

**Propuesta para la optimización de los puntos de recolección de residuos sólidos  
aprovechables en la Macro ruta – centro en la ciudad de Sogamoso**

Presentado por

Ricardo Javier Pineda Melgarejo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería

Maestría en Gerencia de Proyectos

Sogamoso. Colombia

2021

**Propuesta para la optimización de los puntos de recolección de residuos sólidos  
aprovechables en la Macro ruta – centro en la ciudad de Sogamoso**

Presentado por

Ricardo Javier Pineda Melgarejo

Asesor

Edward Fernando Toro Perea

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería

Maestría en Gerencia de Proyectos

Bogotá D.C. Colombia

2021

### **Dedicatoria**

Después de avanzar por los caminos de la vida y del aprendizaje, el proyecto de grado es producto de tantos años de trabajo con recicladores de oficio de mi ciudad, Sogamoso, ejerciendo la responsabilidad social desde el rol docente en la UNAD; a mi familia entera, especialmente a mi esposa Sonia e hijos Nicolás y Juan Mateo que han estado siempre apoyando mis sueños, mis proyectos, su paciencia y tiempo sacrificado por verme continuar con este proyecto de vida es siempre incondicional. Sin olvidar a los docentes de la maestría que me enseñaron tantas cosas, que enriquecieron mis conocimientos, que siempre estuvieron dispuestos a escucharme y corregirme, pero una mención especial a los ingenieros Edward Fernando Toro y Oscar Alejandro Vásquez, trabajadores incansables por ver cumplido el objetivo de mi trabajo de grado, plasmado en mi propia vida “optimizar cada recurso para ser feliz eficientemente”. A todos mil gracias, en mi corazón están grabados sus nombres.

## **Agradecimientos**

Los caminos del conocimiento son especiales porque tienen siempre nuevos retos, horizontes que se creen lejanos, difíciles de superar, pero, aunque todo implica un gran trabajo y esfuerzo y al final también tiene su recompensa, dejando como ganancia personal más que un nuevo concepto, teoría, técnica, etc. Docentes muy valiosos que se atesoraron como valiosos amigos, invaluable, ejemplos a seguir, comprometidos con su trabajo y acompañamiento permanente, con la consigna de rebosar de sabiduría a sus estudiantes. En esta Maestría crucé mi camino con grandes personas, pero sobre todo con dos especiales seres humanos, los ingenieros Edward Fernando Toro Perea y Oscar Alejandro Vásquez Bernal, quienes fueron la semilla fecunda que hicieron brotar nuevas ideas, nuevos conceptos que se enmarcan en mi vida para poner al servicio de los demás, a ellos muchas gracias y bendiciones en una larga vida.

## Resumen

Sogamoso es una ciudad localizada en el departamento de Boyacá, con una población cercana a los 115.000 habitantes. El servicio público de recolección de residuos no aprovechables se divide en tres zonas o macro rutas Norte, Sur y Centro, transportadas hasta el acopio de basuras “Terrazas del Provenir” administrado por las autoridades municipales de Sogamoso.

Actualmente los residuos que se producen en la macro ruta son depositados directamente a los camiones recolectores, convirtiéndose en Residuos Sólidos No Aprovechables - RSNA, debido a que se han desconocido los nodos o puntos de recolección Residuos Sólidos Aprovechables - RSA, caracterizados según los sectores y poblaciones donde se utilizan, lo anterior conlleva, a que los desechos se mezclen y alteren las propiedades necesarias para su reutilización.

La propuesta de investigación tiene como finalidad diseñar una metodología de gestión de proyectos para la optimización de los puntos de recolección de residuos sólidos aprovechables que se generan en la Macro ruta – centro de la ciudad de Sogamoso, mediante el uso de las técnicas de redes y Pert/Cpm como insumo en la aplicación a los planes de gestión integral de residuos sólidos, ejecutados por la compañía de servicios públicos de la ciudad, regidos por la Resolución 754 de 2014, a fin de identificar las cantidades de producción, tipos y usos potenciales de los residuos que están siendo desaprovechados, por la falta de caracterización de los puntos de recolección en las redes de suministro de la macro ruta, comprobándose la necesidad de cumplir el Decreto 596 de 2016 en lo que refiere al aseguramiento de la red de aprovechamiento, por las debilidades identificadas en el sistema, tales como la inoperancia de los

recicladores de oficio al cumplir con las tareas propias de su naturaleza jurídica, así como la deficiencia del sistema en los procesos de suministros y aprovechamiento.

La metodología para el diseño y la evaluación de la red de recolección de residuos sólidos aprovechables se basa en la técnica de redes con sistemas de caja fija (SCF), a partir de diferentes alternativas planteadas según las técnicas de redes y Pert/Cpm. La aplicación de simulaciones de ruta mide la optimización y sostenibilidad de los puntos de recolección de residuos sólidos aprovechables en la macro ruta – centro de Sogamoso, teniendo en cuenta factores como la distancia, los volúmenes y los indicadores poblacionales del municipio, para evaluar mediante técnicas financieras como la TIR y el VAN la mejora alcanzada desde las técnicas Pert/Cpm. Se evidencia con el desarrollo de la propuesta una optimización del 20%, demostrando que Pert/Cpm incluye una mejor planeación de las actividades con la definición de una ruta crítica, prioritaria en la culminación del proceso de recolección de los residuos sólidos, donde se conectan los nodos de mayores distancias entre sí y consideran los de menor distancias como actividades con holguras, contenidas en las primeras y que deben realizarse simultáneamente.

### **Abstract**

Sogamoso is a city located in the department of Boyacá, with a population close to 115,000 inhabitants. The public non-usable waste collection service is divided into three zones or macro routes North, South and Center, which collect solid waste not usable, to be finally disposed of in the garbage collection "Terrazas del Provenir". Currently the waste produced in the macro-route is deposited directly to the collection trucks, becoming Non-Usable Solid Waste - RSNA, due to the fact that the nodes or collection points Usable Solid Waste - RSA have been unknown, which are characterized according to the sectors and populations where they are used, this leads to the waste being mixed and altering the properties necessary for its reuse.

The purpose of the research proposal is to design a project management methodology for the optimization of the collection points of usable solid waste that are generated in the Macro route - center of the city of Sogamoso, through the use of network techniques and Pert / Cpm as input in the application to the comprehensive solid waste management plans, executed by the city's public services company, governed by Resolution 754 of 2014, in order to identify the production quantities, types and potential uses of the wastes that are being wasted, due to the lack of characterization of the collection points in the supply networks of the macro route, proving the need to comply with Decree 596 of 2016 regarding the assurance of the exploitation network, due to the weaknesses identified in the system, such as the ineffectiveness of the ex-officio recyclers when fulfilling the tasks of their nature legal system, as well as the deficiency of the system in the supply and use processes.

The methodology for the design and evaluation of the usable solid waste collection network is based on the technique of networks with fixed box systems (SCF), based on different alternatives proposed according to the techniques of networks and Pert / Cpm. The application of route simulations measures the optimization and sustainability of the collection points of solid waste that can be used in the macro route - Sogamoso center, taking into account factors such as distance, volumes and population indicators of the municipality, to evaluate using techniques such as IRR and NPV the improvement achieved from the Pert/Cpm techniques. With the development of the proposal, an optimization of 20% is evidenced, showing that Pert/Cpm includes a better planning of activities with the definition of a critical path, a priority in the culmination of the solid waste collection process, where they are connected nodes with greater distances from each other and consider those with smaller distances as activities with gaps, which are within the first and must be carried out simultaneously.



**Tabla de contenido**

Lista de tablas	12
Lista de figuras	15
Introducción	17
Planteamiento del problema o fundamentación	19
Definición del problema	19
Justificación	21
Objetivos	23
Objetivo General	23
Objetivos Específicos	23
Marco Referencial	25
Marco Teórico	25
Marco Conceptual	30
Marco histórico	41
Estado del Arte	47
Marco Legal	51
Metodología	54
Tipo y enfoque de Investigación	54
Procedimiento de la metodología	54
Identificación de la problemática	54

	10
Elaboración de estrategias de gestión	56
Análisis de las características de las micro rutas	57
Evaluación de las alternativas de solución	58
Análisis de Resultados: Diagnóstico de la Macro ruta centro en Sogamoso	60
Frecuencia de recolección	62
Sistemas de recolección	63
Requisitos de la actividad	66
Mapas de recolección de Residuos Sólidos No Aprovechables en las micro rutas	68
Observación y registro de datos	70
Cálculo del número de entrevistas a aplicar	71
Matriz DOFA	74
Matriz de evaluación de factores externos MEFE	76
Matriz de evaluación de factores internos MEFI	78
Análisis de resultados del diagnóstico	80
Análisis de Resultados: Tratamiento de la información diagnóstica	83
Matriz de estrategias DOFA	84
Método de Contenedores	87
Cálculo de los contenedores en punto fijo, nodos de la red	89
Diseño de los sistemas para la pre recogida (contenedores)	93
Determinación del número de contenedores por micro ruta en la macro ruta	94

Propuesta y características vehículos tracción mecánica para los procesos de recolección y transporte de los RRSS aprovechables	95
Diseño de la ruta	96
Rutas propuestas – Teoría de redes	100
Dibujo de la ruta en Pert/Cpm	106
Análisis de resultados de las propuestas	111
Análisis de resultados: Evaluación financiera y económica de la propuesta	114
Resumen de costos medidos según las distancias de las propuestas	115
Cálculo de la depreciación (método línea recta)	118
Flujo de caja del proyecto	119
Evaluación de las propuestas	119
Propuesta de la mejor alternativa con endeudamiento	127
Propuesta endeudamiento del 100% del Flujo de Efectivo	127
Propuesta endeudamiento del 50% del Flujo de Efectivo	129
Análisis de sensibilidad financiero a la mejor alternativa	131
Análisis de resultados evaluación económica y financiera	134
Conclusiones	136
Recomendaciones y Comentarios	139
Referencias bibliográficas	140
Anexos	148

**Lista de Tablas**

Tabla 1. Procedimiento para el cálculo de contenedores.	39
Tabla 2. Características de vehículos recolectores.	62
Tabla 3. Normas sobre la recolección de los Residuos Sólidos Aprovechables.	64
Tabla 4. Distribución de rutas del servicio de aseo macro ruta centro.	66
Tabla 5. Micro rutas Sogamoso.	68
Tabla 6. Micro rutas Sogamoso.	69
Tabla 7. Población de recicladores de Sogamoso.	71
Tabla 8. Resultados de la encuesta a recicladores.	73
Tabla 9. Matriz de evaluación DOFA.	75
Tabla 10. Matriz MEFE.	76
Tabla 11. Matriz MEFI.	78
Tabla 12. Matriz DOFA.	84
Tabla 13. Demografía municipio de Sogamoso.	90
Tabla 14. Concentración demográfica municipio de Sogamoso	90
Tabla 15. Valores típicos de PPC (Kg/[habitante*día]) para municipios colombianos.	91
Tabla 16. Formula cálculo de contenedores.	92
Tabla 17. Cálculo de contenedores.	95
Tabla 18. Características Vehículos Transporte RRSS Aprovechables.	95
Tabla 19. Características ruta propuesta No. 1.	101

Tabla 20. Características ruta propuesta No. 2.	103
Tabla 21. Características ruta propuesta No. 3.	105
Tabla 22. Características ruta propuesta No. 4.	106
Tabla 23. Características ruta propuesta No. 4.	106
Tabla 24. Características propuesta 4. Técnica Pert/Cpm.	110
Tabla 25. Características distancias propuestas 1 a la 4.	115
Tabla 26. Precio kilogramo materiales aprovechables.	116
Tabla 27. Ingresos por operaciones.	116
Tabla 28. Resumen de inversiones.	117
Tabla 29. Resumen de Gastos de la propuesta.	117
Tabla 30. Resumen de valores de salvamento.	118
Tabla 31. Resumen de depreciación.	118
Tabla 32. Resumen de Valor Futuro de los ingresos proyectados.	119
Tabla 33. Resumen financiero para el cálculo de Flujo de Caja propuesta 1.	119
Tabla 34. Flujo de Caja propuesta 1.	120
Tabla 35. Resumen financiero para el cálculo de Flujo de Caja propuesta 1.	121
Tabla 36. Flujo de Caja propuesta 2.	122
Tabla 37. Resumen financiero para el cálculo de Flujo de Caja propuesta 3.	123
Tabla 38. Flujo de Caja propuesta 3.	124
Tabla 39. Resumen financiero para el cálculo de Flujo de Caja propuesta 4.,.	125

	14
Tabla 40. Flujo de Caja propuesta 3 (Técnica Pert/Cpm).	126
Tabla 41. Proyección cuotas 100% endeudamiento 4.	127
Tabla 42. Flujo de Caja propuesta 4 (endeudamiento 100%).	128
Tabla 43. Proyección cuotas 50% endeudamiento 4.	129
Tabla 44. Flujo de Caja propuesta 4 (endeudamiento 50%).	130
Tabla 45. Análisis de sensibilidad. Resumen Flujo de caja.	131
Tabla 46. Datos financieros análisis de sensibilidad.	132
Tabla 47. Análisis de sensibilidad financiero.	133

**Lista de Figuras**

Figura 1. Dibujo de la red.	31
Figura 2. Arcos dirigidos.	32
Figura 3. Trayectoria de una red.	33
Figura 4. Representación de un ciclo.	34
Figura 5. Actividades ficticias del Diagrama de Rede de Actividades.	35
Figura 6. Orden de las actividades.	36
Figura 7. Actividades simultaneas.	36
Figura 8. Ejemplo de límites de cálculos de tiempo.	37
Figura 9. Rutas de Aseo Sogamoso.	60
Figura 10. Macro ruta Centro RSNA.	61
Figura 11. Micro ruta Seis de Septiembre Sogamoso.	68
Figura 12. Micro ruta Parque de la Villa Sogamoso.	68
Figura 13. Micro ruta Santa Elena Sogamoso.	69
Figura 14. Micro ruta La Castellana Sogamoso.	69
Figura 15. Micro ruta El Libertador Sogamoso.	69
Figura 16. Micro ruta Santa Inés Sogamoso.	69
Figura 17. Micro ruta Veinte de Julio Sogamoso.	69
Figura 18. Pregunta encuesta.	73
Figura 19. Pregunta encuesta.	73

	16
Figura 20. Pregunta encuesta.	73
Figura 21. Contenedores fijos.	88
Figura 22. Contenedores móviles.	89
Figura 23. Contenedores 2400 litros.	91
Figura 24. Vehículo Tipo Carry.	96
Figura 25. Modulo la Ruta más corta.	99
Figura 26. Propuesta 1. Teoria de redes.	100
Figura 27. Propuesta 2. Teoria de redes.	102
Figura 28. Propuesta 3. Teoria de redes.	104
Figura 29. Propuesta 4. Técnica Pert/Cpm.	107
Figura 30. Propuesta 4. Técnica Pert/Cpm.	108
Figura 31. Propuesta 4. Técnica Pert/Cpm.	109
Figura 32. Propuesta 4. Técnica Pert/Cpm.	110



## Introducción

Existen muchas situaciones que se pueden resolver desde la gerencia de proyectos, integrándose a diferentes contextos económicos, sociales y ambientales, un ejemplo de lo anterior, es el planteado en la propuesta de grado de Maestría en Gerencia de Proyectos, titulada, “Propuesta para la optimización de los puntos de recolección de residuos sólidos aprovechables en la Macro ruta – centro en la ciudad de Sogamoso”; abarca temáticas tales como: el análisis de las redes de suministros desde la teoría de nodos conectados por ramas, para el aprovechamiento de residuos en el municipio de Sogamoso. Por otra parte, el decreto 596 de 2016, ordena a las empresas prestadoras del servicio público de aseo, establecer la red de recolección de aprovechamiento, para que los recicladores de oficio se ajusten y operen en las macro rutas, que según la Unidad ejecutiva de servicios públicos de Bogotá D.C. (2017) es la “descripción detallada a nivel de las calles y manzanas del trayecto de un vehículo o cuadrilla, para la prestación del servicio de recolección o del barrido manual o mecánico, dentro del ámbito de una frecuencia predeterminada” (Decreto 596 de 2016, p. 8).

Al tener en cuenta las circunstancias anteriores, se busca encontrar aspectos que coadyuven a la optimización en la recolección de residuos sólidos en la macro ruta centro de Sogamoso a partir de la técnica Pert/Cpm, analizando herramientas basadas en estudios de redes, optimización y simulación en la macro ruta centro de Sogamoso de RNA (Residuos No Aprovechables) en una zona de Sogamoso donde encontramos los diferentes tipos de usuarios, residenciales, comerciales e industriales; por lo anterior, se le da una gran importancia, al análisis y planteamiento de soluciones de optimización, distinguiendo los beneficios que aporta al medio

ambiente. Luego se identifican los componentes en un modelo de operación integral de aprovechamiento, para que permitan una correcta recolección, para cubrir un área mayor y recoge un enorme volumen de material aprovechable, generando una reducción de las distancias de transporte, sobre las distancias denominadas “muertas”, es decir, donde se carece de la simultaneidad de la recolección. Por último, si se solucionan los problemas mencionados, se genera eficiente en la operación y se reduce costos en los procesos, permitiendo una correcta selección en la estación de clasificación y aprovechamiento, para la determinación de un mejor precio de venta del material aprovechable (Alcaldía de Bogotá, s.f., p. 35).

## **Planteamiento del problema o fundamentación**

### **Definición del problema**

Sogamoso es un municipio con unos 113.000 habitantes y en la actualidad se realizan las operaciones de recolección de basuras de manera tradicional, donde los residuos generados se llevan directamente a los andenes, en donde son recolectadas por el camión de la compañía de servicios públicos. El problema que se produce por la ausencia de planes de gestión que determinen los puntos de recolección óptimos y métodos de clasificación de la producción de residuos sólidos en la macro ruta-centro del servicio públicos de aseo en la ciudad de Sogamoso, por lo tanto es necesario el desarrollo de una macro ruta; definida como la división de la ciudad en sectores operativos, con el fin de desarrollar las tareas de recolección de los residuos (decreto 596 de 2016), asimismo la problemática también ocasiona desaprovechamiento de los subproductos, al mezclarse con materia orgánica, en los carros recolectores, alterando las características de los productos reutilizables. Además de lo anterior, la caracterización de factores de la macro ruta es inexistente, por lo tanto se debe identificar volúmenes, tipos y usos en el reprocesamiento, igualmente se determinan los factores en los residuos residenciales, comerciales o industriales; en síntesis de lo anterior, el problema se debe a la inexistencia de planes de gerencia de proyectos para el aprovechamiento de los residuos, el investigador Barrera, en su investigación realizada el año 2016, dentro del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIR realizada al municipio de Sogamoso, dice, que “se calcula una producción mensual promedio de 166 Ton/mes por macro ruta, pero no hay datos exactos de la

producción de la macro ruta-centro que cubre zonas comerciales, residenciales e industriales”.

(Barrera, 2016. P. 25).

Las consecuencias de la problemática son varias, una de ellas, son las pérdidas económicas por volúmenes de residuos sólidos desaprovechados, según el plan de gestión integral de residuos sólidos de Sogamoso: “el municipio de Sogamoso genera aproximadamente 2.100 Ton/mes de residuos sólidos urbanos, es decir 25.200 Ton/año, de las que el 89,6% son aprovechables, representadas por materia orgánica e inorgánicos reciclables, no obstante, dado el precario sistema organizacional para el aprovechamiento de los materiales, en el municipio no se alcanza más del 5% de aprovechamiento de los mismos” (García, 2015, p. 107). Para minimizar las pérdidas inherentes al inadecuado uso de las redes de aprovechamiento las técnicas de la teoría de redes y Pert/Cpm proporcionan medidas de aplicación para la eficiencia de las operaciones, mediante el estudio de sus componentes: los procedimientos, proyectos y otros trabajos relacionados, que constituyen y responden a la pregunta problémica, que hace referencia al Cómo. La cuestión se sustenta por el medio o la estrategia metodológica para encontrar el fin de la investigación. Con lo anterior se plantea la pregunta de investigación:

Cómo aplicar las teorías de redes y la técnica Pert/Cpm para mejorar la gestión de proyectos en la red de residuos sólidos aprovechables en la macro ruta – centro en la ciudad de Sogamoso a fin de reducir el tiempo de ciclo en las operaciones realizadas por los recicladores de oficio?

### **Justificación**

La justificación principal se centra en establecer los valores óptimos de los puntos de recolección de residuos sólidos aprovechables en la macro ruta centro del servicio públicos de aseo en el municipio de Sogamoso. El decreto 596 de 2016 define la necesidad de identificar la red de recolección de aprovechamiento (micro rutas) con su caracterización según las condiciones de cada una de ellas, se tiene como fin para 2023 tener la macro ruta centro definida con nodos de recolección individualizados según la producción de residuos sólidos en cada uno de los mismos, lo anterior sucede por diferentes problemáticas, a continuación, se explican las más importantes:

La primera, es la pérdida económica por volúmenes de residuos sólidos no aprovechados, solo el 5% de residuos sólidos es reciclado en el municipio, el 95% se desechan, considerándose como indicadores altos de desaprovechamiento (Acurio, 2017, p.17), la solución permitirá un incremento de las utilidades en las organizaciones que desarrollan actividades de aprovechamiento de residuos sólidos, es decir un aumento en los volúmenes de residuos sólidos aprovechables, según la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia “cada tonelada reciclada genera \$550.000 para la organización dedicada al oficio. La segunda. la degradación del paisaje por el manejo inadecuado de los residuos sólidos, dado que el 20% de lixiviados, gases y lodos residuales que se generan de los residuos no logran recuperarse con eficiencia, es decir llegan al medio ambiente directamente, ocasionando enfermedades, plagas y desorden en calles y espacios públicos”; según la ONU 19: “millones de personas en el mundo han abandonado sus hogares por las consecuencias ambientales y de salud por los manejos inadecuados de los residuos producidos, la solución asegura el mejoramiento de las condiciones

ambientales y físicas en los puntos de recolección de residuos sólidos aprovechables”. La tercera, la recolección selectiva inadecuada por parte de los recicladores de oficio en la red de recolección de aprovechamiento (micro rutas), solo el 18% de los recicladores en el municipio están capacitados para ello, la solución mejora las condiciones y procedimientos de recolección de residuos sólidos por parte de los recicladores de oficio al tener definidas las características de la red de recolección de aprovechamiento (micro rutas) (Barrera, 2016. P. 25).

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Desarrollar estrategias de gestión en el mejoramiento de la ruta de recolección de residuos sólidos, mediante herramientas de gerencia de proyectos Pert/Cpm, Teoría de Redes y Evaluación económica, para la optimización y sostenibilidad de los puntos de recolección de residuos sólidos aprovechables en la macro ruta – centro del servicio público de aseo en la ciudad de Sogamoso.

### **Objetivos Específicos**

Identificar las problemáticas de la macro ruta centro, mediante la base de datos y encuestas para la determinación de las características de la ruta de aprovechamiento de residuos sólidos aprovechables.

Elaborar estrategias de gestión con las características de la macro ruta centro, a través de la matriz DOFA para la identificación de las necesidades de la ruta de aprovechamiento de residuos sólidos aprovechables.

Analizar las características de la red de recolección de aprovechamiento (micro rutas), mediante las herramientas de la gerencia de proyectos Pert/Cpm, Teoría de redes y los cálculos de demanda y producción, para el establecimiento de las alternativas de solución de los puntos de recolección en la macro ruta centro.

Evaluar alternativas de solución de red de recolección de aprovechamiento en la macro ruta-centro, a través de la evaluación económica y financiera (VPN, TIR, ROI, Análisis de

sensibilidad), para la optimización y su sostenibilidad (responsabilidad económica, social y ambiental) la macro ruta – centro del servicio público de aseo en la ciudad de Sogamoso.



## **Marco Referencial**

En el marco de referencia se recopilan antecedentes del tema de estudio de la investigación (teorías, herramientas, datos, estudios previos, etc.), identificando y exponiendo los conceptos que sustentan el desarrollo del trabajo de investigación.

## **Marco Teórico**

En el marco teórico se explica el funcionamiento de las técnicas y herramientas utilizadas en el desarrollo del trabajo de investigación.

Tal y como lo indica García, J. & Maheut, J., acerca de la Teoría de Redes: “Es inexistente un método para construir un modelo perfecto de modo directo. En cualquier caso, se puede decir, que en la definición de cualquier modelo hay tres etapas o hitos básicos que se concretan en: 1. Definir el Problema. Esta fase incluye entender el problema y acordar con el cliente los resultados a obtener: Entender el problema: Hay que estructurar el problema para entenderlo. Cualquier herramienta es buena. En ocasiones con esta etapa el problema a resolver queda resuelto. Y en general también ocurre que el primer problema planteado no era el problema real. Acordar con el cliente los resultados a obtener. No significa necesariamente que el cliente deba definir el resultado concreto del trabajo. Pero es interesante conocer si pretende una respuesta del tipo sí o no o una hoja Excel. 2. Modelar y Construir la Solución. Esta fase incluye definir el tipo de técnica a utilizar, generar el modelo (implementarlo informáticamente si es el caso) y por último validarlo. Definir el tipo de técnica”.

Técnicas de redes: “la decisión del tipo de técnica que mejor se ajusta al problema puede ser revocada en cualquier instante, pero da por perdido todo el trabajo anterior, incluyendo el

análisis de datos disponibles y resultados requeridos. Generar el modelo. Esta etapa incluye estimar los parámetros para modelar o calcular resultados, además de dar forma física al modelo y desatacándose la aplicación del principio “Ir paso a paso”. Lo anterior implica abordar escalonadamente los diferentes aspectos de la realidad que se pretenden modelar. Validar el modelo. Decidir si el modelo vale para algo, si se puede usar y si el cliente lo encontrará aceptable. Fundamentalmente esta fase exige comprobar que se comporta como se pretendía que se comportara. 3. Utilizar la Solución. Un modelo perfecto que no se utilice es un modelo perfectamente inútil. Ser capaz de implementar el modelo de tal manera que el cliente lo utilice, y mantener un concreto sistema de actualización son los dos elementos básicos de esta fase. Cualquiera de las etapas citadas exige replantearse siempre la vuelta al principio del proceso. La mejor comprensión de la realidad puede llevar a cambiar el tipo (o tipos) de técnica (s) a utilizar para alcanzar el objetivo propuesto: primero, implementar el modelo, segundo, trabajar con el cliente para poder extraer los máximos beneficios del trabajo realizado y tercero, actualizar el modelo. Es evidente que si la realidad es cambiante el modelo debe adaptar sea las nuevas circunstancias de manera continua si se pretende que siga teniendo utilidad” (García, J. & Maheut, J., 2011, p.16-17).

A partir del diagnóstico es importante definir la teoría de redes, se inicia con la lista de actividades, que generan como resultado “una lista exhaustiva que abarca todas las actividades del cronograma necesarias para el proyecto” (PMI, 2012). Se continua con la definición del modelo de programación como “representación del plan para ejecutar las actividades del proyecto que incluye duraciones, dependencias y demás información de planificación, y que se

utiliza, junto con otros objetos de programación, para generar cronogramas del proyecto” (PMI, 2012). Durante la recolección de la información el investigador puede identificar el calendario de recursos para “identificar los días y turnos de trabajo en que cada recurso específico está disponible” (PMI, 2012).

De acuerdo con las necesidades de generar procesos más eficientes y que reduzcan la inversión y uso de recursos; Según Rossit (2016), “existe una gran necesidad de generar mecanismos alternativos de recolección de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que fomenten la clasificación en origen y, de esta forma, reduzcan el impacto ambiental que genera el sistema de recolección tradicional. En el mismo sentido, las limitaciones en el uso de los modelos común son las restricciones sobre la capacidad del vehículo, el tiempo total, el tiempo de las paradas, las relaciones de precedencia entre pares de ciudades y el número de depósitos”. Russel (2017) utiliza un enfoque a través de la partición de conjuntos y otro enfoque que emplea el concepto de rutas de semillas para determinar una solución aproximada que secuencia rutas para cada período de tiempo en el horizonte de planificación. Murakami (2017) propuso un nuevo modelo denominado, *the electric and diesel-powered vehicle routing problem (EDVRP)*, en este se introdujo el concepto de gráfico original para considerar las inclinaciones de las carreteras, la velocidad y aceleración del vehículo, esperar las luces de tráfico y el cuerpo del vehículo y el costo de mantenimiento. (Raa y Dullaert, 2017).

Una solución se construye en dos fases: diseñando rutas y componiendo la flota. Al momento de determinar una solución en el dimensionamiento de los sistemas de distribución es necesario considerar la capacidad de transportación de los vehículos y el costo que representa

una ruta de servicio. Cuando se analiza el comportamiento del sistema de recolección de desechos sólidos de una ciudad se puede hacer una analogía con el comportamiento real de una colonia de hormigas. En su búsqueda de comida marcan los senderos que están utilizando, poniendo una sustancia llamada feromona (Mazzeo & Loiseau, 2004). Todas vuelven a un mismo punto, pero a diferencia de la flota de recolectores siguen una misma ruta lineal y no se dispersan a múltiples destinos.

Guzmán (2017), asegura que: en la mayoría de las ciudades de Latinoamérica el proceso de recolección de basura es similar, sin embargo, se han realizado estudios acerca de los efectos que produce el contacto con los microorganismos y el ser humano, pero no se han hecho mejoras significativas para optimizar las rutas de recolección de las flotas. Para lo anterior se puede promover la economía circular, como un cambio de paradigma necesario y fundamental para poder mejorar el nivel de la gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. La visión de considerar los residuos como potenciales recursos puede ayudar a crear sistemas sostenibles y más eficientes de manejo de residuos, disminuyendo los impactos ambientales, creando mercados económicos nuevos, apoyando a los grupos más vulnerables e implementando nuevas tecnologías en todas las etapas del ciclo de la GIRS.

El modelo de gestión integrada de RSM para la región debe buscar la minimización de los residuos en la fuente generadora, la optimización de la reutilización y reciclaje de los materiales reciclables, el tratamiento mediante el método de compostaje– inclusive compostaje casero para pequeños municipios y la disposición adecuada en rellenos sanitarios, con recuperación energética del biogás. Es preciso producir un balance para saber qué productos y

materiales son ambientalmente sostenibles y socialmente aprobados como necesarios, para poder instituir por ley el análisis del ciclo de vida de los productos (Graziani, 2018. P.32).

Varios autores han desarrollado estudios en Europa o Estados Unidos a su contexto inmediato, a sus propias ciudades y es que a pesar de las diferencias entre las poblaciones, tipos de desechos, cantidades, frecuencias de recolección, distancias, condiciones geográficas, etc., existe una sola necesidad, la de encontrar sistemas eficientes que optimicen el manejo de los residuos sólidos con la aplicación de los estándares globales del PMI para la dirección del Proyecto de mejoramiento y ampliación de la disposición final de los residuos sólidos urbanos, tal como lo expresó Galicia, M. (2019) en la ciudad de Cusco - Perú, “el alcance y aporte a la economía y los procesos inherentes al manejo de residuos sólidos se centraron en los entregables del proyecto: Entregable 1. Obras Provisionales, Entregable 2. Trabajos Preliminares, Entregable 3. Obras específicas, Entregable 4. Pozas para lixiviados, Entregable 5. Trabajos complementarios, Entregable 6. Dirección de proyectos, Entregable 7. Permisos (Galicia, M. 2019). O como Montoya L. (2007), lo expresó en su Artículo titulado “Situación de la Gestión de Residuos Sólidos en las Municipalidades en Costa Rica: Recolección, disposición y recuperación”: El proceso de recolección eficiente es una primera aproximación sobre la situación de la gestión de residuos sólidos en municipalidades costarricenses, donde los resultados provienen del proyecto “Herramientas de Gestión Ambiental Municipal” adaptables a varios contextos mundiales, para encontrar una aproximación a las rutas de recolección para la optimización de los procedimientos de aprovechamiento en las ciudades aplicadas”.

