea un tiempo de vida útil de hasta 10 años, esto puede ser modificado de acuerdo a las necesidades específicas del sector (ESPOL).

ROA: Es la rentabilidad sobre los activos (return on assets) y se calcula dividiendo las ganancias (utilidad) anuales del inversionista o compañía para el valor total de la inversión anual. El ROA se presenta en porcentaje y se utiliza para definir la ganancia fija del inversionista (ESPOL).

El valor designado para el ROA deberá ser determinado en base a las condiciones del entorno económico del país donde sea aplicado el modelo, las características del negocio, las regulaciones del sector y la capacidad de pago de la compañía (ESPOL).

Utilidad: En el modelo tarifario de transporte se definen como utilidad, las ganancias anuales del inversionista. Estas son determinadas en base a un ROA específico (ESPOL).

4.2.7.1. Parámetros De Ruta.

Los parámetros de ruta son aquellas características que diferencian a las rutas de transporte y que modifican los valores de las variables de acuerdo a esas características.

- ✓ **Origen:** Es el lugar donde empieza la ruta de transporte.
- ✓ **Destino:** Es el lugar donde finaliza la ruta, pero no el recorrido.
- ✓ **Distancia:** Es el kilometraje entre el origen y el destino.
- ✓ **Recorrido:** El recorrido empieza y termina en el origen. Es la distancia multiplicada por 2.5
- ✓ **Peaje:** Es el valor que se le paga a una empresa concesionaria por los servicios de mantenimiento y de seguridad de un tramo específico de carretera. El peaje varía de acuerdo a la capacidad del vehículo y la concesionaria.
- ✓ **Estado de la carretera:** Las carreteras pueden ser de 1°, 2° y 3° orden dependiendo del estado de estas. En base a esta información se determina un coeficiente de corrección de rendimiento de neumáticos que varía la vida útil de los mismos. El rendimiento de los neumáticos con tubo en una carretera de 1° orden es en promedio de 70.000 km aproximadamente, de acuerdo a datos obtenidos de un estudio realizado en una empresa comercializadora de GLP.
- ✓ **Geografía de la ruta:** Este parámetro permite ingresar al modelo la geografía de la ruta en el que el vehículo va a circular, es decir, el % de terreno plano y el % de terreno montañoso o cuesta. Esto permitirá obtener un índice de corrección de terreno que variará el rendimiento de combustible de los vehículos utilizados en el modelo.

- ✓ **Número de viajes mes:** Es el número de viajes al mes que podría realizar un vehículo específico en una ruta específica dependiendo de las características propias del negocio. Es un parámetro sumamente importante para la determinación de tarifas de transporte, en base a este dato los costos fijos por viaje o tonelada se incrementan o disminuyen en gran proporción.

4.2.7.2. Costos Fijos.

Los costos fijos son aquellos que se mantienen inalterables independientemente de la distancia de la ruta o recorrido que el vehículo efectuará y son:

- ✓ **Impuestos de inversión:** Es el 12% del valor del vehículo y de los arreglos que se realiza a éste para que pueda desarrollar la actividad deseada. Este valor se lo anualiza dividiéndolo para el tiempo de trabajo del vehículo. Es un gasto que se realiza al momento de adquirir el activo. Al ser gasto no se deprecia, por lo tanto, no se lo considera como parte de la inversión.
- ✓ **Mano de obra y alimentación:** La mano de obra y alimentación tienen diferentes componentes como los son: el sueldo base, los décimos, el IESS patronal, las vacaciones, las horas extras, etc.
- ✓ **Fondo de reserva:** La depreciación es la reducción del valor de un activo en el tiempo. Contablemente un vehículo se deprecia a 5 años, sin embargo, el modelo tarifario de transporte empleará un fondo de reserva en lugar de la depreciación contable del vehículo, para darle al usuario flexibilidad y determinar la depreciación del activo de acuerdo al tiempo de vida útil, considerando las características del negocio, las regulaciones del sector y la capacidad de pago de la compañía.
- ✓ **Seguro:** El seguro para este tipo de actividad enmarca daño propio, al vehículo como consecuencia directa de choque, volcadura, incendio, robo, hurto o cualquier otro suceso originado por una fuerza externa, repentina y violenta; responsabilidad civil, a terceros por lesiones corporales o daños causados a personas o bienes que se encuentren fuera del vehículo; a ocupantes por lesiones corporales que sufran las personas que viajan dentro del

vehículo asegurado; y como coberturas adicionales asistencia en viajes, equipos de sonido y de comunicación, entre otras (Superintendencia de Bancos y Seguros).

El seguro es un valor que se paga anualmente y se determina multiplicando un porcentaje o prima, que asigna la compañía de seguros, por el valor comercial del vehículo. El valor del vehículo va cambiando cada año de acuerdo a su depreciación comercial anual o en este caso, el valor del vehículo a asegurar se le irá restando el fondo de reserva anual de forma acumulada hasta llegar a un máximo del 40% del valor inicial del vehículo.

- ✓ **Permisos:** Los permisos de operación de un vehículo son pagados anualmente y dependen de la actividad que se va a realizar y del tipo de vehículo, los permisos más comunes son: matriculación, permiso del ministerio de obras públicas, permiso del cuerpo de bomberos, permiso de la dirección nacional de hidrocarburos, permisos municipales para circulación en zonas restringidas, etc.⁷
- ✓ **Gastos administrativos:** Los gastos administrativos son aquellos valores que se pagan por ciertos servicios adicionales que una empresa de transporte o un particular requiere para un mejor control del negocio como: radio, celular, secretaria y/o contador, control de monitoreo satelital, alquiler de establecimiento, etc.

4.2.7.3. Costos Variables.

Los costos variables son aquellos que varían de acuerdo a la distancia de la ruta o recorrido y son:

- ✓ **Neumáticos:** Para determinar el costo que genera el uso de los neumáticos es necesario tener la siguiente información: tipo de neumáticos, cantidad, el costo unitario y sus componentes y el rendimiento promedio. El rendimiento de los neumáticos varía en base al estado de la carretera y al tipo de vehículo.⁷
- ✓ **Mantenimiento:** Se divide en mantenimiento preventivo y correctivo. Para determinar el valor de mantenimiento es necesario enlistar todos los ítems y/o repuestos necesarios para la

operación de un vehículo, el costo unitario, la cantidad de ítems y el rendimiento por kilómetro de cada repuesto o ítem.

- ✓ **Combustible:** El costo de combustible se determina de similar manera que el costo de los neumáticos y los costos de mantenimiento. Se necesitan el tipo de combustible que usa el vehículo, el costo del combustible por galón y el rendimiento en galones por kilómetro de los diferentes tipos de vehículos que pueden ser ingresados en el modelo tarifario de transporte. El rendimiento del combustible varía de acuerdo a la geografía de la ruta, si la ruta es montañosa se considera que el rendimiento disminuye en un 100%.

4.3.Marco Conceptual

Aprovechamiento. Actividad complementaria del servicio público de aseo que comprende la recolección de residuos aprovechables, el transporte selectivo hasta la estación de clasificación y aprovechamiento o hasta la planta de aprovechamiento, así como su clasificación y pesaje por parte de la persona prestadora (CONPES, 2018).

Botadero. Lugar donde se arrojan los residuos a cielo abierto en forma indiscriminada sin recibir ningún tratamiento sanitario (Ministerio de Vivienda, 2017)

Disposición Final. Es el proceso de aislar y confinar los residuos o desechos peligrosos, en especial los no aprovechables, en lugares especialmente seleccionados, diseñados y debidamente autorizados, para evitar la contaminación y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente (Alcaldía Municipal Ibagué, 2018).

Ciclo de Vida de un Producto. Todas las etapas del desarrollo de un producto, incluidos su diseño, la extracción o adquisición de materia prima, producción, comercialización, uso, reutilización, reciclaje, y reincorporación al ciclo productivo o hasta su disposición final (CONPES, 2018).

Desecho. Material que tras el término de su vida útil no es susceptible de aprovechamiento (CONPES, 2018).

Economía Circular. Modelo que busca que el valor de los productos, los materiales y los recursos se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible, y que se reduzca al mínimo la generación de residuos (CONPES, 2018).

Generador. Persona que produce residuos sólidos y es usuario del servicio (Ministerio de Vivienda, 2017).

Lixiviado. Es el líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de los residuos sólidos: está compuesto por el agua proveniente de precipitaciones pluviales, humedad de la basura y descomposición de la materia orgánica que arrastra materiales disueltos y suspendidos (Ministerio de Vivienda, 2017).

Macro y Micro Ruta. La macro ruta es la división geográfica de una ciudad, población o zona para la distribución de los recursos y equipos a fin de optimizar el servicio. La micro ruta detalla a nivel de las calles y manzanas el trayecto del vehículo, para la prestación del servicio de recolección, dentro del ámbito de una frecuencia predeterminada (Ministerio de Vivienda, 2017).

Reutilización. Es la prolongación de la vida útil de los residuos recuperados y que mediante procesos, operaciones o técnicas devuelven a los materiales su posibilidad de utilización en su función original o en alguna relacionada, sin que para ello requieran procesos adicionales de transformación física o química (CONPES, 2018).

Relleno sanitario. Lugar técnicamente seleccionado, diseñado y operado para el confinamiento de los residuos sólidos municipales. Comprende el esparcimiento, acomodo y compactación de los residuos, su cobertura con tierra u otro material inerte, por lo menos diariamente, y el control de los gases y lixiviados y la proliferación de vectores, a fin de evitar la contaminación del ambiente y proteger la salud de la población (Ministerio de Vivienda, 2017).

Segregación. Actividad que consiste en recuperar materiales reusables o reciclables de los residuos (Ministerio de Vivienda, 2017).

Tratamiento. Es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos sólidos incrementando sus posibilidades de

reutilización o para minimizar los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana (Ministerio de Vivienda, 2017).

Valorización. Operación a través de la cual los residuos son preparados para cumplir una finalidad, de tal forma que pueden ser utilizados como sustitutos de otros materiales o fuentes de energía que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular en la misma instalación o en la economía en general (CONPES, 2018).

4.4.Marco Contextual

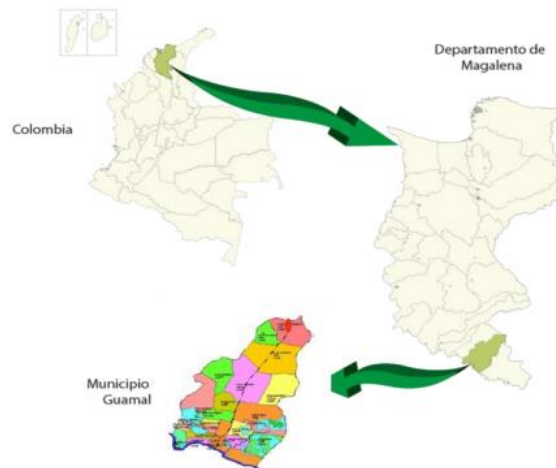
A continuación, se presenta la división política administrativa del municipio de Guamal donde se encuentra el área de influencia del proyecto de investigación en la figura 2.

4.4.1.1.Municipio De Guamal.

El Municipio de Guamal Magdalena se encuentra ubicado en la subregión sur del Departamento del Magdalena, y en las coordenadas 9° 9' de latitud N, 74° 14' de longitud O.

Figura 4.

Localización geográfica del municipio de Guamal, Magdalena



Nota: La figura representa los límites del Municipio de Guamal y su división política administrativa corregimientos, el cual fue obtenido (Alcaldía Municipal de Guamal, 2020)

Limita al Norte con el Municipio de San Sebastián de Buenavista, al Sur con el Municipio del El Banco, al Este con el Municipio de Astrea, perteneciente al Departamento del Cesar y al Oeste con el Brazo de Mompo del río Magdalena. La extensión aproximada del municipio es de 554 Km² que representa el 2,3 % de la superficie del departamento. El municipio de Guamal está dividido en 22 corregimientos y a su vez estas se dividen en 31 veredas. (Alcaldía de Guamal Magdalena, 2019).

Tabla 1.

Corregimientos y veredas del Municipio de Guamal, Magdalena

Corregimientos	Veredas
Bellavista, Casa de Tabla, Guaimaral, Hatoviejo, La Ceiba, Las Flores, Pedregoza, Los Andes, Murillo, Pajalar, Playas Blancas, Pampan, San José de Paraco, Ricaurte, Salvadora, San Antonio, San Isidro, San Pedro, Santa Teresa, Sitio Nuevo, Urquijo y Villanueva.	Carretero, San Agustín (Km.28), Pueblo Nuevo, Sabana de Marañón, Isla Grande, San Francisco, Campo Amor, Bella Unión, Sabana del Hosco, Bella Unión, Mocuto, Kilómetro 14, Isla Grande, Puerto Rangel, Cuatro Bocas, Sabana de Tasajera, Los Tamaquitos, Las Delicias, La Peña, Cascajal, El Ecuador, El Guáimaro, La Linda, La Estación, Manantial, Aguada de Moreno, El Pantano, Las Guayabitas, Poncio, Coyaima, El Totumo, Las Pachitas, El Dividivi, El Silencio, Cascajal, Santiago.

Nota: Extraído de la Fuente: (Alcaldía Municipal de Guamal, 2020)

4.4.1.1.1. Demografía.

Según las actuales proyecciones de población calculadas con base en los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda –CNPV-2018 el Municipio cuenta con 27.918 habitantes, de los cuales el 51,6% (14.402) son hombres y el 48,4% (13.516) mujeres. Al comparar las proyecciones del DANE 2005-2020, se evidencia una reducción en la estimación de la población

del 9,9% aproximadamente, puesto que según estas para el año 2018 el Municipio contaba una población de 28.012 habitantes (Alcaldía Municipal de Guamal, 2020).

Un gran porcentaje de la población, el 68% (16.750 personas) se encuentran ubicada en la zona Rural y el 32% (8.933 personas) en la zona Urbana.

4.4.1.1.2. Educación.

El municipio de Guamal, según el Índice de pobreza Multidimensional presenta un bajo logro educativo del 68,70%, un rezago escolar del 24,60%, y una alta tasa de analfabetismo del 29%, (14,8%) según el DANE, es decir de personas que no saben leer ni escribir. Lo que se ve reflejado en una alta tasa de trabajo informal de más del 90% según la medición del mismo Índice (Alcaldía Municipal de Guamal, 2020).

Los principales problemas del sector educativo en el municipio derivan de la poca inversión en temas de mejoramiento de la calidad y cobertura educativa. Los ambientes escolares son inadecuados; muchas de las instituciones carecen de los componentes mínimos en infraestructura que permitan mejorar el aprendizaje.

4.4.1.1.3. Vivienda.

Según los datos del SISBEN, el municipio cuenta con 9.398 personas con 1.954 hogares en zona urbana, mientras que en la zona rural cuenta con 22.741 personas con 4.763 hogares. Si partimos del análisis nacional para los estudios a la pobreza monetaria y la pobreza extrema en donde se establece que la desaceleración en la caída de sus niveles durante el periodo 2017 al 2018 representa el 26,9% pasó a 27% y del 7,4% al 7,2% respectivamente, indicando que los ingresos económicos y la calidad de vida no emergen a la misma velocidad del crecimiento poblacional (Alcaldía Municipal de Guamal, 2020).

4.4.1.1.4. Empleo.

La tasa de desempleo en Colombia se sitúa en el 10,5% para el departamento de Magdalena del %, la tasa de pobreza monetaria extrema en el departamento se sitúa en el 15%. En el municipio,

según el Índice de Pobreza Multidimensional existe el 93% de trabajo informal (Alcaldía Municipal de Guamal, 2020).

Aunque no se cuentan con datos exactos de desempleo en el Municipio, es evidente que los indicadores anteriores muestran un mercado laboral débil en los Municipios del Departamento. La incapacidad de los municipios de generar empleos dignos, se debe a la falta de políticas de empleo claras, que fomenten la generación de nuevas fuentes de ingresos, el emprendimiento y la formalidad.

4.4.1.1.5. Servicio Público De Aseo.

La disposición de los desechos según el DANE - 2018 la cobertura de aseo es baja, menos de la mitad de las viviendas recibe el servicio de recolección de basura y solo alcanza un 31.7%, siendo el aporte en la zona urbana el más significativo con 90.3% mientras que la zona rural es de 5.7% (Alcaldía Municipal de Guamal, 2020).

Solo se cuenta con un único lugar para disposición final de los residuos que es un botadero a cielo abierto con colapso y en mora de intervención, no se cuenta con clasificación de los residuos y el fomento para la empresa de reciclaje no está establecido. De los 40 contenedores ubicados en el Municipio para disposición de residuos sólidos se mezclan los residuos sin una clasificación previa que permita el reciclaje.

4.4.1.1.6. Sistema De Recolección De Residuos Sólidos.

La recolección de residuos sólidos del municipio de Guamal Magdalena se encuentra establecido por zonas, consta de un carro compactador con capacidad de 7 toneladas, el cual cubre las rutas establecidas en cada zona por día, los recorridos se hacen una zona por día, cubriendo la demanda en un 90 % de la totalidad del territorio, en el municipio no se hace clasificación de residuos sólidos, que permita el aprovechamiento de los reciclables (Alcaldía Municipal de Guamal, 2020).

Existen alrededor de 40 contenedores con capacidad de 1 tonelada, distribuidos en los puntos más estratégicos del municipio, con lo cual se busca que las personas no mantengan las

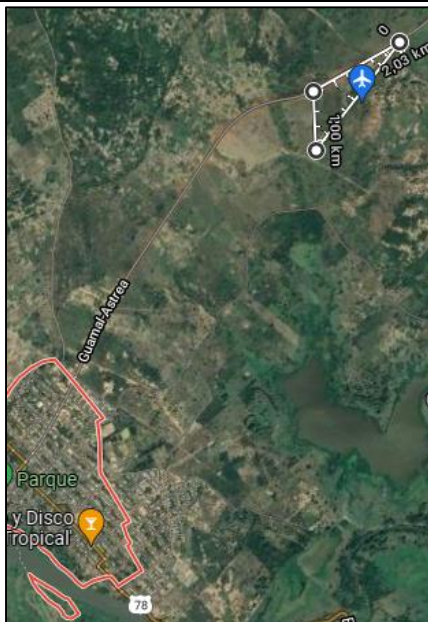
basuras en su casa por mucho tiempo, mientras llega el camión recolector. Existe una ruta establecida para la recolección de los residuos sólidos, esta se da de lunes a sábado, entre 8 am y 6 pm.

4.4.1.1.7. Ubicación Del Botadero.

El botadero de Guamal Magdalena se encuentra ubicado a 2.72 km de la cabecera municipal, los corregimientos más cercanos a su ubicación son, Sitio Nuevo a 2.14 km de distancia y Salvadora a 3.22 km, relativamente a una distancia considerable, sin embargo, se encuentra ubicado a tan sólo 30 metros de la vía principal entre Guamal – Astrea (Cesar), que dependiendo del tipo de tratamiento o manejo que se les dé a los residuos sólidos, puede convertirse en un problema de mucha importancia para quienes transitan a diario por esta vía (Alcaldía Municipal de Guamal, 2020).

