PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL SERVICIO DE TRANSPORTE ESPECIAL EN CALIDAD TOTAL SAS

AUTORES

FREDY ALEJANDRO GARCIA BUENO

HARVEY RENE GOMEZ DIAZ

PAOLA ANDREA ORDUZ TOLEDO

Universidad Ean

Facultad Administración

Maestría en Administración de Empresas MBA Virtual

Bogotá, Colombia

Febrero 2025

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL SERVICIO DE TRANSPORTE ESPECIAL EN CALIDAD TOTAL SAS

FREDY ALEJANDRO GARCIA BUENO

HARVEY RENE GOMEZ DIAZ

PAOLA ANDREA ORDUZ TOLEDO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Magister en Administración de Empresas MBA

Director (a):

Ing. Luz Maribel Guevara Ortega, PhD

Modalidad:

Trabajo Dirigido

Universidad Ean

Facultad de Administración, Finanzas y Ciencias Económicas

Maestría en Administración de Empresas MBA Virtual

Bogotá, Colombia

Febrero 2025

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

A Dios y la familia, por ser pilar inquebrantable, por su amor incondicional, apoyo constante y la paciencia que nos acompañó en cada etapa de este proyecto. Gracias por creer en nosotros incluso en los momentos en que dudábamos, y por enseñarnos que los logros más grandes se construyen con esfuerzo, perseverancia y fe.

Bogotá, 10/08/25

Al conocimiento, esa luz que guía el camino y expande las fronteras de lo posible. A la curiosidad que impulsa las preguntas, a la disciplina que conduce a las respuestas y a la pasión por aprender que nos transforma y nos acerca cada día más a la verdad.

"La educación es el arma más poderosa que puedes usar para cambiar el mundo."
— Nelson Mandela

Agradecimientos

El presente trabajo de investigación y propuesta de intervención no habría sido posible sin el apoyo y la colaboración de diversas personas e instituciones que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a su desarrollo.

En primer lugar, se expresa un sincero agradecimiento a Calidad Total SAS, por abrir sus puertas, facilitar el acceso a información clave y brindar la disposición necesaria para comprender a profundidad su operación. Su colaboración fue esencial para la construcción de un diagnóstico preciso y el diseño de estrategias ajustadas a la realidad de la empresa.

A la Universidad EAN, por ofrecer el espacio académico y metodológico que permitió consolidar los conocimientos adquiridos durante el programa de maestría, y por fomentar el espíritu investigativo y de innovación orientado a la solución de problemas reales en el sector empresarial.

A los profesores y tutores del programa, por su acompañamiento, orientación y aportes técnicos a lo largo de todo el proceso. Sus observaciones y retroalimentación constante fueron determinantes para mejorar la calidad y pertinencia del trabajo.

Finalmente, se agradece a compañeros de estudio, familiares y demás colaboradores que, con sus aportes, apoyo moral y motivación, hicieron posible culminar satisfactoriamente este proyecto.

Resumen

El presente trabajo analiza el servicio de transporte especial prestado por Calidad Total SAS, una empresa con más de dos décadas de trayectoria y operación a nivel nacional. A partir de un diagnóstico integral que abarcó variables operativas, económicas y contractuales, se identificaron desafíos clave relacionados con la estructura de costos, la eficiencia en la utilización de la flota y la calidad de la información empleada para la toma de decisiones estratégicas. El estudio responde a la necesidad de optimizar la operación de una flota mixta, conformada por vehículos propios y tercerizados, distribuidos en distintas categorías. Se utilizó una metodología cuantitativa basada en el análisis de indicadores clave de desempeño (KPI), evaluación de registros históricos y el desarrollo de un modelo de programación lineal (PL), cuyo objetivo es maximizar la utilidad operativa del servicio. El modelo fue implementado en RStudio e incorpora restricciones operativas reales y parámetros ajustables, como el Índice de Utilización Vehicular (IUV) y el peso estratégico del uso de flota propia (λ). Entre los principales hallazgos, se identificaron inconsistencias en la captura de información operativa, variaciones en los costos asociados por tipo de vehículo y oportunidades de mejora en la utilización de la flota. Estas observaciones permitieron estructurar una propuesta técnica que se plantea con la integración de un modelo matemático como herramienta para la toma de decisiones, capaz de simular escenarios estratégicos de mediano y largo plazo. Esta solución permite proyectar la eficiencia operativa de la empresa, evaluar inversiones y establecer lineamientos de optimización sustentados en datos reales.

Palabras claves: Transporte especial, eficiencia operativa, costos logísticos, tercerización, programación lineal, toma de decisiones, simulación de escenarios.

Abstract

This study analyzes the special transportation service provided by Calidad Total SAS, a company with over two decades of experience and nationwide operations. Based on a comprehensive diagnosis encompassing operational, economic, and contractual variables, key challenges were identified regarding cost structure, fleet utilization efficiency, and the quality of information used for strategic decision-making. The study addresses the need to optimize the operation of a mixed fleet composed of owned and outsourced vehicles across various categories. A quantitative methodology was employed, grounded in the analysis of key performance indicators (KPIs), evaluation of historical records, and the development of a **linear programming (LP)** model aimed at maximizing the operational utility of the service. The model was implemented in RStudio and incorporates real operational constraints and adjustable parameters, such as the Vehicle Utilization Index (IUV) and the strategic weight of using owned fleet assets (λ). Among the main findings were inconsistencies in operational data collection, variations in costs by vehicle type, and opportunities for improving fleet utilization. These insights enabled the formulation of a technical proposal integrating a mathematical model as a decision-support tool capable of simulating strategic scenarios in the medium and long term. This solution makes it possible to project the company's operational efficiency, evaluate investments, and establish optimization guidelines based on real data.

Keywords: special transportation, operational efficiency, logistics costs, outsourcing, linear programming, decision-making, scenario simulation.

Tabla de Contenido

Introducción **13**

Pregunta de investigación *14*

Objetivos **15**

Objetivo general *15*

Objetivos específicos 15

Justificación **16**

Marco Institucional **19**

Presentación de la empresa. *19*

Reseña Histórica: 19

Referentes estratégicos: *21*

Misión: 21

Visión: 21

Valores Corporativos: 21

Estructura organizacional *23*

Servicios *24*

Servicios Permanentes: 24

Servicios Especiales: 25

Servicio Público Terrestre Automotor Especial: 25

Posición en el mercado *26*

Identificación del sector Económico 26

Características del sector 27

Marco de Referencia **30**

Transporte Especial *30*

Eficiencia Operativa en Servicios de Transporte *31*

Modelos de Optimización en el Transporte *34*

Modelo de Programación lineal 36

Modelo de Redes de Flujo 36

Metaheurísticas para Optimización de Costos 37

Colonia de Hormigas 38

Modelo de Ruteo de Vehículos (VRP - Vehicle Routing Problem) 40

Comparación de los modelos 42

Diseño Metodológico 44

Tipo de Investigación *44*

Instrumentos: *45*

Diagnóstico Organizacional 47

Dinámica del Mercado y Competencia *47*

Procesamiento estadístico de datos *49*

1. Tipo de Vehículo (v): 52
2. Índice de Utilización Vehicular (IUV): 54
3. Costo operativo por vehículo propio (CoVp): 56
4. Ingreso por vehículo (I): 61
5. Costos tercerizados (Ct): 65

Análisis de los resultados 68

Formulación del Modelo Matemático *68*

Objetivo del modelo 68

Variables del modelo *68*

Función Objetivo (Z) *68*

Definición De Variables: *70*

Función Lineal Para Minimizar Costos 71

Restricciones del Modelo *71*

Restricción de presupuesto *72*

Análisis de Escenarios *73*

Análisis de correlación de variables: *81*

Plan de Intervención 84

Fase 1: Diagnóstico y recolección estructurada de información *85*

Actividades: 85

Fase 2: Implementación de software administrativo con dashboards *86*

Actividades: 86

Fase 3: Análisis y aplicación del modelo matemático de optimización *87*

Actividades: 87

Fase 4: Capacitación al personal en gestión basada en datos *88*

Actividades: 88

Fase 5: Reposición y modernización progresiva del parque automotor *88*

Actividades: 89

Fase 6: Monitoreo, seguimiento y control *91*

Actividades: 91

Conclusiones y Recomendaciones 98

Conclusiones *98*

Recomendaciones *99*

Referencias 101

Lista de Figuras

Figura 1 *Estructura organizacional Calidad Total SAS.* 24

Figura 2 Modelo de flujo en redes 37

Figura 3 *Modelo de Colonia de Hormigas* 40

Figura 4 Flujograma general del proceso de prestación del servicio de transporte 50

Figura 5 Inventario Tipo de vehículos Calidad Total SAS 2023 - 2024 53

Figura 6 Análisis estadístico de rendimiento Km/gal por tipo de vehículo. 60

Figura 7 Utilidad Total Por Categoría ESC – C 75

Figura 8 Utilidad Total Por Tipo De Vehiculo ESC - AC 76

Figura 9 Utilidad Total Por Categoría ESC - PP 77

Figura 10 Utilidad Total Por Tipo De Vehículo ESC - PP 77

Figura 11 Utilidad Total Por Categoría ESC - TM 78

Figura 12 Utilidad Total Por Tipo De Vehículo ESC - TM 79

Figura 13 Utilidad Total Por Categoría ESC - MT 80

Figura 14 Utilidad Total Por Tipo De Vehículo ESC - MT 81

Figura 15 Coeficientes de correlación de Pearson en variables clave 82

Lista de Tablas

Tabla 1 Comparación modelos de optimización 42

Tabla 2 Clasificación de vehículos por tipo - Calidad Total SAS 53

Tabla 3 Reporte de Km recorridos por tipo de vehículo. 56

Tabla 4 Cálculo del Índice de utilización Vehicular. 56

Tabla 5 Vehículos de mayor costo por tipo 58

Tabla 6 Costo Total Operativo por tipo (CoVp) 59

Tabla 7 Ingreso por tipo de vehículo propio 63

Tabla 8 Clientes de servicio de transporte Calidad Total SAS 2023 63

Tabla 9 Clientes de servicio de transporte Calidad Total SAS 2024 65

Tabla 10 Costo De Vehículos Tercerizados Por Tipo 66

Tabla 11 Escenarios Consolidados 74

Tabla 12 Cronograma por Actividades 92

Introducción

El presente estudio analiza el servicio de transporte especial prestado por la empresa Calidad Total SAS, una organización con más de veinte años de trayectoria y cobertura nacional, cuya operación se basa en una flota mixta compuesta por vehículos propios y tercerizados. A partir de un diagnóstico integral de las variables operativas, económicas y contractuales, se identificaron aspectos clave relacionados con la eficiencia operativa, la estructura de costos y la asignación de recursos, lo cual permitió visibilizar oportunidades de mejora en la planificación y ejecución del servicio de transporte especial.

Para dar respuesta a estos desafíos, se desarrolló un modelo matemático de programación lineal, orientado a la maximización de la utilidad operativa mediante la optimización de la asignación de vehículos y la reducción de costos asociados. El modelo fue implementado en el entorno estadístico RStudio, el cual fue alimentado a través del análisis de las bases de datos realizado a través de la utilización de Dataframe (Petersohn, 2021), utilizando datos históricos del año 2024 y proyectando diferentes configuraciones de flota. Con base en este análisis, se construyeron cuatro escenarios estratégicos: (1) Escenario Actual (ESC AC), que refleja la configuración real de la flota en operación; (2) Escenario de Flota Propia Mayoritaria (ESC PM), que simula un fortalecimiento de los vehículos propios; (3) Escenario de Tercerización Masiva (ESC TM), que contempla una alta dependencia de servicios tercerizados; y (4) Escenario de Mejora Tecnológica (ESC MT), que propone la renovación de la flota con unidades más eficientes.