Para relacionar los conceptos de distribución y redes a estas rutas de aprovechamiento y

recolección Martínez, F. (2018) ha expresado que las zonas de recolección (micro rutas) son cubiertas por un vehículo específico con eficiencia de ocupación del 90%; la frecuencia de recolección pasando un día se aplica en el sector residencial y la diaria en el sector comercial. El modelo de gestión integrada de RSM para la región debe buscar la minimización de los residuos en la fuente generadora, la optimización de la reutilización y reciclaje de los materiales reciclables, el tratamiento mediante el método de compostaje, incluyendo el casero para pequeños municipios y la disposición adecuada en rellenos sanitarios, con recuperación energética del biogás. Es preciso producir un balance para saber qué productos y materiales son ambientalmente sostenibles y socialmente aprobados como necesarios, para poder instituir por ley el análisis del ciclo de vida de los productos (Graziani, 2018. P.32). O simplemente como Toledo, D. (2014) concluyó: las razones que justifican la gestión de los residuos sólidos, específicamente los urbanos, así como una estrategia para su realización y la valoración del beneficio que se logran a través de sus impactos económicos, sociales y ambientales para todas las regiones del planeta y especialmente para los países que se encuentran en vías de desarrollo.

### **Marco Conceptual**

En el marco conceptual se describen las técnicas y herramientas en gerencia de proyectos utilizadas para resolver la situación planteada por el desarrollo del trabajo de investigación.

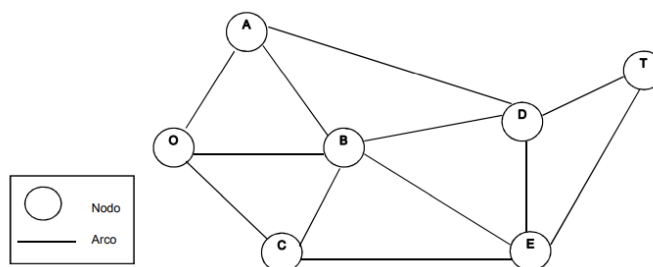
### **Teoría de redes**

Según Quispe (2017), “los modelos de redes son aplicables a una extensa variedad de problemas de decisión, los cuales pueden ser modelados como problemas de optimización de redes que pueden ser eficiente y efectivamente resueltos. Algunos de los problemas de decisión son

realmente problemas físicos, tales como el transporte o flujo de bienes materiales. Sin embargo, los problemas de redes son más que una representación abstracta de procesos o actividades, tales como el camino crítico en las actividades entre las redes de un proyecto gerencial. La familia de redes de los problemas de optimización incluye los siguientes prototipos de modelos: Problemas de asignación, camino crítico, flujo máximo, camino más corto, transporte y costo mínimo de flujos. Los problemas son establecidos fácilmente mediante el uso de arcos de redes y de los nodos. La representación visual del método de redes es el diagrama de flechas o red de actividades, que consiste en la ilustración gráfica del conjunto de nodos y de sus interrelaciones. La red está formada por flechas que representan nodos o uniones que simbolizan eventos”.

Dentro de las consideraciones para dibujar la red, se tienen en cuenta los siguientes conceptos: Una red, consiste en un conjunto de puntos y un conjunto de líneas que unen ciertos pares de puntos que son llamados nodos (o vértices). Las líneas se llaman arcos (o ligaduras, aristas o ramas), tal como se aprecia en la figura 1.

**Figura 1.**  
*Dibujo de la red.*



*Nota:* El gráfico muestra los elementos de una red de distribución, se resaltan los nodos y las conexiones entre los mismos. Fuente: <https://docentes.uaa.mx/>

Los arcos se etiquetan para dar nombres a los nodos en sus puntos terminales, por ejemplo, AB es el arco entre los nodos A, B. En un problema de programación lineal, las redes pueden representar un conjunto de estaciones, campos petrolíferos, almacenes, fabricas, sucursales, ciudades, interconectadas entre si a través de caminos, conductos, tuberías que permiten fluir productos para la comercialización o la distribución.

Arcos Dirigidos, el arco tiene flujo en una dirección (como en una calle de un sentido). La dirección se indica agregando una cabeza de flecha al final de la línea que representa el arco, tal como se observa en la figura 2.

**Figura 2.**  
*Arcos dirigidos de una red.*



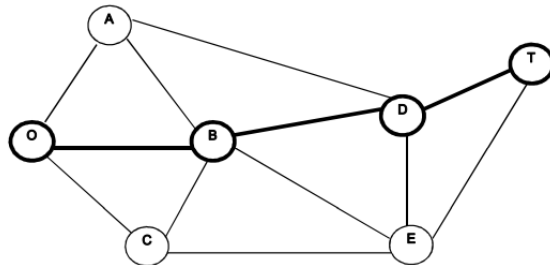
*Nota:* La figura muestra los arcos dirigidos entre actividades.  
*Fuente:* <https://docentes.uaa.mx/>

Al etiquetar un arco dirigido con el nombre de los nodos que une, siempre se coloca primero al nodo de donde viene y después el nodo a donde va, por lo que recibe el nombre de arco dirigido del nodo A al nodo B, debe etiquetarse como AB y no como BA.

La Trayectoria entre dos nodos es una sucesión de arcos distintos que conectan con los nodos. Por ejemplo, una de las trayectorias que conectan los nodos O y T en la figura 1 es la sucesión de arcos OB-BD-DT (O BDT), y viceversa, tal como se aprecia en la figura 3.



**Figura 3.**  
*Trayectoria de una red.*



*Nota:* la figura muestra la trayectoria de una red y su conexión entre nodos. Fuente: <https://docentes.uaa.mx/>

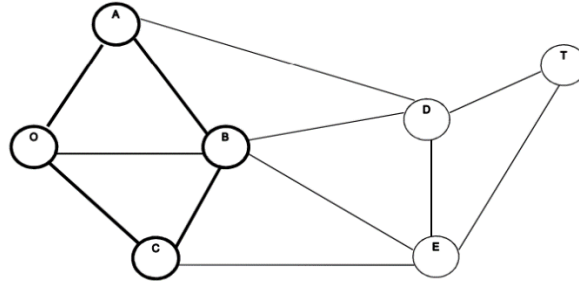
Cuando algunos o todos los arcos de una red son arcos dirigidos, se hace la distinción entre trayectorias dirigidas y trayectorias no dirigidas.

La Trayectoria Dirigida del nodo  $i$  al nodo  $j$ , es una sucesión de arcos cuya dirección (si la tienen) es hacia el nodo  $j$ , de manera que el flujo del nodo  $i$  al nodo  $j$ , a través de esta trayectoria es factible.

La Trayectoria No Dirigida del nodo  $i$  al nodo  $j$  es una sucesión de arcos cuya dirección (si la tienen) pueden ser hacia o desde el nodo  $j$ . Con frecuencia alguna trayectoria no dirigida tendrá algunos arcos dirigidos hacia el nodo  $j$  y otros desde él (es decir, hacia el nodo  $i$ ).

El Ciclo es una trayectoria que comienza y termina en el mismo nodo. En la red no dirigida que se muestra en la figura 5 existen varios ciclos, OA-AB-BC-CO, la representación se observa en la figura 4.

**Figura 4.**  
*Representación de un ciclo.*



*Nota:* la figura muestra la representación de un ciclo en una red. Fuente: <https://docentes.uaa.mx/>

### **Teoría de Redes Pert/Cpm**

Escallón & Ordóñez (2015), indica: “El método de la ruta o camino crítico es un proceso administrativo de planeación, ejecución y control de todas y cada una de las actividades y componentes de un proyecto, los cuales deben desarrollarse dentro de un tiempo crítico al costo óptimo. El método del Camino Critico se aplica según varios ciclos: Primero, planeación y programación, segundo, definición del proyecto, tercero, lista de actividades, cuarto, matriz de secuencias, quinto, matriz de tiempos, sexto, red de actividades, costos o distancias, séptimo holguras de las actividades”.

La representación visual del método de la ruta crítica es el diagrama de flechas o red de actividades, que consiste en la ilustración gráfica del conjunto de operaciones de un proyecto y de sus interrelaciones. La red está formada por flechas que representan actividades y nodos o uniones que simbolizan eventos, tal como se observa en la figura 5.

Las reglas generales para construir el diagrama son: primero, debe haber un solo nodo de inicio del proyecto y uno de final, segundo, dos actividades no pueden compartir los mismos

nodos de origen y destino, en dicho caso se debe crear una actividad ficticia (Fuente: Escallón & Ordóñez, 2015).

**Figura 5.**

*Actividades ficticias del Diagrama de Rede de Actividades.*



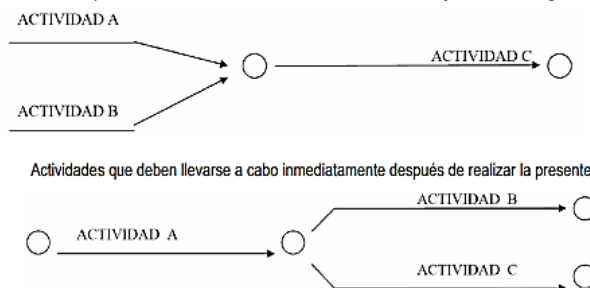
*Nota:* La figura representa las actividades ficticias de una red.

Fuente: Fuente: Escallón & Ordóñez, 2015

En la figura 6, se muestran los nodos numerados de izquierda a derecha y de arriba hasta abajo, teniendo en cuenta, que un nodo no se puede numerar, si le llegan actividades de nodos aun sin numeración (Escallón & Ordóñez, 2015). Para la elaboración de la red “no existen procedimientos secretos para elaborar una red adecuada; sin embargo, existen diversas reglas que deben conservarse al igual que diversas sugerencias que puedan facilitar la tarea de elaborar la red”.

Tal como se observa en la figura 7, antes de que se pueda comenzar una actividad, La totalidad de las actividades precedentes deben haber terminado (Escallón & Ordóñez, 2015).

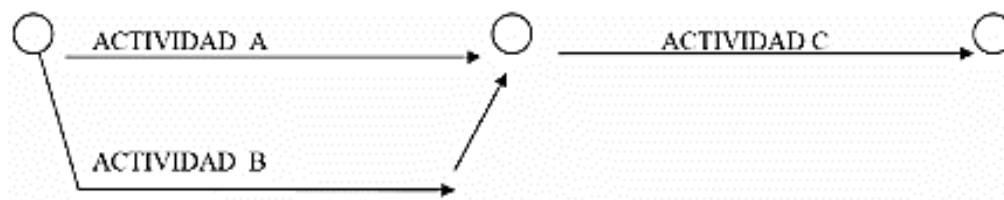
**Figura 6.**  
*Orden de las actividades.*



*Nota:* La figura muestra las actividades que deben ser realizadas inmediatamente antes de la ejecución de la siguiente.

Fuente: Escallón & Ordóñez, 2015

**Figura 7.**  
*Actividades simultaneas.*



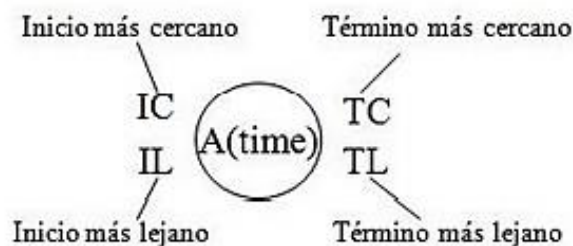
*Nota:* La figura muestra las actividades que se pueden realizar de manera simultánea antes de la siguiente. Fuente: Escallón & Ordóñez, 2015

Las reglas generales en la construcción de las redes según la teoría de optimización, son: las flechas indican solo precedencia lógica; ni su longitud ni su dirección tienen significado alguno. Cada flecha (Actividad) debe comenzar y terminar en un nodo evento. Ningún par de nodos de la red puede estar directamente conectado por más de una flecha. Cuando se enumeran los nodos es aconsejable en redes grandes utilizar múltiplos de 10 para facilidad de cambios o adiciones en el futuro. Todas las flechas de la red deben estar dirigidas más o menos, de izquierda a derecha. La clasificación de las actividades no debe ser más detallado de lo que se

requiera, para representar un plan de acción lógico y claramente definido (Fuente: Escallón & Ordóñez, 2015).

El procedimiento que debe seguirse para construirse una red según la teoría Pert/Cpm, tal y como se observa en la figura 8, se basa en: “Calcular los límites de tiempo para cada actividad (tiempos próximos de iniciación, lejanos de iniciación, próximos de terminación, y lejanos de terminación)” (Escallón & Ordóñez, 2015).

**Figura 8.**  
*Ejemplo de límites de cálculos de tiempo.*



*Nota:* La figura muestra los límites de cálculos de tiempo.  
Fuente: Escallón & Ordóñez, 2015

Los límites de los tiempos próximos de iniciación y próximos de terminación se calculan haciendo una revisión hacia delante de la red, los tiempos lejanos de iniciación y próximos de terminación se determinan utilizando una revisión hacia atrás en la red (Escallón & Ordóñez, 2015).

### **Metodología unificada para el cálculo de los sistemas y puntos de la recogida**

La estimación de las cantidades generadas de Residuos sólidos urbano (RSU) normalmente se basa en la cantidad de residuos producidos por una persona por día. Esta producción específica o per cápita (PPC) en la mayoría de los casos no refleja la cantidad de residuos generada, sino la

cantidad de residuos recolectada. La diferencia entre la cantidad generada y la cantidad de residuos recolectados para su procesamiento o vertido varía normalmente entre 4%-15% (Tchobanoglous et ál., 1994). Las diferencias se pueden justificar por la cantidad de material fermentado, quemado, arrojado a las alcantarillas o canalizaciones urbanas, donado, vendido y recuperado para reciclaje. La metodología más acertada para la selección del equipo y el tamaño de las unidades de gestión de los residuos sólidos será aquella que considere la variación temporal en las cantidades generadas y recolectadas (Zafra, 2009).

Las tasas máximas y mínimas de generación se deben considerar con la inclusión de los “factores punta de generación de residuos”. En el caso de poseer datos de generación, los factores punta se estiman mediante la relación entre los valores máximos y mínimos de generación anual, y la producción media anual de residuos de la comunidad en estudio; de lo contrario, se deberá desarrollar un criterio de variación temporal de las cantidades generadas y recolectadas que tenga en cuenta la producción extrema y la frecuencia en la recolección de los residuos sólidos, entre otros factores.

El objetivo principal del artículo de Zafra (2009), es desarrollar una metodología para el diseño y la evaluación de la pre recogida (contenedores) y recogida (vehículos de recolección) de RSU con sistemas de caja fija (SCF), cuando existe o no información acerca de las tasas de generación y recolección en una localidad. Se pretende establecer criterios de diseño que consideren la variación temporal en las tasas de generación y recolección a partir de los trabajos realizados por varios investigadores. El artículo inicia con una exposición teórica del método

propuesto. Posteriormente, se realiza la presentación y análisis de un caso de aplicación.

Finalmente, se despliegan las principales conclusiones de la investigación.

Se utiliza el método matemático para el cálculo de los aspectos que condiciona el diseño de rutas de aprovechamiento de residuos sólidos aprovechables, tal como lo muestra la Tabla 1.

**Tabla 1.**  
*Procedimiento para el cálculo de contenedores.*

Ítem	Explicación
<b>Cálculo de la Población actual y futura</b>	El conocimiento de la población actual y futura se constituye en una información de extrema importancia en la gestión integral de los RSU, puesto que la generación y recolección de residuos está estrechamente relacionada con el número de habitantes, y con el tamaño y crecimiento de las localidades, entre otros factores (Jaramillo, 1999). La estimación de la población urbana es el aspecto principal en la definición del nivel de complejidad. Se establece que esa población debe corresponder a la proyectada al final del periodo de diseño (RAS, 2000).
<b>Producción media de RSU, Pr</b>	La producción per cápita, PPC, se define como la cantidad generada de residuos por un habitante por día (Kg/[habitante*día]). Los métodos utilizados para estimar la PPC (número de cargas, peso-volumen y balance de masas) tienen en cuenta la cantidad de residuos generados por día y el número de habitantes del área en estudio (ASTM, 1992).
<b>Producción de diseño para la pre recogida y recogida de RSU, Prd</b>	Los factores o coeficientes punta utilizados para considerar la variación temporal en las tasas de generación y recolección de los RSU (Tejero et al., 2001).
<b>Factores punta de generación</b>	<p>Los factores o coeficientes punta utilizados para considerar la variación temporal en las tasas de generación y recolección de los RSU son los siguientes: Coeficiente punta semanal, Cps. Este coeficiente punta permite incluir en el diseño la máxima variación semanal/anual en la producción de RSU. Si existen datos anuales de generación en una localidad el Cps se obtiene a través de la siguiente expresión:</p> <p><b>Cps = pps/pmd</b></p> <p>Donde Cps representa el coeficiente punta semanal, adimensional; Pps, la máxima producción diaria semanal de RSU en un año, en Ton/día; y Pmd, la producción media diaria de RSU para el mismo año, en Ton/día.</p> <p>Los valores típicos del Cps oscilan entre 1,5-1,9 (Tejero et al., 2001), de tal manera que las poblaciones pequeñas (nivel de complejidad bajo) se acerquen a 1,9 debido a la homogeneidad</p>

	<p>en las costumbres, y las grandes a 1,5 (nivel de complejidad alto), por la heterogeneidad en los hábitos. Tchobanoglous et ál. (1994) presentan valores típicos entre 1,2.</p>
<b>Coefficiente punta diario, Cpd</b>	<p>Este coeficiente punta permite incluir en el diseño la máxima variación diaria en la producción de RSU. Si existen datos anuales de generación en una localidad el Cpd se obtiene a través de la siguiente expresión:</p> <p style="text-align: center;"><b>Cpd= ppd/pmd</b></p> <p>Donde Cpd representa el coeficiente punta diario, adimensional; Ppd, la máxima producción diaria de RSU en un año, en Ton/día; y Pmd la producción media diaria de RSU para el mismo año, en Ton/día.</p>
<b>Producción de diseño, Prd</b>	<p>Para calcular la producción de diseño de la prerrecogida (contenedores) y recogida (CRC) de RSU, se utiliza la siguiente expresión:</p> <p style="text-align: center;"><b>Prd = PPC*Población*Cps*Cpdh</b></p> <p>Donde Prd representa la producción de diseño para la prerrecogida y recogida en Kg/día; PPC, la producción per cápita de RSU en Kg/[habitante*día]; y Cps y Cpdh, el coeficiente punta semanal y diario de distribución heterogénea, respectivamente (adimensionales).</p>
<b>Diseño de los sistemas para la pre recogida (contenedores)</b>	<p>Para el diseño de la pre recogida es necesario predefinir la capacidad de los contenedores a emplear. Los tipos y las capacidades de los contenedores a instalar dependen de las características y tipos de los residuos sólidos que hay que recoger, del tipo de sistema de recogida utilizado, de la frecuencia de recogida y del espacio disponible para disponer los contenedores. Las capacidades comerciales normalmente son las siguientes: 90, 120, 140, 240, 360, 700, 800, 1.000, 1.100, 2.400 y 3.200 litros (Contenur, 2007). Igualmente, se debe predefinir la densidad media de los residuos en el interior del contenedor. Valores típicos entre 120-300 Kg/m<sup>3</sup> (Pineda, 1998; U.S. EPA, 2000). El número de contenedores requeridos para la prerrecogida se calcula con la siguiente expresión:</p> <p style="text-align: center;"><b>Contenedores = Prd / p * V</b></p> <p>Donde Prd representa la producción de diseño de los sistemas de pre recogida en Kg/día; p, la densidad de los residuos en el interior del contenedor en Kg/m<sup>3</sup>; y V, la capacidad del contenedor seleccionado en m<sup>3</sup>.</p>

*Nota:* La tabla muestra la secuencia lógica para el cálculo de contenedores. Fuente: Zafra, C, 2009.



## **Marco histórico**

A continuación, se describe el marco histórico sobre las técnicas y herramientas que se han utilizado a través del tiempo para resolver situaciones similares a la planteada en el trabajo de investigación.

### **Las teorías de redes Pert/Cpm y de rutas**

Una red se compone de un conjunto de nodos unidos por arcos (o ramas). La notación para describir una red es  $(N, A)$ , donde  $N$  es el conjunto de nodos, y  $A$  es el conjunto de arcos.

Asociado con cada red hay un flujo. El flujo máximo en una red puede ser finito o infinito, según la capacidad de sus arcos. Se dice que un arco está dirigido u orientado si permite el flujo positivo sólo en una dirección. Una red dirigida tiene todos los arcos dirigidos (Taha, 2011, p.210).

Una ruta es un conjunto de arcos que unen dos nodos distintos, y que pasan a través de otros nodos en la red. Una ruta forma un ciclo o un bucle si conecta un nodo de vuelta a sí mismo a través de otros nodos (Taha, 2011, p.210). Se dice que una red está conectada si cada dos nodos distintos están conectados en al menos una ruta. Un árbol es una red conectada libre de ciclos compuesta de un subconjunto de todos los nodos, y un árbol de expansión es un árbol que une todos los nodos de la red (Taha, 2011, p.210).

Según Yepes (2019), “las teorías de redes nacen con la publicación de Gantt en 1916 “*Work, Wages, and Profits*“, un texto donde se discuten los aspectos de planificación y otros relacionados con la productividad. De todos modos, para ser más exactos, Gantt no fue el pionero en el uso de esta herramienta. Otros autores como Joseph Priestley en 1765 o William

Playfair en 1786, ya había sugerido ideas precursoras, que el ingeniero Karol Kdamiecki desarrolló en 1896 en lo que él llamó como “Harmonograma”. También se destacan aquí los primeros intentos desarrollados, entre 1955 y 1957 por la “Imperial Chemical Industries” y el “Central Electricity Generating Board”, en el Reino Unido, donde se desarrolló una técnica capaz de identificar la secuencia de estados más larga e irreductible para la ejecución de un trabajo, en línea con lo que después se llamaría CPM (Crítica Path Method). Estas empresas consiguieron ahorros de tiempo en torno al 40%, pero debido a que no se publicaron estas innovaciones, cayeron en la oscuridad, de la cual se despertó con los avances que se desarrollaron al otro lado del océano”.

Desde la fecha la investigación mencionada con anterioridad a la actual, han surgido varios proyectos adaptados a la técnica de redes, en el texto se citan algunos de los últimos años para centrar la atención en la utilidad práctica tanto de la técnica Pert – Cpm en la gestión de proyectos como de las rutas más cortas, que buscan la eficiencia de los sistemas a partir de ciertos pasos lógicos de evaluación aplicados a sistemas reales.

Costa (2005), en su trabajo de investigación titulado “Gestión de redes Pert: un enfoque de simulación sobre la criticidad de las tareas”, cuyo objetivo era proponer el análisis de redes de actividades Pert, a través de técnicas analíticas validadas mediante simulación de Monte Carlo. Mediante el uso de índices de criticidad, índices de contribución a la varianza y análisis probabilidades de inversión se profundiza el conocimiento de la red y se descubren puntos de apalancamiento para definir una nueva técnica de gestión, la Gestión de Enfoque. La metodología empleada fue: Primero, Diagnostico de las redes y sus nodos presentes en el sistema

de gestión. Segundo, Análisis de la incertidumbre sobre la duración de las tareas aporta un mayor realismo sobre los plazos de ejecución. Tercero, La simulación de Monte Carlo es una simulación estática asignando distribuciones de probabilidad para las variables que influyen sobre la duración total del proyecto. Cuarto, La incorporación de la simulación de Monte Carlo a las redes Pert incluso con los supuestos establecidos, iluminó sobre un aspecto de la gestión de proyectos. Quinto, Se determina la probabilidad de obtener datos confiables. Sexto, Análisis de datos para corroborar la eficacia del método propuesto. Como resultado se ha obtenido “El uso de simulación como uno de los factores comunes empleados para índices de criticidad, caminos en competencia e índices de contribución a la varianza. La ventaja del empleo de simulación de redes es su versatilidad y la gran cantidad de información que provee de la red”. Finalmente, la conclusión a la investigación arroja: “La simulación y uso de redes es eficiente, sin embargo, su uso puede ser costoso o dificultoso en proyectos de relativa envergadura o muy ajustados en el tiempo, por lo que se han planteado alternativas analíticas, que permiten la aplicación de los conceptos de gestión de riesgos a través del de cálculos (las herramientas descritas, técnica PNET y varianzas en los coeficientes de holgura Pert) sin necesidad de simular”.

### **Estudios económicos y financieros en evaluación de gestión de proyectos**

Lipke, Zwikael, Henderson, & Anbari (2009), en su trabajo titulado “Prediction of project outcome: The application of statistical methods to earned value management and earned schedule performance indexes”, presenta un objetivo de investigación centrado en proporcionar una herramienta de cálculo fiable para pronosticar el costo y la duración final de los proyectos. La metodología empleada fue: Primero, Uso de los indicadores y predictores del valor y la

programación ganada. Segundo, Aplicación de métodos estadísticos para determinar los límites superior e inferior de los predictores de tiempo IEAC(t) (Estimado independiente de finalización en tiempo) y de costo IEAC (estimado independiente de finalización o costo final previsto).

Tercero, Los niveles de confianza estadísticos utilizados en el estudio son 90%, 95% y 98%. Tres conjuntos de datos se analizaron con la inclusión de los datos del proyecto a partir de las 10%, 30% y 60% del avance. Cuarto, Se determina la probabilidad de obtener datos confiables.

Quinto, Se analizaron los datos de 12 proyectos para corroborar la eficacia del método propuesto.

El resultado, se presenta y se confirma el buen desempeño de la herramienta propuesta para predecir el costo y la duración del proyecto, desde la aplicación de métodos estadísticos al índice del desempeño del costo (CPI), gestión del valor ganado (EVM) e índice del desempeño del cronograma (SPI (t)) desde la programación ganada (ES), independientemente del nivel de confianza elegido y finalmente la conclusión de investigación, “La herramienta propuesta con la aplicación de los métodos estadísticos utilizados en el estudio se pueden utilizar para todos los tipos y tamaños de los proyectos. Además, proporciona información muy útil para la toma de decisiones, mejorar el control del proyecto y aumentar el número de entregas a tiempo”.

Gálvez, Capuz-Rizo, & Ordieres (2012), en su estudio de investigación, titulado “Estudio de la Incertidumbre en la Programación de Actividades usando la Matriz de Estructura Dependiente” cuyo objetivo era Desarrollar una metodología para la programación de proyectos incorporando la incertidumbre a través de números grises en la Matriz de Estructura Dependiente (DSM), utilizó la metodología de investigación según las etapas: Primero, Incorporar la incertidumbre usando números grises en los valores de los tiempos de cada actividad, de

comunicación y para los niveles de superposición. Segundo, Evaluar el efecto de la incertidumbre de una actividad en la incertidumbre total del proyecto. Tercero, Aplicar la herramienta desarrollada para estimar la duración del proyecto de construcción de una planta de ácido sulfúrico. El resultado alcanza el Desarrollo de un método matemático que permite estimar el tiempo de duración del proyecto teniendo en cuenta las duraciones grises de las actividades (TCG). También estimar el tiempo del proyecto incluyendo el tiempo de comunicaciones grises entre las actividades (TNG) y el tiempo normal gris de duración de un proyecto cuando se considera la superposición natural (TNGSN). Finalmente, sus conclusiones fueron Cuantificar la incertidumbre existente en el tiempo de duración del proyecto. Considerar la incertidumbre presente en los diferentes tiempos de ejecución de cada actividad, así como en los factores de tiempo con superposición natural. Sexto, Identificar las actividades más críticas o que tienen un mayor impacto sobre la incertidumbre en el tiempo de finalización del proyecto.

Hajdu, M. (2013), en su investigación “The Effects of Different Activity Distributions on Project Duration in Pert Networks” utiliza la metodología Demostrar el efecto que tienen los cronogramas de actividades sobre la distribución de la duración del proyecto en las redes Pert (Técnicas de revisión y evaluación de proyectos). Utiliza la metodología: Primero, Uso de la herramienta de planificación de proyectos ProJack. Segundo, Uso de la herramienta de simulación de Monte Carlo para obtener la distribución de la duración del proyecto. Se crearon proyectos artificiales como ejemplos para analizar el efecto de los cronogramas de actividades en las redes Pert. El resultado de la investigación fue “Se comprobó que la metodología de Pert original, que asume la distribución normal para la duración del proyecto, no se puede utilizar,

debido a los efectos distorsionadores de los cronogramas de actividades”, finalmente la conclusión más importante fue “El estudio muestra que la metodología actual de Pert está fundamentado en unas suposiciones que han sido ampliamente estudiadas y fuertemente criticadas pero que han pasado por alto los efectos que tienen los cronogramas de actividades cuando haya más de una ruta crítica y/o se entrelacen entre sí. A partir de los resultados del trabajo evidencia y el efecto de los cronogramas de actividades en la distribución de la duración del proyecto. Los resultados deben ser validados en el contexto de proyectos reales.

Rojas, L. (2019) en su trabajo titulado “Aplicación del Pert/Cpm para reducir el tiempo de ciclo del cierre de proyectos en la empresa SEMI Perú”, Aplicar el Pert-Cpm para mejorar la gestión del proyecto y reducir el tiempo de ciclo del cierre de proyectos en la empresa SEMI Perú y evitar la demora en la facturación y la cobranza. La metodología utilizada fue: Primero, Diseño experimental y recolección de datos. Segundo, Presentación y análisis de resultados de la investigación. Tercero, Planteamiento y programación del proyecto sin Pert. Cuarto, Planteamiento y programación del proyecto con Pert. Quinto, Control del proyecto con Pert. Sexto, Resultados y análisis de las teorías y propuestas Pert. Su resultado “Se logró el objetivo de reducir el tiempo de cierre de proyectos con el uso de la herramienta Pert/Cpm, dado que sin la aplicación de dicha herramienta el tiempo de ciclo del cierre de proyecto se incrementó en un 80% de lo planeado, puesto que dicho cierre se planificó en 25 días, resultando realizarse en 45. En cambio, con la aplicación del Pert/Cpm, el tiempo de ciclo de cierre del proyecto resultó en 33 días, es decir el incremento fue del 32%, es decir una tercera parte adicional a lo que inicialmente se planeó”. Finalmente, la conclusión fue “en la planificación y programación con

Pert/Cpm contribuyó significativamente a tener bajo control el proyecto, no solo porque el incremento del tiempo de ciclo de cierre fue menor con la herramienta sino, que, el tiempo total del proyecto se redujo significativamente de 93 días sin la herramienta, a finalmente 91 días con el uso de la herramienta, lo que implica una reducción también muy significativa en la reducción total del proyecto”.