Figura 5.

Ubicación del botadero a cielo abierto de Municipio de Guamal Magdalena



Fuente: Adaptado de Google Earth, 2021

El botadero de basuras de Guamal se encuentra rodeado de 4 cuerpos de aguas superficiales, 3 ciénagas y el brazo del río Magdalena. La ciénaga la rinconada que se encuentra a

5 km del botadero, ciénaga ubicada a 3 km y ciénaga Peralejo a tan sólo 2 km de distancia, y por último el brazo del río Magdalena que se encuentra a 3.2 km de distancia del botadero, lo que por escorrentías se puede convertir en un problema para estos cuerpos de aguas si no se les da un manejo adecuado a los residuos sólidos que allí se depositan, situación que hace necesaria su clausura.

4.4.1.1.8. Hidrografía.

Buena parte de la superficie del territorio está conformada por ciénagas, destacándose por su tamaño las de Chilloa, la Rinconada, Pajalar, Sabayo y Peralejo, además de la Lata y Manuel Pérez entre las más importantes por su riqueza en flora y fauna acuática. También se encuentran los caños de Guamal, Rampla, La Poza, Guapísimo, Manantial, Musangal, El Zaino, El Totumo (Alcaldía Municipal de Guamal, 2020).

4.4.1.1.9. Recurso Hídrico.

Aproximadamente el 32% de la superficie del territorio del municipio está conformado por ciénagas, destacándose por su tamaño las de Chilloa, La Rinconada, Pajalar, Sabayo, y Peralejo; todas de gran importancia por su riqueza en flora y fauna acuática. También se encuentran los caños de la Poza, Rampla, Sucio, Carambola, Guamal, Guapísimo, Quemao, De Palma, Babilla, Hondo, Grande, El Totumo, Surrabal, de las Flores, Manantial, Musangal, El Saino, La Aguada, otros arroyos y quebradas (Alcaldía Municipal de Guamal, 2020).

La ciénaga de y la Rinconada se ha visto seriamente afectada por la sedimentación y contaminación, reduciendo su nivel de manera alarmante, generando un problema de inseguridad alimentaria para sus habitantes por la falta de peces.

4.4.1.1.10. Biodiversidad.

El municipio está ubicado a orillas de la vertiente del brazo de Mompos, del río Magdalena, de gran importancia para la economía de la región. A él vierten sus aguas gran cantidad de caños, arroyos y quebradas, lo que la ha hecho ser considerada la tercera vertiente hidrográfica del departamento.

El municipio posee una vegetación predominante de bosque seco tropical. A esta formación corresponden los Caracolies, Uvero, Carretos, Campano, Guáramo, Naranjuelo, Hobo, Pimiento, Matarraton, totumo, Ceibas, cauchos, Algarrobos. En las sabanas dominan suelos con horizontes poco permeables próximos a la superficie. A demás debido a las últimas fluctuaciones climáticas se observa la proliferación de especies como el Dividivi, el Roble y la Palma de vino (Alcaldía Municipal de Guamal, 2020).

4.5.Marco Legal

Las bases legales que sustentan el objeto de estudio y deben tenerse en cuenta al momento de realizar la valoración económica de los residuos sólidos se describen a continuación:

Tabla 2

Normatividad general sobre los residuos sólidos en Colombia

Normativa	Descripción	Aplicación
Constitución Política de Colombia 1991	Artículo 79	La Constitución Política de Colombia, como norma de normas, regula los aspectos más importantes de nuestro Estado. Por lo tanto, garantiza el derecho de gozar de un ambiente sano a todas las personas.
Ley 09 del 1979	Por el cual dictan medidas sanitarias.	Reglamenta las actividades y competencia de salud pública para asegurar el bienestar de la población. Sin duda alguna la salud de los habitantes de una población determinada su calidad de vida, esta ley

Normativa	Descripción	Aplicación
		<p>dictamina las reglas más importantes para el funcionamiento de diversas entidades, producto o situaciones que influyen en las condiciones de vida de la comunidad.</p>
<p>Ley 142 de 1994</p>	<p>Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.</p>	<p>Esta Ley se aplica a los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo y otros. Esta ley debe garantizar la calidad del bien objeto del servicio público y su disposición final para asegurar el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios.</p>
<p>Ley 99 de 1993</p>	<p>por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.</p>	<p>Es importante tener en cuenta la ley que regula el derecho del estado a pervivir regalías por la explotación de recursos naturales no renovables, se establece las reglas para su liquidación y distribución y se dictan otras disposiciones.</p>

Normativa	Descripción	Aplicación
Ley 1252 de 2008	Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.	Esta ley prohíbe la importación y exportación de residuos peligrosos en el territorio nacional, según lo establecido en el Convenio de Basilea y sus anexos, asumiendo la responsabilidad de minimizar la generación de residuos peligrosos en la fuente, optando por políticas de producción más limpia.
Ley 1672 de 2013	Por el cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública Gestión Integral de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), y se dictan otras disposiciones.	Le da el carácter de manejo diferenciado a los RAEE, prohíbe su disposición final en los rellenos sanitarios y los restringe a rellenos de seguridad, para que sean retomados por los productores de aparatos eléctricos y electrónicos, mediante sistemas de recolección y de gestión ambientalmente seguro.
CONPES 3530 de 2008	Lineamientos y estrategias para fortalecer el servicio Público de aseo en el marco de la Gestión Integral de Residuos Sólidos.	Este documento permite a todos los actores involucrados encaminar sus acciones para fortalecer la prestación de este servicio, en el marco de la gestión integral de los residuos

Normativa	Descripción	Aplicación
CONPES 3874 de 2016	Política Nacional Para La Gestión Integral De Residuos Sólidos	sólidos y así resolver problemáticas ambientales. Este documento articula la visión ambiental con el componente de servicio público, lo cual es prioritario en la política pública nacional. Para su logro, desde el sector de residuos sólidos, se propone avanzar hacia una economía circular, la cual busca que el valor de los productos y materiales se mantengan durante el mayor tiempo posible en el ciclo productivo.
Decreto 1076 de 2015	Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.	Presenta los antecedentes del decreto único reglamentario, e indica que, entre otras cosas, en esta iniciativa se recogió en un solo cuerpo normativo todos los decretos reglamentarios vigentes expedidos hasta ese momento que desarrollan las leyes en materia ambiental.
Decreto 838 de 2005	por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos	Tiene por objeto promover y facilitar la planificación, construcción y operación de sistemas de disposición final de

Normativa	Descripción	Aplicación
	sólidos y se dictan otras disposiciones.	residuos sólidos, como actividad complementaria del servicio público de aseo, mediante la tecnología de relleno sanitario.
Decreto 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.	Plantea de manera futurista la necesidad de utilizar los mejores métodos de acuerdo con los avances de la ciencia y la tecnología, para la gestión integral de los residuos (recolección, tratamiento, procesamiento y disposición final).
Decreto 1743 de 1994	Por el cual se instituye el Proyecto de Educación Ambiental para todos los niveles de educación formal, se fijan criterios para la promoción de la educación ambiental no formal e informal y se establecen los mecanismos de coordinación entre el Ministerio de Educación nacional y el Ministerio del Medio Ambiente.	Pretende comprender los asuntos ambientales desde su dimensión natural, físicoquímica y biológica, pero también humana, con sus implicaciones demográficas, sociales, económicas, técnicas, tecnológicas, políticas y culturales.
Decreto 1505 de 2003	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713	Con la aplicación de los planes de gestión integral de residuos

Normativa	Descripción	Aplicación
	de 2002, en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.	sólidos a través de un manejo integral los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad.
Decreto 4741 de 2005	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.	Reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral, clasificación, caracterización, identificación y la necesidad de envasar, embalar, rotular, etiquetar y transportar adecuadamente los residuos peligrosos; establece obligaciones y responsabilidades de todos los actores relacionados con este tipo de residuos.
Decreto 2981 de 2013	Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo.	Es un decreto que indispensable para la prestación eficiente a toda la

Normativa	Descripción	Aplicación
		comunidad con continuidad, calidad y cobertura.
Decreto 596 de 2016	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.	Reconocimiento de la labor de los recicladores de oficio en proceso de formalización como prestadores del servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento.
Resolución 1096 de 2000	Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS	En el capítulo XVI contiene los requisitos técnicos de obligatorio cumplimiento para el diseño de sistemas de recolección, diseño de sistemas con y sin aprovechamiento, transporte y estaciones de Transferencia, incineración, rellenos sanitarios y residuos peligrosos que forman parte de los sistemas de aseo urbano.
Resolución 0330 de 2017	Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009.	La Resolución 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

Normativa	Descripción	Aplicación
Resolución 720 de 2015	por la cual se establece el régimen de regulación tarifaria al que deben someterse las personas prestadoras del servicio público de aseo que atiendan en municipios de más de 5.000 suscriptores en áreas urbanas, la metodología que deben utilizar para el cálculo de las tarifas del servicio público de aseo y se dictan otras disposiciones	públicos de acueducto, alcantarillado y aseo. Establece vínculos entre el cobro de tarifas por disposición final y el manejo ambiental adecuado. Incentiva en las empresas el desarrollo de tecnologías más optimas de mitigación ambiental, especialmente para las empresas operarias de los sistemas de disposición final.
Resolución 1045 de 2003	Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones	Se adoptó la metodología para la elaboración y ejecución de los PGIRS en todo el país.
Resolución 1407 de 2018	Por la cual se reglamenta la gestión ambiental de los residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio, metal y se toman otras Determinaciones.	Obliga a los productores formular, implementar y mantener actualizado un Plan de Gestión Ambiental de Residuos de Envases y Empaques, que fomente el aprovechamiento.

Normativa	Descripción	Aplicación
Resolución 2184 de 2019	Por la cual se modifica la resolución 668 de 2016 sobre el uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones.	Permite un avance positivo en materia de gestión de residuos, al unificar el código de colores para la entrega al servicio público de aseo.
Resolución 0316 de 2018	Reglamenta la gestión adecuada de los aceites de cocinas usados y se dictan otras disposiciones.	Ejerce control y verificación sobre los productores sobre el cumplimiento de las obligaciones sobre la adecuada gestión de los residuos de aceites usados.
Norma Técnica Colombiana GTC 24	Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para la separación en la fuente.	Permite proteger y preservar el medio ambiente, en forma eficiente evitando y minimizando la generación de residuos algunas alternativas son: reutilización, reciclaje, incineración con recuperación de energía, compostaje.

Nota: Elaborado por los Autores, 2021.



5. Marco Metodológico

Esta sección proporciona una descripción breve y detallada de las técnicas y procedimientos utilizados para lograr los objetivos establecidos en el proyecto de investigación.

5.1. Línea Y Sublínea De Investigación

La línea de investigación es Sostenibilidad y Gestión Ambiental; la cual tiene como sub-línea Tratamiento de residuos sólidos (Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria).

5.2. Tipo De Investigación

El tipo de investigación es descriptiva y explicativa. Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis y los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales (Sampieri, Fernández C., Baptista L., & Collado., 2014).

5.3. Nivel De Investigación

De acuerdo a los objetivos del estudio se definen dos niveles de investigación: el nivel perceptual que se compone de los estudios exploratorios y descriptivos, y el nivel comprensivo que se compone de estudios explicativos, predictivos y propositivos (Hernández, 2012).

5.4. Población De Estudio

La población objeto de estudio de la presente investigación son los residuos sólidos domiciliarios generados por la cabecera municipal del municipio de Guamal, Magdalena. Por lo tanto, se tendrá en cuenta como población el número y/o unidades de vivienda censadas la zona urbana del municipio de Guamal, el cual tuvo un resultado de 2.390 viviendas y 8.212 de personas (DANE, 2018).

Para la realización de este estudio, tanto el número de personas como el número de viviendas fueron proyectadas aritmética y logarítmicamente al año 2022, para ponderar sus valores y obtener la población de estudio con el que se trabajarán.

5.5.Muestra Poblacional

En este estudio se aplicó un muestreo aleatorio simple (MAS) para obtener una muestra representativa del número de viviendas que entraran a ser objeto de estudio del municipio de Guamal. Es el tipo de muestreo más sencillo, pero fundamental pues constituye la técnica muestral básica de la estadística inferencial de donde se derivan las demás (López & Fachelli, 2015).

Las ecuaciones correspondientes para la determinación del tamaño de la muestra n , teniendo en cuenta si se estima una media o una proporción, y teniendo en cuenta si se estudia una población finita para este muestreo probabilístico se muestra en la siguiente tabla 2:

Tabla 3.

Ecuaciones de determinación del tamaño de la muestra según el tipo de población y el parámetro estimado, dado un error muestral

Tamaño en función del error		Población
		Finita
Parámetro	Media	$n = \frac{Z^2 * \sigma^2 * N}{(N-1) * e^2 + Z^2 * \sigma^2}$

Nota: Extraído De La Fuente: (López & Fachelli, 2015)

Donde:

Z^2 : El número de unidades de desviación que indica el nivel de confianza adoptado, elevado al cuadrado.

σ^2 : La varianza de la variable cuantitativa sobre la que se calcula la media.

e^2 : El error muestral considerado, elevado al cuadrado.

N : el tamaño de la población.

P : la proporción (o porcentaje) de individuos que tienen una característica.

Q : la proporción (o porcentaje) de individuos que no tienen la característica.

Se considera aplicar un nivel de confianza del 95,5%, lo que implica considerar 2σ , es decir, un valor de dos unidades de desviación a partir de la media en la distribución normal, que se puede expresar también diciendo que $z=2$ (valor tipificado de la distribución normal).

Determinada el tamaño de la muestra con MAS, se hizo el muestreo cualitativo (clasificación) y cuantitativa (peso y volumen) de los residuos sólidos domiciliarios generados en la cabecera municipal de Guamal.

5.6.Desarrollo Metodológico

5.6.1. Fase 1. Caracterizar Los Residuos Sólidos Producidos En El Casco Urbano Del Municipio De Guamal Departamento Del Magdalena

5.6.1.1.Actividad 1. Diseño Del Marco Muestral.

Descripción: Considerando el tipo de uso del suelo urbano del municipio de Guamal, se realizó la implementación de un diseño aleatorio simple y al azar para obtener una muestra representativa de la población, para esto se hace necesario proyectar la población del municipio primeramente al año del presente estudio (2022) y posterior a cinco años de estudio (tiempo considerado para la implementación del modelo de negocio). La formulación matemática que se utilizará para predecir el aumento población será la siguiente (MINVIVIENDA, 2010):

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} \times (T_f - T_{uc})$$

Dónde:

P_f = población (número de habitantes) para el año que se quiere estimar.

P_{uc} = población (número de habitantes) último año censado con información.

P_{ci} = población (número de habitantes) correspondiente al censo inicial con información.

T_{uc} = último año censado con información.

T_{ci} = año correspondiente al censo inicial con información.

T_f = año al cual se quiere proyectar la información.

5.6.1.2. Actividad 2. Análisis Del Marco Muestral.

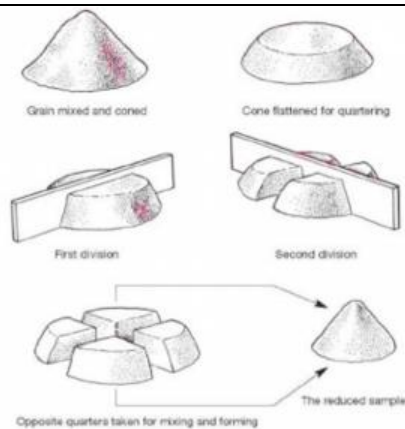
Descripción: Conforme al valor de la muestra obtenido se implementó una encuesta con el objeto de conocer como varía la población en periodos de festividad y otros que permitan crecer o decrecer la población, así como estudiar el análisis de ciclo de vida de los productos más comunes y entender el comportamiento desde su uso hasta su disposición. También se realizó la selección estratégica de unidades residenciales que quieran participar en el estudio de caracterización de los residuos sólidos.

5.6.1.3. Actividad 3. Clasificación De Los Residuos Sólidos.

Descripción: Se desarrolló el método de cuarteo y un estudio de los residuos, desechos, basuras y desperdicios que se generan en las unidades residenciales seleccionadas, para esto se dotó a las personas de bolsas de basura etiquetadas. Este estudio se aplicó por durante una semana. Las bolas luego de ser seleccionadas y debidamente etiquetadas, se extendieron (ver figura 3) con el objeto de clasificar los residuos sólidos y caracterizarlos de acuerdo a su naturaleza.

Figura 6.

Método del Cuarteo

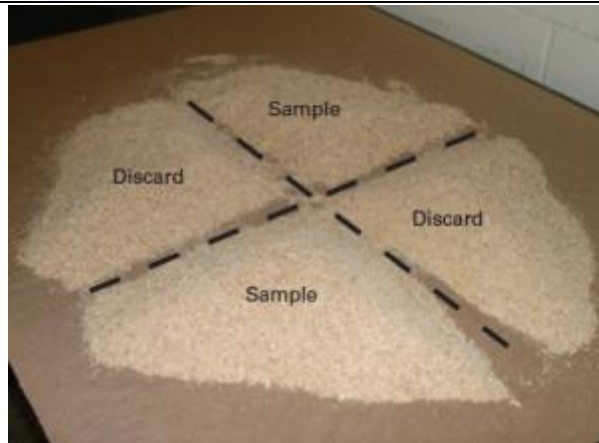


Nota: Paso a paso se realiza así, (1) Verter la muestra mayor en forma de cono sobre un plástico limpio. (2) Aplanar el cono de tal forma que quede como una tortilla. (3) Dividir la tortilla en 4 partes iguales con ayuda de una regleta. (4) Descartar dos de las cuartas partes que se oponen diametralmente. (5) Tomar los dos cuartos que quedan, los cuales constituyen la “muestra final”.

(6) Si la muestra final sigue siendo grande, puede repetir el procedimiento descrito hasta llegar al tamaño de muestra ideal (Muestra Menor). Extraído de R-Chemical. (R-Chemical, 2021).

Figura 7.

Elementos Muestrales (Sample, en inglés)



Notas: En la fotografía se presenta un ejemplo del método de cuarteo. Extraído de R-Chemical.

Con la muestra se seleccionaron los residuos conforme a su naturaleza de acuerdo a la Resolución 2148 de 2019.

Figura 8.

Clasificación de los Residuos Sólidos en Colombia



Nota: Extraída del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019. (MINAMBIENTE, 2019).

Se estimó peso, volumen y densidad con los factores de corrección y desviación correspondientes para las bolsas de basuras. Se determinó el porcentaje de la composición física del contenido de la misma, esparciendo su contenido en 1 metro cuadrado, subdividiendo y clasificando los residuos sólidos reciclables y aprovechables.