Los resultados permiten comparar la rentabilidad operativa entre escenarios y establecer lineamientos estratégicos para la toma de decisiones en Calidad Total SAS, orientados a la sostenibilidad financiera, la eficiencia en la operación y el mejor aprovechamiento de los

recursos disponibles. Esta propuesta proporciona una base técnica sólida para la implementación de planes de intervención que promuevan la competitividad del servicio y la optimización de la estructura de costos.

Pregunta de investigación

¿Cómo puede estructurarse una propuesta de optimización del servicio de transporte especial en la empresa Calidad Total SAS que, a partir de la identificación de variables clave y el análisis del diagnóstico, permita incrementar la eficiencia operativa, reducir costos y responder a las necesidades del mercado?

Objetivos

Objetivo general

Estructurar una propuesta de optimización para el servicio de transporte especial de la empresa Calidad Total SAS, que incremente su eficiencia operativa y reduzca costos alineándose con las necesidades del mercado.

Objetivos específicos

- Establecer una base conceptual que sustente los modelos de optimización del servicio de transporte especial.
- Realizar un diagnóstico integral del servicio de transporte especial de Calidad Total SAS para identificar las variables que componen la prestación del servicio.
- Diseñar un modelo de propuesta para la optimización del servicio de transporte especial de Calidad Total SAS, basado en los resultados del diagnóstico, que permita evaluar distintos escenarios operativos, optimizar recursos y analizar la operación del servicio para identificar áreas clave de mejora.
- Formular un plan de intervención para la optimización del servicio de transporte especial de Calidad Total SAS.

Justificación

La presente investigación busca aportar para la mejora, la eficiencia y competitividad en la gestión del transporte dentro de la empresa Calidad Total SAS. En un entorno económico donde las organizaciones buscan optimizar sus recursos y maximizar su rentabilidad, se vuelve necesario desarrollar estrategias basadas en modelos de optimización que permitan reducir costos operacionales y hacer mas ágil la logística. Este estudio resulta valioso al alinearse con las tendencias económicas del sector del transporte, donde la competencia y la fluctuación de costos operativos demandan soluciones innovadoras para garantizar la sostenibilidad empresarial.

Desde una perspectiva de impacto empresarial, la implementación de modelos de optimización en el sistema de transporte de Calidad Total SAS permitirá mejorar la toma de decisiones estratégicas, reducir costos innecesarios y aumentar la rentabilidad de la empresa. Además, al optimizar los procesos logísticos, se fortalecerá la cadena de suministro, lo que impactará positivamente en la calidad del servicio y la satisfacción de los clientes. La evolución de los procesos organizacionales será notable, ya que la incorporación de herramientas analíticas y tecnológicas fomentará una cultura basada en la eficiencia y la mejora continua.

A nivel académico, este estudio fortalecerá el corpus teórico en la aplicación de modelos matemáticos y algoritmos computacionales para la gestión del transporte y la reducción de costos. Su relevancia social radica en la posibilidad de generar modelos de optimización replicables en otras empresas del sector, contribuyendo a la eficiencia del transporte especial y la reducción de impactos ambientales mediante la optimización de rutas y el menor consumo de combustibles.

En términos de valor teórico, la investigación aportará al conocimiento en el ámbito de la gestión estratégica, proporcionando enfoques innovadores y aplicables a la toma de decisiones en

el sector del transporte. Además, contribuirá al desarrollo de herramientas analíticas que podrán ser utilizadas en futuros estudios académicos y empresariales.

Desde una perspectiva social, la investigación impactará en la optimización del transporte, mejorando la planificación de rutas y reduciendo el consumo de combustibles, lo que contribuirá a la sostenibilidad ambiental. La eficiencia lograda en la gestión del transporte también favorecerá a los clientes finales, quienes podrán beneficiarse de un servicio más confiable y con menores costos.

En cuanto a las implicaciones prácticas, la investigación se desarrollará con base en la recopilación y análisis de datos provenientes de registros reales de operación de la empresa Calidad Total SAS, asegurando la aplicabilidad de los resultados. La disponibilidad de herramientas como RStudio para el procesamiento de datos y la implementación de modelos matemáticos permitirán garantizar la rigurosidad del análisis y la validez de las conclusiones obtenidas.

Finalmente, el estudio se enmarca en el campo de investigación en Administración y Gestión Empresarial, alineándose con las líneas de investigación sobre optimización de procesos y toma de decisiones en entornos empresariales. La implementación de estos modelos facilitará la reducción de costos operativos y la mejora en la planificación del transporte, lo que asegurará una asignación eficiente de los recursos. La disponibilidad de tiempo y recursos para la ejecución del estudio ha sido cuidadosamente considerada, garantizando el acceso a la información requerida, así como la viabilidad en términos financieros, humanos y tecnológicos. Con ello, se espera que los hallazgos de esta investigación no solo beneficien a la empresa objeto de estudio, sino que también puedan ser replicados y adaptados a otras organizaciones del sector logístico y de transporte.

El presente estudio se enmarca en el campo de investigación en gestión organizacional y logística, dentro de un grupo de investigación enfocado en la optimización de procesos empresariales. En este sentido, la línea de investigación abordada está relacionada con la eficiencia operativa y la innovación en logística, lo que garantiza su pertinencia dentro de las prioridades académicas y empresariales actuales.

La investigación es pertinente y viable, ya que responde a una necesidad empresarial concreta, genera aportes teóricos y prácticos significativos, y se encuentra alineada con los objetivos de desarrollo sostenible en términos de eficiencia en la gestión de recursos. La aplicación de modelos de optimización permitirá mejorar la productividad, competitividad y sostenibilidad de Calidad Total SAS, brindando soluciones innovadoras para el sector del transporte especial.

Marco Institucional

Presentación de la empresa.

Calidad Total SAS es una empresa privada constituida como sociedad por acciones simplificada, cuyo objeto social es la prestación de servicios generales en los sectores de mantenimiento, cafetería, jardinería, logística y transporte. Con sede principal en Cúcuta, la empresa tiene presencia en varias ciudades del país, incluyendo Bogotá y Mocoa, atendiendo a clientes de los sectores privado y público, principalmente en las áreas de salud, comercial, industrial y petrolera. La organización cuenta con 1300 empleados, de los cuales 1264 pertenecen al área operativa y 36 al área administrativa y directiva. La empresa se clasifica como mediana empresa, con un promedio de facturación anual de aproximadamente 20 mil millones de pesos, y se ha consolidado como un actor relevante dentro del sector de servicios generales en Colombia (Calidad Total SAS, 2023).

La empresa está certificada bajo los estándares ISO 9001:2015, 14001:2015 y 45001, lo que garantiza la calidad de sus procesos, su responsabilidad ambiental y el cumplimiento de normativas en seguridad y salud en el trabajo. Calidad Total SAS también cuenta con la certificación NORSOK S-006, lo que le permite ser proveedor en la industria petrolera, mejorando la calidad y eficiencia en sus operaciones. Su enfoque en sostenibilidad y seguridad ha sido clave para su expansión y reconocimiento a nivel nacional e internacional, permitiéndole mantener su competitividad en un mercado altamente exigente (Calidad Total SAS, 2023).

Reseña Histórica:

Calidad Total SAS. es una empresa creada en San José de Cúcuta el 4 de julio de 2003 como un emprendimiento familiar bajo la dirección del señor Hernando Lizarazo Ortiz, con el respaldo de la consolidada empresa Mantenimientos Helio E.S.T. LTDA. Inicialmente enfocada

en la certificación de empresas en procesos de calidad, amplió rápidamente su alcance y el 15 de diciembre del mismo año obtuvo la habilitación en transporte de carga mediante la Resolución No.00095, incursionando también en publicidad móvil y valla fija. Con el tiempo, diversificó sus servicios para incluir aseo, cafetería, mantenimiento y transporte integral, logrando una expansión significativa. En 2012, la compañía se transformó de Empresa Limitada a Sociedad por Acciones Simplificada y recibió la habilitación para la prestación del servicio público de transporte terrestre automotor especial mediante la Resolución No.0038 del Ministerio de Transporte. A consecuencia de su crecimiento, en junio de 2013 abrió otra sede en La Riviera bajo la gerencia de la señora Martha Castellanos Díaz, consolidándose como una de las empresas más importantes de la región. Su trayectoria la ha posicionado como líder en la prestación de servicios en Norte de Santander, ofreciendo soluciones integrales en aseo, cafetería, jardinería y transporte especial, y ampliando su portafolio con la incorporación del mantenimiento de depósitos de agua en 2010 a través de la Resolución 1618. Gracias a su solidez y confiabilidad, Calidad Total S.A.S. ha logrado establecerse como una opción sostenible y confiable a nivel regional y nacional, brindando servicios tanto a empresas públicas como privadas (Calidad Total SAS, 2023).

Más allá de su rol como proveedor de servicios, Calidad Total SAS ha enfocado sus esfuerzos en forjar relaciones a largo plazo con sus clientes y en generar un impacto positivo en el ámbito empresarial, social y ambiental. La empresa entiende que su éxito no sólo depende de la calidad de los servicios ofrecidos, sino también de su capacidad para contribuir al bienestar de las comunidades y el entorno en el que opera siendo desde el 2022 considerada como una empresa grande según sus activos, ingresos y personal a cargo.

Referentes estratégicos*:*

Misión:

La empresa tiene una misión muy importante ya que se presentan como una organización responsable con la Prestación de los Servicios Integrales (Aseo, Cafetería, Lavandería, Desinfección de Áreas Hospitalarias y Quirúrgicas, Jardinería, Fumigación, Lavado de Tanques y Mantenimiento Locativo) y Servicio Público de Transporte Terrestre Automotor Especial, dedicada a satisfacer las necesidades de nuestros clientes con objetivos de rentabilidad, crecimiento y supervivencia, respondiendo a las condiciones del mercado, vinculando así a las partes interesadas bajo los más claros principios éticos, legales y de sostenibilidad. Nuestra ventaja competitiva es la excelencia en el servicio, fundamentada en la idoneidad de las personas que la conforman y la eficiente utilización de los recursos disponibles para la operación (Calidad Total SAS, 2023).