### **Estado del Arte**

A continuación, se describe el Estado del Arte de investigaciones que se han llevado a cabo en el mundo, mostrando la cohesión entre el uso histórico de técnicas y herramientas utilizadas a través del tiempo para resolver situaciones similares a la planteada en el trabajo de investigación.

Guzmán M. (2012), en su artículo presenta una revisión crítica de la literatura especializada en la gestión de residuos sólidos municipales y una reflexión sobre los aspectos políticos vinculados a dicha gestión. Lo anterior se logra partir de un estudio de caso: el tiradero Peñasco situado en la periferia de la zona metropolitana de San Luis Potosí, que para el caso presenta algunos detalles y referentes que se pueden ajustar en el estudio de éste documento, exactamente en la ciudad de Sogamoso, por tal motivo la reflexión del documento se enfoca, particularmente, en las estrategias empleadas por los recicladores (separadores de basura) para defender su fuente de trabajo, en sus luchas y negociaciones para incidir en la política municipal y en las decisiones gerenciales de la empresa habilitada para administrar dicho sitio.

Angulo (2015) en su investigación titulada “Diseño de Rutas para la recolección de residuos aprovechables en localidades de Bogotá D.C.”, realiza el “diagnóstico del estado actual de la recolección de residuos aprovechables fracción inorgánica para las localidades de Santa Fe

y La Candelaria, junto con una caracterización socioeconómica de la población recicladora que opera en la zona de estudio, con lo anterior se diseñaron rutas de recolección que abarcan la totalidad de los usuarios de las localidades, considerando variables socioeconómicas dentro del diseño que permiten maximizar los beneficios económicos para los recicladores y ambientales para la ciudad. Se realizó acompañamiento en las jornadas de trabajo para georreferenciar los recorridos y se aplicaron encuestas semiestructuradas, obteniendo tres tipos de recolección con diferencias en ingresos y duración, zonas desatendidas (principalmente residenciales), traslapamientos de recorridos y diversas problemáticas que envuelven a la población recicladora; para el diseño de las rutas se hizo uso de la información obtenida en las encuestas a fin de obtener un esquema de recolección más equitativo e incluyente, que permitiera maximizar la cantidad de residuos recogidos, para obtener mayores ingresos y menos residuos enviados a disposición final. El desarrollo de la investigación se realizó con el apoyo de la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP) a través del gestor territorial de la localidad”.

Estudio descriptivo sobre las condiciones existentes en el manejo de recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos en la cabecera municipal de Yacopí, Cundinamarca. (Gómez, p. 11, 2010), en esta tesis se analiza el hecho de si se está cumpliendo o no con la normatividad legal vigente en cada una de las etapas en el modelo adoptado por la comunidad y el municipio en el sistema de gestión de los residuos sólidos. Cuya problemática se centra en el análisis de las condiciones de los últimos 30 años, donde el municipio ha lidiado con la problemática de no contar con relleno sanitario propio; en varias oportunidades el botadero “El



Encanto” que se encuentra ubicado a 1.5 Km de la cabecera municipal de Yacopí ha sido sancionado por la CAR, ya que no cuenta con las disposiciones técnicas mínimas para ser considerado como un relleno sanitario; para el año 1998 se ordenó un cierre temporal del mismo y se solicitó la implementación de un modelo de gestión de residuos sólidos de manera inmediata a la alcaldía que debía ser presentado ante la CAR, el modelo presentado incluía entre sus compromisos un 100% de reciclado selectivo, con dos jornadas de recolección a la semana, una para residuos ordinarios y otras para residuos aprovechables, barrido de calles y zonas comunes 3 veces a la semana y un gran compromiso social en pro del ambiente. Sin embargo, para el año 2004 el modelo de recolección de basuras y disposición final incumplía en todos los compromisos adquiridos ante la Corporación Autónoma Regional, por lo que para el año 2009 se ordenó el cierre definitivo del botadero a cielo abierto “El Encanto”. Para alivianar el hecho de no tener un lugar para la disposición de los residuos de la región, la alcaldía se vio obligada a solicitar permiso de ocupamiento en el relleno sanitario Nuevo Mondoñedo ubicado a 180 Km de la cabecera municipal y cuando la vía de acceso se encuentra en mal estado se ven obligados a ir hasta La Dorada Caldas a 147 Km; el desplazamiento genera altos costos de operación en el sistema de gestión de residuos sólidos ya que cuando la volqueta propiedad de la alcaldía no alcanza a transportar todos los residuos originados en el municipio, se deben alquilar unos carros para poder cumplir con la demanda de la comunidad (Gómez, p. 11, 2010).

En el trabajo de investigación denominado “Estudio descriptivo sobre las condiciones existentes en el manejo de recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos en la cabecera municipal de San Cayetano, Cundinamarca. (Caro, p. 13, 2012)” se analiza el déficit en

la cabecera municipal de San Cayetano, en el servicio de recolección y disposición de residuos sólidos prestados por la alcaldía a la comunidad. En el municipio la situación no es diferente, ya que el crecimiento acelerado de la población y la no existencia de políticas estatales que promuevan el reciclaje y el manejo adecuado de las basuras contribuyen a la problemática del mal manejo de los residuos sólidos, afectando a la comunidad y al medio ambiente como lo es la contaminación del agua, del suelo y del aire. Para el año 2002 la superintendencia de servicios públicos domiciliarios reveló que, en el municipio, la disposición de residuos se realizaba de la siguiente manera; 52% en botaderos a cielo abierto, 30% en rellenos sanitarios y el 12% restante responde a incineraciones y entierros en zonas rurales. De acuerdo con un estudio realizado por la alcaldía municipal en conjunto con la CAR, se determinó que un 43% de los habitantes considera que los desechos pasan demasiado tiempo en la calle antes de ser retirados del espacio público, generando malos olores, atrayendo animales que rompen las bolsas y generan desorden y molestias en general de la comunidad. Teniendo en cuenta que la mayoría de residuos son generados en el hogar, un alto porcentaje de residentes afirma no tener ninguna capacitación o información que facilite el reciclaje y aprovechamiento de los residuos generados en su hogar; En el POT del municipio se habla acerca de capacitación únicamente a estudiantes de undécimo grado y la publicación de folletos y circulares alertando a la ciudadanía, pero la falta de interés en el tema por parte de la comunidad es evidente (Caro, p. 13, 2012).

Para Pineda (2017) “la elaboración y posterior puesta en marcha del Diseño de un modelo de recolección de las rutas selectivas de los residuos aprovechables; como apoyo a las asociaciones de recicladores de la ciudad de Tunja – Boyacá, se busca optimizar el diseño de las

rutas selectivas para la recolección de residuos sólidos aprovechables de la ciudad de Tunja, iniciando con el seguimiento a las asociaciones de reciclaje y caracterización de los barrios donde se realiza actualmente, con el fin de obtener información sobre los puntos más críticos de acceso tanto para los recolectores formales como los informales, también se analiza si las asociaciones con las que cuenta actualmente la ciudad están cumpliendo a cabalidad con el propósito asignado; brindando apoyo a estas, buscando mejorar el servicio de recolección y dando cumplimiento al cronograma asignado en las nuevas rutas, minimizando la problemática ambiental que se genera a partir de los residuos sólidos dispuestos en el relleno sanitario de Pírgua. La ciudad cuenta con dos asociaciones de recicladores como son Recicladores de Tunja (Recitunja) y Recicladores de Boyacá (Reciboy), encargadas de hacer la recolección de residuos sólidos aprovechables por algunos de los barrios de la ciudad; en la actualidad estas asociaciones no cuentan con un diseño de rutas selectivas que les permitan realizar recorridos eficientes, por tal motivo se realiza el diseño de un modelo de recolección de rutas selectivas, como apoyo a las asociaciones de recicladores de la ciudad de Tunja del departamento Boyacá, en donde se logre el manejo adecuado y un aprovechamiento eficiente de residuos sólidos.

### **Marco Legal**

A continuación, se describe el marco legal que se aplica según las leyes o lineamientos de las instituciones reguladores en Colombia para la solución de las problemáticas asociadas al presente estudio de investigación.

Las personas prestadoras del servicio de aseo en la actividad de aprovechamiento presentes en el Distrito corresponden a las personas Autorizadas conforme al artículo 15 de la

Ley 142 de 1994, incluidas las organizaciones de recicladores de oficio, sujetas a la inspección, control y vigilancia de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

En este sentido, las personas prestadoras de la actividad del aprovechamiento deben efectuar su registro ante la Entidad determina, tal como lo determina el Decreto 596 de 2016 “Artículo 2.3.2.5.2.1.6 Registro de las personas prestadoras de la actividad de aprovechamiento, de conformidad con lo establecido en el numeral 9 del artículo 79 de la Ley 142 de 1994”.

El levantamiento de rutas o su identificación por parte de los prestadores del servicio de aseo en la actividad de aprovechamiento, se realiza mediante el seguimiento de los pasos nombrados en el presente documento. El prestador tiene a su disposición una serie de herramientas tecnológicas que le servirán a la hora de identificar coordenadas y direcciones exactas de sus fuentes o usuarios. El ejercicio constituye uno de los elementos más importantes del área operativa del prestador, y en la medida en que se sepa optimizar la identificación, podrá levantar la mayor información de sus procesos operativos (recolección, transporte, clasificación y pesaje de la actividad de aprovechamiento), capacidad operativa por reciclador y por micro ruta entre otros elementos.

Por otra parte, si el prestador solo identifica puntos fijos en su zona de prestación, puntos que son equidistantes podrá registrar la misma información de las capas (polígono o micro rutas). Sin embargo, puede presentarse el caso, que su rango de operación no es eficiente en relación distancia-costo-beneficio o tener fuentes fijas (puntos) que podrían no estar en su rango de operación (ruta). Es importante aclarar, que el proceso de recolección responde a una serie de recorridos a fuentes fijas cercanas que constituyen en un tiempo optimo la prestación del

servicio, sumado a un proceso de transporte encadenado a esas rutas, no puntos fijos, que permiten en menor tiempo y costo la llegada del material a la Estación de Clasificación y Aprovechamiento -ECA-.

Como último elemento, es importante realizar un seguimiento a como operarán las rutas, de cara al proceso de contenerización y a la debida construcción de un programa para la prestación del servicio de aprovechamiento y la debida aplicación de sistemas de control y supervisión de éste. Es importante aclarar lo siguiente, el prestador del servicio en el componente de aprovechables debe realizar la coordinación de la ruta con el operador de no aprovechables, responsable del área limpia de la zona donde se disponga.

Lo anterior implica la coordinación logística, para la recolección oportuna de los residuos aprovechables, evitando que el operador de aprovechables recoja con la bolsa blanca los reciclables en su ruta. Esta coordinación logística implica por tanto coordinación de ruta, frecuencia y velocidad de la operación de recolección, pues en el caso, en que sea posible el beneficio del material aprovechable, lastimosamente puede ir a parar a un botadero destinado por el municipio, sin pasar por la consideración de ser tratados como Aprovechables.

## **Metodología**

Para el desarrollo de la investigación se harán estudios de campo, acudiendo a las zonas que integran la macro ruta centro de Sogamoso y que se conocen como micro rutas de aprovechamiento, las asociaciones de recicladores de oficio legalmente constituidas, la empresa prestadora de servicio público de aseo del municipio de Sogamoso y las secretarías de gobierno que controlan y regulan las tareas de recolección de aprovechables en la ciudad. A continuación, se describe la metodología desarrollada en el estudio de investigación para cumplir su objetivo.

### **Tipo y enfoque de Investigación**

La investigación descriptiva tiene como finalidad definir, clasificar, catalogar o caracterizar el objeto de estudio. La finalidad es obtener descripciones generales con métodos descriptivos cualitativos y cuantitativos. Los métodos cualitativos se basan en la descripción de características relevantes para el desarrollo de la propuesta sin recurrir a la cuantificación, problemáticas y situaciones actuales en la macro ruta centro y sus respectivas micro rutas. Los principales métodos que se emplean en el estudio de investigación son el observacional, la aplicación de encuestas y el análisis de resultados, hasta llegar a un análisis cuantitativo de condiciones específicas del estudio, como los volúmenes de producción, las distancias, costos, precios de los desechos sólidos aprovechables, etc.

### **Procedimiento de la metodología**

#### **Identificación de la problemática**

Determinación de la información. En esta etapa se efectúa un inventario de la información existente y recogida de todos los datos locales del propósito de estudio, necesarios para el

desarrollo de la investigación. Luego de recolectados los datos en la macro ruta centro de Sogamoso, se clasifican para determinar aquellos que aportan información valiosa en la identificación de la problemática. Se utilizaron base de datos de la empresa de servicios públicos en las operaciones actuales de recolección de basuras, días de recolección, rutas, vehículos, etc. El instrumento en el que se consignan los datos en esta etapa son las hojas de cálculo y procesadores de texto.

Determinación de la población. En el desarrollo de la investigación se harán estudios de campo, acudiendo a las zonas que integran la macro ruta centro de Sogamoso y que se conocen como micro rutas de aprovechamiento, las asociaciones de recicladores de oficio legalmente constituidas, la empresa prestadora de servicio público de aseo del municipio de Sogamoso y las secretarías de gobierno que controlan y regulan las tareas de recolección de aprovechables en la ciudad son los actores que intervienen directamente en los procesos objeto de la investigación. Se utilizaron las normas y decretos nacionales que regulan las condiciones y procedimientos para las tareas de aprovechamiento de los residuos sólidos aprovechables.

Elaboración y aplicación de la encuesta. Se aplican las encuestas a una porción de los recicladores de oficio, para esto es necesario calcular el tamaño de la muestra e identificar la población total de recicladores reconocidos ante las autoridades competentes para ejercer sus actividades. dejar las encuestas para luego recoger el material respondido y proceder a su análisis y tratamiento. El muestreo seleccionado es el conocido como muestreo por conveniencia o técnica de muestreo no probabilística donde los actores de la población se seleccionan por su disponibilidad y facilidad de acceso para la recolección de información. Se asegura que los

recicladores de oficio entrevistados representan en criterios e importancia a toda la población de interés, debido a que la población es demasiado grande para evaluar y considerar a uno por uno. Se utiliza como instrumento la base de datos de la cámara de comercio, según las actas de inscripción de las juntas directivas para totalizar según la fórmula el tamaño de muestra y el número de encuestas a aplicar. Para esto es necesario por protocolos de bioseguridad contactar a los representantes legales de las asociaciones con las indicaciones pertinentes de diligenciamiento,

Con la empresa de servicios públicos – Coservicios S.A., resulta más sencillo, pues el instrumento aplicado solamente va dirigido a la alta gerencia, el representante legal de la compañía pública es quien conoce las reglamentaciones y procedimientos pertinentes de la recolección de los residuos sólidos.

### **Elaboración de estrategias de gestión**

La aplicación de las matrices de diagnóstico permitirá identificar variables tanto dentro, como fuera del entorno de las asociaciones de recicladores de oficio. Lo primero que se analizan son las amenazas, mejor conocidas como los riesgos que pueden afectar el logro de los objetivos de aprovechamiento de los residuos sólidos, priorizándolas entre ellos. Segundo, se determinan las oportunidades, factores positivos que deben aprovecharse para las operaciones de las asociaciones. Tercero, identificación de fortalezas, aspectos positivos internos de las asociaciones y los organismos de control. Cuarto, identificación de las debilidades, aspectos negativos internos de las asociaciones y los organismos de control.



Segundo. Definidos los aspectos relacionados anteriormente se definirán las estrategias de éxito, reacción, adaptación y supervivencia considerando cada uno de los niveles jerárquicos y también cada una de las áreas funcionales. El instrumento utilizado son las matrices en Excel que consignan todos los aspectos identificados y los procesadores de texto que resulte útil para el análisis posterior de las características de la macro ruta y sus micro rutas de aprovechamiento de los residuos sólidos en la ciudad de Sogamoso.

### **Análisis de las características de las micro rutas**

Para el análisis de la información es necesario desarrollar ciertas etapas, entre ellas: Primera etapa, denominada Análisis de la situación. En esta etapa se realiza el tratamiento de las estrategias de gestión obtenidas en la matriz DOFA. El Instrumento que se emplea es una hoja de Excel para consignar las estrategias de operación de las asociaciones.

La segunda etapa Análisis de variables. En esta etapa se identifican:

Tipo de variable; la variable dependiente es el mejoramiento de la ruta de recolección de residuos sólidos.

Dimensión de la variable. La dimensión de la variable se enmarca en la planeación, involucrando la necesidad de cambiar la situación actual por otra supuestamente mejor, y para ello se generarán n alternativas de posible solución, según el rendimiento identificado entre una y otra. En etapas posteriores se evaluarán sus ventajas y desventajas para elegir la óptima.

Indicador de la variable. Los indicadores se encaminan en cuatro aspectos fundamentales, producción de residuos, promedio por habitante, cantidad de habitantes, características físicas y

capacidades de puntos de almacenamiento, en los nodos identificados en la macro ruta centro y sus respectivas micro rutas de aprovechamiento.

El Instrumento es un Libro de cálculo con el procesamiento de datos tomados en campo para el registro de volúmenes de la red de recolección de aprovechamiento (micro rutas), además un mapa con su área de trabajo para representación de rutas de la red de recolección de aprovechamiento en la macro ruta-centro utilizando el Software de diseño AutoCAD, para evaluar la mejor alternativa según decisiones de optimalidad que facilitan las técnicas de redes y Pert/Cpm.

La tercera etapa es el diseño de cada una de las propuestas a partir de los cálculos matemáticos para la definición del número de contenedores, población y volumen, se simulan varias alternativas para medir las mejoras entre una y otra y considerar la optimización planteada en la hipótesis del estudio de investigación, según las técnicas de redes y Pert/Cpm. El instrumento es el Entorno de Autocad y ArcGis con las alternativas de redes según la Teoría de Redes y Pert/Cpm con las rutas, nodos, arcos y trayectos de estas.

### **Evaluación de las alternativas de solución**

La propuesta y los resultados esperados a partir de las características de la macro ruta-centro y su red de recolección de aprovechamiento, se realiza a través de la mejor alternativa que resulte entre las herramientas de las teorías de redes y Pert/Cpm, aplicando el estudio Económico para la programación de actividades, en las tareas de recolección y su validación financiera como costo de oportunidad de la propuesta. El Instrumento son las hojas de cálculo de Excel, mediante la formulación de un modelo de análisis económico que contenga todas las variables a ser

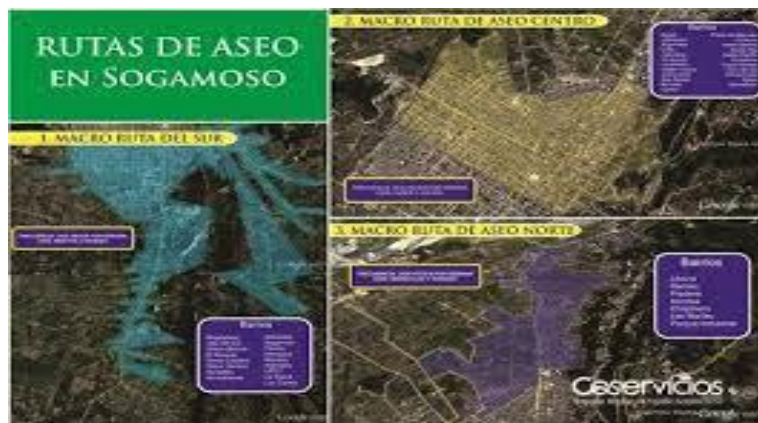
evaluadas, utilizando las técnicas del Flujo de Caja Económico, VAN y TIR y simulación de la mejor alternativa según los resultados de las técnicas de redes y Pert/Cpm.

### **Análisis de Resultados: Diagnóstico de la Macro ruta centro del Servicio Público de Aseo en Sogamoso**

Teniendo en cuenta las condiciones planteadas y el alcance del proyecto el diagnóstico permite recopilar conocimientos necesarios sobre la situación actual del sistema de Recolección y Aprovechamiento de los Residuos Sólidos en la Ciudad de Sogamoso para identificar las necesidades, problemas, demandas, expectativas y recursos disponibles, necesario el conocimiento de normas, legislaciones y reglamentaciones para dichos procesos.

Se define en primera instancia una macro ruta, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 1077 de 2015, la macro ruta es “la división geográfica de una ciudad, zona o área de prestación del servicio para la distribución de los recursos y equipos a fin de optimizar la actividad de recolección de residuos, ubicados en las vías y áreas públicas”. COSERVICIOS S.A. E.S.P. divide geográficamente la ciudad en 3 macro rutas, Norte, Sur y Centro, tal como se aprecia en la figura 9.

**Figura 9.**  
*Rutas de Aseo Sogamoso*

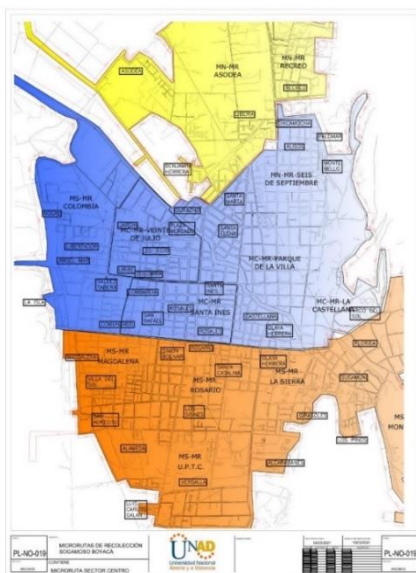


*Nota:* La figura muestra las rutas macro de recolección en Sogamoso.  
Fuente: Coservicios S.A. E.S.P.

La recolección de residuos sólidos en el área urbana es prestada por la empresa COSERVICIOS S.A. E.S.P. que tiene como misión “prestar servicios públicos de Acueducto, Alcantarillado, Aseo y Alumbrado Público con eficiencia, innovación tecnológica y talento humano competente, basado en principios, valores y políticas que permiten el desarrollo sostenible”.

La empresa tiene un área de prestación de servicio establecida, dividida en tres macro rutas y 21 micro rutas de recolección, con dos frecuencias de recolección semanal, actividad realizada de lunes a sábado. La macro ruta centro tiene las siguientes características: En la figura 10, se limita el área de influencia de la macro ruta centro de recolección de residuos sólidos de la ciudad de Sogamoso, que contiene la propuesta de investigación del presente informe.

**Figura 10.**  
*Macro ruta Centro RSNA*



*Nota:* La figura muestra la macro ruta centro de Residuos Sólidos No Aprovechables en Sogamoso. Fuente: UNAD

### Frecuencia de recolección

El Artículo 2.3.2.2.2.3.32. del Decreto 1077 establece: “Frecuencias de recolección. La frecuencia de recolección dependerá de la naturaleza y cantidad de generación de residuos, de los programas de aprovechamiento de la zona, cuando haya lugar a esta acción, y características del clima, entre otros. En el caso de servicios a grandes generadores, la frecuencia dependerá de las cantidades y características de la producción. La frecuencia mínima de recolección y transporte de residuos no aprovechables será de dos (2) veces por semana.”

Conforme con lo anterior, se realizó la revisión de la frecuencia de recolección de residuos en el Contrato de Condiciones Uniformes y el PPSA reportados al SUI, encontrando que se determina una frecuencia de dos veces por semana. Durante las visitas realizadas a la empresa COSERVICIOS S.A. E.S.P. e inspeccionada la actividad de recolección y transporte de residuos sólidos ordinarios, de acuerdo con lo informado por el prestador se consigna en la Tabla 2.

**Tabla 2.**  
*Características de vehículos recolectores.*

<b>Vehículo</b>	<b>No. Conductores asignados</b>	<b>No. Operarios</b>	<b>Capacidad</b>
6 doble troques	6	12	14 toneladas
1 camión sencillo	1	2	7 toneladas

*Nota:* La figura muestra las características de los camiones recolectores de la ciudad de Sogamoso. Fuente: Coservicios S.A. E.S.P.

La frecuencia de recolección es de 2 veces/semana Centro: lunes y jueves. 8 micro rutas que se cubren en 6 zonas de recolección, es decir las micro rutas de barrios y grandes superficies

se cubren con las micro rutas que cubren dichas zonas. La empresa de Servicios Públicos de Sogamoso cuenta para la recolección de residuos sólidos no aprovechables seis vehículos recolectores doble troque, con capacidad para transportar en conjunto y en promedio 84 toneladas/día y un vehículo recolector sencillo con capacidad para 7 toneladas; de este número de vehículos recolectores se asignan 2 vehículos de 14 toneladas en los días de servicio a las rutas programadas para la recolección de basuras.

El servicio se presta los martes y viernes; cumpliendo con el 100% de las frecuencias establecidas y el 98% de los horarios; el 0,2% en el incumplimiento de horarios obedece a la falla técnica de vehículos durante la ruta, lo que obliga a solicitar vehículos de apoyo. Se recorre en promedio 350 kilómetros de los cuales 216 kilómetros corresponde a ruta efectiva y (134) kilómetros a ruta muerta.

### **Sistemas de recolección**

Coservicios S.A. E.S.P. realiza la recolección de residuos de las basuras que dejan en la acera de las calles, aún no se hace a través de unidades de almacenamiento o cajas de almacenamiento, estas se deberían disponer para los puntos de recolección de los residuos sólidos aprovechables que deben ser utilizadas por las asociaciones de recicladores de oficio de la ciudad.

Así pues, el municipio y la empresa prestadora del servicio público de recolección de los residuos debe dar cumplimiento a las condiciones de recolección a partir de cajas de almacenamiento para Residuos Sólidos Aprovechables señaladas en artículo 2.3.2.2.2.3.35 del Decreto 1077 de 2015: “Normas sobre recolección a partir de cajas de almacenamiento. La

recolección mediante cajas de almacenamiento debe cumplir con las condiciones que se resumen en la Tabla 3.

**Tabla 3.**  
*Normas sobre la recolección de los Residuos Sólidos Aprovechables.*

<b>Ítem</b>	<b>Explicación</b>
<b>Uso de las cajas de recolección</b>	Se empleará para aquellos usuarios que individual o colectivamente generen residuos en cantidad suficiente que justifique su utilización a juicio de la persona prestadora del servicio público de aseo.
<b>Infraestructura vial</b>	Se utilizarán también cajas de almacenamiento en aquellas áreas en las que no existan unidades de almacenamiento o infraestructura vial, o la existente resulte insuficiente para permitir el ingreso de los vehículos de recolección. En tales casos, la persona prestadora del servicio público de aseo coordinará con los usuarios o la comunidad el traslado de los residuos hasta las cajas de almacenamiento.
<b>Compatibilidad</b>	Las cajas de almacenamiento deberán ser compatibles con los vehículos destinados a este tipo de recolección.
<b>Ubicación</b>	En áreas públicas, la persona prestadora del servicio público de aseo deberá determinar la conveniencia de ubicar las cajas de almacenamiento en un sitio específico, para la recolección de los residuos, con el fin de evitar que se generen puntos críticos.
<b>Condiciones especiales</b>	Las cajas de almacenamiento localizadas en áreas públicas deberán mantenerse en un adecuado estado de presentación, limpieza e higiene por parte de la persona prestadora del servicio público de aseo.

*Nota:* Normatividad Decreto 1077 de 2015 para la recolección de los Residuos Sólidos Aprovechables.

El Decreto 1077 de 2015, establece que la micro ruta es la descripción detallada a nivel de las calles y manzanas del trayecto de un vehículo o cuadrilla, para la prestación del servicio público de recolección de residuos; ubicados en las vías y áreas públicas, dentro de una frecuencia predeterminada. “Establecimiento de macro rutas y micro rutas. Las personas



prestadoras del servicio público de aseo deberán establecer las macro rutas y micro rutas que deben seguir cada uno de los vehículos recolectores en la prestación del servicio, de acuerdo con las necesidades y cumpliendo con las normas de tránsito. Estas rutas deberán diseñarse atendiendo a la eficiencia en la asignación de recursos físicos y humanos.

Para el diseño de macro rutas y micro rutas deberá tenerse en cuenta, entre otros aspectos, los siguientes: Primero, Tipo de vías existentes (principales y secundarias, con separadores, estado de la vía) en los municipios y de alto tráfico vehicular y peatonal. Segundo, Uso del suelo (residencial, comercial, industrial, etc.). Tercero, Ubicación de hospitales, clínicas y entidades similares de atención a la salud, así como entidades asistenciales. Cuarto, Recolección en zonas industriales. Quinto, Zonas de difícil acceso. Sexto, Tipo de usuario o generador. Séptimo, Ubicación de áreas públicas como plazas, parques o similares. Octavo, Presencia de barreras geográficas naturales o artificiales. Noveno, Tipo de residuos según sean aprovechables o no aprovechables.”

La frecuencia de recolección dependerá de la naturaleza y cantidad de generación de residuos, de los programas de aprovechamiento de la zona, el tipo de usuarios que los producen, características del clima, el terreno, entre otros. En el caso de servicios a grandes generadores, la frecuencia dependerá de las cantidades y características de la producción. La tabla 4 muestra la frecuencia mínima de recolección y transporte de residuos no aprovechables será de dos (2) veces por semana”.

**Tabla 4.**

*Distribución de rutas del servicio de aseo macro ruta centro.*

N°	Macro-rutas	Micro-rutas	Frecuencias
1	CENTRO	Parque de la Villa	Lunes y Jueves 7:00 AM y 2:00 PM.
		Plaza seis de Septiembre	
		Santa Inés	
		Veinte de Julio	
		Libertador	
		Santa Elena	
		La Castellana	
2	SUR	Monquirá	Martes y Viernes 7:00 AM y 2:00 PM.
		Sugamuxi	
		Rosario	
		Magdalena	
		U.P.T.C.	
		Venecia	
		Cajas Estacionarias	
3	NORTE	Las Marías	Miércoles
		Recreo - pradera	Miércoles y Sábado 7:00 AM y 2:00 PM.
		Asodea	
		Parque Industrial	

*Nota:* La tabla muestra los días de recolección de los RRSS. Fuente: Coservicios S.A. E.S.P.

### Requisitos de la actividad

Según el Artículo 31 del Decreto 1713 de 2002, la actividad de recolección se realizará observando entre otras las siguientes normas: Primero, La recolección deberá efectuarse de modo tal que se minimicen los impactos ambientales, en especial el ruido y el esparcimiento de residuos en la vía pública. En caso de que se viertan residuos durante la recolección, es deber del recolector realizar inmediatamente la limpieza correspondiente. Segundo, La persona prestadora del servicio deberá tener equipos de reserva, para garantizar la normal prestación del servicio de aseo en caso de averías. El servicio de recolección de residuos no podrá ser interrumpido por fallas mecánicas de los vehículos. Tercero, Modificado por el Art. 6, Decreto Nacional 1505 de 2003 El servicio de recolección de residuos aprovechables, y no aprovechables se prestará de acuerdo con el PGIRS, en las frecuencias y horarios establecidos por el operador del servicio y

consignados en el contrato de condiciones uniformes. Parágrafo Transitorio. Adicionado por el Art. 6, Decreto Nacional 1505 de 2003 con el siguiente texto: Parágrafo transitorio. Hasta tanto no se elaboren y desarrollen los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, el servicio se prestará en armonía con los programas vigentes que la entidad territorial haya definido para tal fin, garantizando la participación de los recicladores y del sector solidario en las actividades que a la entrada en vigor del presente decreto estén desarrollando.