5.6.1.4. Actividad 4. Producción Per Cápita Y Densidad De La Muestra.

Descripción: se estimó la Producción Per Cápita (PPC) y densidad de la muestra mediante los siguientes parámetros: considerando el peso total de los residuos caracterizados, el tiempo de estudio del muestreo, el número de habitantes de las unidades residenciales muestreadas y el volumen de los residuos sólidos.

Por consiguiente y a partir del resultado obtenido se estimaron el tamaño muestral mediante formulación matemática del muestreo aleatorio y al azar.

5.6.2. Fase 2. Estimar El Valor Económico De Los Residuos Sólidos Aprovechables Generados En El Caso Urbano Del Municipio De Guamal Departamento Del Magdalena

5.6.2.1. Actividad 5. Definición De Los Costos De Referencia.

Descripción: Para definir los costos de referencia se tuvo en cuenta estudiar las variables que permitan definir los componentes presentados a continuación:

- ✓ Comercialización (CCS_{AJ})

$$CCS_{AJ} = CCS * \left(2 - \frac{N_{FC}}{N} \right)$$

Dónde,

CCS_{AJ} = Costo de Comercialización Ajustado. (\$)

CCS = Costo de Comercialización por Factura Cobrada al Suscriptor. (\$)

N_{FC} = Número de suscriptores del prestador de aseo en su área de prestación de servicio con posibilidad de facturación conjunta, o efectivamente facturados, con personas prestadoras del servicio de acueducto en el suelo urbano; para el año base.

N = Número de suscriptores del prestador del servicio de aseo en su área de servicio, para el año base.

✓ Recaudo fijo (CMR_F)

$$CMR_F = [CCS + CBL * (K / NB)] * 0,075$$

Dónde,

CCS_{AJ} = Costo de Comercialización Ajustado (\$)

CBL = Costo de Barrido y Limpieza (\$ / kilómetro)

K = Sumatoria de todos los kilómetros de cuneta barridos por todos los prestadores que operan en el suelo urbano del municipio para el año base, en un periodo de un mes, según las frecuencias definidas para el municipio (kilómetros)

NB = Número total de suscriptores atendidos por los prestadores, en el suelo urbano del municipio, para el año base (suscriptores).

0,075 = corresponde al factor por manejo de recaudo (adimensional)

✓ Barrido (TBL_i)

$$TBL_i = k_i * CBL_j + (K / NB) * CBL_s$$

Dónde

TBL_i = Tarifa para el suscriptor i por el componente de barrido y limpieza de áreas y vías públicas (\$ / suscriptor).

CBL_j = Costo de Barrido y Limpieza de áreas y vías públicas, por kilómetro de cuneta de barrido, adoptado por el prestador de servicio (\$ / kilómetro).

CBL_S = CBL promedio para barrido y limpieza de vías y áreas públicas, en los eventos en que exista más de un prestador de barrido en el mismo municipio, se calcula de conformidad con lo establecido en el artículo 32 de la resolución 0351 de 2005. En los demás eventos es equivalente a CBL_J previsto en la misma referencia. (\$ / kilómetro)

- ✓ Costo fijo medio (CFMR)

$$CFMR = CBL * \left(\frac{K}{NB} \right) + CCS + CMR_F$$

Dónde,

CMR_F = Costo de manejo de recaudo fijo (\$ / usuario).

- ✓ Recolección y transporte (CRT)

$$CRT = 49,472 + \frac{VP_{CRT}}{8,5}$$

Dónde,

VP_{CRT} = Suma de los valores unitarios de los peajes para un vehículo de dos ejes ubicados a una distancia menor de 20 kilómetros a partir del centroide del área de prestación de servicio, y que se encuentre en la ruta hasta el sitio de disposición final. (\$)

- ✓ Disposición y tratamiento (CDT_p)

$$CDT_p = \frac{\sum (CDT_j * Ton_j)}{\sum Ton_j}$$

Dónde,

CDT_p = Costo de disposición final promedio calculado, cuando hay más de un sitio de disposición final, como el promedio de los costos (CDT) de estos, ponderado por las toneladas del área de servicio que se disponen en cada uno (\$ / tonelada).

Ton_j = Toneladas del área del servicio, dispuestas en el sitio de disposición final j (Toneladas) en el periodo de producción de residuos.

CDT_j = Costo máximo a reconocer por tonelada en el sitio de disposición final j (\$ / tonelada).

- ✓ Transporte tramo excedente (CTE_p)

$$CTE_p = \frac{\sum_{i=0}^n (CTE_k * Tn_k)}{\sum_{i=0}^n (Tn_k)}$$

Dónde,

CTE_p = Costo de transporte por tramo excedente, calculado como el promedio del tramo excedente ponderado por las toneladas provenientes de área de servicio (\$ / tonelada)

CTE_k = Costo máximo a reconocer, por tonelada en el tramo excedente k del prestador (\$ / tonelada)

Tn_k = Toneladas transportadas en el tramo excedente k por el prestador (Toneladas) en el periodo de producción de residuos.

- ✓ Recaudo variable (CMR_v)

$$CMR_v = [CRT + CTE_p + CDT_p] * 0,075$$

Las unidades están en (\$ / toneladas).

- ✓ Costo variable medio (CVMR)

$$CVMR = CRT + CTE_p + CDT_p + CMR_v$$

Dónde,

CVMR = Costo variable medio de referencia máximo a reconocer en la tarifa en el área de servicio (\$ / tonelada).

Todas estas formulaciones son conforme a lo expuesto en la resolución 351 y 352 de 2005 de la Comisión de Regulación de Aseo y Agua Potable (CRA).

5.6.2.2. Actividad 6. Definición De Los Factores.

Descripción: se determinó el factor de producción conforme al estrato socioeconómico y el factor de ponderación del suscriptor de acuerdo a la clasificación de residuos estudiados, siguiendo los lineamientos de la resolución 351 y 352 de 2005 de la comisión de Regulación de Aseo y Agua Potable (CRA).

- ✓ Factor de producción:

$$FPS = \frac{\text{residuos totales sin barridos}}{\text{Nº de suscriptores}}$$

Factor de Ponderación del Suscriptor

$$\text{Tarifa} = TBLi + TRT + TDT + TFR$$

Dónde,

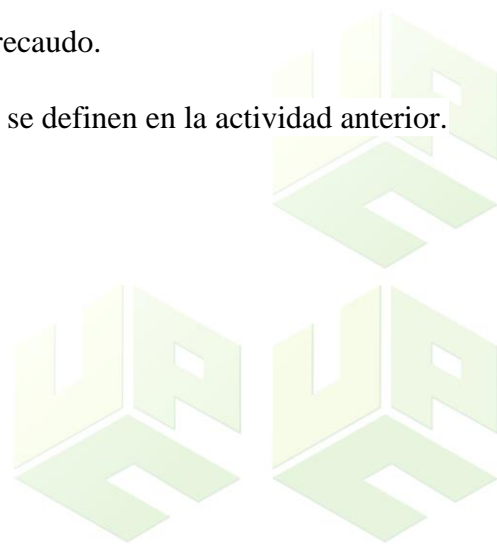
TBLi : tarifa para el componente de barrido y limpieza.

TRT : tarifa para el componente de recolección y transporte.

TDT : Tarifa para el Componente de Tratamiento y Disposición Final.

TFR : tarifa para el componente de comercialización y recaudo.

Que son variables cuya formulación matemática se definen en la actividad anterior.



5.6.3. Fase 3. Formular Los Procesos De Reciclaje Y Aprovechamiento De Los Residuos Sólidos Generados En El Casco Urbano Del Municipio De Guamal Departamento Del Magdalena

5.6.3.1. Actividad 7. Diseño De Los Procesos De Reciclaje.

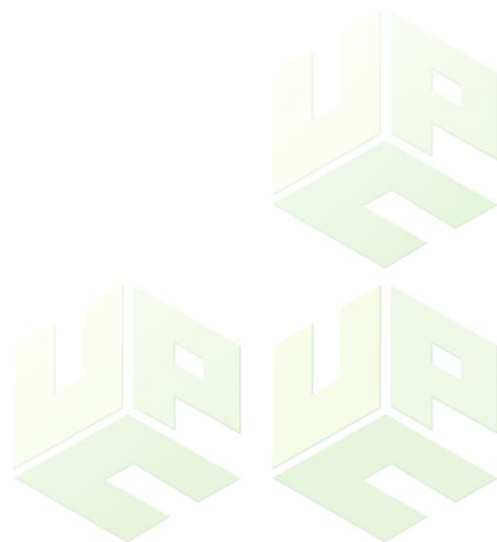
Descripción: se definieron los procesos de compra, gestión de materiales y venta de los residuos sólidos reciclables conforme a las especificaciones técnicas de la GTC 24:2009, GTC 86:2003: GTC 53-2 hasta la 8:2007.

5.6.3.2. Actividad 8: Diseño De Los Procesos De Aprovechamiento.

Descripción: se definieron los procesos de compra, gestión de materiales, transformación y venta de los residuos sólidos aprovechables conforme a las especificaciones y técnicas convencionales y no convencionales.

5.6.3.3. Actividad 9. Análisis Del Costo-Beneficio.

Descripción: De acuerdo a los costos asociados de acuerdo a los procesos a estudiar se definirá que tan rentable es formular un negocio de reciclaje y de aprovechamiento de residuos sólidos en el municipio de Guamal.



6. Resultados Y Análisis

6.1. Caracterización De Los Residuos Sólidos Producidos En El Casco Urbano Del Municipio De Guamal Departamento Del Magdalena

6.1.1. Diseño Del Marco Muestral

6.1.1.1. Calculo de la proyección de la población de la cabecera municipal de Guamal.

Inicialmente se proyectó la población de la cabecera municipal de Guamal al año 2022 y luego a cinco años de estudio (tiempo considerado para la implementación del modelo de negocio), como se puede apreciar en la siguiente tabla

Tabla 4.

Proyección de la población de la Cabecera Municipal de Guamal Magdalena

Año	Población
1993	5934
2010	7583
2018	8933
2022	8453
2023	8381
2024	8491
2025	8472
2026	8427
2027	8459

Nota: Elaborado por autores, 2022

6.1.1.2. Calculo del número de la muestra

Una vez conocida la población se procede a calcular la muestra representativa los resultados obtenidos se encuentran descritos en la siguiente tabla:

Tabla 5.

Muestra estadística a partir de la población de la cabecera municipal de Guamal

Nivel de confianza	Z	1,96
Probabilidad a favor	p	0,5
Probabilidad en contra	q	0,5
Población	N	8459
Error de estimación	E	0,1
Tamaño de la muestra	n	95

Nota: Elaborado por autores, 2022

Luego de calcular el número de la muestra teniendo en cuenta los estratos socio económicos se realizó la distribución espacial de las muestras, estas se harán a conveniencia de los investigadores y deben ser lo más disperso posible como se muestra en la siguiente figura.

Figura 9.

Distribución espacial de la Muestra de las unidades residenciales de la cabecera Municipal de Guamal Magdalena

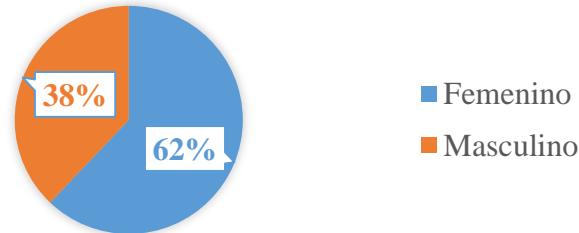


Nota: Elaborado por los autores, 2022 adaptado de Google Earth Pro

6.1.2. Análisis Del Marco Muestral

Teniendo en cuenta que el resultado del tamaño de muestra es de 95 personas se diseñó y aplico una encuesta de caracterización de los residuos sólidos domiciliarios en la cabecera Municipal de Guamal, donde se tiene en cuenta datos personales, aspectos económicos, vivienda, educación, salud, servicios públicos y educación ambiental (ANEXO 1). A continuación, se presentan los resultados más relevantes de la aplicación de la encuesta de caracterización.

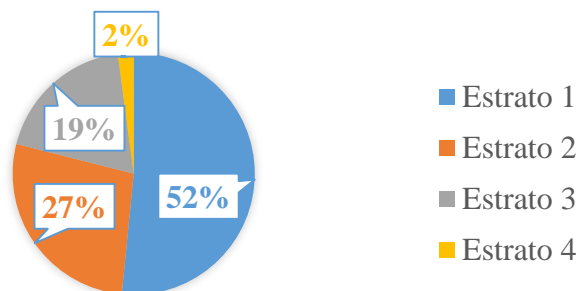
Figura 10.
Distribución porcentual de Genero



Nota: Elaborado por autores, 2022

En la figura 10 se puede apreciar los resultados de la distribución porcentual de genero del número de muestras encuestadas, en su mayoría fueron del género femenino con un 62% y en menor proporción masculino con 38%.

Figura 11.
Distribución porcentual sobre el Estrato Socioeconómico

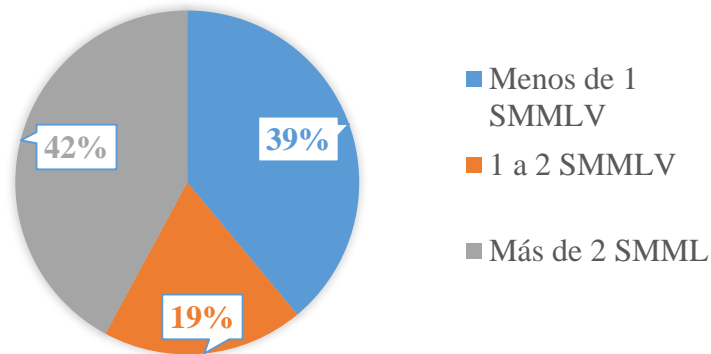


Nota: Elaborado por autores, 2022

La distribución porcentual del estrato económico muestra que el estrato 1 tiene un 52% que corresponde un poco más de la mitad, el estrato 2 obtuvo el 27% y el estrato 3 un 19%, no se obtuvieron muestras en estratos 5 y 6.

Figura 12.

Distribución porcentual del Ingreso Promedio Mensual

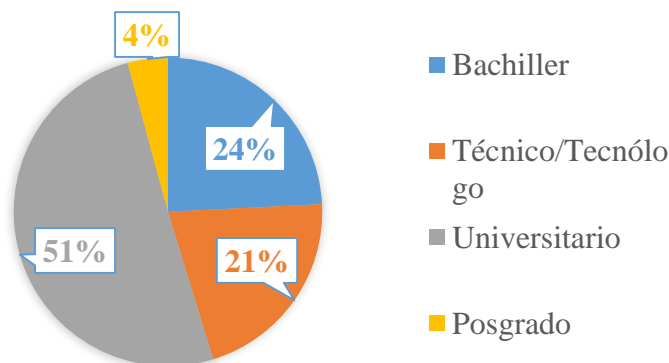


Nota: Elaborado por autores, 2022

En la figura 12 se muestra que el 42% de las personas encuestadas reciben más de 2 SMMLV, 39% reciben menos de 1 SMMLV y el 19% de 1 a 2 SMMLV.

Figura 13.

Distribución porcentual del Nivel Académico de Mayor Grado



Nota: Elaborado por autores, 2022

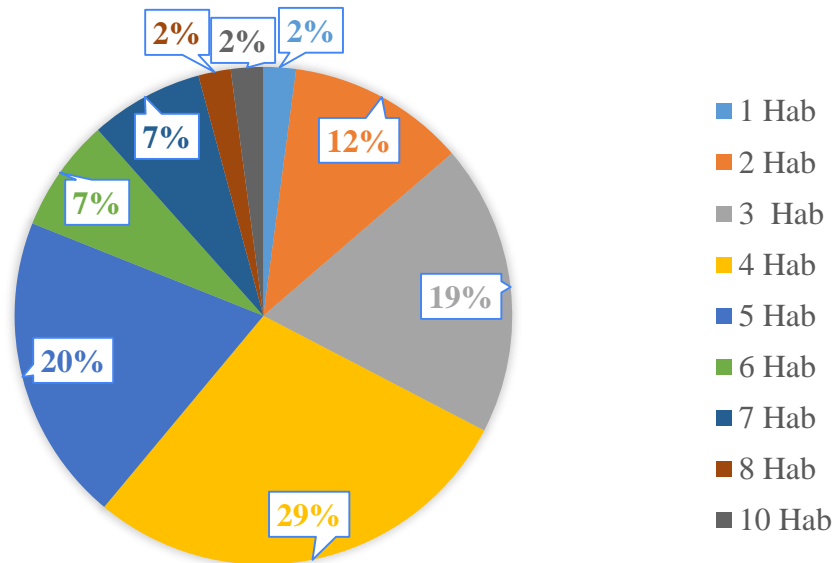
El nivel de educación de mayor grado obtenido por unidad residencial fue el universitario con un 51%, luego le sigue bachiller con 24% y tecnólogo 21%, solo un 4% tienen un posgrado.

Según el plan de desarrollo y oportunidades 2020-2023, la educación técnica, tecnológica y superior (universitario) para la población joven del municipio es de difícil acceso, debido a la falta de recursos económicos, apoyo de sus familias, falta de oportunidades, instituciones cercanas; por lo tanto, deben desplazarse a otras ciudades.

La tasa de analfabetismo en el Municipio de Guamal Magdalena en la zona urbana es del 7% y en la zona rural en el 18.4%, promediando una tasa de analfabetismo total en el municipio del 14.6%; dicha tasa, se ubica por encima del promedio nacional, el cual equivale al 5,24%, evidenciándose problemáticas significativas en el acceso a la educación, especialmente en adultos mayores y madres cabeza de familia (Alcaldía Municipal de Guamal, Plan de Desarrollo Territorial “Desarrollo y oportunidades para Guamal 2020-2023”, 2020).

Figura 14.

Distribución porcentual del número de habitantes por unidad residencial



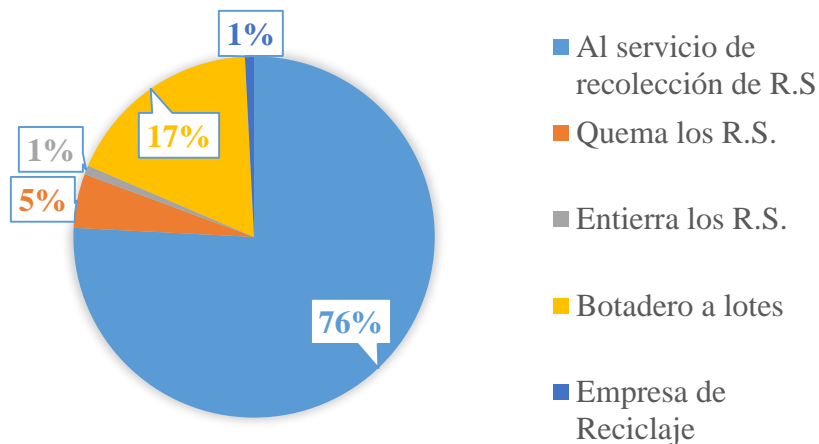
Nota: Elaborado por autores, 2022

En la figura 14 se muestra que un 29% de los encuestados respondieron que en su unidad residencial habitan 4 personas siendo esta el mayor porcentaje, seguido 20% 5 personas por vivienda, 19% 3 personas, 12% 2 personas.