Visión:

Por parte de la misión es importante tener en cuenta que,

Ser la empresa referente y la opción sostenible por excelencia en la prestación del servicio integral y de transporte público terrestre automotor especial, que implementa estándares normativos y organizacionales para garantizar procesos eficientes e innovadores a los clientes, así como una compañía que promueve la cultura del cuidado del medio ambiente y la responsabilidad con la sociedad (Calidad Total SAS, 2023)

Valores Corporativos:

- **Excelencia en la gestión**: Somos cada día mejores, trabajamos en equipo, aplicamos el mejoramiento continuo, adoptando las óptimas prácticas. Medimos

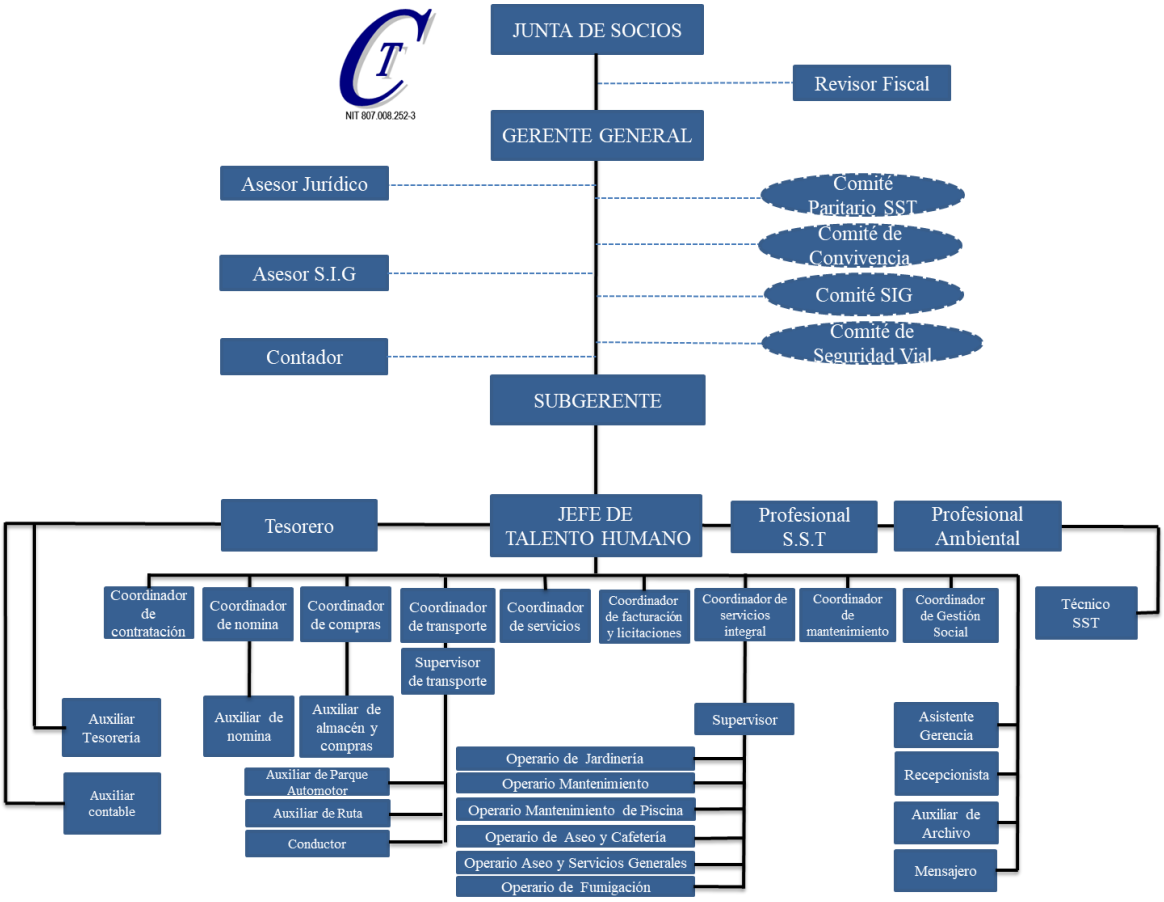
los procesos y perfeccionamos la gestión con indicadores objetivos, cumpliendo las metas para satisfacción de los clientes (Calidad Total SAS, 2023).

- **Honestidad**: Cualidad humana por la que la persona se determina a elegir y actuar siempre con base en la verdad y en la justicia. Solidaridad: Apoyo circunstancial del personal en pro de cumplir metas u actividades propuestas (Calidad Total SAS, 2023).
- **Perseverancia**: Constancia, persistencia, firmeza, dedicación o tesón, tanto en las ideas, como en las actitudes, en la realización de algo, en la ejecución de los propósitos y también en las resoluciones del ánimo (Calidad Total SAS, 2023).
- **Respeto**: Consideración sobre la excelencia de alguna persona que nos conduce a no faltar a ella, a no afrontarla. Escuchamos a todos con atención y valoramos sus aportes (Calidad Total SAS, 2023).
- **Responsabilidad** Capacidad de compromiso o de cuidado de los trabajadores consigo mismo y con toda la organización. Cumplimos oportunamente nuestro compromiso de cobertura, continuidad y calidad del servicio, impactando positivamente en nuestro entorno. Vocación de servicio: Damos respuesta a las necesidades de nuestros clientes y colaboradores de forma oportuna, amable y efectiva, generando satisfacción (Calidad Total SAS, 2023).
- **Transparencia**: Construimos confianza a través de relaciones claras, abiertas y comunicamos de forma veraz y oportuna las actuaciones de la empresa (Calidad Total SAS, 2023).

Estructura organizacional

La estructura organizacional de Calidad Total conformado por una junta de socios, un gerente general con un grupo de asesores y un subgerente en relación vertical, así como se observa en la figura 1 estructura organizacional de Calidad Total SAS. Mientras que se cuenta un jefe de talento humando con áreas de relación horizontal las cuales son: Salud y Seguridad en el Trabajo, tesorería y ambiental. El tipo de estructura es jerárquica tradicional donde se buscan dependencias directas de un responsable y que buscan especializaciones o desarrollo en la misma línea de trabajo (Calidad Total SAS, 2023).

Figura 1
Estructura organizacional Calidad Total SAS.



Nota. De: "Manual del Sistema Integrado de Gestión" por Calidad Total SAS, 2023 v-9.

Servicios

Calidad Total es un proveedor que ofrece servicios en tres diferentes categorías, servicios permanentes, servicios especiales y Servicio Público Terrestre Automotor Especial, cada uno con las subcategorías que a continuación se describen, así:

Servicios Permanentes:

- Limpieza y mantenimiento en general: ofrecen limpieza y mantenimiento en Edificios y Centros Comerciales, servicio en el cual se realiza mantenimiento en general, servicios

especializados, decapado y pulida de pisos. (Calidad Total SAS, 2023) Limpieza y mantenimiento de piscinas.

- Jardinería
- Fumigación
- Atención de cafetería empresarial
- Lavandería en establecimientos hospitalarios

Servicios Especiales:

Abarcan una gama de soluciones diseñadas por Calidad Total para atender necesidades específicas que requieren conocimientos técnicos, equipos especializados (Calidad Total SAS, 2023). Estos servicios garantizan eficiencia y calidad en los sectores donde la precisión y el cumplimiento de normatividad son fundamentales, los servicios clasificados en esa categoría son:

- Limpieza en alturas
- Aseo final de la obra
- Lavado y desinfección de tanques
- Medio publicitario

Servicio Público Terrestre Automotor Especial:

Calidad Total SAS dispone de una flota de vehículos adecuada para garantizar un servicio de transporte eficiente, seguro y oportuno, optimizando recursos y asegurando el cumplimiento de la normatividad vigente. La operación está respaldada por la Resolución N.º 0038 del 28 de diciembre de 2012, la cual se mantiene vigente. Adicionalmente, la prestación del Servicio Público de Transporte Terrestre Automotor Especial está sujeta a la inspección, vigilancia y

control de la Superintendencia de Puertos y Transporte y el control operativo de los vehículos es realizado por las autoridades de tránsito a través de su personal especializado.

Posición en el mercado

Calidad Total SAS ocupa una posición destacada en el sector de servicios a nivel regional, con una propuesta de valor basada en la diversidad de servicios y sus valores institucionales; se encuentra en un sector altamente competitivo, donde el reconocimiento empresarial, la calidad del portafolio de servicios, la cobertura, la presencia en el mercado público-privado y las certificaciones de sostenibilidad son factores clave para su posicionamiento. La compañía destaca en reconocimiento regional y operatividad, sin embargo, enfrenta amenazas derivadas de un portafolio de servicios más limitado en comparación con su principal competidor, Casa Limpia S.A., lo que genera la necesidad de diversificación y expansión en ciudades altamente competitivas como Bogotá. A nivel de cobertura, la empresa ha logrado consolidarse en Cúcuta, representando un referente regional, y su expansión mediante estrategias digitales le permitirá un crecimiento sostenido, lo que le ha permitido en el pasado estar en el ranking de las 100 mejores empresas de Norte de Santander, escalafón que mide ingresos y utilidades netas (Camara de Comercio de Cúcuta, 2016). No obstante, su alta dependencia de la contratación pública (alrededor del 70%), dato suministrado por el encargado del área financiera de Calidad Total SAS, podría representar una amenaza debido a la rigidez de los costos operacionales en el marco de licitaciones. En cuanto a sostenibilidad, la empresa cuenta con certificaciones ISO en calidad, medio ambiente y SG-SST, lo que refuerza su credibilidad y le permite alinearse con estándares internacionales como los ODS.

Identificación del sector Económico

Calidad Total SAS pertenece al sector de servicios especializados y de transporte con énfasis en servicios generales, transporte especial y publicidad móvil, este sector es crucial en la economía, ya que proporciona soporte a diversos clientes, asegurando eficiencia operativa en entornos empresariales, comerciales y de empresas públicas.

Características del sector

El sector de servicios especializados y transporte en Colombia se caracteriza por una alta demanda, ya que empresas e instituciones requieren constantemente soluciones en áreas como aseo, mantenimiento y movilidad. Según el DANE en la información de la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH) (DANE, 2024), el sector terciario es el corazón del mercado laboral colombiano, ya que representa la mayoría del empleo nacional, con una cifra de alrededor de 22,9 millones de personas ocupadas en el trimestre terminado en mayo de 2024.

La normatividad es estricta, con regulaciones emitidas por el Ministerio de Transporte y entidades de salud y seguridad en el trabajo que impactan directamente su operación. Por ejemplo, el Ministerio de Transporte ha adoptado metodologías específicas para la implementación de Planes Estratégicos de Seguridad Vial, aplicables a todas las entidades y empresas del sector (Ministerio de Transporte, 2022). Además, el Ministerio del Trabajo exige la implementación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) por parte de todos los empleadores, con el objetivo de prevenir accidentes laborales y enfermedades profesionales (Ministerio de trabajo, s. f.).

La competencia en este sector es intensa, con múltiples empresas ofreciendo servicios similares que varían en calidad, cobertura y costos. Según un estudio de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2022), existen diversas empresas prestadoras del servicio público de aseo en el país,

lo que refleja la competitividad del mercado. Además, hay una creciente orientación hacia la sostenibilidad, donde la industria adopta prácticas más responsables con el medio ambiente para alinearse con las nuevas exigencias del mercado y las regulaciones ambientales. Esta tendencia responde a la necesidad de mitigar el impacto ambiental de las operaciones y promover un desarrollo sostenible en el sector.

El sector de los servicios especializados y de transporte en Colombia se enfrenta a una demanda constante de nuevos servicios, la legislación colombiana igualmente hace unas regulaciones más estrictas tanto para la prestación de los servicios, como para la protección de los trabajadores especializados en esta prestación, la alta competencia y las nuevas tendencias mundiales hacia la sostenibilidad (ambiental, social, económica) son factores las empresas deben considerar para mantenerse en el mercado de forma competitiva.

Es así como calidad total para dar cumplimento a todos los requisitos del mercado decidió obtener las certificaciones de calidad, ISO 9001 Sistema Integrado de Gestión, que cumple con los requisitos legales, organizacionales y de norma. ISO 14001 Sistema Integrado de Gestión con un enfoque ambiental, reduciendo el coste de la gestión de residuos, el ahorro en el consumo de energía y materiales, así como la mejora de la imagen corporativa. ISO 45001 (Calidad Total SAS, 2023) Sistema Integrado de Gestión busca disminuir la siniestralidad laboral y aumentar la productividad gracias a la identificación, evaluación y control de los riesgos asociados a cada puesto de trabajo; cumplir la legislación y fomentar una cultura preventiva (SST) y Norsok S-006 Es un referencial que fue creado para mejorar la gestión ambiental, de seguridad industrial y de salud ocupacional de las organizaciones contratistas que prestan sus servicios con el fin de generar rentabilidad en sus operaciones.