Cuarto, En las zonas en las que se utilice el sistema de recolección en cajas de almacenamiento, las personas prestadoras del servicio deberán instalar los que sean necesarios para que los residuos sólidos depositados no desborden su capacidad. Quinto, La operación de compactación deberá efectuarse en zonas donde causen la mínima molestia a los residentes. En ningún caso esta operación podrá realizarse frente a centros educativos, hospitales, clínicas o cualquier clase de centros asistenciales. Artículo 32. Sistemas de recolección. La recolección deberá realizarse a partir de la acera, de las unidades de almacenamiento colectivo o de cajas de almacenamiento, salvo para los casos especiales en los que se requerirá de una previa evaluación técnica por parte de la persona prestadora del servicio. Sexto, El Establecimiento de macro rutas y micro rutas debe estar a cargo de las personas prestadoras del servicio como protocolo de los trazos y direcciones que se deben seguir en cada uno de los vehículos recolectores para la prestación del servicio, de acuerdo con las necesidades del servicio y cumpliendo con las normas de tránsito. Estas rutas deberán cumplir con la eficiencia en la asignación de recursos físicos y humanos para lograr la productividad propia de un servicio competitivo.

## Mapas de recolección de Residuos Sólidos No Aprovechables en las micro rutas – macro ruta centro

A continuación en las tabla 5 y 6, las figuras 11 a la 17, se muestran en los planos de la ciudad de Sogamoso la macro ruta centro y sus micro rutas de recolección de residuos no aprovechables, a partir de las mismas se deben diseñar según modelos de redes y sus algoritmos de la ruta más corta el trazado de la red de Aprovechamiento de residuos sólidos, que cumpla las características de nodos y centros donde se dispondrán las cajas recolectoras que se usarán como acopios para la disposición final de recicladores de oficio.

**Tabla 5.**  
*Micro rutas Sogamoso.*

Figura 11. *Micro ruta Seis de Septiembre Sogamoso*

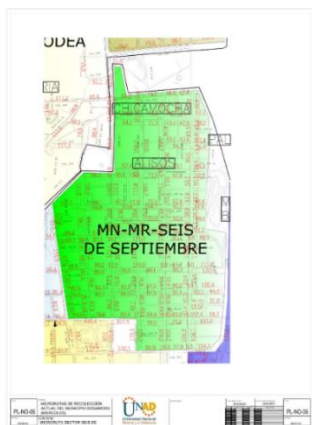


Figura 12. *Micro ruta Parque de la Villa Sogamoso*

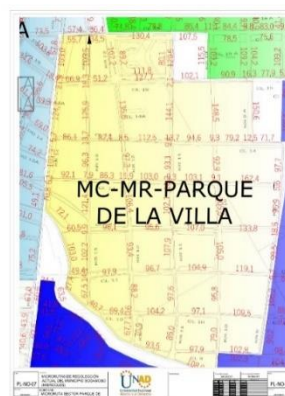


Figura 13. Micro ruta Santa Elena Sogamoso

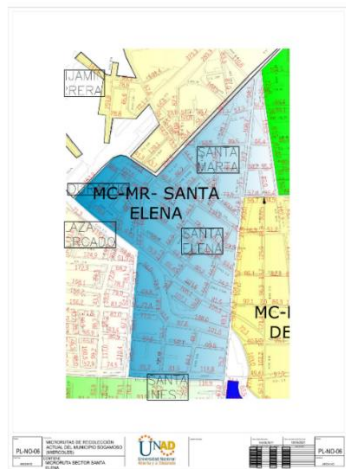


Figura 14. Micro ruta La Castellana Sogamoso

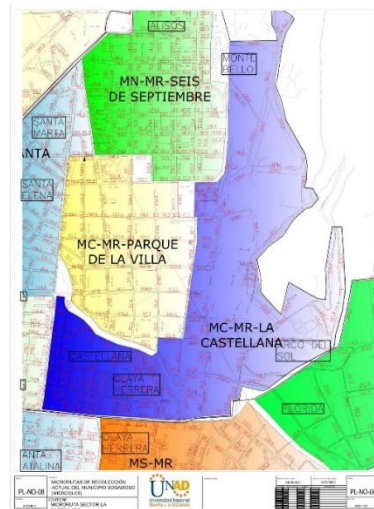


Tabla 6. Micro rutas Sogamoso

Figura 15. Micro ruta El Libertador Sogamoso

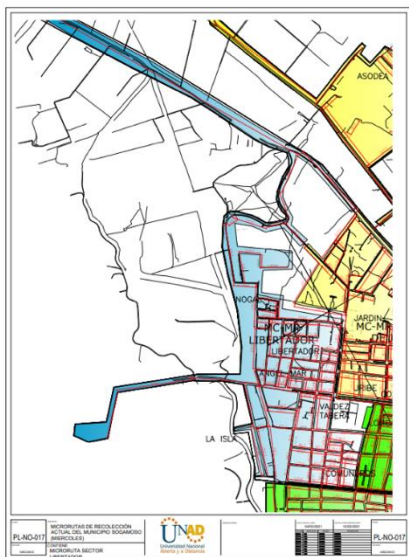


Figura 16. Micro ruta Santa Inés Sogamoso

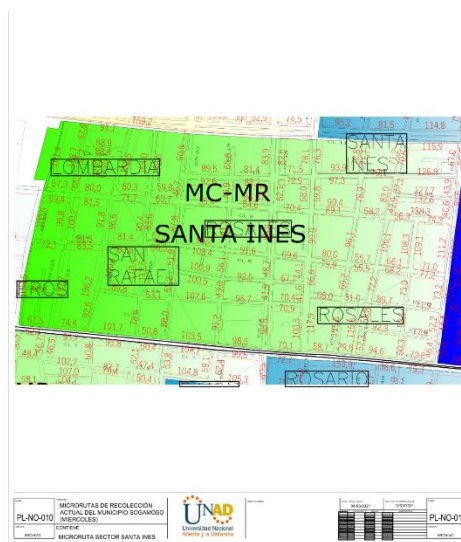
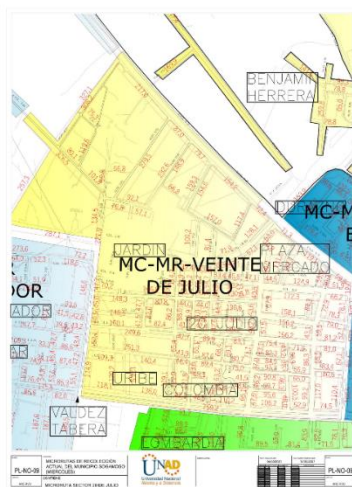


Figura 17. Micro ruta Veinte de Julio Sogamoso



*Nota:* Micro rutas de recolección de RRSS No Aprovechables en la macro ruta centro de Sogamoso. Fuente: UNAD.

Bajo la normatividad y necesidades del uso y cumplimiento de las acciones de recolección y aprovechamiento de los residuos sólidos en la macro ruta centro de Sogamoso, se observa que a pesar de que el municipio y la empresa prestadora del Servicio público de aseo y de recolección de residuos sólidos No Aprovechables aún no se cuenta con las rutas, nodos, capacidades y direccionamiento de las condiciones antes mencionadas en cumplimiento a la normatividad y las necesidades propias del proceso de Aprovechamiento.

### **Observación y registro de datos**

Para el análisis de los factores que inciden en el estudio es importante conocer las fuentes que intervienen en el mismo. Llegar a la población interesada en el caso de los usuarios del servicio público de aseo, los recicladores de oficio y la gerencia de Coservicios S.A. E.S.P. es importante

para determinar el conocimiento sobre el tema y la injerencia de las políticas públicas en la búsqueda de soluciones que mejoren las condiciones de la ciudad y el compromiso tanto institucional como de la comunidad para fomentar la creación de las denominadas ECAS, Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento.

### **Cálculo del número de entrevistas a aplicar**

Las asociaciones reconocidas formalmente por la cámara de comercio de Sogamoso y por la secretaria de Gobierno municipal se muestran en la tabla 7.

**Tabla 7.**  
*Población de recicladores Sogamoso.*

<b>Asociación</b>	<b>Número de asociados</b>
Asociación de Recicladores de Sogamoso Reciclando Ando	73
Asociación de Recicladores por el Futuro de Sogamoso	138
Asociación Gremial de Recuperadores Unidos	75
Eco Acción Ingeniería	59
Recicladores informales identificados por la Oficina de Gestión de Riesgos	112
<b>Total</b>	<b>457</b>

*Nota:* La tabla muestra los asociados recicladores para determinar el tamaño de la muestra.

$$Ec. 1. n \text{ (tamaño de la muestra)} = \frac{\frac{z^2 * p(1 - p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 * p(1 - p)}{N * e^2}\right)}$$

Donde,

N = Población objeto de estudio, 457

e = Error admisible según la distribución z

Z = Puntuación del error según las tablas de probabilidad, nivel de confianza del 95%

Indica in Z de 1,96

$$n \text{ (tamaño de la muestra)} = \frac{\frac{(1,65)^2 * 0,5(1 - 0,5)}{0,10^2}}{1 + \left(\frac{(1,65)^2 * 0,5(1 - 0,5)}{457 * 0,10^2}\right)}$$

$$n \text{ (tamaño de la muestra)} = \mathbf{59}$$

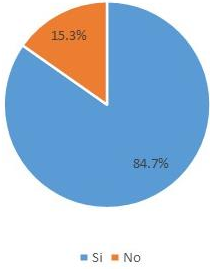
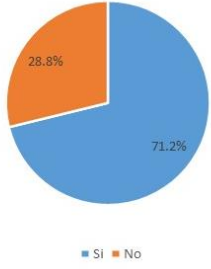
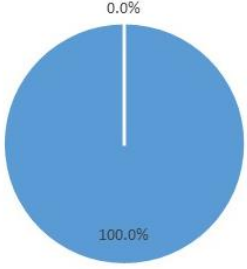
Según el resultado anterior se deben aplicar 59 encuestas a recicladores de oficio. Quienes son los principales interesados en la instalación de las Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento en las micro rutas de la macro ruta centro de la ciudad de Sogamoso.

### **Aplicación de Encuestas a Recicladores de Oficio**

La encuesta a Recicladores de Oficio de la Ciudad de Sogamoso diagnosticó la situación actual del servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento y sus macro y micro rutas de la ciudad de Sogamoso, bajo los intereses del decreto 596 del 11 de abril de 2016 y otros inherentes. Para conocer los resultados de las Encuestas por favor diríjase a los anexos del documento, consignados al final. En la tabla 8 se muestran las tres preguntas más representativas para el objeto de la investigación, los resultados estadísticos se observan en las Figuras 11 a la 12.



**Tabla 8.**  
*Resultados de la encuesta a recicladores.*

<b>Resultado</b>	<b>Gráfico de resultados</b>						
50 de 59 entrevistados reconocen los términos macro y micro ruta de recolección y aprovechamiento	<p data-bbox="930 415 1312 447">Figura 18. <i>Pregunta encuesta</i></p>  <p>A pie chart with two segments: a large blue segment representing 'Si' at 84.7% and a smaller orange segment representing 'No' at 15.3%. A legend below the chart shows a blue square for 'Si' and an orange square for 'No'.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Si</td> <td>84.7%</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>15.3%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	Si	84.7%	No	15.3%
Respuesta	Porcentaje						
Si	84.7%						
No	15.3%						
42 de 59 recicladores de oficio están asociados formalmente para desarrollo de su trabajo en la ciudad de Sogamoso	<p data-bbox="930 804 1312 835">Figura 19. <i>Pregunta encuesta</i></p>  <p>A pie chart with two segments: a blue segment representing 'Si' at 71.2% and an orange segment representing 'No' at 28.8%. A legend below the chart shows a blue square for 'Si' and an orange square for 'No'.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Si</td> <td>71.2%</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>28.8%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	Si	71.2%	No	28.8%
Respuesta	Porcentaje						
Si	71.2%						
No	28.8%						
El 100 por ciento indica que no está asignada ninguna zona de trabajo por entes territoriales encargados del asunto	<p data-bbox="930 1171 1312 1203">Figura 20. <i>Pregunta encuesta</i></p>  <p>A pie chart where the entire circle is blue, representing 'Si' at 100.0%. A very thin orange segment is visible at the top, representing 'No' at 0.0%. A legend below the chart shows a blue square for 'Si' and an orange square for 'No'.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Si</td> <td>100.0%</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>0.0%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	Si	100.0%	No	0.0%
Respuesta	Porcentaje						
Si	100.0%						
No	0.0%						

*Nota:* Las gráficas son las más representativas de la encuesta aplicada a recicladores para el diagnóstico situacional. Fuente: propia.

### **Análisis del diagnóstico**

Es importante realizar un diagnóstico organizacional de los procesos de aprovechamiento de los residuos sólidos (RRSS), partiendo de la identificación de debilidades y amenazas para lograr obtener propósitos bien definidos que aseguren la eficiencia en las tareas de recolección, transporte y tratamiento de los RRSS aprovechables en la macro ruta centro de la ciudad de Sogamoso. Con base a los factores identificados se definen en una matriz FODA las estrategias para coadyuvar el alcance de los objetivos, encaminados no solamente al cumplimiento de la norma (decreto 596 de 2016), sino al mejoramiento de las condiciones de vida en la ciudad.

### **Matriz DOFA**

Las matrices de diagnóstico son “las herramientas de tipo matricial que permiten identificar variables tanto dentro, como fuera de la empresa, y mediante el cruce de estas identificar los factores internos y externos que afectan la organización. La mejor Matriz de Diagnóstico es la que permita aplicarse de manera objetiva y adecuada a la empresa, midiendo y evaluando cada uno de los factores críticos de éxito, y considerando cada uno de los niveles jerárquicos y también cada una de las áreas funcionales” (Universidad Santo Tomas, s.f.). Los factores identificados en el diagnóstico se muestran en las tablas 9 a la 11.

**Tabla 9.**  
*Matriz de evaluación DOFA.*

<b>Oportunidades</b>	<b>Debilidades</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Descontaminación ambiental.</li> <li>2. Aumento de volúmenes de residuos sólidos aprovechables.</li> <li>3. Aumentos en los índices de empleo de asociados personas jurídicas de reciclaje y agentes externos que intervienen en el proceso de aprovechamiento.</li> <li>4. Incentivos permanentes considerados por la legislación colombiana para el aprovechamiento de residuos sólidos desde la fuente.</li> <li>5. Nuevas técnicas de clasificación, transporte, aprovechamiento, disposición final y comercialización de residuos sólidos aprovechables impulsados por los gobiernos municipales.</li> <li>6. Necesidad de asociación para recicladores de oficio como parte del cumplimiento del decreto 596 de 2016 para la operación normal en actividades de aprovechamiento.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Requiere amplia inversión en programas de capacitación e incentivo para lograr una alta participación de los usuarios.</li> <li>2. Requiere inversión inicial para compra e instalación de contenedores y demás programas de aprovechamiento.</li> <li>3. La recolección debe respetar los tiempos establecidos y las rutas asignadas, por tal motivo la concientización a recicladores de oficio para el debido cumplimiento es un proceso lento y cuidadoso.</li> <li>4. Falta de interés de los funcionarios de gobiernos locales en la implementación de programas de aprovechamiento de residuos sólidos.</li> <li>5. Resistencia en los recicladores para aceptar los cambios y cumplimiento obligatorio de normas ambientales para su operación.</li> <li>6. Falta de capacitación específica de los procedimientos del manejo, separación en la fuente, transporte y tratamiento de residuos sólidos.</li> <li>7. Carencia de responsabilidad social para la implementación de programas de aprovechamiento de RRSS.</li> <li>8. Métodos inadecuados para la clasificación, transporte y procesamiento de los residuos sólidos generados.</li> </ol>
<b>Amenazas</b>	<b>Fortalezas</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cambios en legislación colombiana que afecten la asociación y operación de recicladores de oficio.</li> <li>2. Falta de apoyo por parte de las oficinas de gobierno a las asociaciones dedicadas a las tareas de aprovechamiento de los RRSS.</li> <li>3. Multas, sanciones y penalizaciones a recicladores de oficio que no cumplan con los requisitos para operar formalmente.</li> <li>4. Bajos precios de compra de los residuos sólidos aprovechables, falta de estandarización y regulación de sus precios.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se continúan las frecuencias de recolección de los residuos sólidos No aprovechables.</li> <li>2. Operaciones con el mínimo número de personas dedicadas a las tareas de aprovechamiento.</li> <li>3. El recorrido se hace en un tiempo menor, pues el reciclador de oficio no debe seleccionar el material, solamente cargar y limpiar el contenedor.</li> <li>4. El proyecto cuenta con la intención de apoyo de las directivas de las asociaciones de reciclaje.</li> <li>5. La implementación de los puntos de recolección se hace con mínima inversión</li> </ol>

5. Impacto negativo en la economía por el incorrecto tratamiento de los RRSS en la ciudad.	por parte de las asociaciones de reciclaje y de los propios usuarios.
6. Falta de asignación de recursos para la implementación de los puntos de recolección de aprovechamiento en la macro ruta centro.	6. Las asociaciones de recicladores cuentan con contratos vigentes para comprar los materiales hasta el año 2025.
	7. Los recicladores de oficio y las entidades territoriales de control tienen pleno conocimiento en el tema ambiental y legal.
	8. Las asociaciones cuentan con recurso humano, tecnológico y financiero para adaptarse a las necesidades de nuevos rutes de aprovechamiento.

*Nota:* La tabla muestra los factores encontrados en el diagnóstico. Fuente: Elaboración propia.

### Matriz de evaluación de factores externos MEFE

La Tabla 11 muestra la evaluación de factores externos (MEFE) evaluando los aspectos identificados con respecto a la información política, gubernamental, legal, económica, financiera, social, cultural, demográfica, etc. calculando los resultados a través de las oportunidades y amenazas identificadas en el entorno.

**Tabla 10.**  
*Matriz MEFE.*

Factores determinantes del éxito	Peso	Calificación	Peso Ponderado
<b>Oportunidades</b>			
1. Descontaminación ambiental.	0,09	4	0,36
2. Aumento de volúmenes de residuos sólidos aprovechables.	0,07	4	0,28
3. Aumentos en los índices de empleo de asociados personas jurídicas de reciclaje y agentes externos que intervienen en el proceso de aprovechamiento.	0,09	4	0,36
4. Incentivos permanentes considerados por la legislación colombiana para el aprovechamiento de residuos sólidos desde la fuente.	0,07	3	0,21
5. Nuevas técnicas de clasificación, transporte, aprovechamiento, disposición final y	0,07	4	0,28

comercialización de residuos sólidos aprovechables impulsados por los gobiernos municipales.				
6.	Necesidad de asociación para recicladores de oficio como parte del cumplimiento del decreto 596 de 2016 para la operación normal en actividades de aprovechamiento.	0,09	2	0,18
<b>Amenazas</b>				
1.	Cambios en legislación colombiana que afecten la asociación y operación de recicladores de oficio.	0,09	3	0,27
2.	Falta de apoyo por parte de las oficinas de gobierno a las asociaciones dedicadas a las tareas de aprovechamiento de los RRSS.	0,1	3	0,3
3.	Multas, sanciones y penalizaciones a recicladores de oficio que no cumplan con los requisitos para operar formalmente.	0,08	2	0,16
4.	Bajos precios de compra de los residuos sólidos aprovechables, falta de estandarización y regulación de sus precios.	0,08	2	0,16
5.	Impacto negativo en la economía por el incorrecto tratamiento de los RRSS en la ciudad.	0,08	3	0,24
6.	Falta de asignación de recursos para la implementación de los puntos de recolección de aprovechamiento en la macro ruta centro.	0,09	4	0,36
<b>TOTAL</b>		<b>1</b>		<b>3,16</b>

*Nota:* La tabla muestra los factores encontrados en el diagnóstico. Fuente: Elaboración propia.

### **Matriz de evaluación de factores internos MEFI**

Se identifican tanto las fortalezas como debilidades que existen en todas las áreas del diagnóstico, que sirven para formular posteriormente estrategias de operación, ya que resume y evalúa los principales aspectos en áreas funcionales del sistema ofreciendo una base para identificar y evaluar las relaciones entre ellas.

**Tabla 11.**  
*Matriz MEFI.*

<b>Factores determinantes del éxito</b>	<b>Peso</b>	<b>Calificación</b>	<b>Peso Ponderado</b>
<b>Fortalezas</b>			
1. Se continúan las frecuencias de recolección de los residuos sólidos No aprovechables.	0,06	4	0,24
2. Operaciones con el mínimo número de personas dedicadas a las tareas de aprovechamiento.	0,07	4	0,28
3. El recorrido se hace en un tiempo menor, pues el reciclador de oficio no debe seleccionar el material, solamente cargar y limpiar el contenedor.	0,05	3	0,15
4. El proyecto cuenta con la intención de apoyo de las directivas de las asociaciones de reciclaje.	0,06	4	0,24
5. La implementación de los puntos de recolección se hace con mínima inversión por parte de las asociaciones de reciclaje y de los propios usuarios.	0,07	4	0,28
6. Las asociaciones de recicladores cuentan con contratos vigentes para comprar los materiales hasta el año 2025.	0,06	4	0,24
7. Los recicladores de oficio y las entidades territoriales de control tienen pleno conocimiento en el tema ambiental y legal.	0,06	3	0,18
8. Las asociaciones cuentan con recurso humano, tecnológico y financiero para adaptarse a las necesidades de nuevos ruteos de aprovechamiento.	0,07	3	0,21
<b>Debilidades</b>			
1. Requiere amplia inversión en programas de capacitación e incentivo para lograr una alta participación de los usuarios.	0,05	2	0,1
2. Requiere inversión inicial para compra e instalación de contenedores y demás programas de aprovechamiento.	0,05	2	0,1
3. La recolección debe respetar los tiempos establecidos y las rutas asignadas, por tal motivo la concientización a recicladores de oficio para el debido cumplimiento es un proceso lento y cuidadoso.	0,07	2	0,14
4. Falta de interés de los funcionarios de gobiernos locales en la implementación de programas de aprovechamiento de residuos sólidos.	0,08	1	0,08
5. Resistencia en los recicladores para aceptar los cambios y cumplimiento obligatorio de normas ambientales para su operación.	0,08	1	0,08

6.	Falta de capacitación específica de los procedimientos del manejo, separación en la fuente, transporte y tratamiento de residuos sólidos.	0,06	2	0,12
7.	Carencia de responsabilidad social para la implementación de programas de aprovechamiento de RRSS.	0,06	1	0,06
8.	Métodos inadecuados para la clasificación, transporte y procesamiento de los residuos sólidos generados.	0,05	2	0,1
<b>TOTAL</b>		<b>1</b>		<b>2,60</b>

*Nota:* La tabla muestra los factores encontrados en el diagnóstico. Fuente: Elaboración propia.

### **Análisis de resultados del diagnóstico**

La investigadora Caro en el trabajo denominado “Estudio descriptivo sobre las condiciones existentes en el manejo de recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos en la cabecera municipal de San Cayetano, Cundinamarca”, donde analizó el déficit de recolección y disposición de residuos sólidos aprovechables prestados por la alcaldía a la comunidad, encontró resultados tales como la percepción de los habitantes del municipio, concluyendo que un 43% de los habitantes consideran que los desechos pasan demasiado tiempo en la calle antes de ser retirados del espacio público, generando malos olores, atrayendo animales que rompen las bolsas y generan desorden y molestias en general de la comunidad (Caro, p. 13, 2012).

Con el diagnóstico de la situación en la ciudad de Sogamoso del aprovechamiento de los residuos sólidos se identifican los factores internos, es decir, fortalezas y debilidades de la problemática y objeto del estudio de investigación. Las fortalezas se refieren a ‘los puntos fuertes del sistema’, que permiten la identificación y evaluación de lo que se tiene de forma pertinente y favorable en procesos de recolección y las ventajas potenciales que permiten tener características positivas en el funcionamiento de los procedimientos de aprovechamiento. Por otro lado, las debilidades definidas como ‘factores que hacen vulnerable el sistema o simplemente procedimientos deficientes en la ejecución de actividades’. Al realizar la evaluación de estos factores en la matriz se obtuvo un total ponderado de 3.16. Al sumar el peso ponderado de las oportunidades el resultado fue de 1.67 y el resultado final de las amenazas fue de 1.49. El tener una mayor puntuación en las oportunidades indica que el entorno externo ejerce una influencia favorable de las operaciones de aprovechamiento de los residuos sólidos, además se puede inferir



que las amenazas no son tan fuertes, o por lo menos se pueden controlar y en su tiempo se transformarían en posibles oportunidades.

Al tener oportunidades en niveles altos se puede asegurar que, con la identificación y optimización de los procesos de aprovechamiento de los residuos sólidos en la ciudad de Sogamoso, Macro ruta centro se obtienen beneficios favorables a nivel económico, social y por supuesto ambiental. Con lo anterior en la aplicación de las encuestas a 59 recicladores de oficio se observa que el 85% de los encuestados sugieren la implementación de programas enmarcados en la normatividad vigente, contando por supuesto con el acompañamiento de los estamentos públicos que intervienen en dichos procesos, como la secretaria de Gobierno, Medio Ambiente, Riesgos y la Compañía de Servicios Públicos.

En concordancia, entonces de lo que la investigadora Caro asegura “los desechos pasan demasiado tiempo en la calle antes de ser retirados del espacio público, generando malos olores, atrayendo animales que rompen las bolsas y generan desorden y molestias en general de la comunidad”, sucede lo mismo en Sogamoso, siendo una necesidad urgente convencer al gobierno local sobre la importancia de los puntos de recolección, con programas específicos de separación en la fuente de los residuos sólidos aprovechables, para generar mejores resultados y evitar las molestias identificadas en el diagnóstico.

La matriz MEFI, evalúa los factores internos como son las fortalezas y las debilidades encontradas durante el diagnóstico, al realizar la evaluación de la matriz se obtuvo el peso ponderado de 2.64. Al sumar el peso ponderado de las fortalezas el resultado fue de 1.82 y el resultado final de las debilidades fue de 0.78. Como el resultado final ponderado es superior a

2.5 quiere decir que el proyecto tiene debilidades controlables, dejando de afectar directa ni considerablemente al proyecto, aunque se debe mejorar su estructura interna en la minimización. Los resultados obtenidos muestran que existe un gran compromiso por parte de las asociaciones de recicladores para desarrollar el proyecto de aprovechamiento en puntos de recolección fijos, siendo conscientes que la normatividad en las asociaciones debe cumplir con el propósito del ajuste al marco legal. Otro aspecto positivo, es el capital humano con el que cuenta cada asociación de recicladores de oficio, que se convierten en actores esenciales para el desarrollo del programa.

Como lo asegura la investigadora Pineda en su trabajo del 2017 en Tunja , Boyacá “la elaboración y posterior puesta en marcha del Diseño de un modelo de recolección de las rutas selectivas de los residuos aprovechables; como apoyo a las asociaciones de recicladores de la ciudad de Tunja – Boyacá”, es una oportunidad para optimizar el diseño de las rutas selectivas para la recolección de residuos sólidos aprovechables de la ciudad de Tunja, iniciando con el seguimiento a las asociaciones de reciclaje y caracterización de los barrios donde se realiza actualmente. Así mismo se observa en las encuestas de percepción aplicadas a los recicladores de Sogamoso en este estudio, que el 95% de los encuestados aseguran que “al tener oportunidades en niveles altos de la gestión y tareas de aprovechamiento, desde el cumplimiento de la norma, se pueden optimizar los procesos de aprovechamiento de los residuos sólidos en la ciudad de Sogamoso donde la Macro ruta centro tendrá beneficios favorables a nivel económico, social y ambiental (Pineda, 2017).

### **Análisis de Resultados: Tratamiento de la información diagnóstica**

El diagnóstico del capítulo 6 resume la situación actual de las tareas de aprovechamiento de los RRSS en la ciudad de Sogamoso, con las matrices MEFE y MEFI se sugieren las estrategias FODA, que se muestra en la tabla 12, como instrumento eficaz para realizar análisis situacional en relación con los factores que determinan el éxito en el cumplimiento de objetivos.

La evaluación de alternativas se basa en el uso de herramientas y técnicas de redes y Pert/Cpm. Los resultados obtenidos del análisis cuantitativo y matemático y el diseño de la red de aprovechamiento contribuyen en forma significativa para entender el estado actual y proyectar escenarios futuros de acuerdo con los factores externos e internos que influyen en el logro de los objetivos de aprovechamiento de residuos sólidos y por supuesto para la toma de decisiones que tiene que ver con la propuesta para la optimización de los puntos de recolección de residuos sólidos aprovechables en la Macro ruta – centro del servicio público de aseo en la ciudad de Sogamoso.