Por otro lado, el 4% dice que en su unidad residencial viven 8 a 10 personas. En el censo nacional de población y vivienda de 2018 se logra percibir en la zona rural muchas viviendas son tipos cuartos, porque carecen de cocina o baño; en algunas viviendas, aunque exista el baño y la concina, conviven varios hogares porque los hijos se establecen con sus familias en casa de sus padres, determinando un componente de hacinamiento en los hogares muy significativo (Alcaldía Municipal de Guamal, 2020).

Figura 15.

Distribución porcentual de como destinan los residuos sólidos producidos en la vivienda

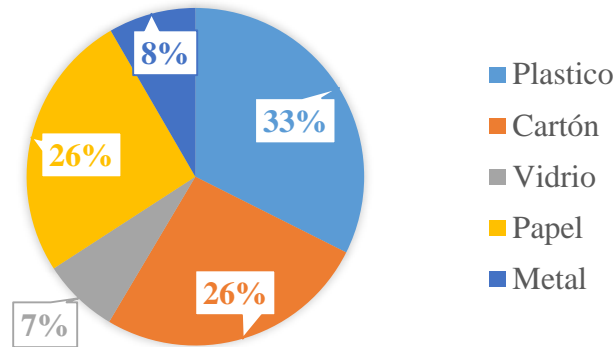


Nota: Elaborado por autores, 2022

Según los datos obtenidos el 76% de las personas indican que los RS producidos en la vivienda son destinados al servicio de recolección público, el 17% responden que son destinados a botaderos o lotes baldíos, otros destinan sus RS a empresas de reciclaje con un 1%.

Figura 16.

Distribución porcentual de los tipos de residuos aprovechables que se generan en la unidad residencial

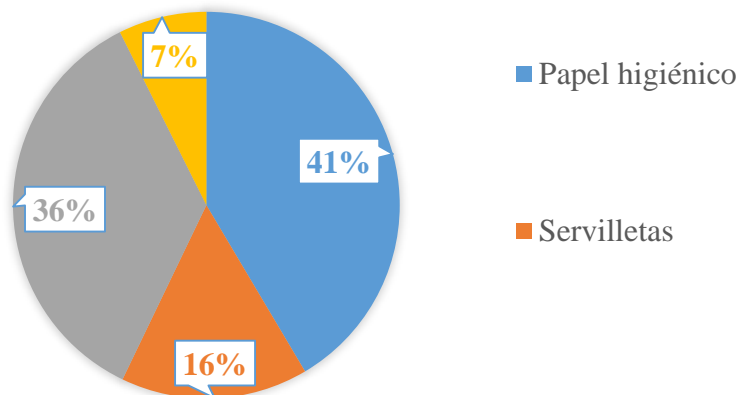


Nota: Elaborado por autores, 2022

Los residuos sólidos aprovechables que más se generan en las unidades residenciales encuestadas es el plástico con 33%, seguidamente papel y cartón con 26% de aportes cada uno. El metal y el vidrio se da en menor medida con 8% y 7% respectivamente.

Figura 17.

Distribución porcentual sobre los tipos de residuos no aprovechables que generan en su unidad residencial

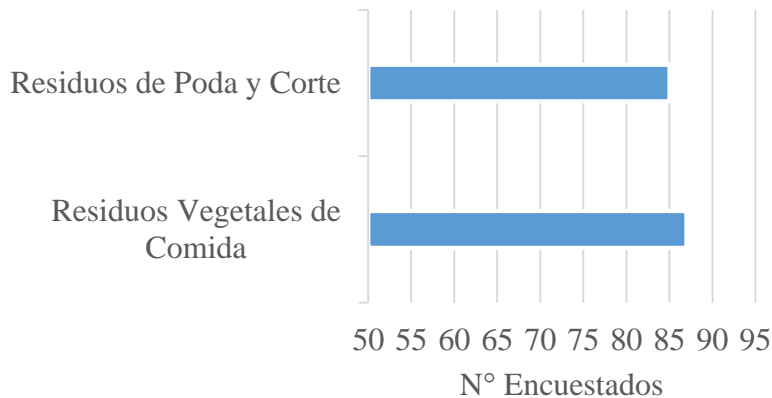


Nota: Elaborado por autores, 2022

Los tipos de residuos no aprovechables que más se generan en las unidades residenciales encuestadas es el papel higiénico con un 41%, los papeles, cartón y plásticos contaminados con comida y líquidos son los que siguen con un 36%. En menor medida se genera 7% es el papel metalizado que se utiliza generalmente para empacar alimentos.

Figura 18.

Tipos de residuos orgánicos que genera en su unidad residencial



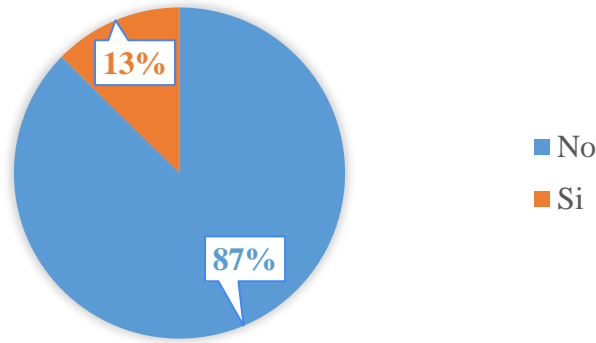
Nota: Elaborado por autores, 2022

Respecto a los residuos orgánicos en la figura 17 se muestra que los residuos vegetales de comida, poda y corte, se generan en igual medida en todas las unidades residenciales. Es una respuesta razonable ya que son residuo es domiciliario.



Figura 19.

Distribución porcentual sobre la pregunta ¿realiza separación en la fuente en su unidad residencial?

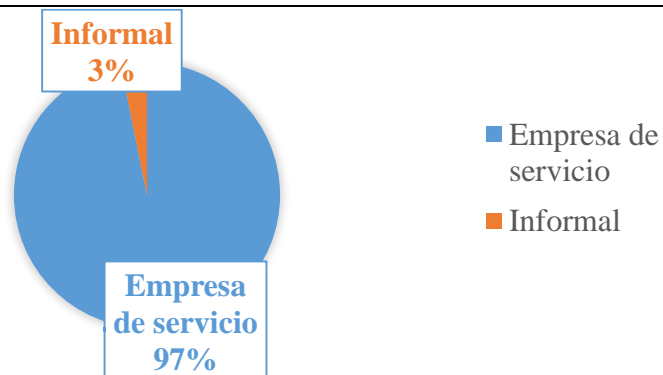


Nota: Elaborado por autores, 2022

En la figura 19 se puede observar que el 87% de las personas encuestadas no realiza separación en la fuente en su unidad residencial, esto puede deberse a la falta de concientización, cultura ambiental y beneficios económicos y ambientales de realizar la separación en la fuente de los RS.

Figura 20.

Distribución porcentual sobre la pregunta ¿quién recolecta los RS producidos en la unidad residencial?

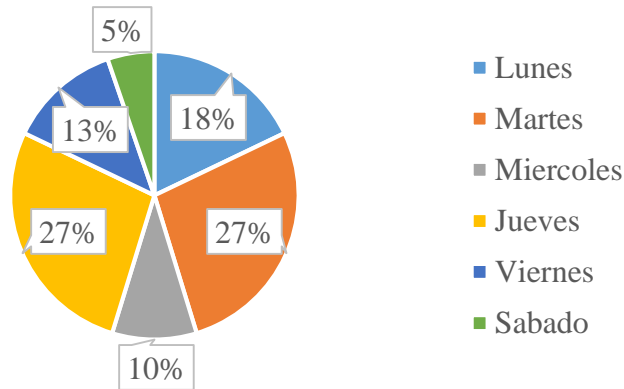


Nota: Elaborado por autores, 2022

En la figura 20 se puede observar que el 97% de las personas afirman que los RS producidos en su unidad residencial es recolectada por la empresa prestadora de servicio de aseo.

Figura 21.

Descripción porcentual sobre los días de la semana que se realiza la recolección de los RS producidos en su unidad residencial

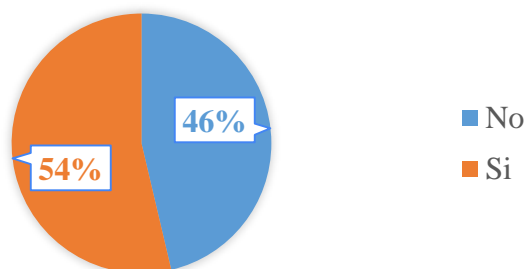


Nota: Elaborado por autores, 2022

Los resultados que se observan en la figura 21 confirman la información según el plan de desarrollo del 2020-2023 de Guamal. Existe una ruta establecida para la recolección de los residuos sólidos, esta se da de lunes a sábado, entre 8 am y 6 pm. Los días que cubre más rutas de recolección son los martes y jueves, con una frecuencia de una vez por semana.

Figura 22.

Descripción porcentual sobre la pregunta ¿Desea participar en el estudio de clasificación y cuantificación de los residuos sólidos?



Nota: Elaborado por autores, 2022

En la figura 22 podemos observar que el 46% de las personas no accedieron a participar en el estudio de clasificación y cuantificación de los RS en su unidad domiciliaria. Sin embargo el 54% accedieron de manera voluntaria. Es importante aclarar el aporte a esta investigación y la metodología de recolección de los residuos sólidos.



6.1.3. Clasificación De Los Residuos Sólidos

Los investigadores seleccionaron 15 unidades residenciales para aplicar el estudio del método del cuarteo, clasificación de los residuos sólidos generados, determinación de GPC y densidad. El estudio se realizó desde el 17 al 23 de enero de 2022, el día domingo 16 de enero se entregaron las bolsas de basura en cada casa para recolectar todos los residuos del día lunes 17, estas se recolectaron el día martes 18 a las 6 am.

Tabla 6.

Registro fotográfico de los procesos realizados para la clasificación de los RS



En la fotografía se observa la recolección de las bolsas entregadas. En total se recolectaron 105 bolsas de basura, sin embargo se repartieron 120 debido a que algunas salieron dañadas.

Luego de que se recolectaron las bolsas en las 15 casas, fueron llevadas al sitio dispuesto para su clasificación y cuantificación.



Se aplicó la metodología del cuarto cuadrante dividiendo 4 partes similares y se seleccionaron 2 para luego seguir al pesaje.

Se utilizó una báscula electrónica para mayor precisión de los pesos obtenidos de los residuos sólidos clasificados.

Nota: Elaborado por los autores, 2022

En la siguiente tabla se presentan los resultados del pesado de las 105 bolsas de basura. Clasificándolas por los 7 días que se aplicó el estudio y por cada una de las viviendas que participaron, las cuales, se seleccionaron conforme su estratificación socio económico 1, 2 y 3.

Para el estrato 1 se registró un peso máximo de 6,30 kg y peso mínimo 0,16 kg.

Para el estrato 2 se registró un peso máximo de 4,15 kg y peso mínimo de 0,23 kg.

Para el estrato 3 se registró un peso máximo de 4,40 kg y peso mínimo de 0,23 kg.

La cantidad de residuos sólidos recolectados en la semana de estudio fue de 193 kg

Tabla 7.

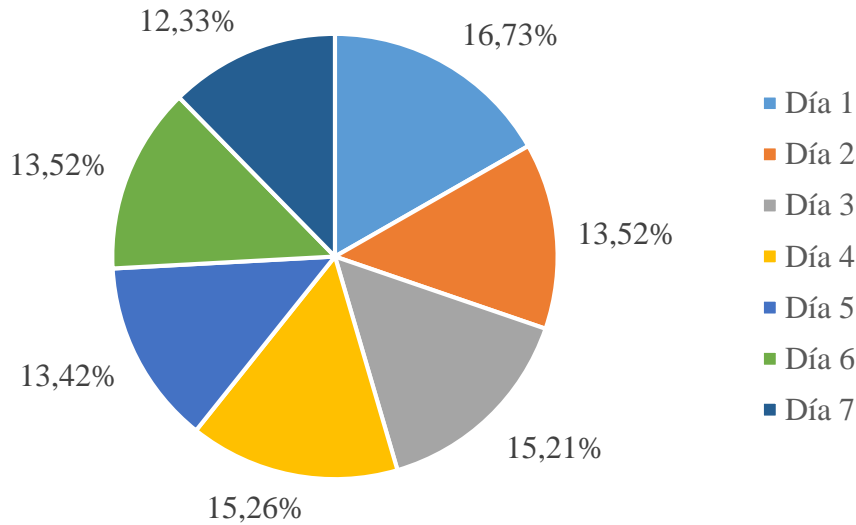
Pesos registrados de los residuos solidos

Estrato	N° Hab.	Peso (kg)						
		Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
3	10	2,60	1,05	3,20	3,10	3,55	2,25	0,45
3	6	4,40	2,95	4,00	2,20	3,55	2,00	2,95
3	5	1,85	1,20	0,55	1,90	1,15	0,85	1,25
2	2	1,15	1,70	1,05	1,00	1,00	1,25	0,45
2	8	1,35	1,90	0,85	0,80	1,50	1,25	1,40
2	4	0,35	0,95	0,80	0,65	0,55	1,30	1,15
2	4	3,65	1,35	1,80	1,00	1,25	1,40	0,70
2	6	1,70	0,20	4,15	1,75	0,50	0,75	0,90
2	5	2,75	1,60	0,95	2,20	1,50	1,05	0,40
1	7	4,75	3,80	1,40	1,30	1,40	2,55	0,35
1	5	1,10	1,65	2,35	2,25	1,80	1,85	0,30
1	4	1,20	2,80	1,15	1,95	0,80	0,75	1,25
1	7	0,55	1,20	1,40	1,10	2,90	2,85	0,75
1	5	1,36	0,75	1,06	2,00	0,85	4,05	5,30
1	10	3,60	3,05	4,70	6,30	3,65	2,00	6,25

Nota: Elaborado por los autores, 2022

Figura 23.

Distribución porcentual de los pesos registrados diariamente



Nota: Elaborado por autores, 2022

Como se observa en la figura 23 el día 1 que corresponde al lunes 17 de enero de 2022 fue el más representativo en cuanto a generación de residuos sólidos domiciliarios, registrando un valor máximo de 4,75 kg y mínimo de 0,35 kg.

Posterior al pesado se seleccionaron 5 de las 15 bolsas de basura recolectadas diariamente, para realizar el método del cuarteo y clasificar los en 19 tipos como lo son Materia Orgánica (residuos comida), Madera y Residuos de Corte que corresponden a la clase de residuos orgánicos. Así mismo, Papel, Cartón, Vidrio, Plástico PET, Plástico Duro, Bolsas, Tetra – pack, Tecnopor y similares y Metal (Aprovechables). Seguido, Telas, Textiles, Caucho, Cuero, Jebe, Baterías, Pilas, Residuos Fármacos, Bombillas, Residuos Sanitarios, Residuos Inertes (no aprovechables) y otros.

Se generaron 33,13 kg de residuos aprovechables, 16,20 kg de residuos no aprovechables, 136,92 kg de residuos orgánicos y 3,11 kg de otros residuos.

Tabla 8.

Clasificación de los pesos por cada uno de los tipos de residuos sólidos por día

Tipo de Residuos Sólidos	Peso (kg)						
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Materia Orgánica (residuos comida)	5,15	4,20	4,60	2,30	2,15	2,55	0,90
Madera y Residuos de Corte	0,45	0,85	0,70	0,60	0,15	0,70	1,15
Papel	0,10	0,05	0,05	0,10	0,05	0,05	0,05
Cartón	0,02	0,05	0,15	0,05	0,45	0,05	0,25
Vidrio				0,70	0,15		
Plástico PET	0,15	0,10	0,15	0,05	0,25	0,25	0,05
Plástico Duro					0,10		
Bolsas	0,30	0,35	0,55	0,30	0,20	0,45	0,15
Tetra – pack	0,15			0,05			
Tecnopor y similares				0,05		0,03	
Metal	0,25			0,05		0,05	0,05
Telas, Textiles						0,40	0,15
Caucho, Cuero, Jebe							0,10
Baterías, Pilas							
Residuos Fármacos					0,03		
Bombillas							
Residuos Sanitarios	0,05	0,30	0,75	0,05	0,60	0,05	0,65
Residuos Inertes							
Otros	0,15	0,15	0,05		0,25		

Nota: Elaborado por los autores, 2022

6.1.4. Producción Per Cápita Y Densidad De La Muestra

En este apartado se determina la generación per cápita de la muestra y la población para ello se considerará la sumatoria ponderada de los pesos registrados diariamente y la cantidad de habitantes que participaron en la clasificación de los residuos sólidos.

Tabla 9.

Generación Per Cápita por vivienda del estudio de la clasificación de los residuos solidos

Código Vivienda	N° Hab.	GPC
		Kg / hab / día
1	10	0,2314
2	6	0,525
3	5	0,25
4	2	0,5429
5	8	0,1616
6	4	0,2054
7	4	0,3982
8	6	0,2369
9	5	0,2986
10	7	0,3173
11	5	0,3229
12	4	0,3536
13	7	0,2194
14	5	0,4391
15	10	0,4221

Nota: Elaborado por autores, 2022

La generación per cápita de la cabecera municipal de Guamal Magdalena equivale a un valor estimado de 0,3283 kg/hab/día.

Se estimó la densidad de los residuos sólidos producidos en la cabecera municipal de Guamal Magdalena.

Tabla 10.

Registro fotográfico del proceso para estimación de la densidad



Procedimiento mediante la utilidad de cilindro metálico para la estimación de la densidad de los residuos sólidos producidos a partir de la muestra seleccionada.

Nota: Elaborado por los autores, 2022

Para cada uno de los días de estudio se determinó la densidad de la muestra obteniendo un valor máximo de $5,49 \text{ Kg/m}^3$ y valor mínimo de $2,46 \text{ Kg/m}^3$. La densidad estimada para el municipio de Guamal Magdalena es de $3,10 \text{ Kg/m}^3$.

6.2. Estimación Del Valor Económico De Los Residuos Sólidos Aprovechables Generados En El Caso Urbano Del Municipio De Guamal Departamento Del Magdalena

6.2.1. Definición De Los Costos de Referencia

Para determinar este Costo Fijo Medio de Referencia (CFMR), es necesario indicar que el reciclaje y aprovechamiento se realizará directamente en las residencias y no mediante la recolección en calles, por lo tanto, se puede decir la actividad de barrido y limpieza no se considerará para el modelo de cálculo. Por ende, solo se hace necesario determinar el Costo de Comercialización por Factura (CCS) y el Costo de Manejo del Recaudo Fijo (CMR_F) para los residuos aprovechables.