Gracias a la excelencia en la prestación del servicio Calidad Total ha obtenido el Reconocimiento Fundación Compensare por la contribución constante y voluntaria que aporta a la fundación para su operatividad, teniendo como objeto social proporcionar rehabilitación a niños, niñas y adolescente en condición de discapacidad. Y el Certificado Fenalco Solidario, galardones que demuestran la responsabilidad social de Calidad Total con su entorno.

Marco de Referencia

Este marco de referencia se fundamenta en una revisión de conceptos clave relacionados con el servicio de transporte especial, modelos de optimización de transporte especial basados en la eficiencia operativa.

Transporte Especial

El transporte especial se refiere a un tipo de servicio de movilidad diseñado para atender necesidades específicas de traslado de personas o mercancías, diferenciándose del transporte público convencional por su enfoque en grupos particulares y condiciones operativas particulares. Este servicio se caracteriza por su planeación previa, rutas definidas y el cumplimiento de normativas que garantizan seguridad, eficiencia y calidad en la prestación del servicio.

En Colombia el Ministerio de Transporte, como lo establece el Decreto 087 de 2011, es el organismo del Gobierno Nacional encargado de formular y adoptar las políticas, planes, programas, proyectos y regulación económica del transporte, el tránsito y la infraestructura, en los modos carretero, marítimo, fluvial, férreo y aéreo del país. Es así como mediante el Decreto 1079 de 2015, última fecha de actualización: 24 de febrero de 2023 "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Transporte." (Ministerio de Transporte, 2023) define en su "ARTÍCULO 2.2.1.6.4. *Servicio público de transporte terrestre automotor especial.* Es aquel que se presta bajo la responsabilidad de una empresa de transporte legalmente constituida y debidamente habilitada en esta modalidad, a un grupo específico de personas que tengan una característica común y homogénea en su origen y destino…" (Ministerio de Transporte, 2023).

En el contexto del transporte de pasajeros, el transporte especial es aquel que se presta a colectivos específicos, como trabajadores, estudiantes, turistas o personal de empresas, bajo contratos previos y con vehículos adecuados para su comodidad y seguridad. En el caso del transporte terrestre, se utilizan buses, microbuses y vehículos especializados, mientras que, en zonas con acceso limitado por carretera, el transporte fluvial cumple un papel fundamental en la movilidad de las comunidades. Este último se realiza mediante embarcaciones acondicionadas para garantizar el bienestar y la seguridad de los pasajeros. Según la legislación vigente en Colombia, como se especificó arriba, este tipo de transporte debe cumplir con requisitos específicos en cuanto a habilitación, condiciones técnicas de la flota, seguros y protocolos de operación, garantizando la calidad del servicio y la protección de los usuarios.

El transporte especial juega un papel clave en la eficiencia logística de las empresas y en la movilidad segura de las personas, representando una alternativa que optimiza recursos y mejora la planificación del servicio (Balza-Franco & Cardona-Arbelaez, 2020). Su correcta gestión contribuye a la reducción de costos, el mejor aprovechamiento de la infraestructura vehicular y la satisfacción de los usuarios, factores esenciales para su sostenibilidad y competitividad en el mercado.

Eficiencia Operativa en Servicios de Transporte

La eficiencia operativa en el transporte se refiere a la capacidad de una organización para utilizar sus recursos de manera óptima, minimizando los costos y mejorando la calidad del servicio (Li et al., 2020). Factores como la gestión de rutas, el uso adecuado de la capacidad de las flotas, la optimización de tiempos y la reducción de recursos son fundamentales en (Balza-Franco & Cardona-Arbelaez, 2020), la eficiencia operativa está directamente vinculada a la sostenibilidad y la competitividad, ya que la reducción de costos operativos genera un impacto

positivo en la rentabilidad empresarial. La eficiencia operativa en los servicios de transporte se sustenta en la capacidad de integrar y coordinar de manera óptima los recursos, procesos y tecnologías involucrados en la prestación del servicio. Según Mora García (2016), una gestión logística integral aplicada al transporte no solo busca el cumplimiento de las operaciones en tiempo y forma, sino que también persigue la reducción de costos, la mejora continua y la satisfacción del cliente, apoyándose en las mejores prácticas de la cadena de abastecimiento. Esto implica optimizar la planificación de rutas, el uso de la flota y la coordinación con proveedores, garantizando un servicio confiable y competitivo.

La implementación de nuevas tecnologías como la telemetría y la gestión de flotas en tiempo real puede ser una solución eficaz para enfrentar estos desafíos. La eficiencia operativa en el transporte se fundamenta en la capacidad de optimizar los recursos, reducir costos y mejorar la calidad del servicio mediante la transformación continua de sus procesos. Para lograrlo, es crucial adoptar un enfoque de gestión de extremo a extremo (E2E) (Saldanha & Passerini, 2023), donde cada fase del proceso –desde la planificación y asignación de recursos hasta la ejecución y seguimiento– esté alineada estratégicamente para minimizar errores y eliminar cuellos de botella. La digitalización y automatización de procesos juegan un papel fundamental al permitir una mejor gestión de flotas, optimización de rutas en tiempo real y reducción de tiempos de inactividad, lo que impacta positivamente en la productividad y en la satisfacción del usuario.

Asimismo, la eficiencia operativa en transporte requiere un modelo organizacional basado en la integración de silos funcionales (Marriaga Páez, 2024), permitiendo que todas las áreas involucradas –como logística, mantenimiento y servicio al cliente– trabajen de manera colaborativa, evitando errores derivados de la falta de comunicación y mejorando la trazabilidad

de los procesos. La implementación de indicadores clave de desempeño (KPIs) (Saldanha & Passerini, 2023) orientados a la reducción de costos operativos, la puntualidad en las entregas y la satisfacción del usuario, junto con un sistema de monitoreo en tiempo real, facilita la toma de decisiones basada en datos y permite identificar oportunidades de mejora con agilidad (Saldanha & Passerini, 2023).

Para garantizar una evolución constante, es necesario fomentar una cultura organizacional enfocada en la innovación y la mejora continua. Esto implica evitar una visión exclusivamente orientada a la eficiencia en términos de costos y priorizar un enfoque balanceado que también considere la experiencia del cliente (Saldanha & Passerini, 2023). De esta manera, se pueden desarrollar estrategias que no solo optimicen el uso de los recursos, sino que también garanticen un servicio confiable, seguro y adaptado a las necesidades del mercado. Finalmente, el establecimiento de un marco de responsabilidad unificada en el que cada actor dentro del proceso de transporte tenga claridad sobre su rol y su impacto en la operación general contribuye a una ejecución más eficiente, con menor margen de error y mayor capacidad de respuesta ante cambios en la demanda o en el entorno operativo (Saldanha & Passerini, 2023).

Es así como la eficiencia operativa en los servicios de transporte depende crucialmente de la capacidad de las organizaciones para traducir problemas complejos en modelos analíticos que permitan la toma de decisiones óptimas. En este contexto, las técnicas de programación matemática han emergido como una herramienta esencial para abordar la complejidad inherente a los sistemas de transporte. Al permitir la formulación de funciones objetivo y restricciones que reflejan las condiciones reales de la toma de decisiones, estas técnicas simplifican significativamente problemas de localización de instalaciones y diseño de redes (LI-DR), facilitando su interpretación matemática y su resolución mediante software especializado como

Rstudio. Esto, a su vez, potencia el análisis de la eficiencia y el comportamiento de las soluciones propuestas (Universitat Politècnica de València, 2021).

En el ámbito del transporte, la programación matemática permite la integración armoniosa de criterios económicos, sociales y medioambientales en la toma de decisiones, generando modelos que van más allá de la minimización de costos, buscando optimizar el uso de recursos y elevar la calidad del servicio. Su aplicación en áreas como el diseño de redes urbanas de transporte, la localización de hubs logísticos y la planificación intermodal ha demostrado un valor estratégico para la competitividad en la industria. Asimismo, la sistematización metodológica, que abarca desde la definición del problema hasta su implementación, garantiza que las soluciones propuestas sean viables, medibles y adaptables a contextos dinámicos, reforzando la capacidad del sector transporte para responder efectivamente a las demandas del entorno (Universitat Politècnica de València, 2021).

Modelos de Optimización en el Transporte

Para mejorar la eficiencia del transporte especial, se han desarrollado diversos modelos de optimización basados en teorías matemáticas, que se pueden desarrollar a través de algoritmos que se construyen a través de diferentes lenguajes de programación. Estos modelos permiten reducir costos, mejorar la asignación de recursos y minimizar tiempos de traslado, a continuación se describen diferentes tipos de modelos, teniendo en cuenta que la optimización del transporte es crucial para mejorar la eficiencia operativa y reducir los costos en empresas dedicadas a esta prestación de servicios, dentro de los modelos más relevantes en la optimización de trasporte se encuentran el modelo de programación lineal (PL) para minimizar costos, Modelo de Redes de Flujo, modelo Metaheurísticas para Optimización de Costos, colonia de hormigas, Modelo de

Ruteo de Vehículos (VRP) con su variante Modelo de Ruteo de Vehículos con Costo Mínimo (VRP-C), entre otros.

Modelo de Programación lineal:

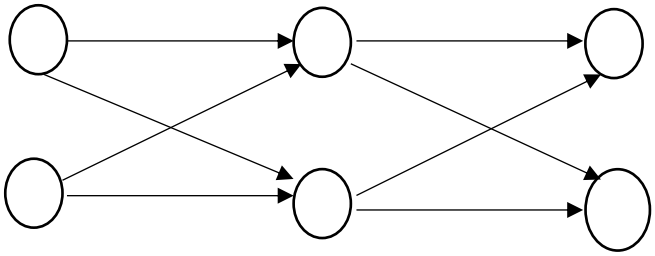
Este modelo es utilizado de forma generalizada en la gestión de operaciones logísticas, lo que permite reducir costos de envío y maximizar la eficiencia operativa en la utilización de los recursos a disposición de la operación (Zhang et al., 2022). Se basa en una función objetivo sujeta a restricciones, como la disponibilidad de transporte y la demanda de productos a diferentes destinos (Bazaraa et al., 2009). Un claro ejemplo de este tipo de modelo de optimización es el desarrollado por Aakanksha Singh en su artículo **"**A new Fermatean fuzzy multi-objective indefinite quadratic transportation problem with an application to sustainable transportation**"** (Ahuja, 2022), en el cual demuestra la aplicabilidad del modelo de programación lineal a través de la solución de un problema de transporte sostenible, cuyo objetivo es minimizar simultáneamente los costos de transporte, costos de depreciación, costos de empaquetado y costos de desperdicio. El estudio compara la eficacia del método propuesto con el método de función de clasificación y resalta las ventajas del nuevo enfoque. Además, al ser un método estructurado y matemáticamente sólido, facilita la toma de decisiones estratégicas basadas en datos cuantificables. Su aplicabilidad se extiende a múltiples contextos, incluyendo la gestión de redes de distribución, el ruteo de flotas y la optimización de sistemas logísticos en entornos dinámicos y de alta demanda.