## 7.1. Matriz de estrategias DOFA

**Tabla 12.**  
*Matriz DOFA.*

<b>Fortalezas – F</b>	<b>Debilidades – D</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se continúan las frecuencias de recolección de los residuos sólidos No aprovechables.</li> <li>2. Operaciones con el mínimo número de personas dedicadas a las tareas de aprovechamiento.</li> <li>3. El recorrido se hace en un tiempo menor, pues el reciclador de oficio no debe seleccionar el material, solamente cargar y limpiar el contenedor.</li> <li>4. El proyecto cuenta con la intención de apoyo de las directivas de las asociaciones de reciclaje.</li> <li>5. La implementación de los puntos de recolección se hace con mínima inversión por parte de las asociaciones de reciclaje y de los propios usuarios.</li> <li>6. Las asociaciones de recicladores cuentan con contratos vigentes para comprar los materiales hasta el año 2025.</li> <li>7. Los recicladores de oficio y las entidades territoriales de control tienen pleno conocimiento en el tema ambiental y legal.</li> <li>8. Las asociaciones cuentan con recurso humano, tecnológico y financiero para adaptarse a las necesidades de nuevos ruteos de aprovechamiento.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Requiere amplia inversión en programas de capacitación e incentivo para lograr una alta participación de los usuarios.</li> <li>2. Requiere inversión inicial para compra e instalación de contenedores y demás programas de aprovechamiento.</li> <li>3. La recolección debe respetar los tiempos establecidos y las rutas asignadas, por tal motivo la concientización a recicladores de oficio para el debido cumplimiento es un proceso lento y cuidadoso.</li> <li>4. Falta de interés de los funcionarios de gobiernos locales en la implementación de programas de aprovechamiento de residuos sólidos.</li> <li>5. Resistencia en los recicladores para aceptar los cambios y cumplimiento obligatorio de normas ambientales para su operación.</li> <li>6. Falta de capacitación específica de los procedimientos del manejo, separación en la fuente, transporte y tratamiento de residuos sólidos.</li> <li>7. Carencia de responsabilidad social para la implementación de programas de aprovechamiento de RRSS.</li> <li>8. Métodos inadecuados para la clasificación, transporte y procesamiento de los residuos sólidos generados.</li> </ol>

<p style="text-align: center;"><b>Oportunidades – O</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Descontaminación ambiental.</li> <li>2. Aumento de volúmenes de residuos sólidos aprovechables.</li> <li>3. Aumentos en los índices de empleo de asociados personas jurídicas de reciclaje y agentes externos que intervienen en el proceso de aprovechamiento.</li> <li>4. Incentivos permanentes considerados por la legislación colombiana para el aprovechamiento de residuos sólidos desde la fuente.</li> <li>5. Nuevas técnicas de clasificación, transporte, aprovechamiento, disposición final y comercialización de residuos sólidos aprovechables impulsados por los gobiernos municipales.</li> <li>6. Necesidad de asociación para recicladores de oficio como parte del cumplimiento del decreto 596 de 2016 para la operación normal en actividades de aprovechamiento.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>ESTRATEGIAS - FO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>FO1. O1; F1; F2; F3:</b> Desarrollo e implementación de un programa de aprovechamiento de RRSS desde la normatividad y la concientización ambiental a personas naturales y jurídicas que producen los mismos.</li> <li>2. <b>FO2. O2; O3; F4; F5; F6:</b> Impulso y desarrollo integral de programas de recolección, transporte, manejo y aprovechamiento de RRSS en la macro ruta centro de Sogamoso.</li> <li>3. <b>FO3. O4; O5; F7:</b> Fortalecimiento de los procesos internos de las asociaciones de reciclaje, ajustados a las necesidades y los volúmenes producidos de RRSS en cada punto de acopio (nodo o contenedor) de la macro ruta centro.</li> <li>4. <b>FO4. O6; F8:</b> Implementación de programas de capacitación y desarrollo técnico y tecnológico a recicladores de oficio ajustados a las reglamentaciones legales vigentes para las operaciones de aprovechamiento.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>ESTRATEGIAS – DO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>DO1. D1; D2; O2; O3; O4:</b> Desarrollo de alianzas estratégicas con entidades municipales y gubernamentales a nivel nacional para la implementación de los puntos fijos de recolección y aprovechamiento en la macro ruta centro.</li> <li>2. <b>DO2. D3; D4; D5; O1; O6:</b> Implementación de los programas de recolección en punto fijo desde las políticas nacionales y aterrizadas en el contexto local para el cumplimiento y autorización de operaciones a recicladores de oficio.</li> <li>3. <b>DO3. D6; D7; O5:</b> Implementación de programas de capacitación y concientización de la importancia de aprovechamiento de residuos sólidos para reducir el impacto social y ambiental que genera a la vida útil del relleno sanitario Terrazas del Porvenir, con participación del gobierno municipal y sus entes territoriales.</li> <li>4. <b>DO4. D8; O5:</b> Implementación de procedimientos específicos de clasificación, transporte, aprovechamiento, disposición final y comercialización de residuos sólidos aprovechables impulsados por los gobiernos municipales y participación de las asociaciones dedicadas al oficio.</li> </ol>
<p style="text-align: center;"><b>Amenazas – A</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cambios en legislación colombiana que afecten la asociación y operación de recicladores de oficio.</li> <li>2. Falta de apoyo por parte de las oficinas de gobierno a las asociaciones dedicadas</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>ESTRATEGIAS - FA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>FA1. A1; A2; A3; F4; F6:</b> Establecimiento de políticas internas para el manejo y aprovechamiento de los RRSS con al apoyo de las oficinas de gobierno a las asociaciones dedicadas a dichas tareas.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>ESTRATEGIAS - DA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>DA1. A1; A2; A3; D4; D5:</b> Sensibilización en materia legal, administrativa y penal referente a temas ambientales.</li> <li>2. <b>DA2. A4; A5; D1; D2:</b> Desarrollo de estudios económicos que justifiquen la</li> </ol>

<p>a las tareas de aprovechamiento de los RRSS.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Multas, sanciones y penalizaciones a recicladores de oficio que no cumplan con los requisitos para operar formalmente.</li> <li>4. Bajos precios de compra de los residuos sólidos aprovechables, falta de estandarización y regulación de sus precios.</li> <li>5. Impacto negativo en la economía por el incorrecto tratamiento de los RRSS en la ciudad.</li> <li>6. Falta de asignación de recursos para la implementación de los puntos de recolección de aprovechamiento en la macro ruta centro.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. <b>FA2. A4; F1; F2; F3:</b> Realizar estudios de costos para encontrar los puntos de equilibrio entre volúmenes aprovechados y los gastos administrativos de las asociaciones.</li> <li>3. <b>FA3. A6; F5:</b> Gestionar recursos desde los gobiernos nacionales (Ministerio de vivienda) como incentivos para la implementación de programas de aprovechamiento y desde el gobierno local para la implementación de los PGIRS.</li> <li>4. <b>FA4. A5; F7; F8:</b> Desarrollo de programas de capacitación a recicladores de oficio para la eficiente utilización de los puntos de recolección fijos en la macro ruta centro.</li> </ol>	<p>inversión inicial del gobierno municipal y las asociaciones de reciclaje con recuperación social y ambiental a mediano y largo plazo. Demostrar además la autosostenibilidad de los programas de recolección en puntos fijos a lo largo de la línea de tiempo.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. <b>DA3. A3; D3; D6;</b> Establecimiento de políticas internas en las asociaciones de reciclaje para las operaciones de manejo y aprovechamiento de residuos sólidos ajustados al decreto 596 de 2016.</li> <li>4. <b>DA4. A5; A6; D7; D8:</b> Gestión ante entes territoriales, secretarías de gobierno, Corpoboyacá, Ministerio de Vivienda y del Medio Ambiente para el desarrollo de programas de capacitación e incentivo de la clasificación en la fuente y el uso de los puntos fijos de recolección en la macro ruta centro de Sogamoso.</li> </ol>
--	---	--

*Nota:* La tabla muestra la información de estrategias FODA propuestas, tras la identificación de factores en el diagnóstico situacional.  
Fuente: Propia.

### **Método de Contenedores**

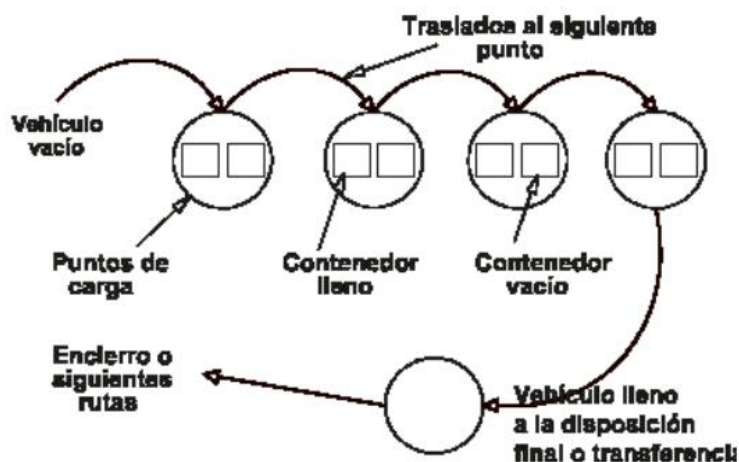
El método de contenedores contempla la disposición de equipos de abastecimientos temporales, ubicados en zonas críticas de recolección, con el fin de identificar la micro ruta de aprovechamiento, donde cada nodo supone un punto de análisis y los centroides de las rutas suponen las distancias entre cuadras para el mismo concepto. La teoría de ruteo es una modalidad de problemas de redes, que tiene como objetivo determinar el plan de rutas que se generen en un sistema y que como resultado a las combinaciones se determine la trayectoria con la mínima distancia total, uniendo nodos o centroides, en este caso, y que según un recorrido visiten el total de nodos hasta volver al punto de partida, sin importar el número de nodos que existan en la ruta. Una manera sencilla de facilitar los cálculos de ruteo es visitar cada barrio disponiendo en el mismo el contenedor y generar un punto de inicio y uno de fin para que los recicladores de oficio abarquen el ruteo durante sus jornadas de trabajo.

Los contenedores que se consideran en el estudio como los nodos de red, deberán disponerse de tal manera que los recicladores de oficio tengan fácil acceso, para que puedan realizar las operaciones de rutina sin problemas, aunque implique inversiones en capacitación y programas de incentivos a los usuarios y productores de los residuos sólidos; con el propósito de generar cultura en la selección en la fuente. Posteriormente los resultados a lo largo del tiempo deben asegurar beneficios económicos en la cadena productiva de valor en que se incurren las operaciones de aprovechamiento, así como productivos y sociales para el mejoramiento en las condiciones de vida de los recicladores y ambientales demostrados en el alto impacto de explotación y vida útil del relleno sanitario Terrazas del Provenir de Sogamoso.

## Contenedores fijos

El reciclador de oficio vacía el contenido de los contenedores y debe dejar el contenedor en la misma posición y lugar donde lo encontró, así mismo procurar dejarlo en el mejor estado de limpieza posible para evitar roedores o insectos que proliferen el entorno. Por lo general, el contenedor cuenta una capacidad de que varía, entre 7 y 10 m<sup>3</sup>, tal como lo muestra en la figura 21.

**Figura 21.**  
*Contenedores fijos.*



FUENTE: Métodos de recolección y aspectos a considerar. Método de contenedores fijos

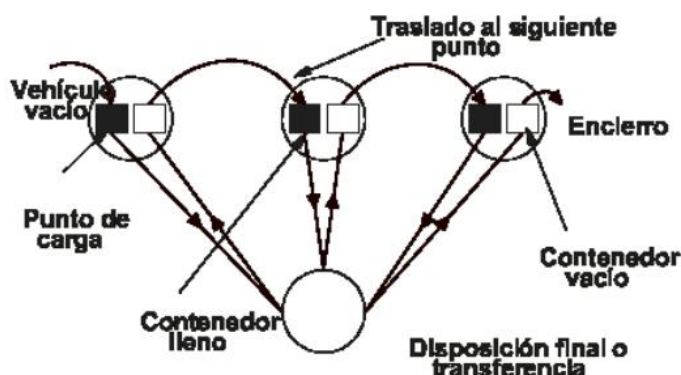
## Contenedores móviles

En el método, el reciclador de oficio transporta el contenedor lleno hasta la estación de transferencia o al sitio de disposición final. El equipo requiere de sistema mecanizado para su arrastre, el reciclador lo debe llevar hasta el punto de recolección, vaciarlo, limpiarlo y volverlo antes de 24 horas al sitio inicial, sin embargo, el sistema supone costos más altos por su



adquisición, donde los contenedores tienen una capacidad mayor a 10 m<sup>3</sup>, tal como lo muestra la figura 22.

**Figura 22.**  
*Contenedores móviles.*



FUENTE: Métodos de recolección y aspectos a considerar. Método de contenedores móviles.

### **Cálculo de los contenedores en punto fijo, nodos de la red**

Se procede al cálculo de los contenedores a partir de procedimientos matemáticos, que en la red se denominarán nodos o puntos de recolección de los residuos sólidos aprovechables.

### **Población actual y futura**

La población de la localidad en estudio para el año 2021 es de 114.486 habitantes según datos Alcaldía municipal, datos que se muestran en la tabla 13. Nivel de complejidad medio (RAS, 2000). De aquellas según el DANE 2019, **70.431** pertenecen al caso urbano y tienen acceso a los servicios públicos domiciliarios, además son habitantes mayores de 7 años y menores de 70, quienes se consideran como población potencial productora de residuos sólidos aprovechables, como se observa en la tabla 14.

**Tabla 13.**  
*Demografía municipio de Sogamoso.*

DEMOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SOGAMOSO		
Nombre de los habitantes (gentilicio) del municipio de Sogamoso	No disponible	
Fecha	Valor actual	Ordenados por Región / País
Población	114 486 Habitantes	2 / 42
Densidad de la población del municipio de Sogamoso	535,0 hab./km <sup>2</sup> (1 385,6 pop/sq mi)	

*Nota:* tabla demográfica del municipio de Sogamoso.  
Fuente: Alcaldía municipal de Sogamoso.

**Tabla 14.**  
*Concentración demográfica municipio de Sogamoso por zonas demarcadas en el POT.*

Zona de concentración	Porcentaje de concentración	Total, habitantes calculados
Zona Sur	25%	28.621
Zona Centro	41%	46.939
Zona Norte	34%	38.894

*Nota:* Tabla de concentración demográfica. Fuente: Alcaldía municipal de Sogamoso.

### **Producción media de RSU (Residuos Sólidos Urbanos - Pr)**

La producción per cápita, PPC, se define como la cantidad generada de residuos por un habitante por día (Kg/[habitante\*día]), por tanto, la PPC según el nivel de complejidad es de **0,45 Kg/[habitante\*día]** (RAS, 2000). Los métodos utilizados para estimar la PPC (número de cargas, peso-volumen y balance de masas) tienen en cuenta la cantidad de residuos generados por día y el número de habitantes del área en estudio. Se han establecido valores típicos de PPC

para el país (Tabla 15); datos que se utilizan cuando no se cuenta con la información necesaria para su determinación.

**Tabla 15.**

*Valores típicos de PPC (Kg/[habitante\*día])  
para municipios colombianos.*

Nivel de complejidad	Valor mínimo	Valor Máximo	Valor promedio
Bajo	0,3	0,75	0,45
Medio	0,3	0,95	0,45
Medio alto	0,3	1	0,53
Alto	0,44	1,1	0,79

*Nota:* La tabla muestra los valores típicos de producción per cápita. Fuente: RAS 2020.

Sogamoso es considerado un municipio de mediana complejidad y con límites inferiores de tolerancia, por lo que se tomará el valor de **0.45 Kg/[habitante\*día]**.

De acuerdo con el director ejecutivo de la entidad Corporación Punto Azul, Jorge Trujillo, del total de desperdicios que se producen en el país, los índices de reciclaje solo llegan a un 16%, lo que ha convertido en un problema el manejo de residuos y ha generado en varias ocasiones emergencias sanitarias en los rellenos sanitarios del país. Como lo muestra la tabla 15, con la clasificación en la fuente se espera tener un aumento de 5 puntos en el aprovechamiento de los residuos generados. Para lo anterior se usa un indicador del **21%**, es decir se calculará un sistema de recogida selectiva para separar dos fracciones: **reciclable (21%)** y resto (79%).

La tabla 16 muestra las fórmulas empleadas para el cálculo de contenedores en la macro ruta centro de Sogamoso.

**Tabla 16.**  
*Formula cálculo de contenedores.*

Ecuación	Fórmula de la ecuación
<b>Fracción reciclable</b> (Ecuación 2)	$Pr = \frac{PPC * Pob * \%Rec}{1000}$
<b>Coefficiente punta diario de distribución heterogénea</b> (Ecuación 3)	$Cpdh = \frac{7}{n} ; 1 + \frac{7}{n}$
<b>Producción de diseño</b> (Ecuación 4)	$Prd = PPC * Pob. * Cps * Cpdh * \%Reciclabe$
<b>Número de contenedores</b> (Ecuación 5)	$Número\ de\ contenedores = \frac{Prd}{p * V}$

*Nota:* La tabla 15 muestra las fórmulas empleadas para el cálculo de contenedores en la macro ruta centro de Sogamoso. Fuente: Propia.

### Fracción reciclable

Utilizando la fórmula 1 para hallar la fracción reciclable, se tiene:

$$Ec\ 2. Pr = \frac{PPC * Pob * \%Rec}{1000} = 0,45 * 46.939 * 0,21 = 4.435\text{Ton/d}$$

$$Pr = 4.4\ \text{Ton/día}$$

### Producción de diseño para la pre recogida y recogida, Prd.

#### Factores punta de generación Cps.

Los valores típicos del Cps oscilan entre 1,3 - 1,9 (Tejero et al., 2001), las poblaciones pequeñas (nivel de complejidad bajo) se acerquen a 1,3 debido a la homogeneidad en las costumbres, y las grandes a 1,9 (nivel de complejidad alto), por la heterogeneidad en los hábitos. Para nuestro

ejemplo se toma un Coeficiente punta semanal, **Cps**, de 1.3; correspondiente para poblaciones medianas o con un nivel de complejidad medio (RAS, 2000; Tejero et ál., 2001).

### Fracción reciclable

Coeficiente punta diario de distribución heterogénea, **Cpdh**, para una frecuencia de recolección de la fracción reciclable de dos (2) días por semana, martes y viernes:

$$\text{Ec 2. } \mathbf{Cpdh} = \left[ \frac{7}{n}; 1 + \frac{7}{n} \right] = \left[ \frac{7}{2}; 1 + \frac{7}{2} \right] = [3,5; 4] \Rightarrow \mathbf{Cpdh} = \frac{3,5 + 4}{2} = 3,75$$

**Cpdh = 3,75**, redondeando el límite superior a 4.

### Producción de diseño (Prd)

#### Fracción reciclable:

$$\text{Ec. 3 } \mathbf{Prd} = \text{PPC} * \text{Pob.} * \text{Cps} * \text{Cpdh} * \% \text{ Reciclable} = 0,45 * 46.939 * 0,21 * 1,3 * 3,75 = 21.624 \text{ Ton/d} = \mathbf{22 \text{ Ton/día}}$$

### Diseño de los sistemas para la pre recogida (contenedores)

La capacidad de los contenedores de carga lateral a emplear para la fracción resto y reciclable será de 2.400 litros (v) (Zona plástica, 2021); según el estudio de localización y desplazamiento para los usuarios del sistema (asumido). La densidad media de los residuos en el interior del contenedor será de 200 Kg/m<sup>3</sup> (p) (Pineda, 1998; U.S. EPA, 2000).

**Figura 23.**  
Contenedores 2400 litros



Nota: La imagen muestra los contenedores propuestos para fines del estudio.  
Fuente: [www.zonaplastica.com](http://www.zonaplastica.com)

$$Ec 5. \text{Número de contenedores} = \frac{Prd}{p * V}$$

$$Ec 5. \text{Número de contenedores} = \frac{21.624 \left(\frac{\text{Ton}}{\text{día}}\right)}{0,2 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3} * 2,40 \text{ m}^3} = 45 \text{ contenedores}$$

### **Determinación del número de contenedores por micro ruta en la macro ruta centro de Sogamoso**

Para determinar el número de contenedores por micro ruta, se calculan las áreas por cada una de ellas, entendiendo que la lógica poblacional es que, entre mayor área, mayor número de habitantes en las ciudades, al no tener datos exactos por barrios o sectores se aplicará esta norma para dicho calculo, como se muestra en la tabla 17.

**Tabla 17.**  
*Cálculo de contenedores (nodos).*

Micro ruta	Área (m <sup>2</sup> )	Proporción	Asignación de puntos de recolección (nodos)
Colombia	581,899	16.00%	7
Veinte de Julio	584,847	16.00%	7
Santa Inés	419,959	12.00%	5
Santa Helena	339,574	9.40%	4
Parque de la Villa	351,847	9.80%	5
Seis de Septiembre	429,401	12.00%	6
La Castellana	892,931	25.00%	11
Total, Área	3,600,458	100%	<b>45</b>

*Nota:* La tabla muestra la distribución de contenedores en las micro rutas. Fuente: propia.

### **Propuesta y características vehículos tracción mecánica para los procesos de recolección y transporte de los RRSS aprovechables**

Los vehículos utilizados para las tareas de recolección y transporte son los denominados Super Carry Cargo, son vehículos que se han consagrado en el mercado por su gran capacidad de carga, alta protección al conductor y los materiales transportados, alta maniobrabilidad y motor económico en el consumo de combustible (42 km/galón) y de largas jornadas de trabajo. Bajos costos de mantenimiento y 5 años de garantía en condiciones normales de uso, como se muestra en la tabla 18.

**Tabla 18.**  
*Características Vehículos Transporte RRSS Aprovechables.*

Característica	Especificación
Posición	Longitudinal
Desplazamiento	970 cc
No. Cilindros	4 en línea
Diámetro por carrera	65,5 x 72 mm
Potencia neta	44 HP
Consumo promedio	40 km por galón

*Nota:* Característica de la Carry. Vehículo propuesto en el estudio.  
Fuente: Carry – Chevrolet.

**Figura 24.**  
*Vehículo Tipo Carry.*



*Nota:* Imagen vehículo propuesto para el estudio. Fuente: Chevrolet.com.

### **Diseño de la ruta**

Las personas prestadoras del servicio de aseo en la actividad de aprovechamiento presentes en el Distrito corresponden a las personas Autorizadas conforme al artículo 15 de la Ley 142 de 1994, incluidas las organizaciones de recicladores de oficio, sujetas a la inspección, control y vigilancia de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. En este sentido, las personas prestadoras de la actividad de aprovechamiento deben efectuar su registro ante esa Entidad, tal como lo determina el Decreto 596 de 2016 “Artículo 2.3.2.5.2.1.6 Registro de las personas prestadoras de la actividad de aprovechamiento, de conformidad con lo establecido en el numeral 9 del artículo 79 de la Ley 142 de 1994”.

El levantamiento de rutas o su identificación por parte de los prestadores del servicio de aseo en la actividad de aprovechamiento, se realiza mediante el seguimiento de los pasos nombrados en el presente documento. El prestador tiene a su disposición una serie de herramientas tecnológicas que le servirán a la hora de identificar coordenadas y direcciones exactas de sus fuentes o usuarios. El ejercicio constituye uno de los elementos más importantes



del área operativa del prestador, y en la medida en que se sepa optimizar la identificación, podrá levantar la mayor información de sus procesos operativos (recolección, transporte, clasificación y pesaje de la actividad de aprovechamiento), capacidad operativa por reciclador y por micro ruta entre otros elementos.

No existen actualmente rutas definidas para los puntos de recolección de material de aprovechamiento; dentro del diagnóstico se tienen en cuenta los siguientes pasos para el levantamiento de dichos puntos y sus rutas de aprovechamiento: Primero, Levantamiento de coordenadas geográficas (grados, minutos y segundos), mediante la utilización de un GPS o una aplicación de smartphone disponibles en App Store o Play Store. Segundo, Mediante un registro fotográfico se toma la referencia de la dirección para efectos de comparación y registro de la información. Tercero, Transcripción de las coordenadas geográficas para georreferenciar la información levantada en campo.

Es libre de utilizar el software que considere pertinente. Se sugiere realizarlo en el siguiente software libre. <https://www.coordenadas-gps.com/convertidor-de-coordenadas-gps>. Cuarto, Con la información de coordenadas, dirección y georreferenciación, se procede al levantamiento de una base de datos para iniciar registro de la información. Quinto, Identificación de puntos fijos en la zona de prestación, puntos que son definidos como los puntos de recolección para la disposición de los contenedores. El rango de operación debe ser eficiente en relación con la distancia-costo-beneficio y tener fuentes fijas (contenedores) que podrían definirse como los nodos de la ruta de operación. Es importante aclarar, que el proceso de recolección responde a una serie de recorridos a fuentes fijas cercanas que constituyen en un

tiempo optimo la prestación del servicio, sumado a un proceso de transporte encadenado a esas rutas en menor tiempo y costo para la recuperación y transporte del material de aprovechamiento. Sexto, Seguimiento operación de los nodos que debe cumplir los requisitos de contenerización y a la debida construcción de un programa para la prestación del servicio de aprovechamiento y la debida aplicación de sistemas de control y supervisión de los procesos por parte de las entidades que intervienen en el asunto, tanto quienes operan como quienes controlan. Es importante aclarar que el prestador del servicio en el componente de aprovechables debe realizar la coordinación de la ruta con la del operador de no aprovechables, responsable del área limpia, lo que implica la coordinación logística que permita la recolección oportuna de los residuos aprovechables.

### **Uso de Software para el diseño de la micro ruta de aprovechamiento de residuos sólidos**

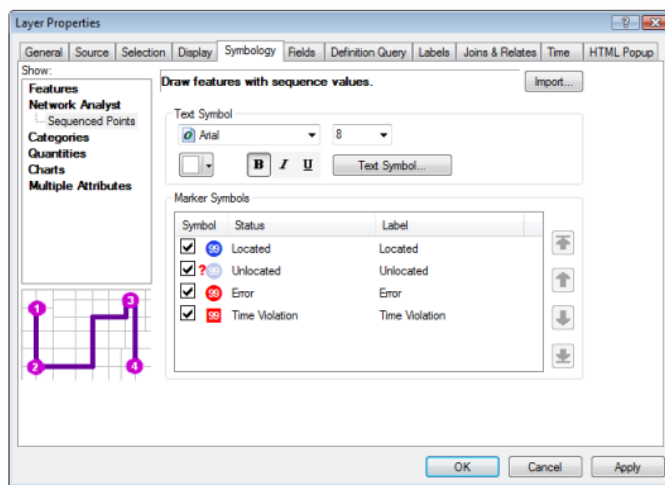
Se ha utilizado el software ArcGis: Sobre éste su administrador indica (ArGis.com, 2019):

“ArcGis se puede usar para resolver un análisis de ruta puede significar encontrar la ruta más rápida, más corta o incluso más pintoresca, dependiendo de la impedancia elegida. Si la impedancia es el tiempo, entonces la mejor ruta es la ruta más rápida. Si la impedancia es un atributo de tiempo con tráfico histórico o en vivo, entonces la mejor ruta es la ruta más rápida para una fecha y hora del día específicas. Por lo tanto, la mejor ruta se puede definir como la ruta que tenga la impedancia de menor costo, donde usted elige la impedancia. Puede acumular cualquier número de atributos de impedancia en un análisis de ruta, pero los atributos acumulados no juegan un papel en el cálculo de la ruta a lo largo de la red. Por ejemplo, si elige un atributo de coste temporal como atributo de impedancia y desea acumular un atributo de coste

de distancia, para optimizar la solución solo se utiliza el atributo de coste horario. La distancia total se acumula y reporta, pero la ruta no se calcula a partir de la distancia en el ejemplo. Para encontrar la mejor ruta a través de una serie de paradas se sigue el mismo flujo de trabajo que con otros análisis de red”.

ArcGis, 2019, dice: Esta clase de análisis de red almacena las ubicaciones de red que se utilizan como paradas en un análisis de ruta. La capa Paradas tiene cuatro símbolos predeterminados: paradas ubicadas, paradas no ubicadas, paradas con errores y paradas con infracciones horarias. Como se muestra en la figura 25, se puede modificar la simbología de la capa Paradas en el cuadro de diálogo Propiedades de capa, donde hay una categoría de simbología personalizada para las paradas, Network Analyst > Puntos secuenciados.

**Figura 25.**  
*Modulo la Ruta más corta.*



*Nota:* ArcGis 2019. Fuente: [www.arcgis.com](http://www.arcgis.com).



En la tabla 19 se muestran las características de la propuesta 1 según la teoría de redes.

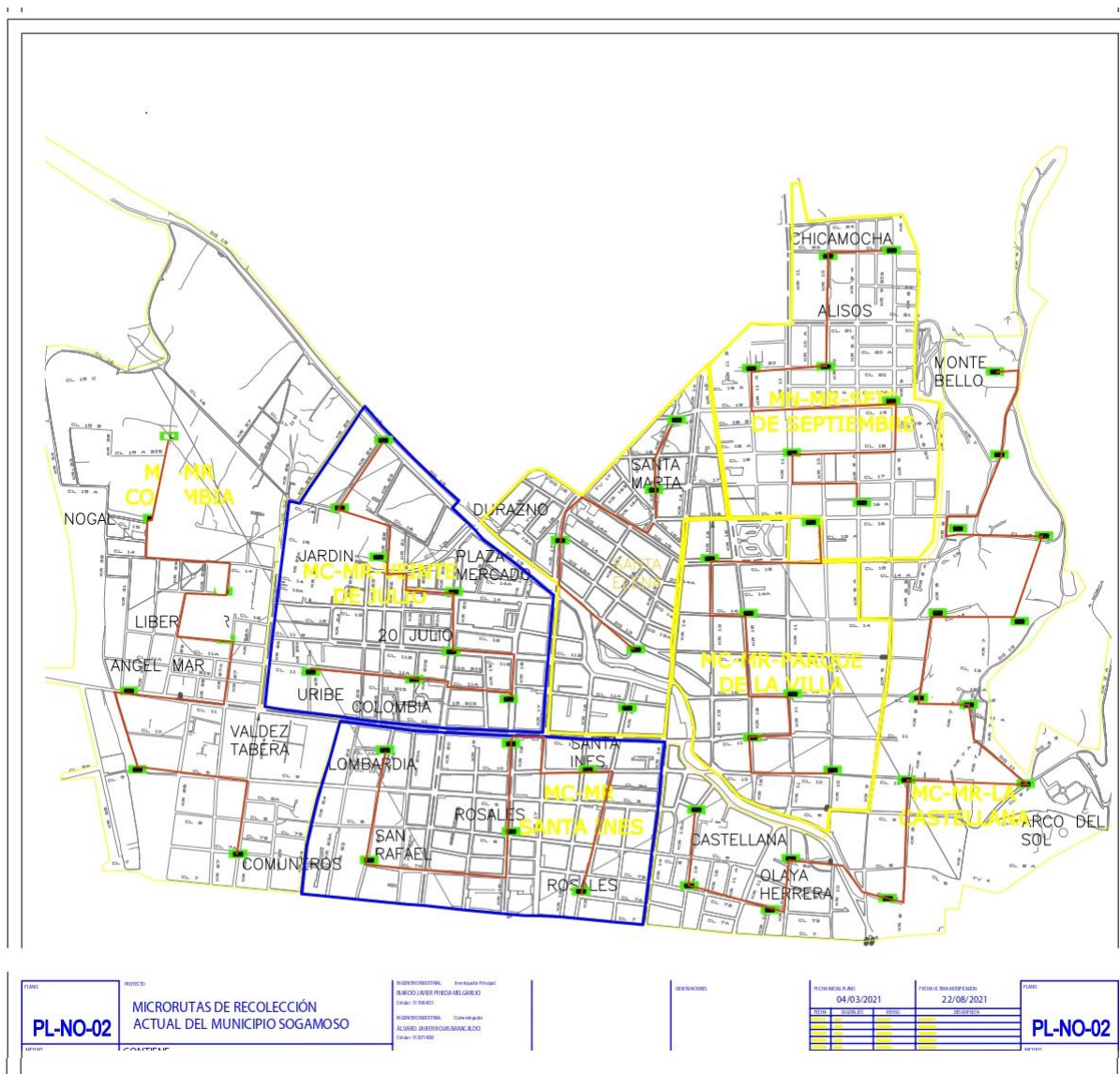
**Tabla 19.**  
*Características ruta propuesta No. 1*

Micro ruta	Área (m <sup>2</sup> )	Proporción	Asignación de puntos de recolección (nodos)	Propuesta 1 (distancias entre contenedores) mt
Colombia	581,899	16.00%	7	3762
Veinte de Julio	584,847	16.00%	7	2620
Santa Inés	419,959	12.00%	5	2962
Santa Helena	339,574	9.40%	4	2006
Parque de la Villa	351,847	9.80%	5	2280
Seis de Septiembre	429,401	12.00%	6	2694
La Castellana	892,931	25.00%	11	5114
Total, Área	3,600,458	100%	<b>45</b>	<b>21438 mt</b>

*Nota:* En la tabla se muestran las características de la ruta No. 1 propuesta por la teoría de redes. Fuente: Propia.

**Dibujo de la ruta en ArcGis Propuesta 2**

**Figura 27.**  
*Propuesta 2. Teoria de redes*



*Nota:* La figura muestra la propuesta No. 2 ruta más corta. Fuente: Propia.

En la tabla 20 se muestran las características de la propuesta 2 según la teoría de redes.