6.2.1.1. Costo De Comercialización Por Factura – CCS.

La muestra representativa de los habitantes del municipio de Guamal, generan un valor aproximado de 18574,5 kilogramos por semana (Generación Per Cápita de 0,3283 kg / hab / día) de residuos sólidos de los cuales se producen valor aproximado de 3182,31 kilogramos por semana (Generación Per Cápita de 0,0538 kg / hab / día) de residuos sólidos aprovechables. Por lo tanto, se tiene la siguiente relación:

$$R_{AP}(\%) = \frac{\text{Peso Residuos Aprovechables (kg)}}{\text{Peso Residuos Sólidos (kg)}}$$

$$R_{AP}(\%) = \frac{3182,31 \text{ kg}}{18574,5 \text{ kg}}$$

$$R_{AP}(\%) = 0,1713$$

$$R_{AP} = 17,13 \%$$

Considerando que el costo de la factura del Servicio de Aseo del municipio de Guamal es de \$5.500 COP, entonces el Costo de Comercialización por Factura (CCS) para los Residuos Sólidos Aprovechables sería igual a:

$$CCS = 0,1713 * \$5.500 \text{ COP}$$

$$CCS = \$ 942,15 \text{ COP}$$

$$CCS \approx \$ 950 \text{ COP}$$

6.2.1.2. Costo Medio Del Recaudo Fijo – CMR_F.

Se asume un riesgo de recaudo equivalente al 7%, que representa el porcentaje de suscriptores que adquieren el servicio, pero no aportan su producción de residuos sólidos aprovechables, por lo tanto solo se recaudará el 93%. Con esto se determina que el Costo de Manejo del Recaudo Fijo (CMR_F) será equivalente a:

$$CMR_F = CCS \times \left[\frac{1-R}{R} \right]$$

$$CMR_F = 950 \times \left[\frac{1-0,93}{0,93} \right]$$

$$CMR_F = \$ 71,25 \text{ COP}$$

$$CMR_F \approx \$ 72 \text{ COP}$$

6.2.1.3. Costo Fijo Medio De Referencia – CFMR.

Habiendo determinado los costos se tiene entonces que el número de suscriptores para el año 2022 serán de 2460. Por lo tanto, al reemplazar los CCS y CMR_F, se obtiene:

$$CFMR = CBL * \left(\frac{K}{NB} \right) + CCS + CMR_F$$

$$CFMR = 0 * \left(\frac{0}{2460} \right) + 950 + 72$$

$$CFMR = \$ 1.022 \text{ COP}$$

6.2.1.4. Costo De Recolección Y Transporte - CRT

Para la recolección y transporte se considera la utilidad de un moto carro o una carreta de tracción manual, por lo tanto, en este apartado se consideran costos relacionados con la inversión al vehículo, así como costos de rodamiento, costo por consumo de combustibles, aceites, mantenimiento y otros insumos, costos del recurso humano que lo opera y el respaldo o necesidad de reemplazo sustitutivo en caso de funcionamiento anormalidad, accidentalidad u otra situación emergente; valores que su naturaleza puede ser fija, variable o semi fija. En la siguiente tabla se presentan los conceptos asociados.

Tabla 11.
Referencias de los Costos asociados a la Recolección y Transporte

Notaciones	Concepto	Motocarro		Tracción Manual			
		Criterio	Unidad	Criterio	Unidad		
Tpv	Costo Tiempo promedio de viaje	\$	792,60	\$/km	\$	3.200,00	\$/km
Ctv	Carga típica promedio de un viaje	\$	14.250,00	\$/día/kg	\$	362,95	\$/día/kg
Vmin	Vida útil mínima		1	años		0	años
Vmax	Vida útil máxima		10	años		0	años
Cadq	Valor de adquisición	\$	39.657,53	\$/día	\$	1.917,81	\$/día
Cfveh	Costos fijos por Vehículo - día	\$	1.651,08	\$/día	\$	661,73	\$/día
N	Empleados requeridos para operar		0,3333	emp./día		1	emp./día
Hr	Horas de reemplazo del empleado		2	día/emp.		0	día/emp.
S	Salario diario con prestaciones	\$	16.166,51	\$/día	\$	16.166,51	\$/día
Hsem	Número máximo de horas		0,2083	día		0,2083	día
Hmin	Mínimo horario para mantenimiento		0,0833	día		0,1667	día
Nveh	Vehículo Necesarios		1	Veh.		4	Veh.
Cm	Costo de mantenimiento	\$	126,98	\$/km	\$	70,00	\$/km
Cima	Costo de insumos de manutención	\$	1.875,94	\$/km	\$	-	\$/km
Gadm	Gastos administrativos asociados	\$	200,00	\$/día	\$	200,00	\$/día

Notaciones	Concepto	Motocarro		Tracción Manual		
		Criterio	Unidad	Criterio	Unidad	
Cvveh	Costos variables por Vehículo - día	\$	4.331,87	\$/día	\$ 211,67	\$/día
	CRT (\$/día)	\$	5.982,94	\$/día	\$ 873,39	\$/día

Nota: Elaborado por los Autores (2022), considerando el Estudio de Costos y Tarifas del Servicio Público Domiciliario de Aseo del municipio de Anolaima – Cundinamarca.

La relación del costo de las dos alternativas se ve dado por la siguiente expresión:

$$R_{C-Alt} = \frac{\text{Costo Motocarro}}{\text{Costo Carretilla Tracción Manual}}$$

$$R_{C-Alt} = \frac{\$ 5.982,94 \text{ COP}}{\$ 873,39 \text{ COP}}$$

$$R_{C-Alt} = 6,85$$

La alternativa Motocarro es 6,85 veces más costosa que la opción carretilla, sin embargo se quiere la implementación tecnológica, por lo tanto se considerará el valor \$5.980 para los próximos cálculos de costos de referencia.

El costo variable medio de referencia incluye el costo de recolección y transporte, ya determinado, pero para esta investigación no incluye costo de transporte por tramo excedente puesto que la disposición final se encontrará dentro de la misma área de prestación de servicio y no hay recorrido extra.

6.2.1.5. Costo De Disposición Final – CDT.

En este caso particular solo hay un sitio de disposición final el cual se establecerá en el área de servicio de recolección de residuos sólidos aprovechables, por lo tanto la formulación matemática para determinar este costo estará dada así:

$$CDT_j = \text{Min}[(a+b/TA_j), \$ 50.890]$$

Dónde,

a = intersepto de función linealizada de crecimiento aproximado de los sitios de disposición final.

b = pendiente de función linealizada de crecimiento aproximado de los sitios de disposición final.

TA_j = Promedio de toneladas al día del sitio de disposición final j.

\$50.890 = es el costo operativo máximo para un sitio de disposición final manual (a partir de este costo es deseable que todos los procesos realizados se hagan de manera mecanizada).

Por lo tanto, primero se debe determinar las variables conociendo el Costo Operativo por Toneladas (CODF) del sitio de disposición final.

$$CODF = a + \frac{b}{T}$$

El CODF se obtendría con los siguientes criterios:

Tabla 12.

Criterios para la estimación del Costo Operativo por Toneladas

Criterios	Valores	Unidades
Costo Prestación del Servicio Per Cápita	\$ 5.500,00	COP
Toneladas Generadas al Día (T)	2,65	Ton / día
Toneladas Generadas al Mes	79,61	Ton / mes
N° Habitantes (2022)	8453	Hab.
N° Viviendas o Suscriptores (2022)	2460	Viviendas
N° Suscriptores Participantes	1321	Suscriptores
Costo Prestación del Servicio Municipal (Mes)	\$ 13.530.000	COP

Criterios	Valores	Unidades
Porcentaje de Recaudo Efectivo Estimado	93%	%
Factor de Riesgo de Recaudo	0,075	Adimensional
Costo Prestación del Servicio + Riesgo (Mes)	\$ 12.511.613	COP
Costo Diario de Prestación del S + R (Día)	\$ 417.054	COP
Costo Comercialización Tonelada / Día	\$ 157.171	COP
Costo Comercialización Tonelada R.S. Apro. / Día (Costo Operativo por Toneladas – CODF)	\$ 26.928	COP

Nota: Elaborado por los Autores, 2022.

Considerando esto se tendría:

$$\$26.928 \text{ COP} = a + \frac{b}{TA}$$

Consiguiente a esto se estimará el promedio de toneladas-día (TA), mediante la siguiente formula:

$$TA = \max(F_{\text{merc}} \times T, \text{Trecep})$$

Dónde,

F_{merc} = corresponde a la mínima fracción del mercado tendido sobre la que se le permite aplicar la tarifa al agente.

Trecep = es el valor de facturación por el agente prestador del servicio que se produce por este trabajo.

Sin embargo, primero se estima F_{merc} , que se define así:

$$F_{\text{merc}} = 1 - AP * \ln\left(\frac{T}{BTON}\right)$$

Sí $T > BTON$ (1,155 ton), F_{merc} asumirá el valor de la unidad (1)

Sí $T \leq BTON$, F_{merc} será calculada considerando un $AMP = 0,039$

Como T (2,56 ton-día) $> BTON$ (1,155 ton), entonces $F_{\text{merc}} = 1$, por lo que:

$$TA=2,65 \text{ ton-día}$$

Entonces, se complementa la información sabiendo que por día se generan 454,62 kilogramos al día (0,45462 toneladas al día), esto implicaría que:

$$b = 0,45462 \text{ ton - día}$$

Entonces,

$$\$26.928 \text{ COP} = a + \frac{b}{TA}$$

$$a = \$26.928 \text{ COP} + \frac{0,45462 \text{ Ton-día}}{2,65 \text{ Ton-día}}$$

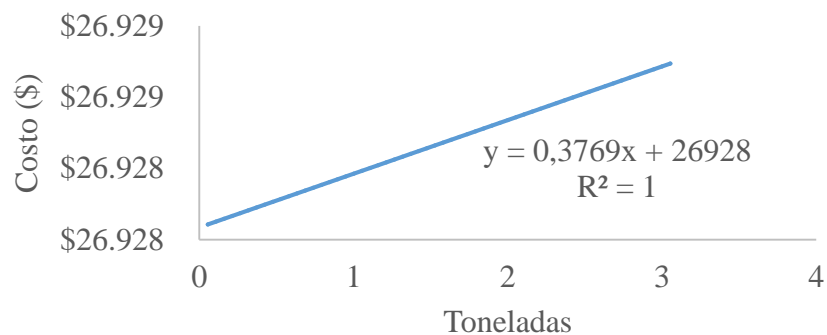
$$a = \$26.928 \text{ COP}$$

$$a \approx \$26.950 \text{ COP}$$

Lo que se aprecia con este cálculo es que los cambios de la pendiente a consecuencia del aumento o disminución de las toneladas de residuos sólidos aprovechables (parámetro b) solo se registran cuando hay reducciones de producción de 100 kg o aumentos de 200 kg de producción de este mismo tipo de desecho.

Figura 24.

Gráfica de la Función de Crecimiento del Costo de Residuos Sólidos Aprovechables



Nota: Elaborado por los Autores, 2022

Entonces, el Costo de la Disposición Final será:

$$CDT = \text{Min}[(26.950 + 0,45462/2,65), \$ 50.890]$$

$$CDT = \$ 26.950 \text{ COP}$$

6.2.1.6. Costo Medio Del Recaudo Variable – CMR_v.

Se asume un riesgo de recaudo equivalente al 7%, que representa el porcentaje de suscriptores que adquieren el servicio pero no aportan su producción de residuos sólidos aprovechables, por lo tanto solo se recaudará el 93%. Con esto se determina que el Costo de Manejo del Recaudo Fijo (CMRV) será equivalente a:

$$CMR_v = (CRT + CDT) \times \left[\frac{1-R}{R} \right]$$

$$CMR_v = (\$ 5.980 + \$ 26.950) \times 0,075$$

$$CMR_v = \$ 2.469,75 \text{ COP}$$

$$CMR_v \approx \$ 2.500 \text{ COP}$$

6.2.1.7. Costo Variable Medio De Referencia – CVMR.

Considerando los costos de recolección y transporte (CRT) y el costo de disposición final (CDT), se obtendría el Costo Variable Medio de Referencia así:

$$CVMR = CRT + CTE_p + CDT_p + CMR_v$$

$$CVMR = \$ 5.980 + \$ 0 + \$ 26.950 + \$ 2.500$$

$$CVMR = \$ 35.430 \text{ COP}$$

6.2.1.8. Costo Total de Referencia – CTR.

El Costo Total de Referencia por tonelada está dado por la suma de los Costos Fijos y los Costos Variables estimados.

$$CTR = CFMR + CVMR$$

$$CTR = \$ 1.022 + \$ 35.430$$

$$CTR = \$ 36.452 \text{ COP}$$

Que representa el valor del Modelo de Servicio que la empresa debe asumir para acaparar los residuos sólidos aprovechables y es un valor de referencia que permite en primera medida saber más sobre la rentabilidad de este negocio.

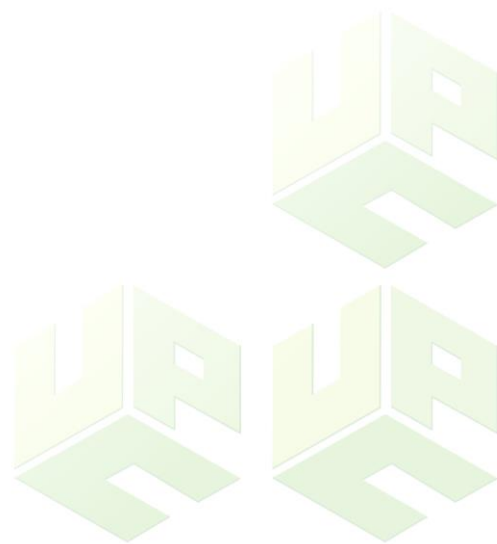


Tabla 13.
Costos Fijos, Variables y Totales estimados para el periodo 2022 – 2027

Año	Costos Fijos				Costos Variable			Costo Total
	CCS	CMR _F	CFMR	CRT	CDT	CMR _V	CVMR	
2022	\$ 942,15	\$ 72,00	\$ 1.022,00	\$ 5.980,00	\$ 26.950,00	\$ 2.500,00	\$ 35.430,00	\$ 36.452,00
2023	\$ 934,13	\$ 71,39	\$ 1.013,29	\$ 5.929,06	\$ 26.720,45	\$ 2.478,71	\$ 35.128,22	\$ 36.141,51
2024	\$ 946,39	\$ 72,32	\$ 1.026,59	\$ 6.006,88	\$ 27.071,15	\$ 2.511,24	\$ 35.589,27	\$ 36.615,87
2025	\$ 944,27	\$ 72,16	\$ 1.024,30	\$ 5.993,44	\$ 27.010,58	\$ 2.505,62	\$ 35.509,64	\$ 36.533,93
2026	\$ 939,25	\$ 71,78	\$ 1.018,86	\$ 5.961,61	\$ 26.867,11	\$ 2.492,31	\$ 35.321,02	\$ 36.339,88
2027	\$ 942,82	\$ 72,05	\$ 1.022,73	\$ 5.984,24	\$ 26.969,13	\$ 2.501,77	\$ 35.455,15	\$ 36.477,87

Nota: Elaborado por los Autores, 2022.

6.2.2. Definición De Los Factores

6.2.2.1. Factor de Producción.

Considerando lo expuesto en la resolución 352 del 20 de diciembre de 2005, los factores de producción se encuentran definidos en el artículo 5, para los estratos socioeconómicos. En el caso del municipio de Guamal Magdalena, se tienen tres estratos: 1, 2 y 3. Por lo tanto, los factores serán:

Tabla 14.

Factores de Producción del municipio de Guamal

Factores (Fu)	Valor
F1	0,95
F2	0,95
F3	0,95

Nota: Extraído por los Autores (2022) de la resolución 352 de 2005, artículo 5. Factores de Producción.

6.2.2.2. Factor De Ponderación Por Suscriptor.

Estimado para un mes y dado por la siguiente formulación (solo para residuos aprovechables):

$$FPS = \frac{\text{residuos totales sin barridos}}{\text{Nº de suscriptores}}$$

$$FPS = \frac{12729,22 \text{ kg/mes}}{2460 \text{ hab} \times 53,7\%}$$

$$FPS = 9,6359 \text{ kg/hab/mes}$$

6.2.2.3. Residuos Presentados Para Recolección.

Se estima mediante la siguiente formulación:

$$RPS = \frac{(Q-Qb) \times Fu}{Nu \times Fu}$$

Dónde,

Q = El promedio mensual de la cantidad de residuos ordinarios recogidos en el área de prestación del servicio.

Qb = El promedio mensual de la cantidad de residuos barridos en el área de prestación del servicio.

Fu = Factor de Producción (0,95 para los estratos identificados)

Nu = Número de Suscriptores (1321 suscriptores, considerando que representa el 53,7% de población que estaría de acuerdo con la implementación del modelo de Negocio)

En la siguiente tabla se presentan las variables con sus valores y los cálculos.

Tabla 15.

Cálculo de los Residuos Presentados para Recolección

Variables	Valor Calculado
Factor de Producción (Fu)	0,95
Número de Suscriptores (Nu)	1321 suscriptores
Promedio Mes R.S. Aprovechables A.P.S.	12,73 ton
Promedio Mes R.S. Barridos A.P.S.	0 ton (no considerados)
Q – Qb	Q - Qb 12,73 - 0 12,73 ton
Fu x Nu	Fu × Nu 0,95 × 1321 1255 suscriptores
R.P.S.	$RPS = \frac{12,73 \text{ ton} \times 0,95}{1255 \text{ suscriptores}}$ $RPS = 0,009636 \text{ ton-suscriptor/mes}$

Nota: Elaborado por los Autores, 2022.

Habiendo determinado este indicador, se procederá a determinar las tarifas del modelo de negocio para los residuos sólidos aprovechables.

6.2.2.4. Estimación De Las Tarifas.

La Tarifa De Barrido Y Limpieza (TBLi) es despreciable para el presente proyecto, puesto que se enfoca solamente en la producción neta residencial y no en el aprovechamiento de elementos externos a esta.