Modelo de Redes de Flujo

Para definir este modelo es importante iniciar con la aclaración de que un modelo de flujo es una red de nodos y arcos (figura N.2) que puede ser usado para representar en sistema de inventarios, sistemas de distribución, manejo de inventarios y en análisis de flujo de rutas de transporte. Existen diferentes tipos de modelos de optimización de redes entre los cuales se encuentran el problema del árbol de expansión mínima, problema del flujo de costo mínimo,

problema de la ruta más corta y problema del flujo máximo (Ullilen Marcilla, 2015). Para este caso de estudio el modelo de rede de flujo es utilizado en problemas de transporte urbano y logístico, este modelo analiza el flujo de bienes y personas a través de una red de caminos y nodos. Se emplea para identificar rutas de menor congestión y optimizar la distribución de carga (Ahuja, 2022), Existen diferentes variantes de este modelo, como el problema de flujo de costo mínimo, que busca minimizar el gasto total de transporte, y el problema de flujo máximo, que optimiza la capacidad de transporte en la red. Su aplicación es especialmente útil en la planificación de redes de carreteras, distribución de mercancías y optimización de sistemas de transporte público. El flujo de la ruta más corta se usa para analizar el servicio de transporte, el flujo se origina en más de un nodo y termina en más de un nodo, se busca para minimizar el costo del transporte, de tal manera que se cumplan con las demandas del mercado sin superar la oferta (Ullilen Marcilla, 2015).

Figura 2
Modelo de flujo en redes



Nota. Elaboración propia

Metaheurísticas para Optimización de Costos

Métodos como Algoritmos Genéticos, Recocido Simulado y Búsqueda Tabú hacen parte de la rama de la metaheurística de optimización de costos, se utilizan para encontrar soluciones óptimas en la asignación de vehículos y rutas, minimizando costos (Gendreau & Potvin, 2020). Estos enfoques pueden manejar múltiples restricciones y variables, encontrando soluciones

eficientes en problemas de gran escala. Sin embargo, no siempre garantizan la mejor solución absoluta y requieren conocimientos avanzados en algoritmos. Las metaheurísticas han demostrado ser herramientas eficaces para resolver distintos desafíos en la planificación del transporte público, abordando aspectos clave como la asignación óptima de vehículos, la gestión de interrupciones y la optimización de patrones de parada (Sadrani et al., 2025). Investigaciones previas han aplicado estos enfoques para mejorar la configuración del despacho de vehículos (Mou et al., 2020; Sadrani et al., 2025), minimizar el impacto de retrasos e interrupciones operativas (Xu et al., 2018)) y definir estrategias eficientes de parada (Li, et al., 2023; Mou et al., 2020). No obstante, la mayoría de estos estudios se han centrado en flotas homogéneas, en las que todos los vehículos presentan características similares. En contraste, este trabajo se enfoca en la optimización del despacho dentro de un entorno con flotas mixtas, desarrollando modelos y algoritmos capaces de gestionar autobuses de diferentes tamaños y capacidades, asegurando así una mayor eficiencia en la cobertura de la demanda de pasajeros.

Colonia de Hormigas

El modelo de optimización por colonia de hormigas (ACO, por sus siglas en inglés) es una técnica inspirada en los principios de la inteligencia de enjambre, un enfoque que busca resolver problemas complejos mediante la observación de comportamientos colectivos en insectos y otros animales, como se observa en la figura 3. En particular, el comportamiento de búsqueda de alimento de algunas especies de hormigas ha sido la base para el desarrollo de este modelo, en el cual los individuos depositan feromonas en el suelo para indicar rutas favorables, permitiendo a otros miembros de la colonia seguir los caminos más eficientes.

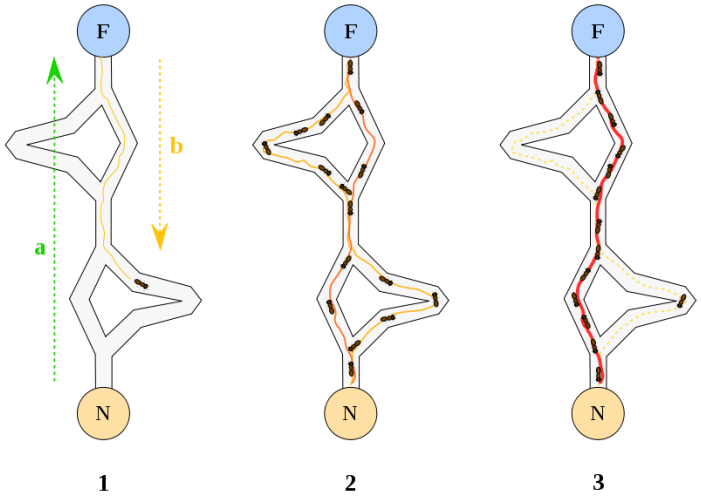
Este método de optimización fue propuesto por Marco Dorigo en 1992 como se documenta en (Dorigo et al., 2016) como parte de su investigación doctoral y ha sido

ampliamente estudiado desde entonces. Su principal aplicación inicial fue en la resolución del problema del viajante, que consiste en encontrar la ruta más corta en un grafo completo (Prado Bello & Aniorte Carbonell, s. f.). Con el tiempo, ACO ha demostrado ser altamente eficaz en la solución de problemas NP-completos, que requieren estrategias avanzadas para encontrar soluciones óptimas en tiempos razonables.

Desde su concepción, la optimización por colonia de hormigas ha atraído la atención de numerosos investigadores, lo que ha llevado a un crecimiento significativo en su desarrollo y aplicación. Actualmente, existen múltiples implementaciones exitosas en áreas como logística y transporte, donde se emplea para la planificación eficiente de rutas y la optimización del tráfico. Asimismo, su uso se ha extendido a la biología, en la construcción de árboles filogenéticos, la industria, en el diseño de circuitos electrónicos, y la física, en la detección de exoplanetas.

Este principio ha sido aplicado a una variedad de problemas de optimización combinatoria, siendo uno de los primeros usos su implementación en el problema del viajante (TSP, Traveling Salesman Problem) (Prado Bello & Aniorte Carbonell et al., s. f.), cuyo objetivo es encontrar el recorrido más corto que visita un conjunto de ciudades sin repetir ninguna. Actualmente, este modelo se emplea en áreas como logística, planificación de rutas de transporte, gestión de redes de comunicación, optimización de horarios, biología computacional y diseño industrial. Su capacidad para mejorar tiempos de cómputo y encontrar soluciones eficientes en escenarios de alta complejidad lo convierte en una herramienta clave en la optimización de sistemas.

Figura 3
Modelo de Colonia de Hormigas



Nota. De "*Viajante de comercio (TSP + Ant Colony Optimization" por Rodríguez Villalobos, 2008. (https://arodriguez.blogs.upv.es/viajante-de-comercio-tsp-ant-colony-optimization/)*

Modelo de Ruteo de Vehículos (VRP - Vehicle Routing Problem)

Es un modelo de optimización ampliamente utilizado en logística y transporte para determinar las rutas más eficientes que deben seguir los vehículos para atender a un conjunto de clientes con demandas específicas (Golden, B., Wang, X., & Wasil, E. (2023).). Su objetivo principal es minimizar costos operativos, como el consumo de combustible, el tiempo de viaje y la distancia recorrida, mientras se cumplen restricciones como la capacidad de los vehículos, las ventanas de tiempo de entrega y la cantidad de puntos de demanda a atender (Vigo, D Toth P 2015) Desde su formulación inicial, el VRP ha evolucionado en distintas variantes que buscan adaptarse a problemas logísticos más complejos, entre ellas: VRP con restricciones de capacidad (CVRP), que incorpora límites en la carga de los vehículos; VRP con ventanas de tiempo (VRPTW), donde cada cliente debe ser atendido dentro de un intervalo temporal específico; VRP con múltiples depósitos (MDVRP), que considera varios puntos de origen para los vehículos; y VRP dinámico (DVRP), que se adapta a cambios en la demanda o en las condiciones del tráfico

en tiempo real. Estas variantes han permitido mejorar la planificación y eficiencia de las operaciones de distribución en sectores como el comercio electrónico, la logística de última milla y el transporte público y finalmente, el Modelo de Ruteo de Vehículos con Costo Mínimo (VRP-C) Variante del Problema de Ruteo de Vehículos (VRP) que optimiza la asignación de vehículos para minimizar costos totales, considerando factores como la distancia, el consumo de combustible y el mantenimiento (Vigo, D Toth P 2015). Teniendo en cuenta que este último modelo se ajusta más al objetivo de este estudio, se ampliará esta definición.

El modelo de Ruteo de Vehículos con costo mínimo como se explicó anteriormente procura la minimización de los costos totales, así que el modelo de optimización de rutas para vehículos con costos reducidos es una estrategia empleada en el ámbito logístico y del transporte para planificar de manera eficiente los recorridos de una flota vehicular (Pillac et al., 2013). Su propósito principal es reducir los gastos operativos, considerando factores como la distancia total recorrida, el tiempo empleado en los trayectos y los costos asociados a la operación. Este enfoque tiene múltiples aplicaciones (Lin et al., 2014), desde la distribución de productos hasta la gestión de residuos, permitiendo una asignación más efectiva de recursos y una mejora en la eficiencia del servicio. Se puede modelar a través de diferentes formulaciones matemáticas que incluyen diferentes variables importantes para la optimización de los recursos como el costo del combustible vs el kilometraje recorrido, los costos fijos de operación, los costos variables de distancia, capacidad de carga y restricciones de tiempo de entrega, variables que se analizan a través de diferentes softwares especializados como Rstudio, Python con Google OR-Tools.

Comparación de los modelos

A continuación, se presenta una tabla comparativa de los diferentes modelos antes descritos con el fin de analizar las ventajas y desventajas de cada uno de ellos con el fin de determinar cuál se ajusta más para el cumplimiento de los objetivos del presente estudio.

Tabla 1
Comparación modelos de optimización

Modelo	Descripción	Ventajas	Desventajas
Modelo de Programación Lineal (PL) para minimizar costos	Utiliza funciones matemáticas lineales y restricciones para optimizar la distribución y minimizar costos de transporte.	- Soluciones óptimas y exactas.	- Requiere formulación matemática precisa.
		- Buen desempeño en problemas pequeños y medianos.	- Limitado para problemas dinámicos y de gran escala.
Modelo de Redes de Flujo	Analiza el transporte como un flujo a través de una red de nodos y caminos, optimizando la asignación de recursos.	- Identifica rutas eficientes.	- No considera variaciones dinámicas del tráfico o imprevistos.
		- Útil en sistemas de transporte urbano y logística.	- Requiere datos precisos sobre la red de transporte.
Modelo Metaheurísticas para Optimización de Costos	Usa algoritmos avanzados (búsqueda tabú, recocido simulado, algoritmos genéticos) para encontrar soluciones aproximadas en problemas complejos.	- Puede manejar restricciones complejas.	- No siempre garantiza la solución óptima.
		- Más flexible en comparación con modelos deterministas.	- Puede ser computacionalmente costoso.
Colonia de Hormigas	Basado en la inteligencia de enjambre, donde se simula el comportamiento de hormigas para encontrar rutas óptimas.	- Adaptable a cambios en tiempo real.	- Computacionalmente exigente.
		- Buen desempeño en redes de transporte dinámicas.	- Requiere calibración de parámetros para obtener buenos resultados.
Modelo de Ruteo de Vehículos (VRP)	Optimiza la distribución de vehículos en función de la demanda, distancia y disponibilidad de la flota.	- Reduce costos de operación.	- Requiere algoritmos avanzados para grandes flotas.
		- Permite mejorar la eficiencia logística.	- Puede ser afectado por restricciones imprevistas.
Modelo de Ruteo de Vehículos con Costo Mínimo (VRP-C)	Variante del VRP que busca minimizar costos operativos totales (combustible, mantenimiento, tiempo de operación).	- Maximiza la eficiencia económica.	- Requiere algoritmos avanzados.
		- Reduce tiempos y costos de entrega.	- Necesita datos detallados sobre costos de operación.
		- Se adapta a flotas heterogéneas.	