**Tabla 20.**  
*Características ruta propuesta No. 2.*

Micro ruta	Área (m <sup>2</sup> )	Proporción	Asignación de puntos de recolección (nodos)	Propuesta 2 (distancias entre contenedores) mt
Colombia	581,899	16.00%	7	3350
Veinte de Julio	584,847	16.00%	7	2778
Santa Inés	419,959	12.00%	5	2646
Santa Helena	339,574	9.40%	4	1960
Parque de la Villa	351,847	9.80%	5	2028
Seis de Septiembre	429,401	12.00%	6	2396
La Castellana	892,931	25.00%	11	5358
<b>Total, Área</b>	<b>3,600,458</b>	<b>100%</b>	<b>45</b>	<b>20516 mt</b>

*Nota:* En la tabla se muestran las características de la ruta No. 2 propuesta por la teoría de redes. Fuente: Propia.





En la tabla 21 se muestran las características de la propuesta 3 según la teoría de redes.

**Tabla 21.**  
*Características ruta propuesta No. 3.*

Micro ruta	Área (m <sup>2</sup> )	Proporción	Asignación de puntos de recolección (nodos)	Propuesta 3 (distancias entre contenedores) mt
Colombia	581,899	16.00%	7	3470
Veinte de Julio	584,847	16.00%	7	2490
Santa Inés	419,959	12.00%	5	2250
Santa Helena	339,574	9.40%	4	2178
Parque de la Villa	351,847	9.80%	5	2114
Seis de Septiembre	429,401	12.00%	6	2150
La Castellana	892,931	25.00%	11	4714
<b>Total, Área</b>	<b>3,600,458</b>	<b>100%</b>	<b>45</b>	<b>19366 mt</b>

*Nota:* En la tabla se muestran las características de la ruta No. 3 propuesta por la teoría de redes. Fuente: Propia.

### Dibujo de la ruta en Pert/Cpm

El método Pert/Cpm sincroniza la ruta crítica de un proyecto. El proceso de recolección y transporte de los residuos sólidos aprovechables puede perfectamente encajarse en esta metodología, pues la finalidad de la técnica es programar tiempos de manera que los nodos, actividades o contenedores para el caso de esta investigación sean todos atendidos, pero de una forma eficiente, con lo que se optimizan los modelos de redes y se encuentran los mejores resultados. Las tablas 22 y 23 muestran las distancias entre nodos (contenedores).

**Tabla 22.**  
*Características ruta propuesta No. 4.*

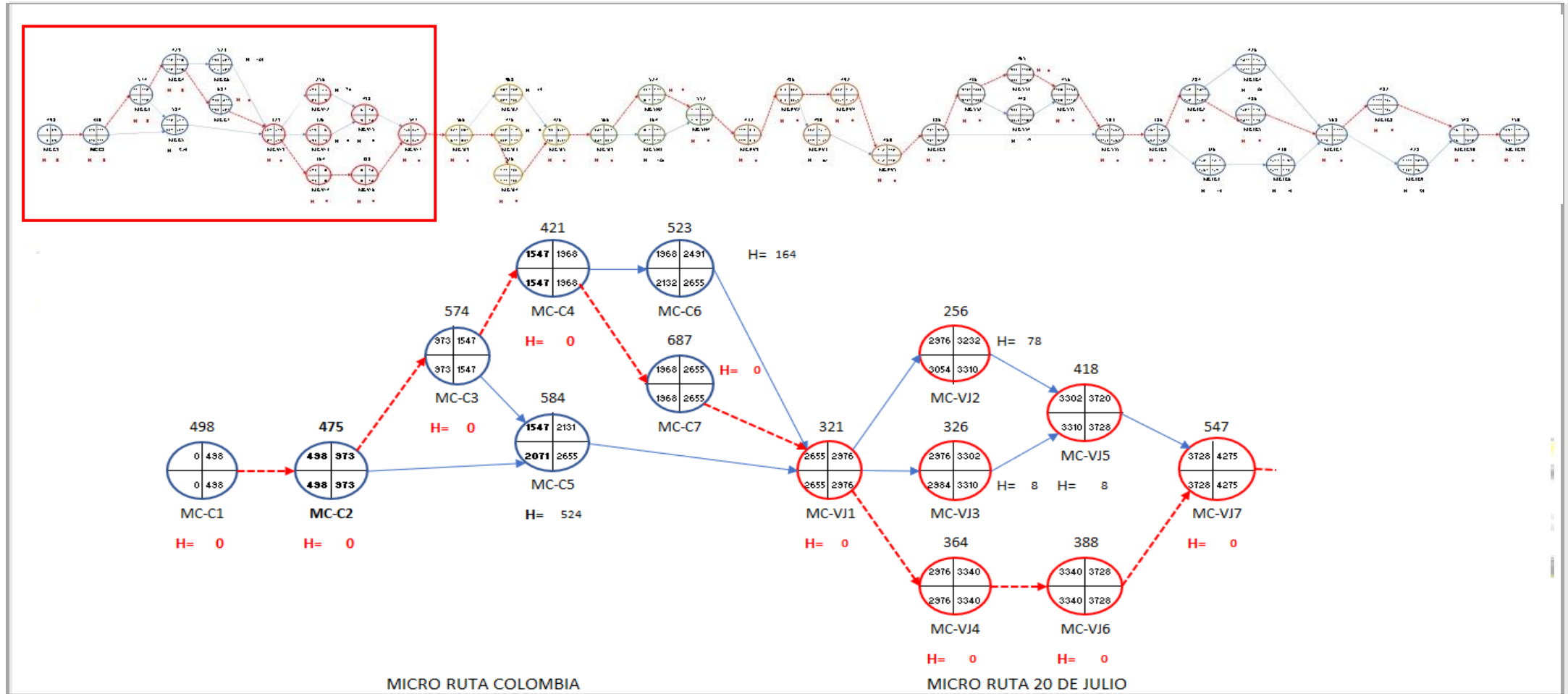
MICRORUTA	SIGLA	DIS	TOTAL
MC COLOMBIA	MC-C1	498	3762
	MC-C2	475	
	MC-C3	574	
	MC-C4	421	
	MC-C5	584	
	MC-C6	523	
	MC-C7	687	
MICRORUTA	SIGLA	DIS	TOTAL
MC 20 DE JULIO	MC-VJ1	321	2620
	MC-VJ2	256	
	MC-VJ3	326	
	MC-VJ4	364	
	MC-VJ5	418	
	MC-VJ6	388	
	MC-VJ7	547	
MICRORUTA	SIGLA	DIS	TOTAL
MC SANTA INES	MC-SI1	566	2962
	MC-SI2	968	
	MC-SI3	476	
	MC-SI4	526	
	MC-SI5	426	
MICRORUTA	SIGLA	DIS	TOTAL
MC SANTA HELENA	MC-SH1	566	2006
	MC-SH2	524	
	MC-SH3	364	
	MC-SH4	552	

**Tabla 23.**  
*Características ruta propuesta No. 4*

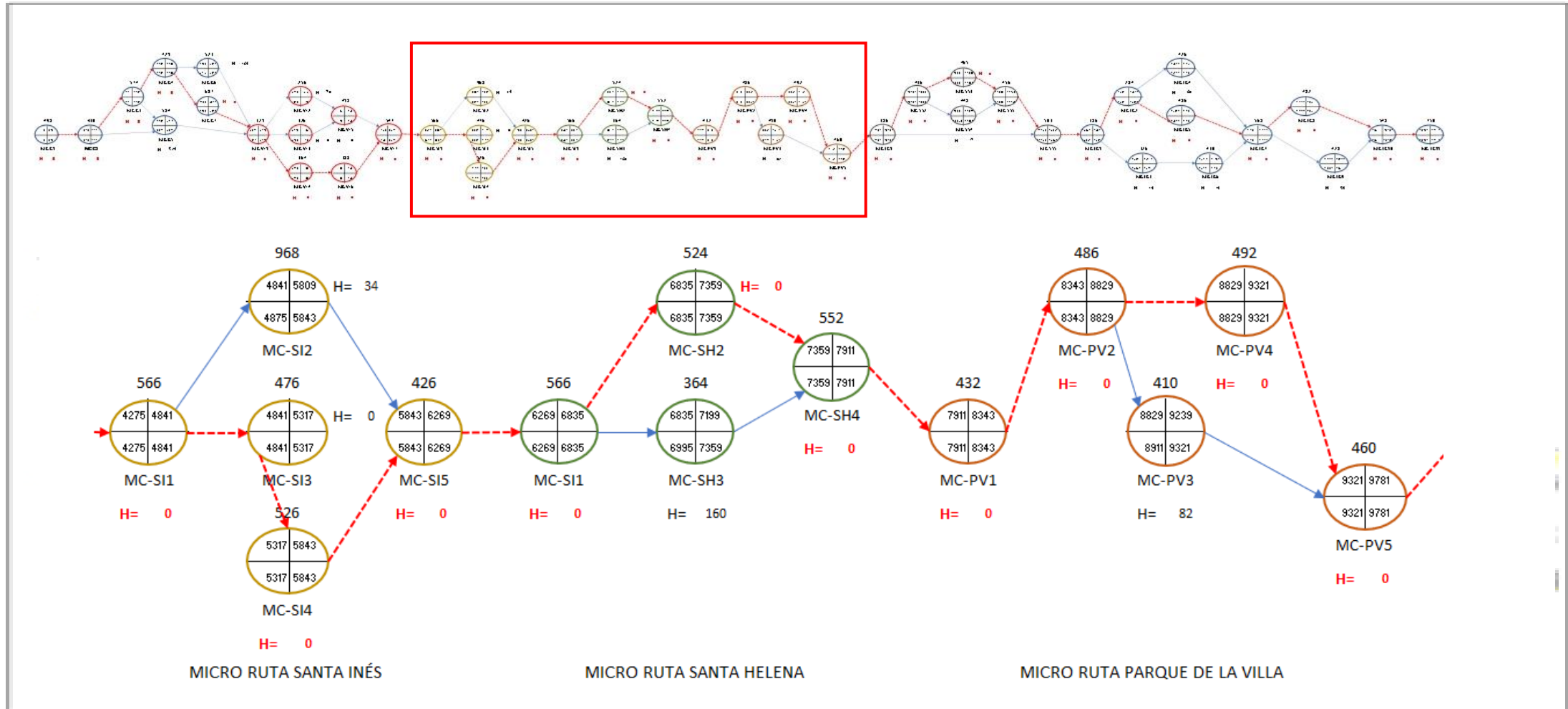
MICRORUTA	SIGLA	DIS	TOTAL
MC PARQUE DE LA VILLA	MC-PV1	432	2280
	MC-PV2	486	
	MC-PV3	410	
	MC-PV4	492	
	MC-PV5	460	
MICRORUTA	SIGLA	DIS	TOTAL
MC SEIS DE SEPTIEMBRE	MC-SS1	386	2694
	MC-SS2	436	
	MC-SS3	465	
	MC-SS4	448	
	MC-SS5	456	
MICRORUTA	SIGLA	DIS	TOTAL
MC LA CASTELLANA	MC-LC1	386	5114
	MC-LC2	284	
	MC-LC3	326	
	MC-LC4	426	
	MC-LC5	486	
	MC-LC6	430	
	MC-LC7	568	
	MC-LC8	482	
	MC-LC9	428	
	MC-LC10	548	
	MC-LC11	750	

*Nota:* En la tabla se muestran las características de la ruta No. 4 propuesta por la técnica Peer/Cpm. Fuente: Propia.

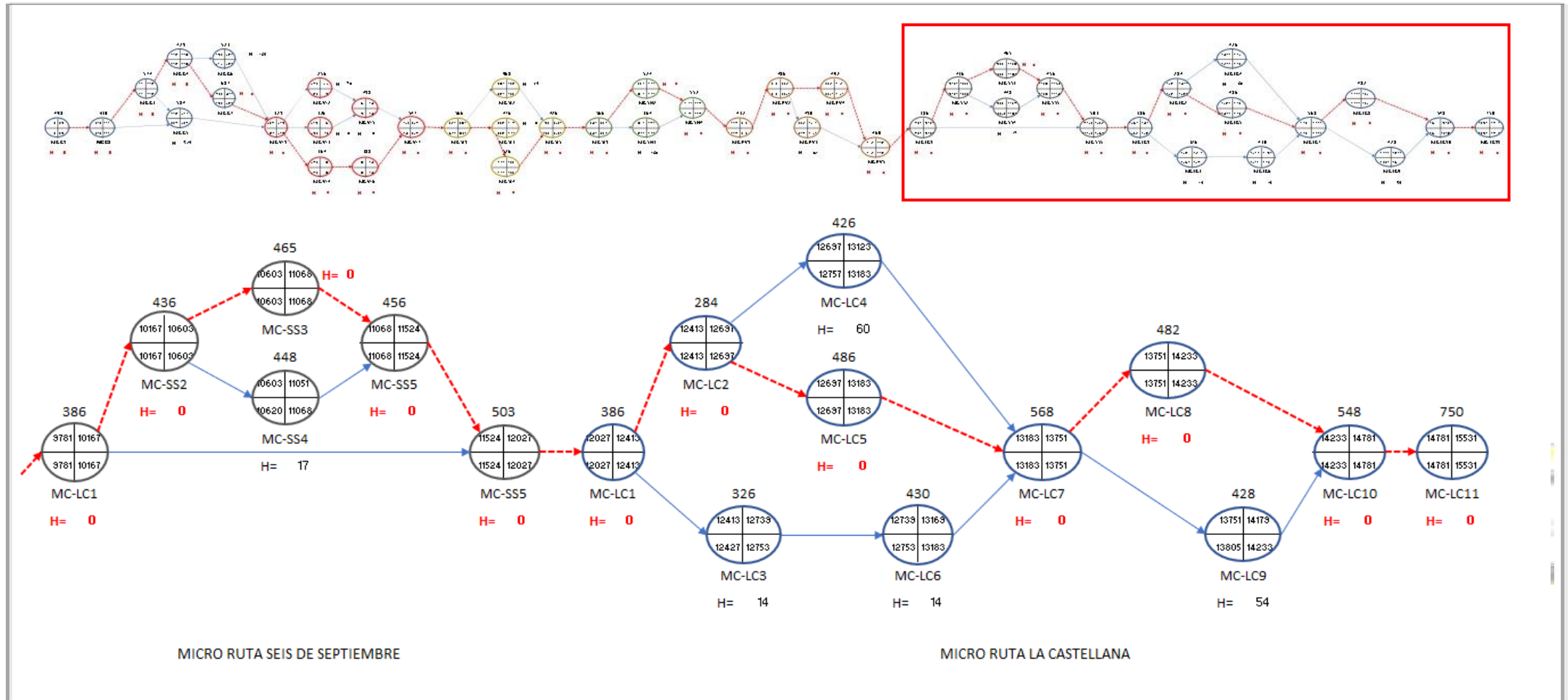
**Figura 29.**  
Propuesta 4. Técnica Pert/Cpm.



**Figura 30.**  
Propuesta 4. Técnica Pert/Cpm



**Figura 31.**  
Propuesta 4. Técnica Pert/Cpm



En la tabla 24 se muestran las características de la propuesta 4 según la técnica Pert/Cpm.

**Tabla 24.**  
*Características propuesta 4. Técnica Pert/Cpm.*

<b>Micro ruta</b>	<b>Área (m2)</b>	<b>Proporción</b>	<b>Asignación de puntos de recolección (nodos)</b>	<b>Propuesta 4 (distancias entre contenedores) mt</b>
Colombia	581,899	16.00%	7	2655
Veinte de Julio	584,847	16.00%	7	1620
Santa Inés	419,959	12.00%	5	1994
Santa Helena	339,574	9.40%	4	1642
Parque de la Villa	351,847	9.80%	5	1870
Seis de Septiembre	429,401	12.00%	6	2246
La Castellana	892,931	25.00%	11	3504
<b>Total, Área</b>	<b>3,600,458</b>	<b>100%</b>	<b>45</b>	<b>15531 mt</b>

*Nota:* En la tabla se muestran las características de la ruta No. 4 Propuesta por la técnica Peer/Cpm. Fuente: Propia.

Con la técnica Pert/Cpm se observa una reducción de 3835 metros, en comparación a la ruta más corta obtenida por la teoría de redes, alcanzando la optimización sobre el modelo de redes propuesto en la disposición de puntos de recolección fijos o nodos del proyecto de investigación.

### **Análisis de resultados de las propuestas**

Como es el caso propuesto donde sigue la lógica del gobierno municipal considerando una producción semanal máxima recogida en dos días se obtiene una distribución homogénea, que para la semana máxima puede llegar a producir una punta diaria entre los 6.000 y 6.500 kg, según las características de la población en Sogamoso. Los modelos de redes como lo indica Quispe (2017), “son aplicables a una extensa variedad de problemas de decisión, los cuales pueden ser modelados como problemas de optimización de redes que pueden ser eficiente y efectivamente resueltos. Muchos problemas de redes son más que una representación abstracta de procesos o actividades, tales como el camino crítico en las actividades entre las redes de un proyecto gerencial”, en el estudio de investigación aplicado en la ciudad de Sogamoso, las rutas modeladas por la teoría de redes, incluyen prototipos y modelos de asignación, tales como: camino crítico, flujo máximo, camino más corto, transporte y costo mínimo de flujos, utilizando grafos que representan los contenedores (nodos) y los arcos como los caminos expresados en distancias entre cada uno de los nodos.

Una primera propuesta determina la instalación de 45 contenedores fijos que satisfacen la producción media de 22.000 kg/día de residuos sólidos aprovechables con un recorrido total de ida y vuelta de 21.439 metros, siendo la primera propuesta, el punto de partida para poder simular los siguientes resultados que tratan las propuestas 2 y 3. La segunda propuesta sigue manteniendo el uso de 45 contenedores fijos, considerados como los nodos de la red y se obtiene una ruta de 20.516 metros, con una optimización del 4,5% sobre

la propuesta anterior, verificando el ahorro en recursos usados en el aprovechamiento de los residuos sólidos.

Finalmente, la simulación de una tercera propuesta con un recorrido de 19.366 metros, el uso de 45 contenedores en las micro rutas, demuestran una optimización del 5,7% sobre la segunda propuesta, lo que sigue demostrando ahorro en el uso de los recursos utilizados, tales como: tiempo, gastos de combustibles, uso de maquinaria, entre otros.

La simulación de propuestas para nuevas rutas genera mejoras y optimizaciones, se tendrían que generar un número  $n$  de simulaciones para encontrar ahorros mucho más significativos de acuerdo con la propuesta inicial o propuesta 1, pues entre cada una tiende a ir mejorando solamente un 5% sobre los resultados de la anterior, por tal razón se acude a una nueva técnica de proyectos denominada Pert/Cpm. Hajdu, M. (2013), en su investigación “The Effects of Different Activity Distributions on Project Duration in Pert Networks” utiliza la metodología para demostrar el efecto que tienen los cronogramas de actividades sobre la distribución de la duración del proyecto en las redes Pert/Cpm (Técnicas de revisión y evaluación de proyectos). La investigación de Hajdú demostró “que la metodología actual de Pert/Cpm está fundamentada en unas suposiciones que han sido ampliamente estudiadas y fuertemente criticadas, pero que han pasado por alto los efectos que tienen los cronogramas de actividades cuando haya más de una ruta crítica y/o se entrelacen entre sí”, por el contrario en la investigación “Propuesta para la optimización de los puntos de recolección de residuos sólidos aprovechables en la Macro ruta – centro del servicio público de aseo en la ciudad de Sogamoso” se demuestra que la ruta crítica no es un supuesto que está en el criterio personal



del evaluador o del constructor de la red, sino que la experiencia y la necesidad del estudio considera la red como proyectos de gestión, donde los nodos se consideran actividades y las distancias entre los nodos se determinan como los tiempos de ejecución de dichas actividades.

Rojas, L. (2019) en su trabajo titulado “Aplicación del Pert/Cpm para reducir el tiempo de ciclo del cierre de proyectos en la empresa SEMI Perú”, aplica la técnica Pert/Cpm para mejorar la gestión del proyecto y reducir el tiempo de ciclo del cierre de proyectos, logrando “reducir el tiempo de cierre de proyectos con el uso de la herramienta Pert/Cpm, dado que sin la aplicación de dicha herramienta el tiempo de ciclo del cierre de proyecto se incrementó en un 80% de lo planeado, puesto que dicho cierre se planificó en 25 días, resultando realizarse en 45. En cambio, con la aplicación del Pert/Cpm, el tiempo de ciclo de cierre del proyecto resultó en 33 días, es decir el incremento fue del 32%, es decir una tercera parte adicional a lo que inicialmente se planeó”, en la propuesta 4 que se genera en la investigación en Sogamoso, se logra una mejora desde la teoría de redes (tercera propuesta, 19.366 metros), con una distancia de 15.531 metros, lo que evidencia una mejora de 20% sobre la simulación por la técnica anterior, demostrando que la optimización lograda con Pert/Cpm incluye una mejor planeación de las actividades con la definición de una ruta crítica, prioritaria para culminar el proceso de recolección de los residuos sólidos, donde se conectan los nodos de mayores distancias entre sí y se consideran los de menor distancias como actividades con holguras que están dentro de las primeras y deben realizarse simultáneamente.

### **Análisis de resultados: Evaluación financiera y económica de la propuesta**

En el numeral 6 se ha diagnosticado la situación actual de la macro ruta centro de Sogamoso, dejando entre ver características significativas para el planteamiento de alternativas y soluciones que se tratan en el numeral 7. En este capítulo se valoran las alternativas de solución del capítulo 7.

Con el diagnóstico y el análisis de alternativas de solución, se precisa la identificación de costos y beneficios de las propuestas según las teorías de redes y Pert/Cpm, usadas para contrastar los efectos generados en el proceso de aprovechamiento de residuos sólidos con los objetivos que se pretenden alcanzar con su ejecución y puesta en marcha. La evaluación financiera y económica contempla los diferentes ítems que intervienen en el proceso, los costos de mantenimiento, los operativos, la mano de obra, depreciación, etc. Así como las alternativas de endeudamiento para valorar si es viable la propuesta o no.

La evaluación de cada alternativa y la comparación de resultados mide el proyecto desde la perspectiva de rentabilidad financiera y evalúa el flujo de fondos generado por el proyecto para dar una herramienta en la toma de decisiones, midiendo la "Capacidad Financiera del proyecto" y la rentabilidad de Capital propio invertido en el mismo. Así mismo con esta evaluación financiera se presta detalle a los flujos de ingresos y egresos con precios vigentes de mercado. Los criterios de selección se basan en el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR), analizando el proyecto desde su retorno financiero y enfocándose en el análisis del grado en que el proyecto cumple o no sus objetivos de eficiencia económica.

### Resumen de costos medidos según las distancias de las propuestas

En la tabla 25 muestra el resumen de los costos generados por las distancias de las propuestas según la teoría de redes y la técnica Pert/Cpm.

**Tabla 25.**  
*Características distancias propuestas 1 a la 4.*

Datos técnicos	Valores promedio opción 1	Valores promedio opción 2	Valores promedio opción 3	Valores promedio opción 4 (Red Pert/Cpm)
Kg promedio/día	22000	22000	22000	22000
Capacidad vehículo - Relación volumen/peso (kg)	580	580	580	580
Número de vehículos	4	4	4	4
Viajes necesarios/día	9	9	9	9
Viajes/automóvil	2	2	2	2
Metros/macro ruta	21438	20516	19366	15531
Total, metros a parada	8350	7860	7310	3370
Total, metros/viaje	70618	67271	63241	44808
Total, metros recorridos	7344283	6996152	6577014	4660074
Consumo medio OIL (mt)	40000	40001	40002	40003
relación distancia- consumo	183,61	174,90	164,42	116,49
Valor en pesos/día OIL	\$ 1.634.103	\$ 1.556.605	\$ 1.463.312	\$ 1.036.789
Costos mantenimiento, impuestos, seguros, etc.	\$ 3.600.000	\$ 3.600.001	\$ 3.600.002	\$ 3.600.003
Total, consumo al año	\$ 88.573.352	\$ 84.543.453	\$ 79.692.247	\$ 57.513.017

*Nota:* En la tabla se muestran las características de las rutas en distancia y otros costos. Fuente: Propia.

En la tabla 26 se muestran los precios promedios de los principales materiales recibidos por el proceso de aprovechamiento.

**Tabla 26.**  
*Precio kilogramo materiales aprovechables.*

Material	Precio/kg	Cantidad promedio kg/reciclador	Cantidad promedio \$/reciclador
PET transparente	130	29	\$ 3.770
plástico	150	19	\$ 2.850
Chatarra	300	35	\$ 10.500
Vidrio	50	23	\$ 1.150
cartón	130	67	\$ 8.710
Totales		173	\$ 26.980
Valor promedio			\$ 156

*Nota:* En la tabla se muestran los precios del material aprovechable por kilogramo. Fuente: ARFUSOG - Sogamoso.

En las tablas 27 a la 28 se muestra el resumen de los costos y proyecciones para evaluar las propuestas.

**Tabla 27.**  
*Ingresos por operaciones.*

Concepto	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4
Ingresos por operaciones años 1, 2 y 3 (22.000/día * 104 recogidas al año * \$156/kg)	\$ 356.928.000	\$ 356.928.000	\$ 356.928.000	\$ 356.928.000
Ingresos por operaciones años 1, 2 y 3 (Incremento esperado 5%)	\$374.774.400	\$374.774.400	\$374.774.400	\$374.774.400

*Nota:* En la tabla se muestran las utilidades proyectadas del material aprovechable por kilogramo. Fuente: ARFUSOG - Sogamoso.

Las inversiones se muestran en la tabla 27 y se centran en la adquisición del terreno, la adecuación de la obra física, la adquisición maquinaria (4 vehículos – tipo Carry) y el capital de trabajo que incluye el dinero de respaldo para comenzar el proyecto, tales como algunos meses de salario, combustible, servicios públicos, etc.

**Tabla 28.**  
*Resumen de inversiones.*

Concepto	Valor
Terrenos	\$ 57.000.000
Obras físicas	\$ 30.000.000
Maquinaria	\$ 119.000.000
Capital de trabajo	\$ 18.000.000

*Nota:* En la tabla se muestran los datos de gastos de inversión para evaluar las propuestas. Fuente: Propia.

Los costos de mano de obra directa, gastos generales, costos fijos y otros de puesta en marcha que incluyen licencias, registros, seguros, pólizas, afiliaciones, etc. Se consignan en la tabla 29.

**Tabla 29.**  
*Resumen de Gastos de la propuesta.*

MOD (8 operarios – Conductor y auxiliar))	\$ 129.600.000
Gastos generales (Administrador, secretaria y contador)	Depende del consumo de combustible para cada propuesta
Costos Fijos sin depreciación	
Gastos de administración Primer año	\$ 24.300.000
Gastos de administración Segundo año en adelante	2,5% de incremento
Gastos de puesta en marcha	\$ 6.000.000
Otros gastos de puesta en marcha	\$ 4.000.000
Puesta en marcha del proyecto	\$ 2.000.000

*Nota:* En la tabla se muestran los datos de gastos. Fuente: Propia.

En la tabla 30 se muestran los valores de salvamento e impuestos para el periodo analizado (5 años) de proyección para cálculo de TIR y VAN.

**Tabla 30.**  
*Resumen de valores de salvamento*

5to año valor terrenos	\$ 85.000.000
Valor de salvamento equipos 5to año	\$ 66.500.000
Impuesto a la utilidad	35%

*Nota:* En la tabla se muestran los datos de salvamento para evaluar las propuestas. Fuente: Propia.

### **Cálculo de la depreciación (método línea recta)**

Como se muestra en la tabla 31, el valor a depreciar corresponde al costo histórico de los activos, por lo tanto, cada cargo por depreciación está expresado en términos constantes.

**Tabla 31.**  
*Resumen de depreciación.*

<b>Valor venta Maquinaria</b>	<b>Valor en libros</b>	<b>Ganancia ocasional</b>	<b>Valor de los impuestos</b>	<b>Valor de rescate después de impuestos</b>
\$ 66.500.000	\$ 59.500.000	\$ 7.000.000	\$ 2.450.000	\$ 64.050.000
<b>Valor venta Terrenos</b>	<b>Valor en libros</b>	<b>Ganancia ocasional</b>	<b>Valor de los impuestos</b>	<b>Valor de rescate después de impuestos</b>
\$ 85.000.000	\$ 57.000.000	\$ 28.000.000	\$ 9.800.000	\$ 75.200.000
Valor de rescate del proyecto después de impuestos:			<b>\$ 139.250.000</b>	

*Nota:* En la tabla se muestran los datos de depreciación para evaluar las propuestas. Fuente: Propia.

## Flujo de caja del proyecto

El cálculo del precio de venta para cada uno de los años de evaluación, se muestran en la tabla 32.

**Tabla 32.**  
*Resumen de Valor Futuro de los ingresos proyectados.*

Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
	Por (1.03) <sup>1</sup>	Por (1.03) <sup>2</sup>	Por (1.03) <sup>3</sup>	Por (1.03) <sup>4</sup>	Por (1.03) <sup>5</sup>
\$ 356.822.197	\$ 367.526.863	\$ 378.552.669	\$ 389.909.249	\$ 421.686.853	\$ 434.337.458

*Nota:* En la tabla se muestran los datos de VFN para evaluar las propuestas. Fuente: Propia.

## Evaluación de las propuestas

### Propuesta No. 1 según teoría de redes

Esta primera propuesta consolida la distancia de 29788 metros encontrados en la simulación de la primera ruta. La tabla 33 muestra el resumen de datos para esta primera alternativa.

**Tabla 33.**  
*Resumen financiero para el cálculo de Flujo de Caja propuesta 1.*

Proyecciones	
Unidades proyectadas (kg/año)	2.288.000
Precio 1-3 año	\$ 356.822.197
Precio 4 año en adelante	\$ 374.663.307
<b>Inversiones</b>	
Terrenos	\$ 57.000.000
Obras físicas	\$ 30.000.000
vehículos	\$ 119.000.000
Capital de trabajo	\$ 18.000.000
Mano de Obra Directa	\$ 129.600.000
Gastos generales - combustibles, mantenimiento, impuestos	\$ 88.573.352
Gastos de administración Primer año	\$ 32.400.000

Gastos de administración Segundo año en adelante	2,5% de incremento
<b>Gastos de puesta en marcha</b>	<b>\$ 6.000.000</b>
Otros gastos de puesta en marcha	\$ 4.000.000
Puesta en marcha del proyecto	\$ 2.000.000
5to año valor terrenos	\$ 85.000.000
Valor de salvamento equipos 5to año	\$ 66.500.000
Impuesto a la utilidad	35%

*Nota:* En la tabla se muestran el resumen de datos financieros para evaluar las propuestas. Fuente: Propia.

En la tabla 34 se muestra finalmente el Flujo de caja que determina los indicadores de TIR y VAN para la propuesta.