6.2.2.4.1. Tarifa De Recolección Y Transporte.

Está dado por la formulación:

$$TRT_i = \left[CRT \times TD_i + \overline{CRT}_B \times \left(\frac{Q^b}{NB} \right) \right]$$

Dónde,

CRT = Costo de recolección y transporte por tonelada recogida (\$ 8.950)

TD_i = Toneladas-mes presentadas para la recolección y transporte (0,4546 ton-día)

CRT_B = Costo de recolección y transporte del barrido (despreciable = 0 ton-día)

NB = Número total de suscriptores atendidos (1321 suscriptores)

$$TRT_i = \left[8950 \times 0,4546 + 0 \times \left(\frac{0}{1321} \right) \right]$$

$$TRT_i = \$ 4068,67 \text{ COP}$$

6.2.2.4.2. Tarifa De Disposición Final y Tratamiento.

Aunque no se cuantifica el tratamiento, si se realiza la disposición final. Está dado por la formulación:

$$TDT_i = \left[CDT_P \times TD_i + \overline{CRT}_B \times \left(\frac{Q^b}{NB} \right) \right]$$

Dónde,

CDT_p = Costo de disposición final por tonelada recogida (\$ 26.950)

TD_i = Toneladas-mes presentadas para la recolección y transporte (0,4546 ton-día)

$$TDT_i = [26950 \times 0,4546 + \overline{CRT}_B \times 0 \times (0/1321)]$$

$$TDT_i = \$ 12.251,47 \text{ COP}$$

6.2.2.4.3. Tarifa De Manejo De Recaudo Fijo.

Está dada por la siguiente formulación:

$$TMR_F = (CCS + TBL_i) \times 0,075$$

Dónde,

CCS = Costo de Comercialización por Factura (\$ 950)

$$TMR_F = (950 + 0) \times 0,075$$

$$TMR_F = \$ 71,25 \text{ COP}$$

6.2.2.4.4. Tarifa De Manejo De Recaudo Variable.

Está dada por la siguiente formulación:

$$TRM_V = (TRT_i + TTE_i + TDT_i) \times 0,075$$

Dónde,

TTE_i = Tarifa de Transporte por Tramo Excedente (no se contabiliza, puesto que el lugar de disposición final se encuentra dentro del área de prestación del servicio = 0)

$$TRM_V = (4068,67 + 0 + 12251,47) \times 0,075$$

$$TRM_V = \$ 1224,01 \text{ COP}$$

6.2.2.4.5. Tarifa De Comercialización Y Manejo Del Recaudo.

Está dada por la siguiente formulación:

$$TRF_i = [CCS + TMR_F + TMR_V]$$

$$TRF_i = [950 + 71,25 + 1224,01]$$

$$TRF_i = \$ 2245,26 \text{ COP}$$

Considerando esto, se hace el cálculo para el periodo 2022 – 2027. Se resumen los resultados en la siguiente tabla.

Tabla 16.

Tarifas estimadas para el periodo 2022 – 2027

Año	Tarifas				
	TRTi	TDTi	TMRf	TRMv	TRF
2022	\$ 4.068,67	\$ 12.251,47	\$ 71,25	\$ 1.224,01	\$ 2.245,26
2023	\$ 4.034,01	\$ 12.147,12	\$ 70,64	\$ 1.213,58	\$ 2.226,14
2024	\$ 4.086,96	\$ 12.306,55	\$ 71,57	\$ 1.229,51	\$ 2.255,35
2025	\$ 4.077,82	\$ 12.279,01	\$ 71,41	\$ 1.226,76	\$ 2.250,31
2026	\$ 4.056,16	\$ 12.213,79	\$ 71,03	\$ 1.220,25	\$ 2.238,35
2027	\$ 4.071,56	\$ 12.260,17	\$ 71,30	\$ 1.224,88	\$ 2.246,85

Nota: Elaborado por los Autores, 2022.



6.3. Formulación De Los Procesos De Reciclaje Y Aprovechamiento De Los Residuos

Sólidos Generados En El Casco Urbano Del Municipio De Guamal Departamento Del Magdalena

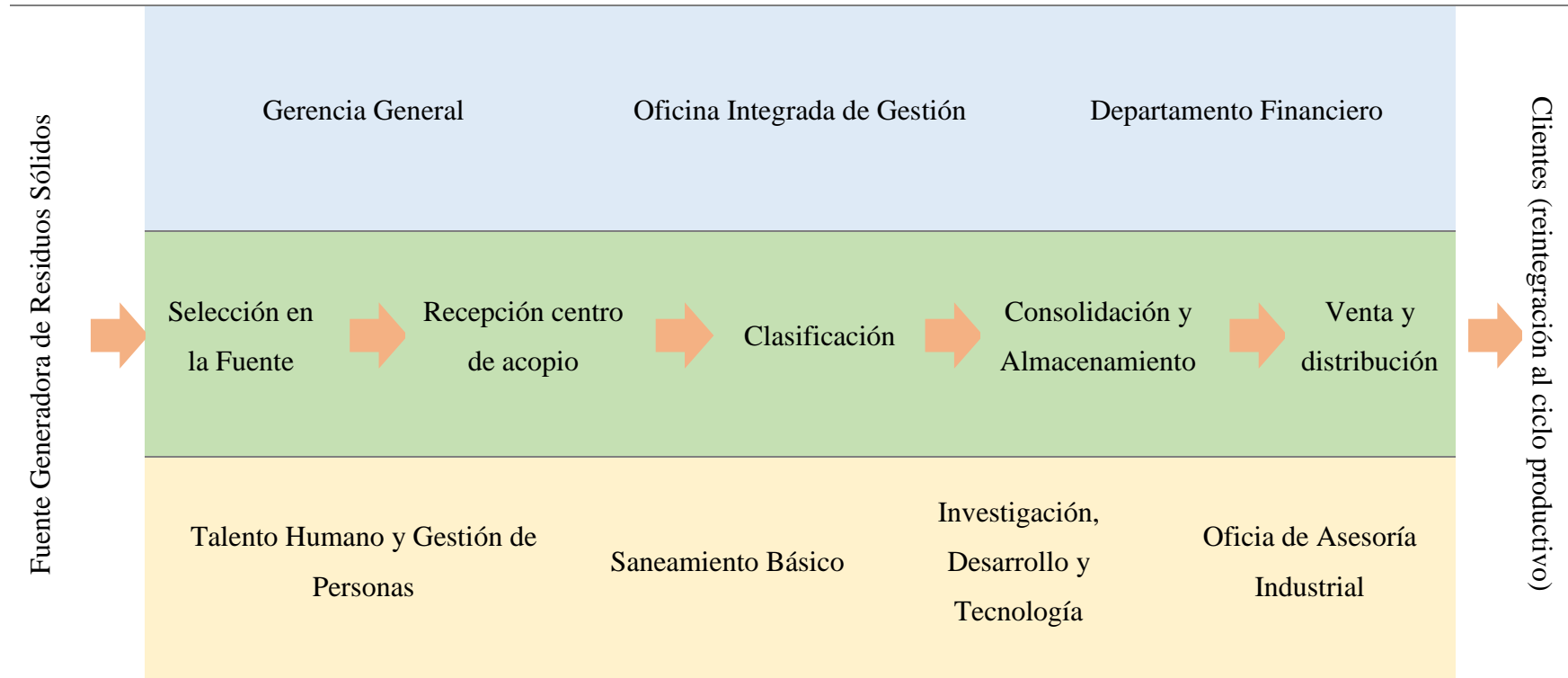
Habiendo estimado los costos y tarifas de servicio se formularán los procesos de reciclaje y aprovechamiento de los residuos sólidos, para esto se tendrá en cuenta que en la realidad las empresas compran a muy bajos precios los residuos aprovechables y que también estas empresas traen a sus instalaciones residuos que por sus características no pueden ser aprovechados y no pueden recircularse.

Primeramente, se hará una descripción de los procesos estratégicos, misionales y de soporte que realizan las empresas dedicadas a este tipo de actividad económica.



Tabla 17.

Mapa de Procesos de Empresa de Reciclaje y Aprovechamiento de Residuos Sólidos



Nota: Elaborado por los Autores, 2022. (Macro Procesos: Azul = Procesos Estratégicos; Verde = Procesos Operativos; Rojo = Procesos de Apoyo).

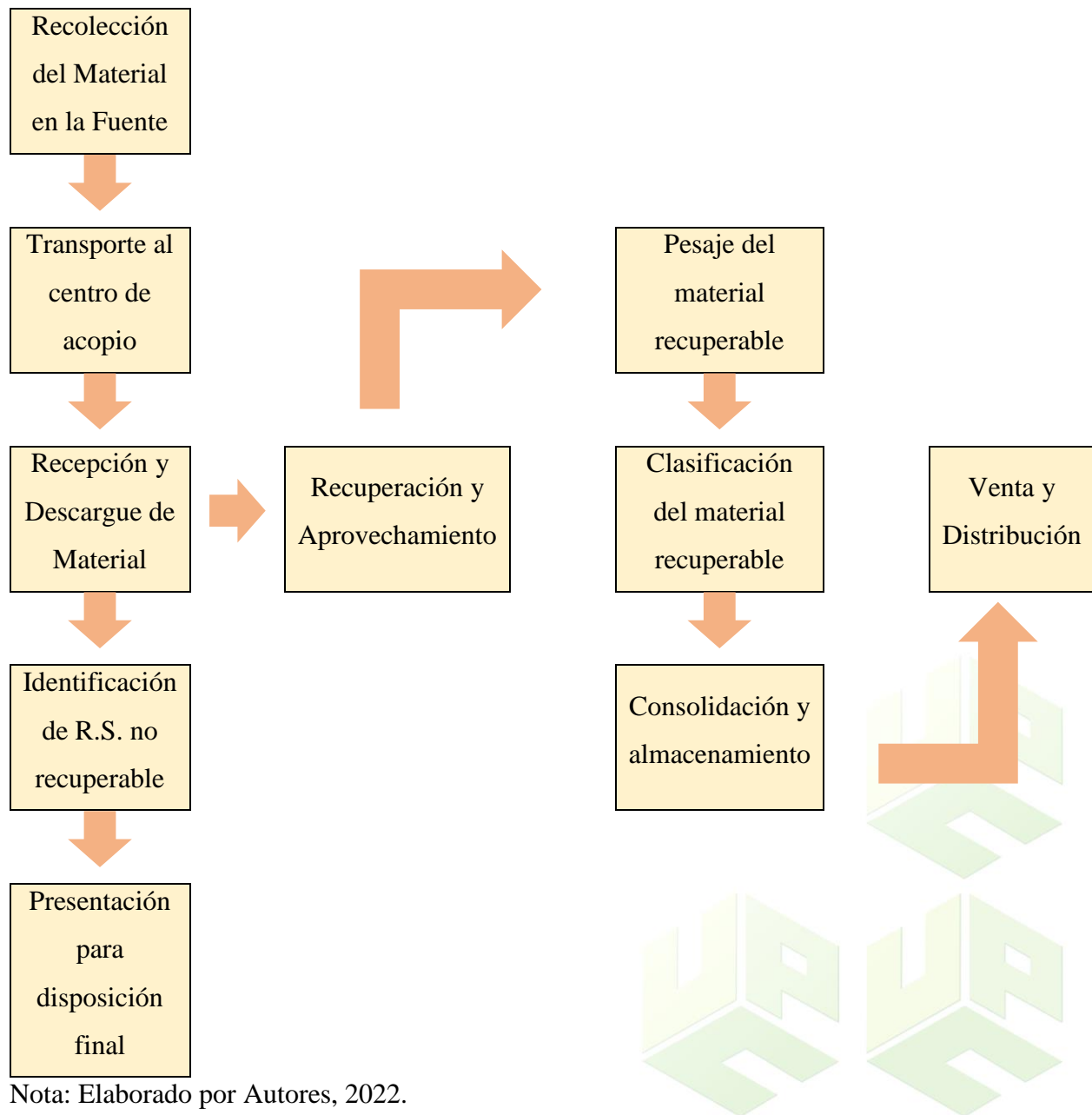


A continuación, se hace una breve descripción de los principales procesos y micro procesos del macro proceso operativo, que se llevan a cabo para receptor, tratar y emitir el producto.

6.3.1. Descripción De Los Procesos Y Micro Procesos

Figura 25.

Diagrama de los procesos y micro procesos de reciclaje y aprovechamiento de los residuos sólidos



Nota: Elaborado por Autores, 2022.

A continuación, los micros procesos, actividades y tareas descritas corresponden a las actividades internas de la empresa.

6.3.1.1.Micro Procesos, Actividades Y Tareas.

6.3.1.1.1. Recepción De Materiales.

- Descarga del Motocarro

El operario de la moto carro se parquea en la bahía de descarga y empleando los implementos de seguridad requerida y herramienta como la pala hace el vertido de los residuos sólidos colectados en un recipiente móvil.

- Pesado del Recipiente

Otro operario desplaza el recipiente móvil hasta la zona del pesado de los residuos colectados, posicionándolo en la báscula hidráulica y observando el peso registrado en el lector.

- Diligenciamiento de Formatos y Rotulado

El operario procede a registrar el formato único de ingreso de residuos sólidos, en el cual se le asigna un número identificador y contabilizador, el peso determinado, la fecha de entrada y cuando este se complete en su totalidad este debe ser firmado por el operario y el representante del grupo.

- Traslado a Zona de Descarga

Siguiendo la demarcación en los pisos (corredores de tránsito y áreas de disposición transicional) se llevan los residuos sólidos en el recipiente móvil y son vertidos en cuatro áreas de disposición, repartiendo un cuarto ($\frac{1}{4}$) del recipiente en cada área, las cuales deben ser asignadas con antelación. Otro operario se encarga de que los residuos ocupen el área destinada y que no se queden en el área transicional: área disposición-corredor de tránsito.

6.3.1.1.2. Clasificación De Los Materiales.

- Separación de los Materiales

En el área de clasificación se asignan dos operarios para cada una de las cuatro zonas de disposición transicional (que no es más que una zona cuya dimensión permite la acumulación de todos los residuos recibidos mezclados) y estos se encargarán de clasificar los materiales aprovechables y descartar los no aprovechables, orgánicos y otros que por alguna característica particular del mismo, su propia naturaleza y/u otra situación hayan podido llegar a las instalaciones. La clasificarán en nueve categorías:

- | | |
|------------------|----------------------------|
| i. Papel | v. Plástico Duro |
| ii. Cartón | vi. Bolsas |
| iii. Vidrio | vii. Tetra pack |
| iv. Plástico PET | viii. Tecnopor y similares |
| | ix. Metales |

Los operarios destinarán los residuos clasificados a recipientes móviles menores asignados para cada una de estas categorías, incluyendo un recipiente para residuos no aprovechables, residuos orgánicos, residuos peligrosos y especiales y otro tipo de residuos (en total trece recipientes).

- Pesado y Registro de los Materiales clasificados

Al completar la tarea de clasificación se llevarán los recipientes móviles a una báscula menor y allí se hará el pesado y un operario observará y registrará la información generada en formatos de control asignados para cada uno de los recipientes móviles menores.

- Traslado y Rotulación de Tulas

Un operario traslada los recipientes móviles menores de la báscula menor a un área de llenado, en donde los residuos sólidos clasificados son vertidos en tulas, posteriormente es sellado y se le agrega una cinta de rotulación donde se especifican las características del producto como su naturaleza, origen y procedimientos futuros

- Remisión del Área Operativa

El supervisor de área hace inspección y revisión a los procesos y habiendo finalizado, se encarga de digitalizar la información generada en las tareas de los micros procesos de recepción y clasificación de los materiales para obtener los indicadores de rendimiento operativo y otros asociados, así mismo genera un informe mensual y ficha técnica de las tulas obtenidas con la clasificación diaria, la cual avala que los elementos dentro de esta se corresponden con su rotulación y que ha pasado los procesos de separación indicados.

- Remisión de Productos no Aprovechables, Orgánicos, Especiales y otros

El supervisor se encarga de generar un informe mensual y ficha técnica de los residuos sólidos de carácter No aprovechable, orgánico, especial y/o peligroso y otro tipo, en el cual avala e indica hacia dónde deben ser trasladados y como deben ser gestionados correctamente para su presentación y destino final (estos residuos también son pesados, pero en una báscula menor destinada para ellos).

6.3.1.1.3. Consolidación De Empaque Y Almacenamiento.

- Acomodación y Apilamiento

El supervisor de área operativa da la orden para que un operario haga el traslado de las tulas al área de empaque y almacenamiento empleando un vehículo de pala cargador, allí otro operario recibe las tulas y de acuerdo a su clase y otras características registradas en su rótulo son acomodadas y apiladas en zonas definidas, no sin antes haber introducido en la zona una bolsa grande (big bag) la cual contendrá las tulas menores.

- Rotulación de las Big Bag

El operario se encarga de establecer un rótulo con las características del producto cumpliendo con las especificidades técnicas y de seguridad para su transporte por carretera, citando y referenciando las normas y requisitos legales asociados a la actividad económica y la naturaleza del producto.

- Extracción del Big Bag

Con una grúa hidráulica móvil, un operario extrae el Big Bag de la zona y la ubica en otra zona destinada netamente para el almacenamiento y presentación al cliente y recepcionista.

- Cargue a Camión / Tracto mula

Con una grúa hidráulica móvil, un operario se encarga de tomar las Big Bag y posicionar la carga en el camión, tracto mula u otro vehículo de transporte acondicionado y previamente certificado para el transporte y cargue de este tipo de material y con ayuda de los operarios del cliente se ubican para cumplir con los requerimientos técnicos de distribución de carga.

6.3.2. Costos Operativos De Los Procesos

Tabla 18.

Costos de los Recursos Humanos (RH) y Recursos Materiales (RM) implicados en las operaciones del negocio.