Nota. Elaboración propia.

A partir de la revisión comparativa de modelos, se concluye que la Programación Lineal (PL) representa la opción más apropiada para el caso de Calidad Total SAS. Este enfoque

permite estructurar de manera clara las relaciones entre costos operativos, ingresos y utilización de la flota, bajo restricciones reales como disponibilidad vehicular, costos de tercerización y condiciones contractuales. Su fortaleza radica en que garantiza soluciones exactas con menor complejidad técnica frente a modelos más avanzados, facilitando su implementación práctica en el corto plazo.

El desarrollo del modelo se estructura en tres pasos esenciales: primero, la definición de la función objetivo, que en este caso busca minimizar los costos operativos totales; segundo, la identificación de las variables de decisión, como la asignación de vehículos, o la necesidad de flota tercerizada; y tercero, la formulación de restricciones que reflejan las condiciones reales del negocio, tales como la disponibilidad de unidades y los límites de capacidad. Esta metodología permite realizar simulaciones de escenarios y direccionar la planeación estratégica en torno a criterios económicos.

Diseño Metodológico

Tipo de Investigación

Este proyecto de investigación es de tipo aplicada, teniendo en cuenta que su propósito es desarrollar un plan de mejora para el servicio de transporte especial de Calidad Total SAS, orientado a resolver problemas específicos y optimizar su operación (Hernández-Sampieri y Mendoza Torres, 2023).

En cuanto al grado de profundidad, es descriptiva, ya que busca analizar y detallar el desempeño actual del servicio de transporte especial, los costos fijos de operación y los costos variables de distancia, con base en un diagnóstico de la situación actual (Hernández-Sampieri y Mendoza Torres, 2023).

La investigación utiliza un enfoque cuantitativo, dado que se realiza un análisis de datos numéricos sobre desempeño y costos involucrados en el servicio de transporte especial. En cuanto a la inferencia, el enfoque es deductivo, ya que, a partir de la recopilación de información y teorías generales, se formulan conclusiones y propuestas para la optimización del servicio de transporte especial (Hernández-Sampieri y Mendoza Torres, 2023).

Finalmente, en cuanto a su temporalidad, es transversal, ya que se recolectan datos de un periodo único, determinado entre el 1 de enero de 2023 y el 31 de diciembre de 2024; asimismo, es correlacional, en la medida en que busca describir y analizar la relación entre variables que evalúan el estado actual del servicio de transporte especial y permiten proponer soluciones futuras (Hernández-Sampieri y Mendoza Torres, 2023).

La población se define como el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones. En este estudio, está conformada por todos los registros operativos y financieros del área de transporte especial de la empresa Calidad Total SAS,

incluyendo datos de ingresos, costos y estructura de la flota. Esta población abarca tanto los vehículos propios de la empresa como aquellos que operan bajo un esquema de tercerización, con información correspondiente al período comprendido entre el 1 de enero de 2023 y el 31 de diciembre de 2024. La definición precisa de la población permite garantizar la validez de los resultados y su aplicabilidad en la optimización del servicio de transporte especial (Hernández-Sampieri y Mendoza Torres, 2023).

Instrumentos:

Para la recolección de información, se empleó la técnica de revisión de registros, análisis de indicadores, fórmulas y ecuaciones Hernández-Sampieri y Mendoza Torres (2023), la cual consiste en examinar y extraer datos de documentos preexistentes que contienen información relevante y determinar el valor de las unidades mediante una ecuación, fórmula o ponderación, en el caso de esta investigación se refiere a la operación de los vehículos en la empresa Calidad Total SAS. En este caso, los datos fueron proporcionados por la empresa en bases de datos en formato Excel, lo que permitió un acceso estructurado y organizado a la información requerida.

Una vez recopilados, los datos fueron estructurados en un *dataframe* (Petersohn, 2021) facilitando su procesamiento y análisis. Para llevar a cabo este procedimiento, se utilizó el software RStudio, un entorno de desarrollo integrado (IDE) especializado en análisis estadístico y visualización de datos (Rodríguez Barrios, 2023). Este software proporciona herramientas avanzadas para la manipulación, limpieza y transformación de datos, lo que permitió preparar la información de manera óptima antes de su análisis.

Mediante RStudio (Polanco Guzmán & Betancourt Uscátegui, 2022), se aplicaron métodos estadísticos y modelos matemáticos con el objetivo de calcular indicadores clave de

rendimiento (KPI), esenciales para la evaluación de la eficiencia operativa de los vehículos. El uso combinado de Excel y RStudio en este trabajo de grado permitió garantizar la precisión, eficiencia y automatización del análisis de datos. Mientras Excel facilitó la organización inicial de la información, RStudio proporcionó las herramientas adecuadas para la exploración y modelado de datos, lo que permitió analizar los costos de transporte y mejorar la toma de decisiones basada en datos cuantificables.

Los instrumentos antes descritos cumplen con los tres requisitos esenciales de los que habla Hernández-Sampieri y Mendoza Torres (2023), que son confiabilidad o fiabilidad, validez y objetividad, lo que da rigurosidad al presente estudio.

Diagnóstico Organizacional

Para la realización del diagnóstico organizacional de la empresa Calidad Total SAS, se llevaron a cabo varias etapas estructuradas con el propósito de evaluar el estado actual del servicio de transporte y su eficiencia operativa. En primer lugar, se realizó una recolección y análisis de datos mediante la revisión de registros históricos de la empresa, permitiendo obtener información detallada sobre los costos, ingresos y desempeño de la flota vehicular y hacer un análisis de la dinámica del mercado y la competencia que actualmente tiene Calidad Total SAS en esa línea de negocio. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de la estructura organizacional y operativa del sistema de transporte, identificando posibles ineficiencias y áreas de mejora. Como metodología principal, se empleó un enfoque cuantitativo basado en el análisis de indicadores clave de rendimiento (KPI), complementado con técnicas de modelado matemático y optimización mediante el Modelo de Programación Lineal (PL) para minimizar costos. Además, se utilizaron herramientas estadísticas y visualización de datos a través de RStudio para garantizar un análisis detallado y fundamentado con evidencia objetiva.

Dinámica del Mercado y Competencia

La dinámica del mercado en el que opera Calidad Total SAS se caracteriza por una competencia directa con empresas que prestan servicios de aseo, mantenimiento y transporte especial en Norte de Santander y a nivel nacional, mientras que su competencia indirecta proviene de compañías que desarrollan soluciones tecnológicas para la automatización de estos servicios. Los principales factores diferenciadores de Calidad Total SAS incluyen su amplia experiencia en el mercado, el cumplimiento de normativas vigentes, una sólida cobertura regional y la diversificación de su portafolio de servicios, lo que le permite mantener una ventaja competitiva en un entorno dinámico y en constante evolución. En este contexto, la evaluación de

los factores externos de la empresa a través de la Matriz EFAS (Ver anexo 1) arroja una calificación total de 3,6, lo que indica que cuenta con más oportunidades que amenazas en su entorno. Entre las principales oportunidades se destacan su reconocimiento regional, la expansión a nuevos mercados, la credibilidad por certificaciones ISO y la capacidad de negociación con proveedores, lo que le permite mejorar costos y eficiencia operativa. No obstante, enfrenta amenazas significativas, como su portafolio limitado frente a competidores como Casa Limpia S.A., la alta dependencia de contratos públicos, la rivalidad en el sector debido a la digitalización y la posible entrada de nuevos competidores en un mercado sin grandes restricciones. Para fortalecer su posicionamiento, la empresa debe enfocarse en la diversificación de su portafolio, la expansión a nuevos mercados, la optimización de costos y la implementación de estrategias sostenibles y tecnológicas que le permitan mantener su competitividad y aprovechar al máximo las oportunidades detectadas.

A esto sumado la evaluación en la calidad del servicio que se realiza cada 6 meses sobre la satisfacción del cliente y aportes al proceso de mejora continua se observa que los comentarios recibidos resaltan aspectos positivos como la atención brindada, el cumplimiento contractual, el estado y disponibilidad de la flota, así como la capacidad de respuesta frente a eventualidades, demostrando que más allá de la eficiencia operativa, los usuarios valoran especialmente la confianza, la continuidad en la prestación del servicio y la reputación de la empresa. Sin embargo, también se identifican oportunidades de mejora en la gestión comercial y en la formalización de los procesos de retroalimentación, lo cual abre la puerta a integrar indicadores de percepción dentro de los sistemas de seguimiento y control. Las empresas que calificaron a Calidad Total SAS son referentes en la región en sus respectivos gremios como centros comerciales (Centro Comercial Ventura Plaza), Camacol, empresas de servicios públicos (Aguas

Kapital SA ESP), Sector de comodities (Palnorte, empresa de extracción de aceite de palma), servicios de ingeniería (Ingessa), entre otras, coincidiendo en recomendar la empresa y continuar con su relación comercial dando calificaciones sobresalientes (más del 90 %) al evaluar diferentes aspectos como el comercial, técnico, SST, estado de la flota y cumplimiento en el servicio. Informe consolidado Manual de procesos Estratégicos – Encuesta Satisfacción al Cliente Servicio de Transporte – MPE – F21

Procesamiento estadístico de datos

Para realizar el análisis estadístico de los datos es necesario conocer inicialmente el funcionamiento del proceso de transporte Especial de Calidad Total SAS, el cual está determinado en el sistema integrado de calidad, manual de procesos de apoyo, vinculación, prestación del servicio de transporte y desvinculación (MPM-P01 v13, agosto 2023), el cual se describe brevemente en el siguiente flujograma (Ver figura 4). El proceso de prestación del servicio de transporte en Calidad Total SAS está compuesto por una secuencia estructurada de actividades que garantizan la planificación, ejecución y control del servicio de manera eficiente y conforme a los requisitos del cliente.

Inicia con la vinculación formal de los vehículos a la operación, mediante la recolección y validación de documentación técnica, legal y contractual. Posteriormente, se identifican los requerimientos específicos del cliente y se gestionan internamente los recursos disponibles, determinando si el servicio será cubierto con vehículos propios o mediante proveedores tercerizados. En caso de requerirse contratación externa, se procede con la legalización de los convenios. Una vez definidos los medios de transporte, se relacionan los documentos, se elabora la hoja de vida del vehículo y se asigna formalmente el servicio, incluyendo al conductor designado. La ejecución del servicio contempla inspecciones previas, atención de novedades

durante el recorrido y seguimiento a cualquier eventualidad. Finalmente, se realiza un control y seguimiento posterior para evaluar el cumplimiento, aplicar correctivos si es necesario y, de ser el caso, gestionar la suspensión o desvinculación del vehículo conforme a la normativa vigente. Este flujo garantiza trazabilidad, control operativo y calidad en la prestación del servicio.