**Tabla 34.**  
*Flujo de Caja propuesta 1.*

ITEM	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6
INGRESOS NETOS	\$ 356.822.197	\$ 367.526.863	\$ 378.552.669	\$ 389.909.249	\$ 421.686.853	\$ 434.337.458	
OTROS INGRESOS GRAVABLES (VALOR SALVAMENTO)						\$ 139.250.000	
COSTOS DE LA PROPUESTA	\$ 273.573.352	\$ 280.118.553	\$ 294.763.912	\$ 317.854.392	\$ 351.559.341	\$ 399.293.389	
AMORTIZACION PUESTA EN MARCHA		\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	
DEPRECIACIÓN		\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	
UAI		\$ 70.408.310	\$ 66.788.756	\$ 55.054.857	\$ 53.127.511	\$ 157.294.070	
IMPUESTOS CAUSADOS		\$ 24.642.909	\$ 23.376.065	\$ 19.269.200	\$ 18.594.629	\$ 55.052.924	
IMPUESTOS PAGADOS		\$ 0	\$ 24.642.909	\$ 23.376.065	\$ 19.269.200	\$ 18.594.629	\$ 55.052.924
DEPRECIACIÓN		\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	
VALOR DE RESCATE						\$ 139.250.000	
FLUJO NETO DE EFECTIVO	<b>-\$ 224.000.000</b>	\$ 83.808.310	\$ 55.545.848	\$ 45.078.792	\$ 47.258.311	\$ 291.349.441	-\$ 55.052.924



VALOR DEL VAN	\$ 103.279.464,26	<b>SE ACEPTA EL PROYECTO</b>
VALOR DE LA TIR	25%	<b>SE ACEPTA EL PROYECTO</b>

*Nota:* Flujo de caja, resumen: El proyecto es Viable. Fuente: Propia.

Como la VAN es positiva, indica que el valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios, por tal razón es favorable para aceptar la propuesta. Así mismo la TIR indica la viabilidad de la propuesta, expresando que por cada peso invertido se van a recibir 25, según el análisis de la propuesta.

### **Propuesta No. 2 según teoría de redes**

Esta primera propuesta consolida la distancia de 28376 metros encontrados en la simulación de la primera ruta. La tabla 35 muestra el resumen de datos para esta primera alternativa.

**Tabla 35.**

*Resumen financiero para el cálculo de Flujo de Caja propuesta 2.*

<b>Proyecciones</b>	
Unidades proyectadas (kg/año)	2.288.000
Precio 1-3 año	\$ 356.822.197
Precio 4 año en adelante	\$ 374.663.307
<b>Inversiones</b>	
Terrenos	\$ 57.000.000
Obras físicas	\$ 30.000.000
vehículos	\$ 119.000.000
Capital de trabajo	\$ 18.000.000
Mano de Obra Directa	\$ 129.600.000
Gastos generales - combustible, mantenimiento, impuestos	\$ 84.543.453
Gastos de administración Primer año	\$ 32.400.000
Gastos de administración Segundo año en adelante	2,5% de incremento
<b>Gastos de puesta en marcha</b>	<b>\$ 6.000.000</b>
Otros gastos de puesta en marcha	\$ 4.000.000

Puesta en marcha del proyecto	\$ 2.000.000
5to año valor terrenos	\$ 85.000.000
Valor de salvamento equipos 5to año	\$ 66.500.000
Impuesto a la utilidad	35%

*Nota:* En la tabla se muestran el resumen de datos financieros para evaluar las propuestas. Fuente: Propia.

En la tabla 35 se muestra finalmente el Flujo de caja que determina los indicadores de TIR y VAN para la propuesta.

**Tabla 36.**  
*Flujo de Caja propuesta 2.*

ITEM	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6
INGRESOS NETOS	\$ 356.822.197	\$ 367.526.863	\$ 378.552.669	\$ 389.909.249	\$ 421.686.853	\$ 434.337.458	
OTROS INGRESOS GRAVABLES (VALOR SALVAMENTO)						\$ 139.250.000	
COSTOS DE LA PROPUESTA	\$ 269.543.453	\$ 275.967.757	\$ 290.360.333	\$ 313.042.482	\$ 346.143.494	\$ 393.014.937	
AMORTIZACION PUESTA EN MARCHA		\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	
DEPRECIACIÓN		\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	
UAI		\$ 74.559.106	\$ 71.192.336	\$ 59.866.767	\$ 58.543.359	\$ 163.572.521	
IMPUESTOS CAUSADOS		\$ 26.095.687	\$ 24.917.318	\$ 20.953.368	\$ 20.490.176	\$ 57.250.382	
IMPUESTOS PAGADOS		\$ 0	\$ 26.095.687	\$ 24.917.318	\$ 20.953.368	\$ 20.490.176	\$ 57.250.382
DEPRECIACIÓN		\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	
VALOR DE RESCATE						\$ 139.250.000	
FLUJO NETO DE EFECTIVO	-\$ 224.000.000	\$ 87.959.106	\$ 58.496.649	\$ 48.349.449	\$ 50.989.990	\$ 295.732.345	-\$ 57.250.382
VALOR DEL VAN	\$ 109.786.691,63	<b>SE ACEPTA EL PROYECTO</b>					
VALOR DE LA TIR	27%	<b>SE ACEPTA EL PROYECTO</b>					

*Nota:* Flujo de caja, resumen: El proyecto es Viable. Fuente: Propia.

Como la VAN es positiva, indica que el valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios, por tal razón es favorable para aceptar la propuesta. Así mismo la TIR indica la viabilidad de la propuesta, expresando que por cada peso \$1 invertido se van a recibir \$27, según el análisis de la propuesta.

### **Propuesta No. 3 según teoría de redes**

Esta primera propuesta consolida la distancia de 19366 metros encontrados en la simulación de la primera ruta. La tabla 37 muestra el resumen de datos para esta primera alternativa.

#### **Tabla 37.**

*Resumen financiero para el cálculo de Flujo de Caja propuesta 3.*

<b>Proyecciones</b>	
Unidades proyectadas (kg/año)	2.288.000
Precio 1-3 año	\$ 356.822.197
Precio 4 año en adelante	\$ 374.663.307
<b>Inversiones</b>	
Terrenos	\$ 57.000.000
Obras físicas	\$ 30.000.000
vehículos	\$ 119.000.000
Capital de trabajo	\$ 18.000.000
Mano de Obra Directa	\$ 129.600.000
Gastos generales - combustible, mantenimiento, impuestos	\$ 76.692.247
Gastos de administración Primer año	\$ 32.400.000
Gastos de administración Segundo año en adelante	2,5% de incremento

<b>Gastos de puesta en marcha</b>	<b>\$ 6.000.000</b>
Otros gastos de puesta en marcha	\$ 4.000.000
Puesta en marcha del proyecto	\$ 2.000.000
5to año valor terrenos	\$ 85.000.000
Valor de salvamento equipos 5to año	\$ 66.500.000
Impuesto a la utilidad	35%

Nota: En la tabla se muestran el resumen de datos financieros para evaluar las propuestas. Fuente: Propia.

En la tabla 38 se muestra finalmente el Flujo de caja que determina los indicadores de TIR y VAN para la propuesta.

**Tabla 38.**  
*Flujo de Caja propuesta 3.*

ITEM	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6
INGRESOS NETOS	\$ 356.822.197	\$ 367.526.863	\$ 378.552.669	\$ 389.909.249	\$ 421.686.853	\$ 434.337.458	
OTROS INGRESOS GRAVABLES (VALOR SALVAMENTO)						\$ 139.250.000	
COSTOS DE LA PROPUESTA	\$ 261.692.247	\$ 267.881.014	\$ 281.781.108	\$ 303.667.731	\$ 335.592.130	\$ 380.783.014	
AMORTIZACION PUESTA EN MARCHA		\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	
DEPRECIACIÓN		\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	
UAI		\$ 82.645.849	\$ 79.771.561	\$ 69.241.518	\$ 69.094.723	\$ 175.804.444	
IMPUESTOS CAUSADOS		\$ 28.926.047	\$ 27.920.046	\$ 24.234.531	\$ 24.183.153	\$ 61.531.555	
IMPUESTOS PAGADOS		\$ 0	\$ 28.926.047	\$ 27.920.046	\$ 24.234.531	\$ 24.183.153	\$ 61.531.555
DEPRECIACIÓN		\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	
VALOR DE RESCATE						\$ 139.250.000	
FLUJO NETO DE EFECTIVO	<b>-\$ 224.000.000</b>	\$ 96.045.849	\$ 64.245.514	\$ 54.721.471	\$ 58.260.192	\$ 304.271.291	-\$ 61.531.555
VALOR DEL VAN	\$ 122.464.325,12	<b>SE ACEPTA EL PROYECTO</b>					
VALOR DE LA TIR	30%	<b>SE ACEPTA EL PROYECTO</b>					

Nota: Flujo de caja, resumen: El proyecto es Viable. Fuente: Propia.

Como la VAN es positiva, indica que el valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios, por tal razón es favorable para aceptar la propuesta. Así mismo la TIR indica la viabilidad de la propuesta, expresando que por cada peso \$1 invertido se van a recibir \$30, según el análisis de la propuesta.

#### **Propuesta No. 4 según la técnica Pert/Cpm**

Esta primera propuesta consolida la distancia de 15531 metros encontrados en la simulación de la primera ruta. La tabla 39 muestra el resumen de datos para esta primera alternativa.

**Tabla 39.**

*Resumen financiero para el cálculo de Flujo de Caja propuesta 4.*

<b>Proyecciones</b>	
Unidades proyectadas (kg/año)	2.288.000
Precio 1-3 año	\$ 356.822.197
Precio 4 año en adelante	\$ 374.663.307
<b>Inversiones</b>	
Terrenos	\$ 57.000.000
Obras físicas	\$ 30.000.000
Vehículos	\$ 119.000.000
Capital de trabajo	\$ 18.000.000
Mano de Obra Directa	\$ 129.600.000
Gastos generales - combustible, mantenimiento, impuestos	\$ 57.513.017
Gastos de administración Primer año	\$ 32.400.000
Gastos de administración Segundo año en adelante	2,5% de incremento
<b>Gastos de puesta en marcha</b>	<b>\$ 6.000.000</b>
Otros gastos de puesta en marcha	\$ 4.000.000
Puesta en marcha del proyecto	\$ 2.000.000
5to año valor terrenos	\$ 85.000.000
Valor de salvamento equipos 5to año	\$ 66.500.000
Impuesto a la utilidad	35%

*Nota:* En la tabla se muestran el resumen de datos financieros para evaluar las propuestas. Fuente: Propia.

En la tabla 40 se muestra finalmente el Flujo de caja que determina los indicadores de TIR y VAN para la propuesta.

**Tabla 40.**  
*Flujo de Caja propuesta 3 (Técnica Pert/Cpm).*

ITEM	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6
INGRESOS NETOS	\$ 356.822.197	\$ 367.526.863	\$ 378.552.669	\$ 389.909.249	\$ 421.686.853	\$ 434.337.458	
OTROS INGRESOS GRAVABLES (VALOR SALVAMENTO)						\$ 139.250.000	
COSTOS DE LA PROPUESTA	\$ 242.513.017	\$ 248.126.408	\$ 260.823.446	\$ 280.766.728	\$ 309.816.848	\$ 350.902.399	
AMORTIZACION PUESTA EN MARCHA		\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	
DEPRECIACIÓN		\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	
UAI		\$ 102.400.455	\$ 100.729.223	\$ 92.142.521	\$ 94.870.004	\$ 205.685.060	
IMPUESTOS CAUSADOS		\$ 35.840.159	\$ 35.255.228	\$ 32.249.882	\$ 33.204.502	\$ 71.989.771	
IMPUESTOS PAGADOS		\$ 0	\$ 35.840.159	\$ 35.255.228	\$ 32.249.882	\$ 33.204.502	\$ 71.989.771
DEPRECIACIÓN		\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	
VALOR DE RESCATE						\$ 139.250.000	
FLUJO NETO DE EFECTIVO	<b>-\$ 224.000.000</b>	\$ 115.800.455	\$ 78.289.064	\$ 70.287.293	\$ 76.020.122	\$ 325.130.558	-\$ 71.989.771
VALOR DEL VAN	\$ 153.433.739,07	<b>SE ACEPTA EL PROYECTO</b>					
VALOR DE LA TIR	39%	<b>SE ACEPTA EL PROYECTO</b>					

*Nota:* Flujo de caja, resumen: El proyecto es Viable. Fuente: Propia.

Como la VAN es positiva, indica que el valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios, por tal razón es favorable para aceptar la propuesta. Así mismo la TIR indica la viabilidad de la propuesta,

expresando que por cada peso \$1 invertido se van a recibir \$39, según el análisis de la propuesta.

### Propuesta de la mejor alternativa con endeudamiento

Como se observa la mejor alternativa que resulta de la teoría de redes y de la técnica Pert/Cpm es ésta última que ofrece una Tasa Interna de Retorno del 39%, por tal razón a esta alternativa se hacen dos nuevas propuestas de financiamiento con endeudamiento bancario.

### Propuesta endeudamiento del 100% del Flujo de Efectivo

En la tabla 41 se observan los valores de intereses y cuotas anuales para un endeudamiento del 100% del Flujo Neto Efectivo necesario para arrancar la propuesta.

**Tabla 41.**  
*Proyección cuotas 100% endeudamiento 4.*

TASA DE 27% INTERES ANUAL tasa de interés 2,010% mensual 10 Periodos anuales						
					Monto	\$224.000.000
Periodos	Inicial	Interés	Amortización	Cuota	Final	
0						\$224.000.000,00
1	\$224.000.000,00	\$4.502.400,00	\$20.447.791,38	\$24.950.191,38		\$203.552.208,62
2	\$203.552.208,62	\$4.091.399,39	\$20.858.791,98	\$24.950.191,38		\$182.693.416,64
3	\$182.693.416,64	\$3.672.137,67	\$21.278.053,70	\$24.950.191,38		\$161.415.362,94
4	\$161.415.362,94	\$3.244.448,80	\$21.705.742,58	\$24.950.191,38		\$139.709.620,36
5	\$139.709.620,36	\$2.808.163,37	\$22.142.028,01	\$24.950.191,38		\$117.567.592,35
6	\$117.567.592,35	\$2.363.108,61	\$22.587.082,77	\$24.950.191,38		\$94.980.509,58
7	\$94.980.509,58	\$1.909.108,24	\$23.041.083,13	\$24.950.191,38		\$71.939.426,45
8	\$71.939.426,45	\$1.445.982,47	\$23.504.208,90	\$24.950.191,38		\$48.435.217,54
9	\$48.435.217,54	\$973.547,87	\$23.976.643,50	\$24.950.191,38		\$24.458.574,04
10	\$24.458.574,04	\$491.617,34	\$24.458.574,04	\$24.950.191,38		\$0,00

*Nota:* Proyección cuotas endeudamiento 100%. Fuente: Propia.

En la tabla 42 se muestra finalmente el Flujo de caja que determina los indicadores de TIR y VAN para la propuesta con 100% de endeudamiento.

**Tabla 42.**  
*Flujo de Caja propuesta 4 (endeudamiento 100%).*

ITEM	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6
INGRESOS NETOS	\$ 356.822.197	\$ 367.526.863	\$ 378.552.669	\$ 389.909.249	\$ 421.686.853	434.337.458	\$
OTROS INGRESOS GRAVABLES (VALOR SALVAMENTO)						139.250.000	\$
COSTOS DE LA PROPUESTA	\$ 242.513.017	\$ 248.126.408	\$ 260.823.446	\$ 280.766.728	\$ 309.816.848	350.902.399	\$
CUOTA ANUAL CREDITO \$224.000.000		\$ 24.950.192	\$ 24.950.192	\$ 24.950.192	\$ 24.950.192	\$ 24.950.192	
AMORTIZACION PUESTA EN MARCHA		\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	
DEPRECIACIÓN		\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	
UAI		\$ 77.450.263	\$ 75.779.031	\$ 67.192.329	\$ 69.919.812	\$ 41.484.868	
IMPUESTOS CAUSADOS		\$ 27.107.592	\$ 26.522.661	\$ 23.517.315	\$ 24.471.934	\$ 14.519.704	
IMPUESTOS PAGADOS		\$ 0	\$ 27.107.592	\$ 26.522.661	\$ 23.517.315	\$ 24.471.934	\$ 14.519.704
DEPRECIACIÓN		\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	
VALOR DE RESCATE						139.250.000	\$
FLUJO NETO DE EFECTIVO	-\$ 224.000.000	\$ 90.850.263	\$ 62.071.439	\$ 54.069.668	\$ 59.802.497	169.662.933	-\$ 14.519.704
VALOR DEL VAN	\$ 98.192.078,58	<b>SE ACEPTA EL PROYECTO</b>					
VALOR DE LA TIR	23%	<b>SE ACEPTA EL PROYECTO</b>					

*Nota:* Flujo de caja, resumen: El proyecto es Viable. Fuente: Propia.

Como la VAN es positiva, indica que el valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios, por tal razón es favorable para aceptar la propuesta. Así mismo la TIR indica la viabilidad de la propuesta,



expresando que por cada peso \$1 invertido se van a recibir \$23, según el análisis de la propuesta.

### Propuesta endeudamiento del 50% del Flujo de Efectivo

En la tabla 43 se observan los valores de intereses y cuotas anuales para un endeudamiento del 50% del Flujo Neto Efectivo necesario para arrancar la propuesta.

**Tabla 43.**  
*Proyección cuotas 50% endeudamiento 4.*

TASA DE 27% INTERES ANUAL tasa de interés 2,010% mensual 10 Periodos anuales						
					Monto	\$112.000.000
Periodos	Inicial	Interés	Amortización	Cuota	Final	
0					\$112.000.000,00	
1	\$112.000.000,00	\$2.251.200,00	\$10.223.895,69	\$12.475.095,69	\$101.776.104,31	
2	\$101.776.104,31	\$2.045.699,70	\$10.429.395,99	\$12.475.095,69	\$91.346.708,32	
3	\$91.346.708,32	\$1.836.068,84	\$10.639.026,85	\$12.475.095,69	\$80.707.681,47	
4	\$80.707.681,47	\$1.622.224,40	\$10.852.871,29	\$12.475.095,69	\$69.854.810,18	
5	\$69.854.810,18	\$1.404.081,68	\$11.071.014,00	\$12.475.095,69	\$58.783.796,18	
6	\$58.783.796,18	\$1.181.554,30	\$11.293.541,39	\$12.475.095,69	\$47.490.254,79	
7	\$47.490.254,79	\$954.554,12	\$11.520.541,57	\$12.475.095,69	\$35.969.713,22	
8	\$35.969.713,22	\$722.991,24	\$11.752.104,45	\$12.475.095,69	\$24.217.608,77	
9	\$24.217.608,77	\$486.773,94	\$11.988.321,75	\$12.475.095,69	\$12.229.287,02	
10	\$12.229.287,02	\$245.808,67	\$12.229.287,02	\$12.475.095,69	\$0,00	

*Nota:* Proyección cuotas endeudamiento 100%. Fuente: Propia.

En la tabla 44 se muestra finalmente el Flujo de caja que determina los indicadores de TIR y VAN para la propuesta con 50% de endeudamiento.

**Tabla 44.**  
*Flujo de Caja propuesta 4 (endeudamiento 50%).*

ITEM	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6
INGRESOS NETOS	\$ 356.822.197	\$ 367.526.863	\$ 378.552.669	\$ 389.909.249	\$ 421.686.853	\$ 434.337.458	
OTROS INGRESOS GRAVABLES (VALOR SALVAMENTO)						\$ 139.250.000	\$
COSTOS DE LA PROPUESTA	\$ 242.513.017	\$ 248.126.408	\$ 260.823.446	\$ 280.766.728	\$ 309.816.848	\$ 350.902.399	\$
CUOTA ANUAL CREDITO \$112.000.000		\$ 12.475.095	\$ 12.475.095	\$ 12.475.095	\$ 12.475.095	\$ 12.475.095	
AMORTIZACION PUESTA EN MARCHA		\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	\$ 3.600.000	
DEPRECIACIÓN		\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	
UAI		\$ 89.925.360	\$ 88.254.128	\$ 79.667.426	\$ 82.394.909	\$ 53.959.965	
IMPUESTOS CAUSADOS		\$ 31.473.876	\$ 30.888.945	\$ 27.883.599	\$ 28.838.218	\$ 18.885.988	
IMPUESTOS PAGADOS		\$ 0	\$ 31.473.876	\$ 30.888.945	\$ 27.883.599	\$ 28.838.218	\$ 18.885.988
DEPRECIACIÓN		\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	\$ 13.400.000	
VALOR DE RESCATE						\$ 139.250.000	\$
FLUJO NETO DE EFECTIVO	<b>-\$ 224.000.000</b>	\$ 103.325.360	\$ 70.180.252	\$ 62.178.481	\$ 67.911.310	\$ 177.771.746	\$ 18.885.988
VALOR DEL VAN	\$ 115.271.824,42	<b>SE ACEPTA EL PROYECTO</b>					
VALOR DE LA TIR	28%	<b>SE ACEPTA EL PROYECTO</b>					

*Nota:* Flujo de caja, resumen: El proyecto es Viable. Fuente: Propia.

Como la VAN es positiva, indica que el valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios, por tal razón es favorable para aceptar la propuesta. Así mismo la TIR indica la viabilidad de la propuesta, expresando que por cada peso \$1 invertido se van a recibir \$28, según el análisis de la propuesta.

### Análisis de sensibilidad financiero a la mejor alternativa

El análisis de sensibilidad es una herramienta de gestión que nos permite predecir los resultados de la propuesta y su comportamiento a lo largo del tiempo, en caso que se tome la decisión de continuar con la misma por parte de los recicladores de oficios y deseen sustentar la idea ante los actores que intervienen en los procesos de aprovechamiento de residuos sólidos, tales como las Secretarías de Gobierno, de Gestión del Riesgo, Coservicios E..S.P. y por supuesto los entes de gobierno nacional como el Ministerio de Vivienda, ayudará a comprender las incertidumbres, las limitaciones y los alcances del modelo para la toma de decisiones. La tabla 45 resume los datos iniciales para el análisis y el cálculo de las variables de decisión.

**Tabla 45.**  
*Análisis de sensibilidad. Resumen Flujo de caja.*

Periodo	0	1	2	3	4	5	5
Inversión	-\$ 224.000.000,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Valor de Recuperación	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Egresos		277.601.503	290.298.541	310.241.823	339.291.943	380.377.494	
Ingresos		367.526.863	378.552.669	389.909.249	421.686.853	434.337.458	
Pérdida/utilidad		89.925.360	88.254.128	79.667.426	82.394.909	53.959.965	
<b>Resultado con Inversión</b>	<b>-\$ 224.000.000,00</b>	89.925.360	88.254.128	79.667.426	82.394.909	53.959.965	
<b>Resultado Actualizado</b>	<b>-\$ 224.000.000,00</b>	<b>103.325.360</b>	<b>70.180.252</b>	<b>62.178.481</b>	<b>67.911.310</b>	<b>177.771.746</b>	<b>-18.885.988</b>
<b>Resultado Acumulado Actualizado</b>	<b>-\$ 224.000.000,00</b>	<b>-120.674.640</b>	<b>-50.494.388</b>	<b>11.684.094</b>	<b>79.595.404</b>	<b>257.367.150</b>	<b>238.481.163</b>
<b>Periodos para Recuperar</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

*Nota:* Flujo de caja, resumen: El proyecto es Viable. Fuente: Propia.

La tabla 46 muestra algunas medidas como son, El ROI es un indicador que permite saber cuánto dinero se pierde o se gana en la propuesta con las inversiones hechas así es posible identificar las inversiones que valen la pena y cómo optimizar las existentes para mantener estable el proyecto con el tiempo. La métrica es importante porque permite que evalúes cómo ciertas iniciativas contribuyen con los resultados de la empresa. De la misma forma, con base en el ROI, es posible planificar metas basadas en resultados tangibles y entender si está valiendo la pena o no invertir en determinados canales.

Por otra parte, las Tasas de Retorno e Interna de Retorno son conceptos financieros que permiten la métrica del comportamiento de los ingresos sobre las inversiones en el proyecto. Se supone que todas estas medidas deben ser mayores que cero para aceptar la propuesta, entre más grande sea el indicador y más se aleje de cero en sentido positivo indica que más estable es el proyecto y que a pesar del comportamiento del dinero en relación con el valor futuro, es viable para seguir adelante con la idea de inversión.

**Tabla 46.**  
*Datos financieros análisis de sensibilidad.*

<b>Ítem</b>	<b>Indicador</b>
Tasa	<b>3,0%</b>
TIR	<b>28%</b>
VAN	<b>\$115.271.824</b>
R B/C	<b>1,62</b>
ROI	<b>62,1%</b>
T R	<b>3,81</b>

*Nota:* Datos financieros para el análisis de sensibilidad. Fuente: Propia.

En la tabla 47 se observa el análisis hipotético, para determinar cómo los diferentes valores de la variable independiente (VAN) pueden afectar a una variable dependiente particular, en este caso sobre la Inversión a lo largo de varios escenarios posibles.

**Tabla 47.**  
*Análisis de sensibilidad financiero.*

Inversión	TIR	VAN	R B/C	ROI	T R
Base	28,4%	\$ 115.271.824	1,62	62,1%	3,81
-\$ 224.000.000	28,4%	\$ 115.271.824	1,62	62,1%	3,81
-\$ 243.018.443	38,1%	\$ 115.271.824	1,95	94,6%	3,21
-\$ 244.720.422	36,3%	\$ 115.271.824	1,89	88,6%	3,31
-\$ 211.469.619	38,4%	\$ 115.271.824	1,96	95,8%	3,19
-\$ 237.959.413	29,6%	\$ 115.271.824	1,66	66,0%	3,73
-\$ 236.419.800	31,3%	\$ 115.271.824	1,72	71,6%	3,61
-\$ 228.375.651	43,1%	\$ 115.271.824	2,12	112,1%	2,97
-\$ 221.991.697	32,7%	\$ 115.271.824	1,76	76,5%	3,52
-\$ 112.000.000	39,9%	\$ 115.271.824	2,01	100,9%	3,12

*Nota:* Análisis de sensibilidad. Fuente: Propia.

Se observa la estabilidad de la propuesta con diferentes escenarios de inversión, que oscilan entre los 164 millones y su tope máximo de 244 millones, en todos se tienen Tasas Interna de Retorno con ganancias sobre la misma, así mismo en cada caso analizado y simulado la Relación Beneficio Costo (R B/C) siempre es mayor a 1, indicando que la utilidad supera las inversiones y costos a lo largo del tiempo, suponiendo la recuperación de lo invertido de forma asegurada.

### **Análisis de resultados evaluación económica y financiera**

Los investigadores Lipke, Zwikael, Henderson, & Anbari (2009), en su trabajo titulado “Prediction of project outcome: The application of statistical methods to earned value management and earned schedule performance indexes”, aseguraron: “El uso de los indicadores y predictores del valor y la utilidad asegurada, dependen directamente de la Estimación independiente de la línea de tiempo en que se evalúa cada alternativa y el estimado de las Tasas Internas de Retorno según su comportamiento en la misma línea de tiempo. Así mismo aseguran que “Los niveles de confianza estadísticos que proporciona la evaluación financiera oscilan entre el 90% y 98%”. En el estudio objeto de investigación en la ciudad de Sogamoso se comprueba que perfectamente lo que aseguran Lipke, Zwikael, Henderson, & Anbari, es completamente cierto. A lo largo del tiempo si los valores de inversión, los costos, depreciaciones y recuperación del capital, se comportan de manera estable, la propuesta es homogénea, manteniendo indicadores similares de Tasa Interna de Retorno y Valores Actuales Netos, donde se espera recuperación positiva del capital.

El resultado en cada propuesta confirma el desempeño constante positivo de la herramienta propuesta para predecir los valores de inversión y la duración del proyecto, se observa en los flujos de efectivo que la primera propuesta, genera un 25% en la TIR, la segunda propuesta, un 27% en la TIR y la tercera propuesta, un 30% en la TIR, según la teoría de redes y asumiendo que la asociación de recicladores debe contar con \$224.000.000.00 líquidos para la inversión inicial, aunque se asegure el retorno de la

inversión la cifra necesaria para operar es alta considerando el tipo de población que debe asumirla.

Sin embargo desde la técnica Pert/Cpm (cuarta propuesta) se logran indicadores del 39% de su TIR, teniendo ya un incremento de un 9% de la mejor alternativa encontrada en la técnica de redes, por lo que se procede a realizar además del flujo de efectivo, dos análisis financieros y económicos sobre la misma, una primera, planteando condiciones de endeudamiento con una entidad financiera sobre el 100% de la inversión (\$224.000.000) y se obtiene un valor de la TIR del 23% y otra con endeudamiento del 50% (\$112.000.000) que genera una TIR del 28%. Se tienen indicadores favorables en cualquier propuesta, pero los tiempos de recuperación de la inversión y la estabilidad a lo largo del tiempo es sin duda la generada por la técnica Pert/Cpm.

### Conclusiones

La principal conclusión en la “Propuesta para la optimización de los puntos de recolección de residuos sólidos aprovechables en la Macro ruta – centro del servicio público de aseo en la ciudad de Sogamoso”, es el logro de la optimización y sostenibilidad de los puntos de recolección de residuos sólidos aprovechables en la macro ruta – centro del servicio público de aseo en la ciudad de Sogamoso, lo anterior se evidencia con los resultados positivos de la métrica de los indicadores de gestión financiera y económica observado en los análisis de resultados. Al aplicar el análisis de sensibilidad se obtiene la TIR para 10 alternativas diferentes de Inversión entre los \$112.000.000 (Endeudamiento 50%) y los \$224.000.000 (Endeudamiento 100%) que se comportan positivamente entre 28,4% y 43,1%, indicando que la ganancia sobre la inversión es positiva en cualquier escenario. Así mismo las ganancias esperadas sobre la inversión, se mantienen positivas con una media de 71,6%, que asegura una alta probabilidad en la obtención de ganancias sobre las inversiones. La Tasa de Retorno media es de 3,31 lo que demuestra beneficio favorable después de impuestos y un importe optimista de la inversión. Lo anterior se genera tras aplicar las técnicas de redes, Pert/Cpm y la evaluación financiera, como herramientas de gerencia de proyectos que permiten la obtención de decisiones de optimización, en las diferentes propuestas.

La intervención en la necesidad del servicio público de aseo en la ciudad de Sogamoso con las herramientas en gerencia de proyectos permite generar otras conclusiones, tales como:



Se caracterizó la ruta de aprovechamiento de residuos sólidos de mayor impacto, la macro ruta – centro del servicio público de aseo en la ciudad de Sogamoso, comprobándose el 100% del incumplimiento del Decreto 596 de 2016 acerca del aseguramiento de la red de suministros de aprovechamiento, las debilidades del sistema, tales como la inoperancia de los recicladores de oficio al cumplir con las tareas propias de su naturaleza jurídica, así como deficiencia del sistema de los procesos de suministros y aprovechamiento. Con lo anterior, se observa, en la aplicación de las encuestas a 59 recicladores de oficio, que el 85% de los encuestados sugieren la implementación de programas enmarcados en la normatividad vigente, contando con el acompañamiento de los estamentos públicos que intervienen en dichos procesos, como la secretaria de Gobierno, Medio Ambiente, Riesgos y la Compañía de Servicios Públicos.

Se analizan las alternativas de redes de aprovechamiento desde el cálculo del número de contenedores (45) considerándolos como puntos fijos o nodos de la red, mediante las herramientas y las técnicas de redes donde se simula el comportamiento de tres propuestas, la primera con una distancia de 21.438 metros, una segunda con una distancia de 20.516 metros y una tercera con una distancia de 19.366 metros, obteniendo ahorros promedio entre una y otra alternativa del 5%, suponiendo  $n$  simulaciones para obtener ahorros significativos o por lo menos de 2 cifras porcentuales. Además se logra una mejora desde la técnica Pert/Cpm con una distancia de 15.531 metros, lo que evidencia la optimización del 20% sobre la simulación por la técnica anterior, demostrando que Pert/Cpm incluye una mejor planeación de las actividades con la definición de una ruta crítica, prioritaria en la culminación del proceso de

recolección de los residuos sólidos, donde se conectan los nodos de mayores distancias entre sí y consideran los de menor distancias como actividades con holguras, contenidas en las primeras y que deben realizarse simultáneamente.