Micro Proceso	Actividades	Recursos / Elementos / Herramientas / Insumos	Tipo de Recurso	Unidades Necesarias	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Recepción De Materiales	Descarga	Operario Motocarro	RH	1	Persona	\$ 16.166,51	\$ 16.166,51
	Moto carro	Protector Facial (Mascarilla N95)	RM	1	Global	\$ 366,67	\$ 366,67
		Protector Visual (Gafas de Seguridad)	RM	1	Global	\$ 31,11	\$ 31,11
		Protector de Manos y Brazos (Guantes de Carnaza)	RM	1	Global	\$ 22,22	\$ 22,22

Micro Proceso	Actividades	Recursos / Elementos / Herramientas / Insumos	Tipo de Recurso	Unidades Necesarias	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
		Protector de Pies y Piernas (Botas de Seguridad)	RM	1	Global	\$ 152,78	\$ 152,78
		Protector del Tronco y Abdomen (Fajas de Carga)	RM	1	Global	\$ 72,22	\$ 72,22
		Pala de Albañilería	RM	1	Global	\$ 4,76	\$ 4,76
		Báscula Superficial Industrial (2 m ²)	RM	1	Global	\$ 2.777,78	\$ 2.777,78
Pesado del Recipiente		Operario Transporte Interno	RH	1	Persona	\$ 16.166,51	\$ 16.166,51
		Contenedor Móvil Grande	RM	2	Global	\$ 634,52	\$ 1.269,05
		Protector Facial (Mascarilla N95)	RM	1	Global	\$ 366,67	\$ 366,67
		Protector Visual (Gafas de Seguridad)	RM	1	Global	\$ 31,11	\$ 31,11
		Protector de Manos y Brazos (Guantes de Carnaza)	RM	1	Global	\$ 22,22	\$ 22,22
		Protector de Pies y Piernas (Botas de Seguridad)	RM	1	Global	\$ 152,78	\$ 152,78
		Protector del Tronco y Abdomen (Fajas de Carga)	RM	1	Global	\$ 72,22	\$ 72,22
Diligenciamiento de Formatos y Rotulado		Lapicero	RM	1	Global	\$ 55,00	\$ 55,00
		Planillero	RM	1	Global	\$ 26,90	\$ 26,90

Micro Proceso	Actividades	Recursos / Elementos / Herramientas / Insumos	Tipo de Recurso	Unidades Necesarias	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
	Traslado a Zona de Descarga	Operario de Zonas Mayores	RH	1	Persona	\$ 16.166,51	\$ 16.166,51
		Protector Facial (Mascarilla N95)	RM	1	Global	\$ 366,67	\$ 366,67
		Protector Visual (Gafas de Seguridad)	RM	1	Global	\$ 31,11	\$ 31,11
		Protector de Manos y Brazos (Guantes de Carnaza)	RM	1	Global	\$ 22,22	\$ 22,22
		Protector de Pies y Piernas (Botas de Seguridad)	RM	1	Global	\$ 152,78	\$ 152,78
		Protector del Tronco y Abdomen (Fajas de Carga)	RM	1	Global	\$ 72,22	\$ 72,22
		Pala de Albañilería	RM	1	Global	\$ 4,76	\$ 4,76
Clasificación De Los Materiales	Separación de los Materiales	Operarios de Zonas de Clasificación	RH	8	Persona	\$ 16.166,51	\$ 129.332,04
		Protector Facial (Mascarilla N95)	RM	8	Global	\$ 366,67	\$ 2.933,33
		Protector Visual (Gafas de Seguridad)	RM	8	Global	\$ 31,11	\$ 248,89
		Protector de Manos y Brazos (Guantes de Carnaza)	RM	8	Global	\$ 22,22	\$ 177,78
		Protector de Pies y Piernas (Botas de Seguridad)	RM	8	Global	\$ 152,78	\$ 1.222,22
		Báscula Superficial Industrial (200 kg.)	RM	2	Global	\$ 246,53	\$ 493,06

Micro Proceso	Actividades	Recursos / Elementos / Herramientas / Insumos	Tipo de Recurso	Unidades Necesarias	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Registro de los Materiales clasificados	Pesado y	Contenedor Móvil Mediano	RM	13	Global	\$ 146,42	\$ 1.903,52
		Lapicero	RM	1	Global	\$ 55,00	\$ 55,00
		Planillero	RM	1	Global	\$ 26,90	\$ 26,90
Traslado y Rotulación de Tulas	Operario de Almacenamiento		RH	1	Persona	\$ 16.166,51	\$ 16.166,51
	Protector Facial (Mascarilla N95)		RM	1	Global	\$ 366,67	\$ 366,67
	Protector Visual (Gafas de Seguridad)		RM	1	Global	\$ 31,11	\$ 31,11
	Protector de Manos y Brazos (Guantes de Carnaza)		RM	1	Global	\$ 22,22	\$ 22,22
	Protector de Pies y Piernas (Botas de Seguridad)		RM	1	Global	\$ 152,78	\$ 152,78
	Tulas / Lonas / Sacos de Fibra (22 kg)		RM	21	Global	\$ 412,50	\$ 8.662,50
	Cuerda Nylon Trenzada		RM	0,3	Global	\$ 450,00	\$ 149,31
	Rótulo / Papel		RM	27	Global	\$ 21,67	\$ 585,00
	Lapicero		RM	1	Global	\$ 55,00	\$ 55,00
	Planillero		RM	1	Global	\$ 26,90	\$ 26,90
Supervisor de Área Operativa			RH	1	Global	\$ 32.333,01	\$ 32.333,01
	Protector Facial (Mascarilla N95)		RM	1	Global	\$ 366,67	\$ 366,67

Micro Proceso	Actividades	Recursos / Elementos / Herramientas / Insumos	Tipo de Recurso	Unidades Necesarias	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Operativa	Remisión del Área	Protector de Pies y Piernas (Botas de Seguridad)	RM	1	Global	\$ 152,78	\$ 152,78
	Operativa	Computadora Portátil	RM	1	Global	\$ 649,67	\$ 649,67
		Papel de Impresión	RM	1	Global	\$ 35,00	\$ 35,00
		Lapicero	RM	1	Global	\$ 55,00	\$ 55,00
		Planillero	RM	1	Global	\$ 26,90	\$ 26,90
Remisión de Productos no Aprovechables, Orgánicos, Especiales y otros	También requiere los mismos elementos que emplea el supervisor de área operativa, por lo tanto no es necesario contabilizarlos.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	
Consolidación De Empaque Y Almacenamiento	Acomodación y Apilamiento	Técnico operario de máquina de cargas livianas	RH	1	Persona	\$ 21.016,46	\$ 21.016,46
		Protector Facial (Mascarilla N95)	RM	1	Global	\$ 366,67	\$ 366,67
		Protector Visual (Gafas de Seguridad)	RM	1	Global	\$ 31,11	\$ 31,11
		Protector de Manos y Brazos (Guantes de Carnaza)	RM	1	Global	\$ 22,22	\$ 22,22
		Protector de Pies y Piernas (Botas de Seguridad)	RM	1	Global	\$ 152,78	\$ 152,78

Micro Proceso	Actividades	Recursos / Elementos / Herramientas / Insumos	Tipo de Recurso	Unidades Necesarias	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
		Protector del Tronco y Abdomen (Fajas de Carga)	RM	1	Global	\$ 72,22	\$ 72,22
		Máquina de Carga y Descarga	RM	1	Global	\$ 14.814,81	\$ 14.814,81
		Big Bag	RM	5	Global	\$ 1.576,00	\$ 7.880,00
Rotulación de las Big Bag		Lapicero	RM	1	Global	\$ 55,00	\$ 55,00
		Planillero	RM	1	Global	\$ 26,90	\$ 26,90
		Rótulo / Papel	RM	7	Global	\$ 21,67	\$ 151,67
Extracción del Big Bag		También requiere los mismos elementos que emplea el técnico operario de carga liviana, por lo tanto no es necesario contabilizarlos.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Cargue a Camión / Tracto mula			N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

Nota: Elaborado por los Autores, 2022.

Esta de costos operativos de los procesos presenta el costo unitario para un día de trabajo. Totalizando los valores se obtiene que un día de labores tiene un costo de \$295.392,38 COP, lo que permite calcular que un mes de labor tiene un costo de \$8.861.771,37 COP.

6.3.2.1. Análisis Costo-Beneficio.

Se trae a consideración las tarifas de servicio (como beneficios), los costos de referencia y los costos operativos (como costos que pueden implicar gastos y deprimir las finanzas) y se explica los supuestos del negocio para estudiar el análisis de costo-beneficio a posterioridad de cinco años.

El Costo Total de Servicio por Área de Prestación es igual a: \$39.622 por suscriptor / día, sin embargo, se supone que el 53,7% de los suscriptores si aportarían de manera voluntaria sus residuos sólidos, lo que indica que puede haber umbrales máximos y mínimos de costo asumido, y esto representa el valor que una empresa pagaría por sus actividades operativas externas en la recolección, transporte y disposición de los residuos sólidos, por lo tanto, es algo que asume la empresa.

El Costo Total por Tarifa por Área de Prestación es igual a \$2.245,26 por kilogramo / suscriptor / día y esto representa el valor que la empresa pagaría al comprar sus residuos sólidos aprovechables, sin embargo, se supone que el 53,7% de los suscriptores si aportarían de manera voluntaria sus residuos sólidos, lo que indica que puede haber umbrales máximos y mínimos de ahorro y también que el modelo de estimación de tarifas supone una oportunidad de recaudo mínima de 93%.

El Costo Total por Operaciones Internas de la empresa es igual a: \$295.392,28 COP por día y esto representa que la empresa pagaría por las actividades y tareas que desempeña para lograr sus objetivos misionales.

En principio se el Costo-Beneficio matemáticamente se define como:

$$\text{Costo-Beneficio } (C/B) = \frac{\text{VNA Ingresos}}{\text{VNA Egresos} + \text{Inversión}}$$

Dónde, VNA es el Valor Neto Actual y se determina así:

$$\text{VNA} = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} + \frac{VR_n}{(1+i)^n}$$

El valor neto actual (VNA) de una inversión en un momento dado $t = 0$ (hoy) es igual a la suma del flujo de caja descontado (F) de $t = 1$ a $t = n$ más el valor residual descontado de la inversión (VR) en un momento dado n menos la suma de la inversión (I) al comienzo del periodo de inversión ($t = 0$).

Para ello es necesario conocer:

$$F_t = I_t - P_t$$

El flujo de caja (también llamado presupuesto de flujo de efectivo) es la diferencia de todos los pagos e ingresos dentro de un periodo de estudio concreto.

El significado del operando expuesto se deduce así:

I_0 : Inversión en el momento inicial ($t = 0$)

n : Duración en años

t : Intervalo de tiempo

F_t : Flujo de caja

I_t : Ingresos en un momento dado t

P_t : Pagos en un momento dado t

i : Cálculo del tipo de descuento en %

VR_n : Valor residual

Primeramente, se determinará los costos asumidos, los valores de recaudo y los costos operativos para un mes de trabajo y será presentado para un certamen del año de estudio 2022 y para los años 2023 hasta 2027, considerando los cambios de la población.

6.3.2.1.1. Costos De Referencia (Costos Externos).

Para determinarlos costos de referencia con frecuencia mensual se aplica la siguiente formulación matemática:

$$CA = CTR \times \text{Suscriptores} \times 30 \times 0,93$$

Dónde, 30 representa los días de un mes y 0,93 (93%) implica el porcentaje de costo efectivo de recaudo (asumiendo un 7% de riesgo, como recomienda la CRA). Los suscriptores pueden ser el 100% (para un umbral máximo) y 53,7% (para un umbral mínimo permisible). Al aplicar esta formulación se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 19.

Costo Asumido Máximo y Mínimo

Año	Costo Asumido Máximo	Costo Asumido Mínimo
2022	\$ 2.719.416.348,00	\$ 1.460.304.469,80
2023	\$ 2.696.253.213,37	\$ 1.447.866.054,82
2024	\$ 2.731.641.335,72	\$ 1.466.869.188,82
2025	\$ 2.725.528.841,86	\$ 1.463.586.829,31
2026	\$ 2.711.051.882,72	\$ 1.455.812.819,95
2027	\$ 2.721.346.609,22	\$ 1.461.341.004,38

Nota: Elaborado por los Autores, 2022.

6.3.2.1.2. Costos Por Tarifa (Beneficio)

Para determinarlos costos de tarifa con frecuencia mensual se aplica la siguiente formulación matemática:

$$CT = TRF \times \text{R.S. Aprovechables (mes)} \times \text{Suscriptores} \times 30 \times 0,93$$

Dónde, 30 representa los días de un mes y 0,93 (93%) implica el porcentaje de costo efectivo de recaudo (asumiendo un 7% de riesgo, como recomienda la CRA). Los suscriptores pueden ser el 100% (para un umbral máximo) y 53,7% (para un umbral mínimo permisible). Aquí

se considera Los Residuos Sólidos Aprovechables generados para un mes Al aplicar esta formulación se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 20.

Costo de Recaudo Máximo y Mínimo

Año	Costo Máximo Recaudo	Costo Mínimo Recaudo
2022	\$ 70.056.725.024,40	\$ 37.619.891.771,24
2023	\$ 69.460.003.836,45	\$ 37.299.457.344,70
2024	\$ 70.371.661.206,93	\$ 37.789.009.940,80
2025	\$ 70.214.193.115,67	\$ 37.704.450.856,02
2026	\$ 69.841.242.373,20	\$ 37.504.179.339,43
2027	\$ 70.106.451.790,07	\$ 37.646.594.640,11

Nota: Elaborado por los Autores, 2022.

6.3.2.1.3. Costos Por Procesos Operativos (Costos Internos)

Se determinan multiplicando el Costo Operativo de los Procesos misionales por los treinta días del mes, así:

$$CPO_{mes} = CPO_{dia} \times 30$$

$$CPO_{mes} = 295.392,38 \times 30$$

$$CPO_{mes} = \$ 8.861.771,37$$

Por último, considerando los costos de servicio externo e internos, se asume que el descuento por año está dado por un factor igual a 1,001%.

6.3.2.1.4. Cálculo Del Costo-Beneficio.

Con esto se completa la información pertinente se define la manera de interpretar el Análisis de Costo-Beneficio, puesto que se considerará la variación de situaciones. Esto refiere a que puede existir momentos cuando haya variación en los valores máximos de recaudo y de mínima inversión, lo que implica realizar una combinación estratégica para entender la situación desde varias perspectivas.

En las siguientes tablas se presentan los cálculos referentes a una Máxima Inversión (Max. I.) Inicial considerando cambios en los recaudos y en las inversiones futuras.

Tabla 21.

Análisis Costo-Beneficio para Máxima Inversión y Máximo Recaudo. (Máx. I.).

Certamen		2022	
Máxima Inversión	\$	2.728.278.119,37	
Dcto.		1,000690567	
Periodo		Máximo Recaudo Ingreso	Máxima Inversión Egreso
2023	\$	70.056.725.024,40	\$ 2.705.114.984,74
2024	\$	69.460.003.836,45	\$ 2.740.503.107,10
2025	\$	70.371.661.206,93	\$ 2.734.390.613,24
2026	\$	70.214.193.115,67	\$ 2.719.913.654,09
2027	\$	69.841.242.373,20	\$ 2.730.208.380,59
		VNA Ingresos	\$ 67.717.745.673,38
		VNA Egresos	\$ 2.633.120.441,80
		VNA Egresos + Inversión	\$ 5.361.398.561,18
		Costo-Beneficio	12,63
			Inversión Viable

Nota: Elaborado por los Autores, 2022.

Tabla 22.

Análisis Costo-Beneficio para Mínimo Inversión y Máximo Recaudo. (Máx. I.).

Certamen		2022	
Máxima Inversión	\$	2.728.278.119,37	
Dcto.		1,000690567	
Periodo		Máximo Recaudo Ingreso	Mínima Inversión Egreso
2023	\$	70.056.725.024,40	\$ 1.456.727.826,19
2024	\$	69.460.003.836,45	\$ 1.475.730.960,19
2025	\$	70.371.661.206,93	\$ 1.472.448.600,68
2026	\$	70.214.193.115,67	\$ 1.464.674.591,32
2027	\$	69.841.242.373,20	\$ 1.470.202.775,76
		VNA Ingresos	\$ 67.717.745.673,38
		VNA Egresos	\$ 1.417.936.598,93
		VNA Egresos + Inversión	\$ 4.146.214.718,30
		Costo-Beneficio	16,33
			Inversión Viable

Nota: Elaborado por los Autores, 2022.

Tabla 23.

Análisis Costo-Beneficio para Máxima Inversión y Mínimo Recaudo. (Máx. I.).

Certamen		2022	
Máxima Inversión	\$	2.728.278.119,37	
Dcto.		1,000690567	
Periodo		Mínimo Recaudo Ingreso	Máxima Inversión Egreso
2023	\$	37.619.891.771,24	\$ 2.705.114.984,74
2024	\$	37.299.457.344,70	\$ 2.740.503.107,10
2025	\$	37.789.009.940,80	\$ 2.734.390.613,24
2026	\$	37.704.450.856,02	\$ 2.719.913.654,09
2027	\$	37.504.179.339,43	\$ 2.730.208.380,59
		VNA Ingresos	\$ 36.363.878.875,83
		VNA Egresos	\$ 2.633.120.441,80
		VNA Egresos + Inversión	\$ 5.361.398.561,18
		Costo-Beneficio	6,78
			Inversión Viable

Nota: Elaborado por los Autores, 2022.

Tabla 24.

Análisis Costo-Beneficio para Mínimo Inversión y Mínimo Recaudo. (Máx. I.).

Certamen		2022	
Máxima Inversión	\$	2.728.278.119,37	
Dcto.		1,000690567	
Periodo		Mínimo Recaudo Ingreso	Mínima Inversión Egreso
2023	\$	37.619.891.771,24	\$ 1.456.727.826,19
2024	\$	37.299.457.344,70	\$ 1.475.730.960,19
2025	\$	37.789.009.940,80	\$ 1.472.448.600,68
2026	\$	37.704.450.856,02	\$ 1.464.674.591,32
2027	\$	37.504.179.339,43	\$ 1.470.202.775,76
		VNA Ingresos	\$ 36.363.878.875,83
		VNA Egresos	\$ 1.417.936.598,93
		VNA Egresos + Inversión	\$ 4.146.214.718,30
		Costo-Beneficio	8,77
			Inversión Viable

Nota: Elaborado por los Autores, 2022.

En las siguientes tablas se presentan los cálculos referentes a una Máxima Inversión (Min. I.) Inicial considerando cambios en los recaudos y en las inversiones futuras.

Tabla 25.

Análisis Costo-Beneficio para Máxima Inversión y Máximo Recaudo. (Min. I.).

Certamen		2022	
Mínima Inversión	\$	1.469.166.241,17	
Dcto.		0	
Periodo		Máximo Recaudo Ingreso	Máxima Inversión Egreso
2023	\$	70.056.725.024,40	\$ 2.705.114.984,74
2024	\$	69.460.003.836,45	\$ 2.740.503.107,10
2025	\$	70.371.661.206,93	\$ 2.734.390.613,24
2026	\$	70.214.193.115,67	\$ 2.719.913.654,09
2027	\$	69.841.242.373,20	\$ 2.730.208.380,59
		VNA Ingresos	\$ 349.943.825.556,66
		VNA Egresos	\$ 13.630.130.739,76
		VNA Egresos + Inversión	\$ 15.099.296.980,94
		Costo-Beneficio	23,18
			Inversión Viable

Nota: Elaborado por los Autores, 2022.

Tabla 26.

Análisis Costo-Beneficio para Mínimo Inversión y Máximo Recaudo. (Min. I.).

Certamen		2022	
Mínima Inversión	\$	1.469.166.241,17	
Dcto.		0	
Periodo		Máximo Recaudo Ingreso	Mínima Inversión Egreso
2023	\$	70.056.725.024,40	\$ 1.456.727.826,19
2024	\$	69.460.003.836,45	\$ 1.475.730.960,19
2025	\$	70.371.661.206,93	\$ 1.472.448.600,68
2026	\$	70.214.193.115,67	\$ 1.464.674.591,32
2027	\$	69.841.242.373,20	\$ 1.470.202.775,76
		VNA Ingresos	\$ 349.943.825.556,66
		VNA Egresos	\$ 7.339.784.754,15
		VNA Egresos + Inversión	\$ 8.808.950.995,32
		Costo-Beneficio	39,73
			Inversión Viable

Nota: Elaborado por los Autores, 2022.