Figura 4
Flujograma general del proceso de prestación del servicio de transporte

Nota. Elaboración propia a partir del manual de procesos de apoyo, vinculación, prestación del servicio de transporte y desvinculación (MPM-P01 v13, agosto 2023)

Para llevar a cabo un análisis preciso de la operación del servicio de transporte especial prestado por la empresa Calidad Total SAS, se identificaron y definieron las variables clave que influyen directamente en la eficiencia operativa y en la estructura de costos del servicio. Estas variables fueron seleccionadas en función de su relevancia para el modelo de optimización con enfoque en costos mínimos, así como por su utilidad para establecer un diagnóstico integral de la situación actual. La descripción detallada de cada variable permite no solo entender su

comportamiento individual, sino también su interrelación dentro del sistema logístico de la empresa, sirviendo como base para el diseño e implementación del modelo matemático de optimización. Las variables definidas son:

1. Tipo de vehículo (V)
2. Índice de Utilización Vehicular (IUV)
3. Costo operativo por vehículo (CoV)
4. Ingreso por servicio (I)
5. Costos tercerizados (Ct)

1. Tipo de Vehículo (v):

Esta variable clasifica los vehículos empleados por Calidad Total SAS según su categoría, como automóvil, camioneta, camión de carga mediana, volqueta, entre otros. Dado que la empresa presta servicios de transporte especial bajo demanda, la selección del tipo de vehículo depende de las necesidades particulares del cliente, como el número de pasajeros o el nivel de confort requerido. Esta información es fundamental para el análisis, ya que influye directamente en los costos operativos, la asignación de recursos y la planeación de la flota. Además, permite identificar patrones de preferencia de los clientes y optimizar el uso de vehículos disponibles, ya sean propios o tercerizados, lo cual es clave para la toma de decisiones sobre la asignación eficiente de recursos, el diseño de estrategias de optimización operativa y la mejora de la oferta de servicios. Así mismo, facilita identificar tendencias de demanda y definir políticas de renovación o tercerización de la flota.

La flota vehicular de Calidad Total SAS registró para los años 2023 y 2024 vehículos clasificados en cuatro categorías: automóvil, camioneta, camión de carga mediana, volqueta, como se describió previamente. En términos globales, se evidencia una disminución en la cantidad total de vehículos, pasando de 60 unidades en 2023 a 54 en 2024. Esta variedad de vehículos permite a la empresa atender diferentes tipos de requerimientos por parte de los clientes, desde traslados individuales hasta transporte de grupos o equipos especiales. No obstante, esta misma heterogeneidad implica retos importantes en cuanto a la gestión eficiente de

la flota, el mantenimiento, la planificación de asignaciones y la evaluación de los costos operativos. A continuación, se describe gráficamente la flota con la que cuenta Calidad Total SAS para la prestación de este servicio en la figura 5, e Inventario tipo de vehículos Calidad Total SAS 2023-2024 en la tabla 2.

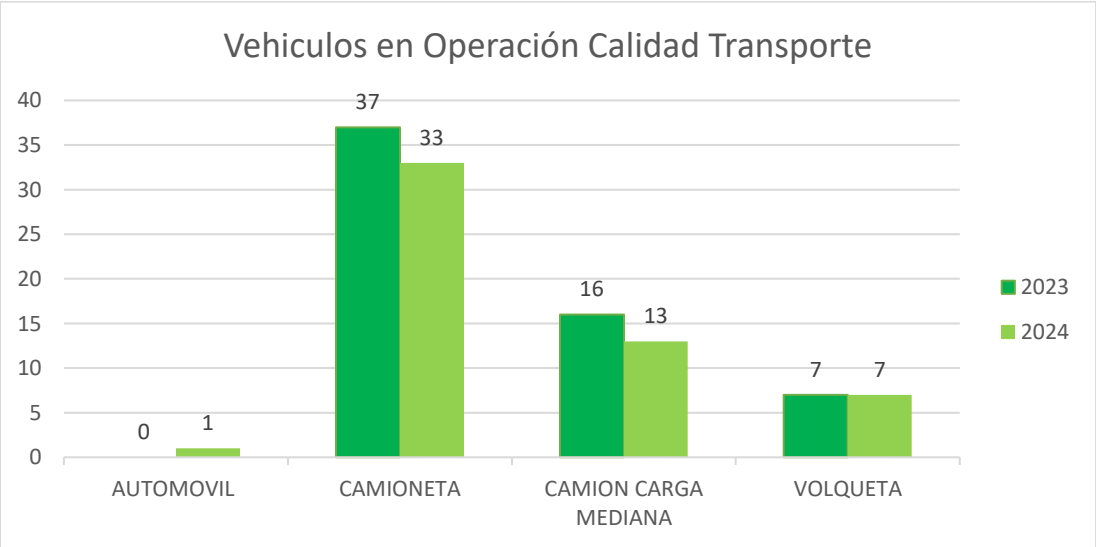
Tabla 2
Clasificación de vehículos por tipo - Calidad Total SAS

AÑO	AUTOMOVIL	CAMIONETA	CAMION CARGA MEDIANA	VOLQUETA	TOTAL GENERAL
2023	0	37	16	7	**60**
2024	1	33	13	7	**54**

Nota. Elaboración propia.

Las camionetas disminuyeron de 37 a 33 unidades, los camiones de carga mediana de 16 a 13, mientras que las volquetas se mantuvieron constantes con 7 unidades en ambos años. Esta tendencia sugiere una reducción en el parque vehicular para los períodos analizados, lo cual puede estar relacionado con factores operativos, presupuestarios o de optimización de recursos.

Figura 5
Inventario Tipo de vehículos Calidad Total SAS 2023 - 2024



Nota. Elaboración propia

2. ***Índice de Utilización Vehicular (IUV):***

El Índice de Utilización Vehicular (IUV) es una métrica compuesta que permite evaluar el grado de aprovechamiento operativo de cada vehículo en función de su desempeño real frente a una expectativa o estándar de uso definido. Este índice no se limita a cuantificar la distancia recorrida, sino que interpreta el comportamiento operativo en términos de intensidad de uso, eficiencia logística y balance de carga operativa. Combina implícitamente dos dimensiones: el kilometraje y la intensidad de uso, lo cual es la esencia del concepto de un índice de utilización. Permite interpretar la variable de manera más analítica y estratégica, alineada con el diagnóstico de eficiencia operativa y toma de decisiones sobre rotación, mantenimiento o renovación de la flota.

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$IUV = \frac{Di}{Fi}$$

Donde:

- Di: es la distancia total recorrida por el vehículo *i* durante el periodo de análisis (en kilómetros).
- Fi: es la distancia estimada o estándar que se espera que recorra ese tipo de vehículo en condiciones operativas normales (en kilómetros), con base en especificaciones del fabricante, y el sistema integrado de Gestión, manual de proceso de apoyo MPM-P01 V13 PRESTACION DEL SERVICIO TRANSPORTE. Versión 13 de agosto 2023.

Interpretación del IUV

- **IUV ≈ 1**: uso óptimo del vehículo, alta eficiencia operativa.
- **IUV < 1**: subutilización del vehículo, posible ineficiencia ociosa.

- **IUV > 1**: sobreutilización, lo que puede implicar sobrecarga, desgaste acelerado y necesidad de mantenimiento correctivo.

Los datos que se extraen de la operación de Calidad Total, se definen en el siguiente cuadro que compara el comportamiento operativo de tres tipos de vehículos —camión de carga mediana, camioneta y volqueta— en los años 2023 y 2024, con base en los kilómetros recorridos, los kilómetros esperados y el Índice de Utilización del Vehículo (IUV).

Camión de carga mediana: En 2023 recorrió 211.296 km frente a una meta de 400.000 km, logrando un IUV del 53%. En 2024 se redujo la meta a 250.000 km y se recorrieron 181.166 km, alcanzando un IUV del 72%, lo que indica una mejora significativa en su nivel de utilización, probablemente por una mejor planificación de rutas o mayor demanda efectiva.

Camioneta: Es el vehículo con mayor participación en kilómetros recorridos, pero también el de menor eficiencia relativa. En 2023 recorrió 475.419 km frente a un esperado de 925.000 km, alcanzando un IUV del 51%. En 2024, a pesar de reducir la meta a 805.000 km, solo recorrió 377.845 km, bajando su IUV a 47%. Esto sugiere una subutilización persistente, posiblemente causada por una sub utilización de los vehículos por parte del cliente; que son objeto social del proveedor.

Volqueta: Muestra el mejor desempeño en ambos años. En 2023 recorrió 163.081 km de los 175.000 esperados (IUV del 93%) y en 2024 recorrió 164.631 km, manteniéndose en el 94% de cumplimiento. Esto indica una alta eficiencia operativa y alineación entre la programación y la demanda real, lo que puede servir de modelo para los otros tipos de vehículos.

Se puede apreciar que, aunque el IUV general mejoró ligeramente del 57% al 59% entre 2023 y 2024, el análisis por tipo de vehículo revela un bajo índice, especialmente en las camionetas, que deben ser abordadas con el cliente como una posible subutilización del recurso.

Tabla 3
Reporte de Km recorridos por tipo de vehículo.

Año	***2023***	***2024***
Tipo de Vehículo	**Km recorridos**	**Km recorridos**
CAMION CARGA MEDIANA	211296	181166
CAMIONETA	475419	377845
VOLQUETA	163081	164631
Total	**849797**	**723642**

Nota. Elaboración propia

Tabla 4
Cálculo del Índice de utilización Vehicular.

Año	***2023***		***2024***	
Tipo de Vehículo	***Esperados***	***IUV***	***Esperados***	***IUV***
CAMION CARGA MEDIANA	***400000***	***53%***	***250000***	***72%***
CAMIONETA	***925000***	***51%***	***805000***	***47%***
VOLQUETA	***175000***	***93%***	***175000***	***94%***
Total	***1500000***	***57%***	***1230000***	***59%***

Nota. Elaboración propia

3. ***Costo operativo por vehículo propio (CoVp):***

Dentro de las estrategias clave para la sostenibilidad financiera y la eficiencia operativa en empresas de transporte especial como Calidad Total SAS, el análisis del costo operativo (CoVp) de la flota vehicular representa un pilar fundamental. Esta métrica permite comprender de manera detallada el comportamiento económico de cada unidad de transporte, permitiendo así una toma de decisiones informada frente a procesos de contratación, optimización de recursos y proyección financiera.

El costo operativo corresponde al conjunto de egresos relacionados con el funcionamiento de cada vehículo por unidad de tiempo. Su cálculo contempla variables recurrentes como el consumo de combustible, los mantenimientos preventivos y correctivos, la

adquisición de pólizas de seguros (obligatorias y complementarias), el pago de impuestos y los costos asociados al talento humano, tanto operativo (conductores) como administrativo. En este sentido, la gestión eficiente de estos elementos se convierte en un factor clave para mantener la rentabilidad de la operación, especialmente cuando se trabaja con una flota mixta que incluye vehículos propios y tercerizados.

En la caracterización realizada por Calidad Total SAS, se logró identificar que el componente más representativo dentro del CoVp corresponde al consumo de combustible. Esta variable, debido a su impacto semanal y al esquema de pago inmediato exigido por el proveedor al cierre de cada mes, condiciona el flujo de caja y exige una rigurosa planificación presupuestal. A su vez, se evidenció que los costos varían significativamente de acuerdo con la tipología del vehículo, influenciados por factores como el tipo de combustible utilizado (diésel vs gasolina), la frecuencia de uso, el desgaste mecánico y la naturaleza de las rutas operadas.