Las evaluación financieras y económicas de las propuestas predicen el optimismo en la recuperación de los valores de inversión durante un tiempo proyectado de arranque del proyecto; se evidencia en las observaciones en los flujos de efectivo de la primera, segunda y tercera propuesta, generando una TIR de 25%, 27% y 30, respectivamente, según la teoría de redes. Adicionalmente se realiza una cuarta propuesta desde la técnica Pert/Cpm, que genera un 39% de su TIR, teniendo ya un incremento de un 9% con respecto a las demás, siendo la mejor alternativa encontrada en la técnica de redes. Además de los anteriores alternativas, se consideran dos posibles escenarios de endeudamiento con una entidad financiera sobre el 100% de la inversión (\$224.000.000), dando un valor de la TIR del 23% y otra alternativa con un endeudamiento del 50% (\$112.000.000), generando una TIR del 28%. Se tienen resultados favorables con las diferentes propuestas, pero la alternativa generada por la técnica Pert/Cpm es la mejor debido a los tiempos de recuperación de la inversión y la estabilidad a lo largo del tiempo.

### **Recomendaciones y Comentarios**

Tras concluir el trabajo de investigación propuesto para optar al título de Magister en gerencia de proyectos resultan algunas recomendaciones y comentarios para futuras prácticas académicas:

Se recomienda motivar desde la academia proyectos de investigación en la optimización de sistemas ambientales, que reúnan diferentes técnicas, perfiles profesionales, estamentos educativos, comerciales, industriales, gubernamentales para generar beneficios que favorezcan el desarrollo sostenible de los entornos donde se interactúa y se afecta por malas decisiones o manejos inadecuado de residuos.

Las autoridades que intervienen en la regulación de los manejos de desechos, basuras o productos contaminantes deben procurar en todo momento ser protagonistas en el aprovechamiento de residuos sólidos, como garantes del cumplimiento de las normas que regulan a asociaciones y ECAS en el manejo, transporte, clasificación y tratamiento de los RRSS aprovechables.

Se espera desde la academia contribuir no solo en proyectos de investigación en aprovechamiento de residuos sólidos, sino en los lixiviados, generados en los desechos, que afecta la capa de ozono, las fuentes hídricas, los cultivos, la fauna, entre otros, además se dejan olvidados, sin darles la importancia merecida para encontrar un uso y sobre todo el procesamiento desde la fuente de nuevos usos eficientes.

### Referencias bibliográficas

- Agustín, P. (2005). Gestión de redes Pert: un enfoque de simulación sobre la criticidad de las tareas. Recuperado de <https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/532>
- André, J. (2006). Gestión de residuos sólidos urbanos: análisis económico y políticas públicas. Recuperado de <http://www.revistasice.com/index.php/CICE/article/view/5880/5880>
- Angulo, G. (2015). Diseño de rutas para la recolección de residuos aprovechables fracción inorgánica en las localidades de santa fe y la candelaria de la ciudad de Bogotá D.C. Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2483/2015gesselleangulo.pdf?sequence=12>
- ArcGIS (2019). Módulos de ruteo en ArcGIS. Recuperado de [www.arcgis.com](http://www.arcgis.com)
- Arias, D. (2019). Propuesta para el aprovechamiento de residuos sólidos en el marco de la prestación del servicio de Aseo para el municipio de Trujillo, Valle del Cauca, Colombia. Recuperado de <http://red.uao.edu.co/bitstream/10614/11772/9/T08971.pdf>
- Castañeda, T. (2017). Modelo de aprovechamiento sustentable de residuos sólidos orgánicos en Cundinamarca, Colombia. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-1072017000100116](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-1072017000100116)
- Escallón, H. & Ordoñez, D. Herramientas de gestión en el tiempo. Recuperado de <http://bibliotecadigital.usb.edu.co/handle/10819/2547>

- Ferro, F. (2018). Diseño de una metodología de gerenciamiento de proyectos de manejo de residuos sólidos basado en metodologías internacionales con caracterización ágil. Recuperado de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/21232/FerroSuarezFelipeEduardo2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Figuroa, M. Descripción de las etapas de almacenamiento, recolección y transporte de los residuos sólidos en el sistema de aseo urbano del municipio de Chinú, Córdoba, Colombia. Recuperado de <https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/297/2/628.44F475.pdf>
- Galicia, M., Huerta, J. y Hualla, D. (2019). Aplicación de los estándares globales del PMI para la dirección del Proyecto de mejoramiento y ampliación de la disposición final de los residuos sólidos urbanos de la ciudad del Cusco. Recuperado de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/626715>
- García, J. & Maheut, J. (2011). Modelos y Métodos de Investigación de Operaciones. Procedimientos para Pensar. Recuperado de [https://www.academia.edu/13631735/Modelos\\_y\\_Metodos\\_de\\_Investigacion\\_de\\_Operaciones\\_Procedimientos\\_para\\_Pensar](https://www.academia.edu/13631735/Modelos_y_Metodos_de_Investigacion_de_Operaciones_Procedimientos_para_Pensar)
- Gálvez, Capuz-Rizo, & Ordieres (2012). Estudio de la Incertidumbre en la programación de actividades usando la matriz de estructura dependiente. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263786308000331>

- García, M. (2015). Actualización del plan de gestión integral de residuos sólidos- pgirs - del municipio de Sogamoso- Boyacá. Recuperado de [https://sogamosoboyaca.micolombiadigital.gov.co/sites/sogamosoboyaca/content/files/00064/3176\\_pgirssogamoso20162027-1.pdf](https://sogamosoboyaca.micolombiadigital.gov.co/sites/sogamosoboyaca/content/files/00064/3176_pgirssogamoso20162027-1.pdf)
- Gaviria, J. y Soto J. (2019). Tendencias de Investigación en la Cadena de Suministro de Residuos Sólidos Municipales. Recuperado de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642019000400147](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642019000400147)
- Gebauer, H., Haldimann, M., & Caroline, J. S. (2017). A typology for management innovations. European Journal of Innovation Management. doi: <http://dx.doi.org/10.1108/EJIM-06-2016-0059>
- Giselle, I. & Ospina, A. (2015). Diseño de rutas para la recolección de residuos aprovechables fracción inorgánica en las localidades de Santa Fe y la Candelaria de la ciudad de Bogotá D.C. Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2483/Angulogesselle2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gómez, M. (2010). Estudio descriptivo sobre las condiciones existentes en el manejo de recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos en la cabecera municipal de Yacopí, Cundinamarca. Recuperado de [https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5305/Estadoarte\\_investigaciones\\_disposicci%C3%B3n\\_residuoss%C3%B3lidos\\_Cundinamarca.pdf?sequence=1](https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5305/Estadoarte_investigaciones_disposicci%C3%B3n_residuoss%C3%B3lidos_Cundinamarca.pdf?sequence=1)

- González, L. & Dusko, K. (2012). Metodología integral y dinámica aplicada a la programación y control de proyectos. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43025115003&idp=1&cid=3553827>
- Guzmán, M. y Macias C. (2012). The management of municipal solid waste: an anthropological approach. The case of San Luis Potosí, México. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-45572012000100009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572012000100009)
- Graziani, P. (2018). Economía circular e innovación tecnológica en residuos sólidos Oportunidades en América Latina. Recuperado de <http://cdi.mecon.gov.ar/bases/docelec/az4041.pdf>
- Hajdu, M. (2013). The Effects of Different Activity Distributions on Project Duration in Pert Networks. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814021776>
- Kurmen, R. (2013). Formulación y evaluación de proyectos. Recuperado de [http://virtualnet2.umb.edu.co/virtualnet/archivos/open.php/2481/Contenido\\_Modulo\\_I\\_Formulacin\\_y\\_Evaluacin\\_de\\_Proyectos.pdf](http://virtualnet2.umb.edu.co/virtualnet/archivos/open.php/2481/Contenido_Modulo_I_Formulacin_y_Evaluacin_de_Proyectos.pdf)
- Lipke, Zwikael, Henderson, & Anbari (2009). Prediction of project outcome: The application of statistical methods to earned value management and earned schedule performance indexes. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263786308000331>

- Márquez, N., (2017). Macro y micro ruteo de residuos sólidos residenciales. Recuperado de:  
<https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/299/2/628.442M357.pdf>
- Martínez F. (2018). Propuesta de rediseño de macro y micro rutas del sistema de recolección de residuos sólidos de la ciudad de Tulcán. Recuperado de  
[https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/446](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/446)
- Mazzeo, S. y Loiseau, I. (2004). An Ant Colony Algorithm for the Capacitated Vehicle Routing, Electronic Notes in Discrete Mathematics. Recuperado de  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1571065304010868>
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio & Departamento Nacional de Planeación. (2016). Decreto 596 de 2016. Recuperado de  
[https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma\\_pdf.php?i=69038](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=69038)
- Montoya, L. (2007). Situación de la Gestión de Residuos Sólidos en las Municipalidades en Costa Rica: Recolección, disposición y recuperación. Recuperado de  
[https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/446](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/446)
- Murakami, K. (2017). A new model and approach to electric and diesel-powered vehicle routing. Transportation. Recuperado de  
[https://www.researchgate.net/publication/320767778\\_A\\_new\\_model\\_and\\_approach\\_to\\_electric\\_and\\_diesel-powered\\_vehicle\\_routing](https://www.researchgate.net/publication/320767778_A_new_model_and_approach_to_electric_and_diesel-powered_vehicle_routing)
- Project Management Institute. Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos. (2016). Recuperado de



[http://eimem.uniovi.es/c/document\\_library/get\\_file?uuid=2abb8e4b-78c3-4b02-879c-27541dcc1a7d&groupId=517164](http://eimem.uniovi.es/c/document_library/get_file?uuid=2abb8e4b-78c3-4b02-879c-27541dcc1a7d&groupId=517164)

Peña, C. y Osorio, J. (2015). Gestión de residuos sólidos en cadenas de suministro de ciclo cerrado desde la perspectiva de la investigación de operaciones. Recuperado de

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-4742015000200002=en&tIng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-4742015000200002=en&tIng=en)

Piñeiro, S., (2015). Pert y Cpm: Programación y Control de Proyectos. Recuperado de

<file:///C:/Users/rijap/Downloads/11655-Texto%20del%20art%C3%ADculo-11736-1-10-20110601.PDF>

Puebla, M. (2012) Metodología del Pmbok. Recuperado de

<http://pmbokmetodologiaibmp.blogspot.com/2012/10/pmbok.html>

Quispe, L. (2017) Teoría de Redes. Recuperado de

<https://docentes.uaa.mx/guido/wp-content/uploads/sites/2/2017/01/20102BV02010230402010501119526.pdf>

Rojas, L. (2019). Aplicación del Pert/Cpm para reducir el tiempo de ciclo del cierre de proyectos en la empresa SEMI Perú. Recuperado de

<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2748>

Rossit, D. (2016). Modelado de una red urbana de recolección de residuos plásticos en base a optimización multi-objetivo. Recuperado de

[https://www.researchgate.net/publication/278025912\\_Modelado\\_de\\_una\\_red\\_urbana\\_de\\_recoleccion\\_de\\_residuos\\_plasticos\\_en\\_base\\_a\\_optimizacion\\_multi-objetivo](https://www.researchgate.net/publication/278025912_Modelado_de_una_red_urbana_de_recoleccion_de_residuos_plasticos_en_base_a_optimizacion_multi-objetivo)

Russell, R. (2017). Mathematical programming heuristics for the production routing problem.

International Journal of Production Economics. Recuperado de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527317302062>

Taha, H. (2012). Investigación de Operaciones. México, México: Pearson educación.

Toledo, D. (2014). Gestión de los residuos sólidos y sus impactos económicos, sociales y

medioambientales. Recuperado de

[http://centrozucar.uclv.edu.cu/index.php/centro\\_azucar/article/view/268/259](http://centrozucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/268/259)

Varón, K. (2015). Modelo matemático para la ubicación de estaciones de transferencia de

residuos sólidos urbanos. Recuperado de

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5429741>

Velásquez, Y. (2012). El reciclaje: una opción para minimizar la generación de residuos

sólidos urbanos domiciliarios. Recuperado de

[https://www.researchgate.net/publication/314869312\\_el\\_reciclaje\\_una\\_opcion\\_para\\_minimizar\\_la\\_generacion\\_de\\_residuos\\_solidos\\_urbanos\\_domiciliarios](https://www.researchgate.net/publication/314869312_el_reciclaje_una_opcion_para_minimizar_la_generacion_de_residuos_solidos_urbanos_domiciliarios)

Vélez, A. & López, V. (2010). Evaluación de la gerencia de proyectos según la metodología

del PMI, caso cooperativa planeta verde. Recuperado de

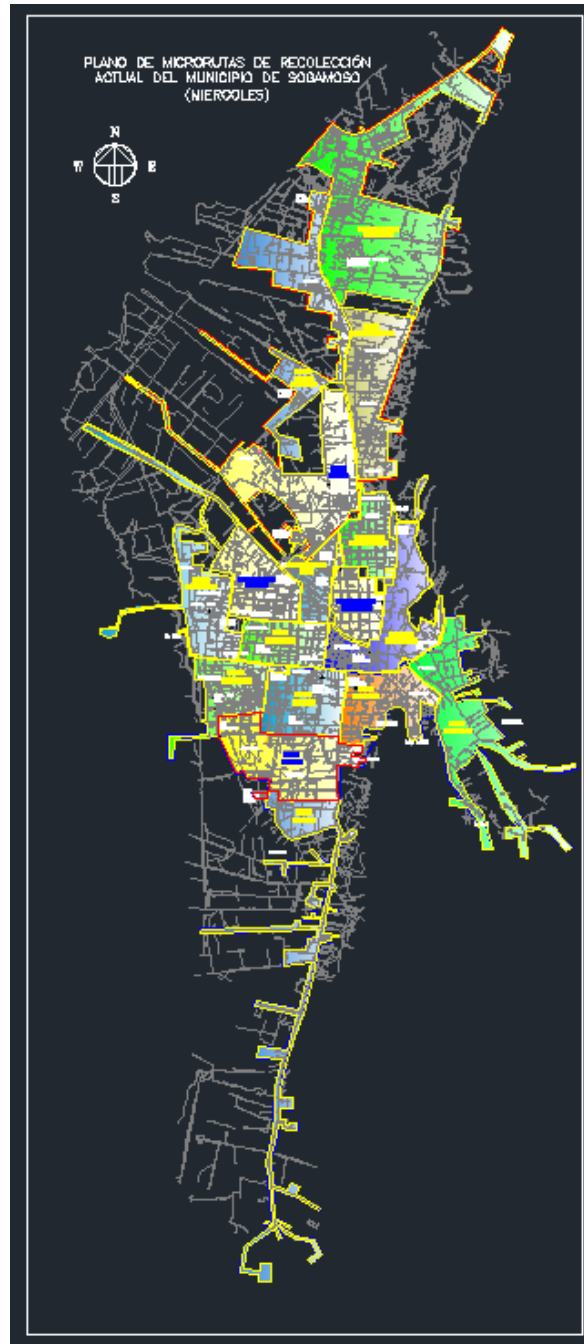
[http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini\\_2013/trabajos/COB24\\_TC.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini_2013/trabajos/COB24_TC.pdf)

Yepes, V. (2019). Los Orígenes del Pert y Cpm. Recuperado de

<https://victoryepes.blogs.upv.es/2015/01/28/los-origenes-del-Pert-y-del-cpm/>

Zafra, M. (2019). Metodología de diseño para la recogida de residuos sólidos urbanos mediante factores punta de generación: sistemas de caja fija (SCF). Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v29n2/v29n2a19.pdf>

## Anexos



Macro ruta centro Sogamoso. Fuente propia.

**ENCUESTA – RECICLADORES DE OFICIO  
UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD  
EVALUACIÓN SITUACIÓN ACTUAL MACRO Y/O MICRO RUTAS DEL  
SERVICIO PUBLICO DE ASEO DE LA CIUDAD DE SOGAMOSO  
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA  
ABRIL DE 2020**

Con la siguiente encuesta la Universidad Nacional y a Distancia y la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería buscan diagnosticar la situación actual del servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento y sus macro y micro rutas de la ciudad de Sogamoso. Los resultados serán de análisis y uso académico investigativo para encontrar soluciones eficientes y optimizaciones en el sistema según el decreto 596 del 11 de abril de 2016 y otros inherentes.

Respetado encuestado, las siguientes preguntas son de selección múltiple con única respuesta, lo cual indica que usted debe seleccionar una de las respuestas de cada una de las tres preguntas:

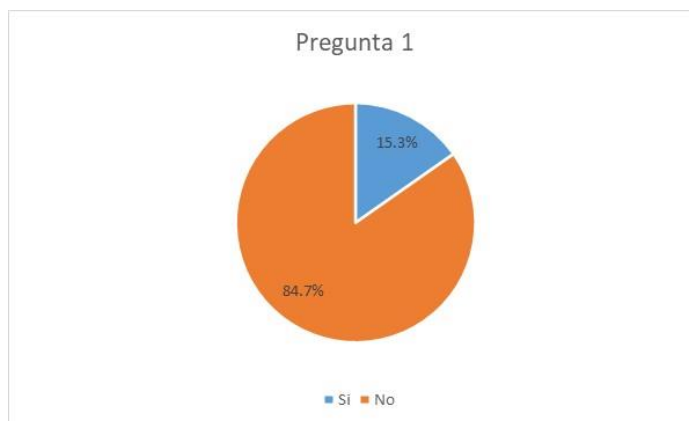
**CONOCIMIENTO Y ALCANCE DE LA NORMA**

**Según su experiencia y las tareas que realiza como reciclador de oficio en la ciudad de Sogamoso, responda:**

- 1. ¿Conoce el decreto 596 del 11 de abril de 2016 y la Resolución 276 de 2016 del ministerio por las cuales se reglamenta el esquema de la actividad de aprovechamiento y las etapas de formalización que tienen las organizaciones de recicladores de oficio como personas prestadoras de la actividad de aprovechamiento?**

Si \_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

Figura. Pregunta 1.



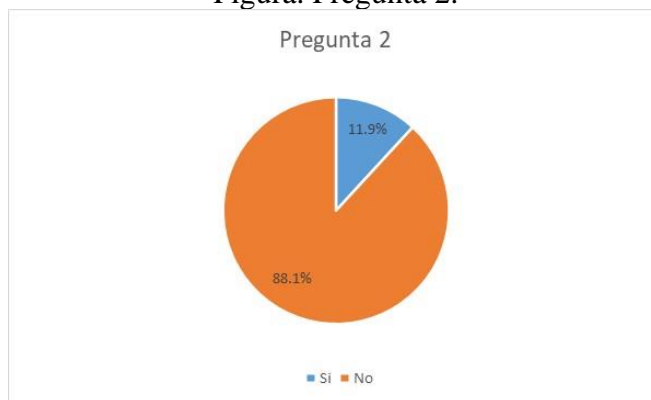
Fuente propia

A la primera pregunta 50 de 59 entrevistados contestaron no conocer la normatividad que enmarca el esquema de la actividad de aprovechamiento de residuos sólidos.

**2. ¿Conoce las fases que deben implementarse para la formalización progresiva de los recicladores de oficio en la ciudad de Sogamoso?**

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Figura. Pregunta 2.



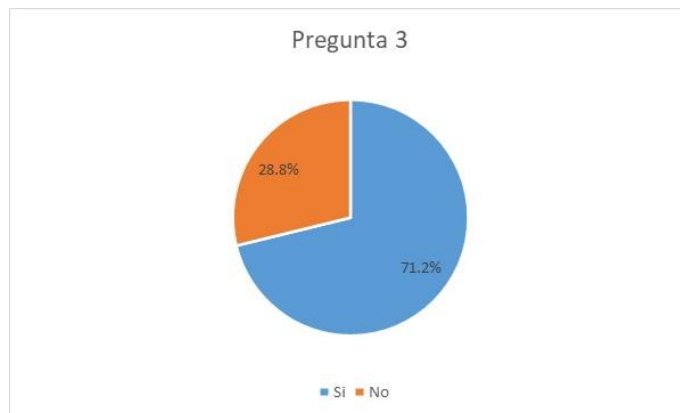
Fuente propia

A la segunda pregunta solamente 7 de 59 entrevistados saben qué etapas deben implementarse para la formalización progresiva de las asociaciones de reciclaje en la ciudad de Sogamoso.

**3. ¿Se encuentra asociado en una organización formalmente que tenga el Registro Único de Prestadores del Servicio (RUPS)?**

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Figura. Pregunta 3.

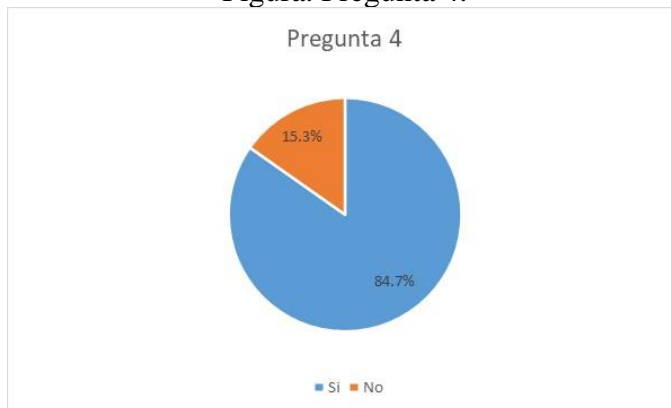


A la tercera pregunta y dada la aleatoriedad de recicladores entrevistados se encontró que 42 de 59 recicladores de oficio están asociados formalmente para desarrollo de su trabajo en la ciudad de Sogamoso.

**4. ¿Conoce los términos macro y micro rutas de recolección y aprovechamiento?**

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Figura. Pregunta 4.



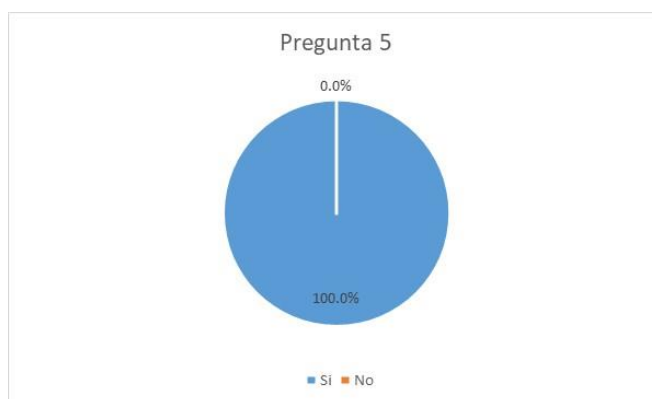
Fuente propia

50 de 59 entrevistados reconocen los términos macro y micro ruta de recolección y aprovechamiento.

**5. ¿Tiene definida su área de prestación del servicio, la cual haya sido socializada o asignada por algún ente territorial encargado del servicio de aprovechamiento de los residuos sólidos?**

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Figura. Pregunta 5.



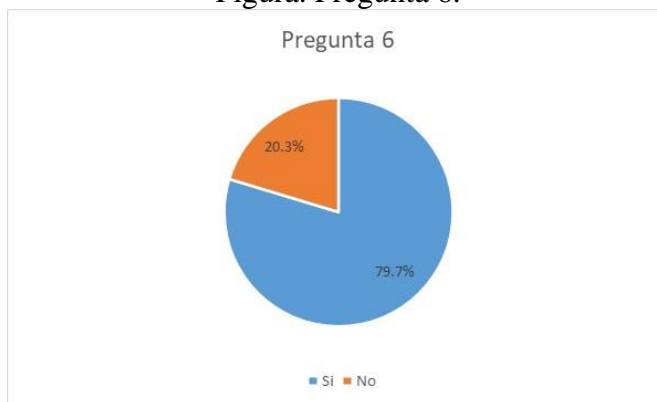
Fuente propia

El 100 por ciento indica que no está asignada ninguna zona de trabajo por entes territoriales encargados del asunto.

6. **¿Ha recibido apoyo de estamentos en cuanto a procesos que incluyan actividades de formalización, legalización y tareas de aprovechamiento en la ciudad de Sogamoso?**

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Figura. Pregunta 6.



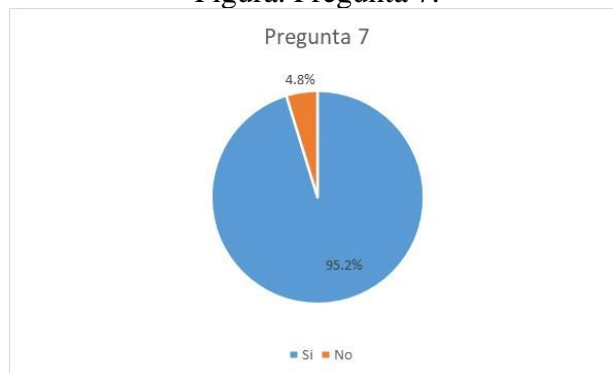
Fuente propia

47 de los entrevistados aseguran haber recibido en alguna ocasión charlas o capacitaciones referentes al oficio de aprovechamiento de los residuos sólidos en la ciudad.

7. **¿En caso de pertenecer a una asociación legalmente conformada, sabe cuántos miembros la conforman?**

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Figura. Pregunta 7.





40 de los 42 recicladores asociados y entrevistados saben cuántos miembros conforman su asociación.

**8. ¿Si la respuesta anterior es si, indique cuantos?**

Asociación de Recicladores de Sogamoso Reciclando Ando: 73

Asociación de Recicladores por el Futuro de Sogamoso: 138

Asociación Gremial de Recuperadores Unidos: 75

Eco Acción Ingeniería: 59

**9. ¿Qué días realiza las tareas de recolección en la macro ruta centro de la ciudad de Sogamoso?**

Los martes y viernes

**10. ¿Conoce el registro de toneladas recolectadas y transportadas en sus tareas de recolección en la macro ruta centro?**

Si  No

**11. Si la respuesta anterior es si, ¿cuántas toneladas recolecta y transporta en promedio durante cada jornada de oficio?** 4500 kg por jornada y por ruta, los recicladores asignados a la misma, es decir unos 9000 Kg semanales en la macro ruta centro de Sogamoso y asignados unos 45 recicladores por ruta y por día.

**12. De esa cantidad recolectada, cuánto pertenece a (aproximación diaria y promedio, por jornada)**

Figura. Pregunta 12.



**13. Cuál es el costo pagado por cada kilo de:**

Cartón \$200 Kg

Papel \$550 Kg

Metal \$800 Kg

Vidrio \$50 Kg

Plástico \$800 Kg

**ENCUESTA – COMPAÑÍA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE SOGAMOSO  
UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD  
EVALUACIÓN SITUACIÓN ACTUAL MACRO Y/O MICRO RUTAS DEL  
SERVICIO PUBLICO DE ASEO DE LA CIUDAD DE SOGAMOSO  
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA  
ABRIL DE 2020**

Con la siguiente encuesta la Universidad Nacional y a Distancia y la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería buscan diagnosticar la situación actual del servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento y sus macro y micro rutas de la ciudad de Sogamoso. Los resultados serán de análisis y uso académico investigativo para encontrar soluciones eficientes y optimizaciones en el sistema según el decreto 596 del 11 de abril de 2016 y otros inherentes.

Respetado encuestado, las siguientes preguntas son de selección múltiple con única respuesta, lo anterior indica que usted debe seleccionar una de las respuestas de cada una de las tres preguntas:

**OPERACIONES DE RECOLECCIÓN**

**Según su experiencia y las tareas que realiza como empresa encargada del manejo de los residuos sólidos no aprovechables en la ciudad de Sogamoso, responda:**

- 1. ¿Conoce el decreto 596 del 11 de abril de 2016 y la Resolución 276 de 2016 del ministerio por las cuales se reglamenta el esquema de la actividad de aprovechamiento y las etapas de formalización que tienen las organizaciones de recicladores de oficio como personas prestadoras de la actividad de aprovechamiento?**

Si X No \_\_\_\_

- 2. ¿Conoce las fases que deben implementarse para la formalización progresiva de los recicladores de oficio en la ciudad de Sogamoso?**

Si \_\_\_\_

No X

- 3. ¿Coservicios cuenta con programas de capacitación para el manejo y disposición final de los residuos sólidos aprovechables que hayan desarrollado e implementado en los últimos años en la ciudad de Sogamoso con los diferentes usuarios del servicio, residenciales, industriales y comerciales?**

Si \_\_\_\_

No X

4. **¿Tienen vínculos activos con asociaciones de recicladores de oficio como parte del aprovechamiento de los residuos sólidos en la ciudad Sogamoso que minimicen la saturación de basuras en el relleno Terrazas del Provenir del municipio?**

Si X

No \_\_\_\_

5. **¿Conoce asociaciones de recicladores formalizadas y que cumplan con la norma para la operación de aprovechamiento en la ciudad de Sogamoso?**

Si X

No \_\_\_\_

6. **¿Conoce la importancia de tener puntos de recolección establecidos en las macro rutas para el aprovechamiento de los residuos sólidos producidos en la ciudad?**

Si X

No \_\_\_\_

7. **¿Si se definen esas ECAS (Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento), estaría dispuesto como directivo de Coservicios a promover programas de capacitación tanto a usuarios como recicladores para favorecer el manejo de los residuos sólidos producidos en la ciudad?**

Si X

No \_\_\_\_

8. **¿Conoce el registro de toneladas recolectadas y transportadas en las tareas de recolección en la macro ruta centro de residuos sólidos aprovechables?**

Si \_\_\_\_

No X

9. Si la respuesta anterior es si, ¿cuántas toneladas se recolecta y transporta en promedio durante cada jornada de oficio? NO SE CONOCE
10. De esa cantidad recolectada, si se hiciera clasificación y aprovechamiento en la fuente y luego depositada en las ECAS, ¿cuánto considera que reduciría la cantidad señalada en la anterior pregunta? No se conoce, pero seguramente se reducirían las cantidades de residuos que llegan al relleno sanitario de la ciudad.
11. Cuántos camiones y de qué características cuenta Coservicios para las tareas de recolección de los residuos sólidos en la ciudad:

Macro ruta	Número de camiones	Características
Centro	2 doble troques 1 sencillo	14 toneladas y 7 respectivamente
Norte	2 doble troques 1 sencillo	14 toneladas y 7 respectivamente
Sur	1 doble troques 1 sencillo	14 toneladas y 7 respectivamente

12. ¿Considera que el impacto por operaciones de clasificación y aprovechamiento tendría impactos en el medio ambiente de manera? Justifique su respuesta: El impacto sería muy alto, dado que en los últimos años el municipio ha enfrentado varios problemas en el relleno sanitario Terrazas del Porvenir, incluso problemas jurídicos porque se estaban recibiendo basuras de otros municipios y la capacidad del relleno se estaba disminuyendo exponencialmente, reciclar disminuiría considerablemente el manejo de los residuos que llegan al relleno, haría alto impacto social, ambiental y económico.