Tabla 27.

Análisis Costo-Beneficio para Máxima Inversión y Mínimo Recaudo. (Min. I.).

Certamen		2022	
Mínima Inversión	\$	1.469.166.241,17	
Dcto.		0	
Periodo	Mínimo Recaudo		Máxima Inversión
	Ingreso		Egreso
2023	\$	37.619.891.771,24	\$ 2.705.114.984,74
2024	\$	37.299.457.344,70	\$ 2.740.503.107,10
2025	\$	37.789.009.940,80	\$ 2.734.390.613,24
2026	\$	37.704.450.856,02	\$ 2.719.913.654,09
2027	\$	37.504.179.339,43	\$ 2.730.208.380,59
VNA Ingresos			\$ 187.916.989.252,17
VNA Egresos			\$ 13.630.130.739,76
VNA Egresos + Inversión			\$ 15.099.296.980,94
Costo-Beneficio			12,45
Inversión Viable			

Nota: Elaborado por los Autores, 2022.

Tabla 28.

Análisis Costo-Beneficio para Mínimo Inversión y Mínimo Recaudo. (Min. I.).









Certamen		2022	
Mínima Inversión	\$	1.469.166.241,17	
Dcto.		0	
Periodo	Mínimo Recaudo		Mínima Inversión
	Ingreso		Egreso
2023	\$	37.619.891.771,24	\$ 1.456.727.826,19
2024	\$	37.299.457.344,70	\$ 1.475.730.960,19
2025	\$	37.789.009.940,80	\$ 1.472.448.600,68
2026	\$	37.704.450.856,02	\$ 1.464.674.591,32
2027	\$	37.504.179.339,43	\$ 1.470.202.775,76
VNA Ingresos			\$ 187.916.989.252,17
VNA Egresos			\$ 7.339.784.754,15
VNA Egresos + Inversión			\$ 8.808.950.995,32
Costo-Beneficio			21,33
Inversión Viable			

Nota: Elaborado por los Autores, 2022.

En la siguiente tabla se hace un resumen de los resultados obtenidos:

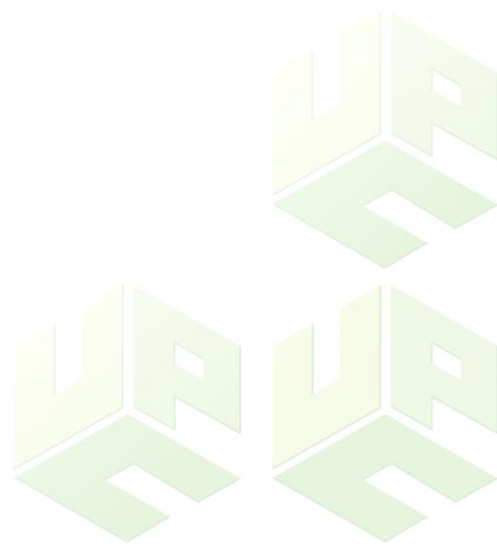
Tabla 29.

Relaciones del Estudio del Análisis Costo-Beneficio (C-B)

Relaciones del Estudio C-B			C-B	Barra de Estado
Máxima Inversión	Máximo Recaudo	Máxima Inversión	12,63	
	Máximo Recaudo	Mínima Inversión	16,33	
	Mínimo Recaudo	Máxima Inversión	6,78	
	Mínimo Recaudo	Mínima Inversión	8,77	
Mínima Inversión	Máximo Recaudo	Máxima Inversión	23,18	
	Máximo Recaudo	Mínima Inversión	39,73	
	Mínimo Recaudo	Máxima Inversión	12,45	
	Mínimo Recaudo	Mínima Inversión	21,33	

Nota: Elaborado por los Autores, 2022.

Como se aprecia, todos los C-B son muy mayores que la unidad (1), esto es un excelente indicador puesto que significa que el proyecto es muy viable y que con una mínima inversión se logran mejores índices de retribución, condición que también es muy deseable y resaltando que ante inversiones mínimas se pueden lograr recaudos máximos de hasta 39,73 veces la inicial.



Conclusiones

Para la realización de este estudio en principio se propuso determinar un marco muestral con base en la estadística y a posterioridad hacer una selección de unidades residenciales de trabajo conforme a las características que los investigadores deseaban, obteniendo una muestra estadística de 95 unidades residenciales y una muestra seleccionada por el investigador de 15 viviendas.

Se aplicó la encuesta y se definió el contexto de la generación de los residuos sólidos del municipio de Guamal (cabecera), entendiendo las dificultades que tienen los pobladores respecto al servicio de aseo que se presta, determinando variables importantes a destacar como que se paga \$5500 pesos mensuales, que el servicio es deficiente y que hay poca población flotante, además no se implementan programas de separación en la fuente.

Conforme a esto se realizó la entrega de 120 bolsas de basura a las 15 viviendas seleccionadas para iniciar el proceso de recolección, clasificación y cuantificación de los residuos sólidos extendido durante una semana, encontrando que los valores de producción eran superiores a los supuestos por los autores, por lo que se decidió estimar la generación per cápita y la densidad de la muestra, pasando por el método del cuarteo.

En total se recolectó 193,37 kilogramos durante una semana, estimando que en el área urbana de este municipio se producen al mes 74298 kilogramos, con una GPC 0,3283 kg/hab/día y 3,10 kilogramos por metro cúbico promedio. Se estimó que al mes se producen 12.728 kilogramos de Residuos Aprovechables, siendo el 17,13% del total.

Se establecieron dos métodos para poder realizar los procesos de aprovechamiento mediante motocarros y carretilla, siendo el primero mucho más costoso hasta 6,85 veces más que el segundo, sin embargo, aún así fue considerado, valor que fue tomado en referencia para definir los costos del servicio que asume la empresa y las tarifas de servicio de cobro, empleando los lineamientos expuestos en la resolución 351 de 2005 de La Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) y enfocándolo al propósito de los residuos sólidos aprovechables y reciclables. Esto permitió descartar cálculos referentes a Barrido de calles y canaletas, también los costos por tramos externos.

Considerando esto se establecieron costos de referencia fijos y variables, valorados en \$1.022 COP y \$35.430 COP respectivamente, para lograr un total de \$36.452 COP, valores que son elevados considerando la tecnología escogida y la capacidad económica de la población urbana de Guamal, para la cual lo más coherente hubiese sido la opción de carretilla por tracción humana.

Para la definición de los factores de producción y de servicio se integra lo expuesto en la resolución 352 de 2005, en donde se establece que para los tres estratos del estudio equivalen a 0,95. Considerando la resolución 351 de 2005 se calcularon las tarifas asociadas empleando el factor de producción estimando el valor de recolección y transporte de \$4068,67 COP, el valor de disposición final y tratamiento de \$12.251,47 y el valor de comercialización de \$950 COP. Implementando las formulaciones idóneas se establece una tarifa de comercialización y manejo del recaudo en \$2.245,26 COP.

Se formularon los procesos de reciclaje y aprovechamiento, determinando diez micro procesos. Estos son: recolección del material en la fuente, transporte al centro de acopio, recepción y descargue del material, identificación de residuos sólidos no recuperables, presentación para disposición final, recuperación y aprovechamiento, pesaje del material recuperable, clasificación del material recuperable, consolidación y almacenamiento y finalmente, venta y distribución, los cuales se integran de nueve actividades de interés para el proceso operativo.

Se presupuestó el costo operativo diario en \$295.392,38 COP y a posterioridad se hizo el análisis del costo y beneficio considerando la variabilidad de la inversión y recaudo, suponiendo los mínimos y máximos (umbrales) para cada una de las clases e identificando que para una inversión de cinco años el valor neto actual de los ingresos y egresos considera el descuento porcentual anual, permitió determinar que para la mejor condición de costo-beneficio se asocia a iniciar con un monto mínimo de inversión (certamen 2022), obtener un máximo recaudo para condiciones de mínima inversión, lo que permite traer retornos de hasta 39,73 veces la inversión inicial. En otras condiciones de máxima inversión inicial (certamen 2022) con mínimo recaudo para condiciones de máxima inversión se obtendría retornos de hasta 6,78 veces la inversión inicial. Esto indica que la implementación de un modelo de negocios para el reciclaje y aprovechamiento de residuos sólidos es rentable.

Recomendaciones

El concepto o enfoque principal de los investigadores fue orientado a un muestreo simple aleatorio sin considerar la variación de estratos socioeconómicos, por ende, se recomienda que se haga un análisis enfocado directamente a los estratos específicos (que son tres para Guamal) y entender desde ese punto de vista más simplificado como puede darse el aprovechamiento.

Este estudio implicó la cualificación y cuantificación de los residuos sólidos originados en el sector residencial, descartando las áreas comerciales, industriales, entre otras asociadas actividades económicas del municipio de Guamal, por lo que se consideraría correcto ampliar el espectro a otros tipos de sectores y áreas de investigación.

Por otra parte, también es recomendable que se estudien los residuos sólidos orgánicos, los que son de gran producción, puesto que su aprovechamiento puede utilizarse para crear productos alimenticios para animales y pueda constituirse una idea de negocio alternativa teniendo en cuenta los costos de comercialización adecuados y los modelos de costos de referencia y de factores de producción y servicio estimados para estos.

Esta metodología de estimación de costos de referencia y factores de producción y de servicio tarifarios son una estipulación técnica a partir de estudios realizados por La Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), por ende, existen o pueden existir otras metodologías que permitan estimar estos valores por lo que se recomienda investigar e implementar la valoración desde otro punto de vista.

El análisis costo-beneficio es una metodología alterna para determinar que tan productivo puede ser un modelo de negocio y no es el único paso a dar, hay que tener en cuenta primeramente que a este costo operativo se debe sumar el costo administrativo y estratégico, así como el de apoyo y soporte, y también considerar los estudios de pre factibilidad, factibilidad, de mercado, de ingeniería, técnico y financiero, solo así se podrá definir qué tan probable y posible es alcanzar tales índices de rentabilidad y retorno estimados con esta investigación, por ende, se recomienda llevar primeramente estos pasos.

Bibliografía

- Alcaldía de Guamal Magdalena. (2019). *Plan de Desarrollo Municipal 2016 - 2019*. Guamal. Obtenido de https://alguamalmag.micolombiadigital.gov.co/sites/alguamalmag/content/files/000004/152_plan-desarrollo-guamal-magdalena-20162019-ok.pdf
- Alcaldia Municipal de Guamal. (2018). *Actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos “PGIRS” del Municipio de Guamal*. Guamal.
- Alcaldia Municipal de Guamal. (2020). *Plan de Desarrollo 2020 – 2023. Desarrollo y oportunidades para Guamal*. Guamal.
- Alcaldia Municipal de Guamal. (2020). *Plan de Desarrollo Territorial “Desarrollo y oportunidades para Guamal 2020-2023”*. Guamal .
- Alcaldia Municipal Ibagué. (2018). *Plan de gestión integral de residuos sólidos “PGIRS” de la administración municipal de Ibagué*. Ibagué.
- Banco Mundial. (2018). *Informe del Banco Mundial: Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>
- Castiblanco, C. (2013). *La valoración económica ambiental*. Cali.
- CONPES. (2018). *POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS 3874*. Bogotá, D.C.
- CORPAMAG. (2021). *Por la cual se aprueba el plan de clausura y pos clausura del botadero a cielo abierto del Municipio de Guamal, en el Departamento del Magdalena*. Santa Marta D.TC.H., Magdalena. Obtenido de https://www.corpamag.gov.co/archivos/resoluciones/Resol_2018-2021.pdf

- CRA. (2006). *Metodología de costos y tarifas para el servicio público de aseo*. Bogotá D.C. Obtenido de <https://link.landfood.ubc.ca/ACCCR/recursos/regulacion/tarifas/Metodologia%20tarifaria%20aseo.pdf>
- DANE. (2018). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2018*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>
- DANE. (2021). *Geoportal*. Obtenido de Geovisor de Consulta de Codificación de la Divipola: <https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/territorio/consulta-divipola-division-politico-administrativa-de-colombia/>
- ESPOL. (s.f.). *Capítulo 3. Diseño del modelo tarifario*. Guayaquil, Ecuador: ESPOL. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5993/33/Cap%C3%ADtulo%203%20-%20Dise%C3%B1o%20del%20Modelo%20Tarifario.pdf>
- Figueroa, A. F. (2018). *Estimación del valor económico del proceso de compostaje de residuos sólidos urbanos en el distrito de independencia, Huaraz, Ancash, Perú – 2017*. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Ancash, Perú.
- Gobernación del Magdalena. (2019). *Nuestro departamento*. Obtenido de <http://www.magdalena.gov.co/departamento/nuestro-departamento>
- Hernández, M. (12 de Diciembre de 2012). *Tipos y Niveles de Investigación*. Obtenido de Metodología de la Investigación: <http://metodologiadeinvestigacionmarisol.blogspot.com/2012/12/tipos-y-niveles-de-investigacion.html>
- ICONTEC. (2003). *Guía Técnica Colombiana GTC-86: Guía para la Implementación de la Gestión Integral de Residuos -GIR-*. Bogotá D.C.: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

- ICONTEC. (2004). *Guía Técnica Colombiana GTC-53-2: Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. Guía para el aprovechamiento de los residuos plásticos.* Bogotá D.C.: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- ICONTEC. (2004). *Guía Técnica Colombiana GTC-53-3: Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. Guía para el aprovechamiento de envases de vidrio.* Bogotá D.C.: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- ICONTEC. (2004). *Guía Técnica Colombiana GTC-53-4: Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. Guía para el reciclaje de papel y cartón.* Bogotá D.C.: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- ICONTEC. (2004). *Guía Técnica Colombiana GTC-53-5: Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. Guía para el aprovechamiento de los residuos metálicos.* Bogotá D.C.: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- ICONTEC. (2004). *Guía Técnica Colombiana GTC-53-6: Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. Guía para el aprovechamiento de papel y cartón compuestos con otros materiales.* Bogotá D.C.: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- ICONTEC. (2004). *Guía Técnica Colombiana GTC-53-7: Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. Guía para el aprovechamiento de los residuos orgánicos no peligrosos.* Bogotá D.C.: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- ICONTEC. (2007). *Guía Técnica Colombiana GTC-53-8: Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. Guía para la minimización de los impactos ambientales de los residuos de envases y embalajes.* Bogotá D.C.: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- ICONTEC. (2009). *Norma Técnica Colombiana GTC 24. Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. Guía para la separación en la fuente.* Bogotá D.C.
- López, P., & Fachelli, S. (2015). *Metodología de la Investigación Social Cuantitativa.* Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona. Obtenido de https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2017/185163/metinvsoccua_cap2-4a2017.pdf

MINAMBIENTE. (27 de Diciembre de 2019). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.*

Obtenido de Gobierno unifica el código de colores para la separación de residuos en la fuente a nivel nacional: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/4595-gobierno-unifica-el-codigo-de-colores-para-la-separacion-de-residuos-en-la-fuente-a-nivel-nacional>

Minambiente, & Minvivienda. (2005). *Decreto 4741 de 2005. “Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o.* Bogotá D.C.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *GUÍA DE APLICACIÓN DE LA VALORACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL.* Obtenido de [http://www.andi.com.co/Uploads/Gu%C3%ADa%20de%20Aplicaci%C3%B3n%20de%20la%20Valoraci%C3%B3n%20Econ%C3%B3mica%20Ambiental%20\(00000002\).pdf](http://www.andi.com.co/Uploads/Gu%C3%ADa%20de%20Aplicaci%C3%B3n%20de%20la%20Valoraci%C3%B3n%20Econ%C3%B3mica%20Ambiental%20(00000002).pdf)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, & Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2018). *Piensa un minuto antes de actuar: Gestión Integral de los Residuos Sólidos.* Bogotá D.C.

Ministerio de Vivienda. (2017). *Guía de Planeación Estratégica para el Manejo de Residuos Sólidos de Pequeños Municipios en Colombia.* Bogotá D.C.

MINVIVIENDA. (2010). *Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico - TÍTULO B: Sistemas de Acueducto.* Bogotá D.C.: Universidad de los Andes.

Montoya, A. F., Valencia, S. H., Sánchez, A. M., & Vélez, J. M. (2018). Valoración de los residuos sólidos de la Comuna Dos de Bello (Antioquia), como sistema alternativo de aprovechamiento. *Cuaderno Activa N°10 • página 70 de 160, 160.* Obtenido de <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/494/665>

Ortega, Y. N., & Torres, S. W. (2016). *Diseño de una planta de tratamiento de residuos sólidos municipales para poblaciones pequeñas.* Perú. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3756/Ortega%20Landeo%20-%20Torres%20Romero.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Osorio, E. (2026). *Valoración costo-beneficio del manejo integral de los residuos solidos, aplicable a conjuntos residenciales en la ciudad de Cali. Caso de estudio: Cofundadores.* Cali. Obtenido de <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/9262/0534156-P-E-2016-1.pdf;jsessionid=FB8072469BC04C075B930461B6F59DC0?sequence=1>
- Presidente de la República de Colombia. (2002). *Decreto 1713 de 2002. "Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral.* Bogotá D.C.
- Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. (s.f.). *Líneas de Investigación del Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria - Universidad Popular del Cesar.* Valledupar: UNICESAR.
- R-Chemical. (2021). *El Cuarteo – Un Muestreo Representativo.* Obtenido de <http://www.r-chemical.com/el-cuarteo-un-muestreo-representativo/>
- Robledo, L. D., & Ronderos, A. F. (2019). *Estudio de pre factibilidad del aprovechamiento de los residuos orgánicos para la producción de compost en el asentamiento poblacional la Nohora.* Universidad Santo Tomás. Facultad Ingeniería Ambiental. Villavicencio.
- Sampieri, R., Fernández C., C., Baptista L., P., & Collado., H. (2014). *Metodología de la Investigación.* Ciudad de México: McGraw Hill.
- Santiago Quintero, L. (2017). *Factores Incidentes en el inadecuado manejo de los residuos sólidos de los habitantes de la vereda San Antonio del corregimiento de Otaré del municipio de Ocaña, departamento del Norte de Santander.* Ocaña: Universidad Santo Tomás.
- SSPD. (2020). *Informe Nacional de Disposición Final de Residuos Sólidos 2019.* Bogotá D.C.
- UNICEF, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Terr, Embajada del Reino de los Países Bajos, & CRA. (2006). *Guía Metodológica de Costos y Tarifas para el Servicio Público de Aseo.* Bogotá D.C.



**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



UPME. (2005). *Guía Ambiental de Proyectos Carboeléctricos*. Bogotá D.C.: UPME.