Al consolidar los costos anuales asociados a cada categoría vehicular, se establece que las camionetas presentan un costo operativo total anual de $109.306.760, lo cual representa un promedio mensual de $9.108.896. Estos vehículos, comúnmente utilizados para el transporte de personal operativo y administrativo, tienden a generar mayores desplazamientos urbanos, lo que incide en un mayor consumo de combustible por kilómetro y en ciclos de mantenimiento más frecuentes.

Por otro lado, los vehículos de carga mediana, empleados principalmente para el traslado de materiales, herramientas y maquinaria liviana, acumulan un costo operativo anual de $28.018.589, con un promedio mensual de $2.334.883. A pesar de su mayor capacidad de carga y consumo, su uso en rutas definidas y con menor variabilidad logística permite una mejor planificación del gasto.

En el caso de las volquetas, si bien su volumen de uso es menor, su carga estructural y tipo de operación en terrenos complejos las convierte en unidades de alto desgaste mecánico. Su costo operativo anual asciende a $31.813.937, con un promedio mensual de $2.651.161, mostrando que su mantenimiento y operación deben ser monitoreados cuidadosamente para evitar desviaciones presupuestales.

Este análisis detallado no solo permite calcular el costo total por tipología vehicular, sino que también facilita la desagregación del gasto por unidad. A partir del cruce de información con los registros internos de operación, se identificaron las placas vehiculares de mayor impacto económico que se generan dentro de cada categoría. Esta información se presenta en la tabla 5 a continuación:

Tabla 5
Vehículos de mayor costo por tipo

TIPO	TOTAL OPERATIVO		%
CAMIONETA	**$**	**23.519.953**	**21,52%**
TLA-134	$	5.109.778	4,67%
TLA-270	$	3.960.298	3,62%
THZ-286	$	3.955.149	3,62%
TLA-135	$	3.825.639	3,50%
THZ-174	$	3.344.879	3,06%
THZ-172	$	3.324.210	3,04%
CAR. MED.	**$**	**14.701.416**	**52,47%**
THZ-519	$	3.757.467	13,41%
THZ-311	$	3.673.038	13,11%
THZ-313	$	3.651.467	13,03%
THZ-308	$	3.619.444	12,92%
VOLQUETA	**$**	**31.813.937**	**100%**
THZ-419	$	4.805.881	15,11%
THZ-592	$	4.641.858	14,59%
THZ-586	$	4.596.408	14,45%
THZ-585	$	4.587.037	14,42%
THZ-595	$	4.492.152	14,12%
THZ-579	$	4.349.282	13,67%

TIPO	TOTAL OPERATIVO	%
THZ-663	$ 4.341.319	13,65%
TOTAL	**$ 169.139.286**	**100%**

Nota. Elaboración propia

En la tabla 6 como parte de la variable representa el costo operativo por vehículo propio en la operación de estos que son propiedad de Calidad Total SAS, considerando todos los gastos asociados al servicio, tales como mantenimiento, consumo de combustible, seguros, depreciación, y costos administrativos. Durante el periodo analizado, la empresa operó con un total de 53 vehículos propios, distribuidos en tres clases: 38 camionetas, 8 carros medianos y 7 volquetas, generando un costo operativo total de $169.139.286. Las camionetas concentraron el mayor número de unidades y el mayor impacto económico, con un valor de $109.306.760, lo que representa el 64,6 % del total. Las volquetas, aunque menos numerosas, generaron $31.813.937, mientras que los carros medianos acumularon $28.018.589. Esta distribución evidencia que el costo operativo no solo depende de la cantidad de vehículos, sino también de sus características técnicas, tipo de servicio prestado y exigencias de operación. El análisis del CoVp resulta clave para identificar oportunidades de mejora en la eficiencia del parque automotor, priorizando decisiones estratégicas sobre mantenimiento, rotación de flota y rentabilidad por clase de vehículo.

Tabla 6
Costo Total Operativo por tipo (CoVp)

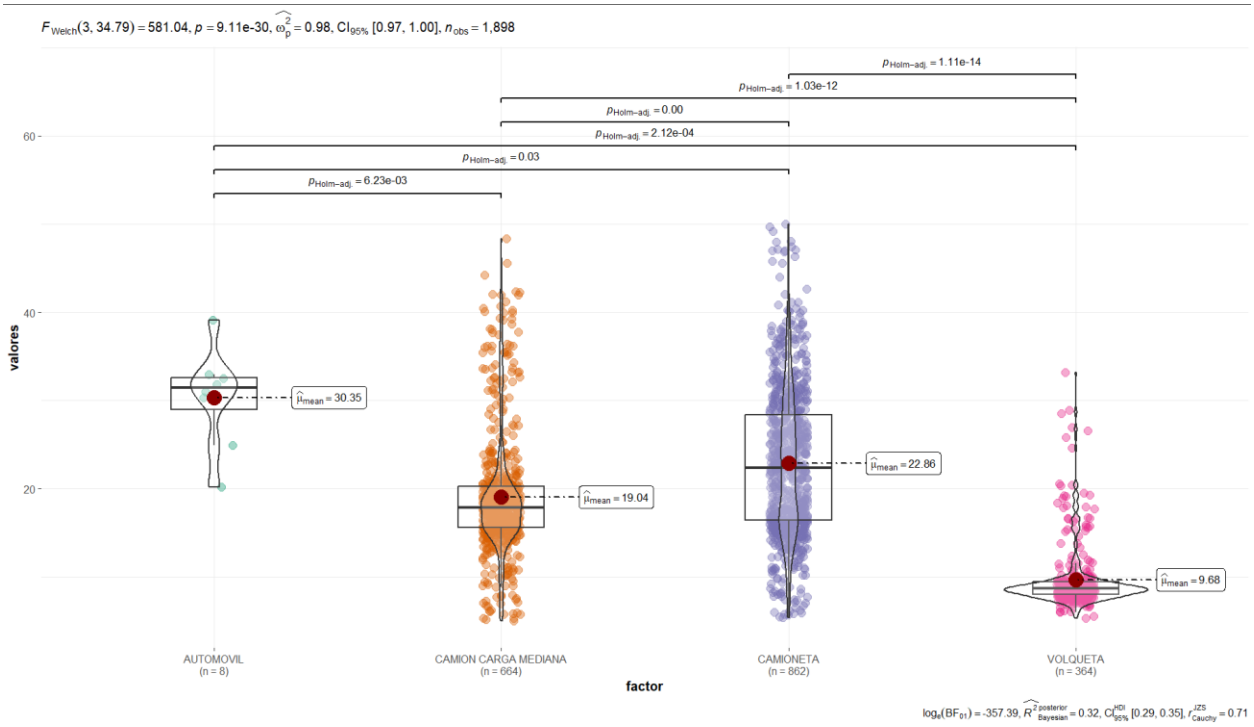
TIPO	CANTIDAD	S. TOTAL OPERATIVO
CAMIONETA	38	$ 109.306.760
CAR. MED.	8	$ 28.018.589
VOLQUETA	7	$ 31.813.937
TOTAL	**53**	**$ 169.139.286**

Nota. Elaboración propia

Finalmente, al integrar este análisis dentro del marco general de la gestión de flota, se facilita la comparación entre vehículos propios y tercerizados. Esta comparación resulta esencial para establecer criterios de eficiencia económica y proyectar escenarios futuros en función de costos reales, como se observa en la Figura 6. Es importante tener en cuenta que en el caso de los vehículos tercerizados, todos los costos asociados a su operación, incluyendo mantenimiento, combustible, seguros, conductor y demás, son asumidos completamente por el contratista que facilita el vehículo.

Figura 6

Análisis estadístico de rendimiento Km/gal por tipo de vehículo.



Nota. Elaboración propia en R Studio

La Figura 6 muestra una comparación estadística entre cuatro tipos de vehículos — automóvil, Elaboración Propia

Camión de carga mediana, camioneta y volqueta en cuanto a rendimiento de Km/gal. En relación con sus valores promedio, mediante diagramas de violín y boxplots. Se observa que la

categoría con mayor media es la de automóviles ($\bar{x}$ = 30.35), aunque con una muestra pequeña (n = 8), seguida por camionetas ($\bar{x}$ = 22.86, n = 862), camiones de carga mediana ($\bar{x}$ = 19.04, n = 664) y finalmente volquetas ($\bar{x}$ = 9.68, n = 364). En conjunto, estos datos sugieren que existen diferencias relevantes en los valores asociados a cada tipo de vehículo, siendo las camionetas y camiones de carga mediana los grupos más representativos por tamaño muestral.

4. ***Ingreso por vehículo (I):***

La línea de transporte de la organización ha evidenciado que la generación de ingresos se encuentra estrechamente relacionada con las particularidades de cada contrato suscrito, donde variables como la duración del acuerdo, los requerimientos operativos y la disponibilidad de vehículos inciden directamente en los valores facturados. A pesar de que las condiciones pueden ajustarse según la necesidad del cliente, la empresa ha estructurado una tarifa base estandarizada para cada tipo de vehículo, lo cual permite mantener una referencia homogénea al momento de proyectar ingresos y planear operativamente.

Bajo esta estructura tarifaria, una camioneta doble cabina comúnmente empleada para el traslado del personal operativo de las empresas contratantes genera un ingreso individual de $8.400.000. En el caso de los camiones de carga mediana, cada uno aporta un ingreso individual de $11.000.000. Este tipo de vehículo cumple una función dual, además del transporte de materiales y herramientas de trabajo, permite el desplazamiento simultáneo de cuadrillas desde el centro logístico hasta el frente de trabajo, gracias a su configuración de cabina doble, lo que aumenta su eficiencia operativa.

Por otro lado, las volquetas, alquiladas por un valor unitario de $14.300.000, representan un componente clave en la operación, principalmente en tareas relacionadas con movimientos de tierra y carga pesada. Sumando todos estos componentes, se consolida un ingreso total estimado

mensual por concepto de vehículos propios puestos en operación de $515.100.000, como se evidencia en la tabla correspondiente (Tablas 7 y 8).

Este análisis, realizado con base en la caracterización de la flota en funcionamiento, ha permitido identificar los ingresos brutos diferenciados por tipología vehicular. Este enfoque contribuye a la toma de decisiones estratégicas y a establecer comparaciones relevantes entre tipos de servicio, clientes y vehículos asignados.

Adicionalmente, se detectó que actualmente no se ha implementado ningún tipo de estrategia orientada a generar ingresos complementarios mediante otros usos del parque automotor. Iniciativas como el alquiler de vehículos en tiempos de parada o la utilización de espacios publicitarios en superficies externas, que representan oportunidades latentes de monetización. La incorporación de estos mecanismos podría ser evaluada dentro de un plan de optimización de recursos, especialmente en contextos de alta circulación donde la visibilidad es un valor agregado.

El resultado permitió establecer que durante el año 2024 los vehículos fueron asignados a 13 clientes, siendo las camionetas el tipo de vehículo que mayor participación tiene dentro del total de ingresos. Así mismo, se determinó que el cliente con mayor asignación de parque automotor es Aguas Kapital quien no solo en variación de tipo vehicular sino en cantidad de estos es el que pondera un %55.3 de los ingresos totales percibidos de $6.181.200, lo que refuerza su peso dentro del portafolio de transporte de la empresa.

Tabla 7
Ingreso por tipo de vehículo propio

TIPO	*CANTIDAD*		*V.U*		*TOTAL*
CAMIONETA	35	$	8.400.000	$	294.000.000
CAR. MED.	11	$	11.000.000	$	121.000.000
VOLQUETA	7	$	14.300.000	$	100.100.000
TOTAL	**53**	**$**	**33.700.000**	**$**	**515.100.000**

Nota. Elaboración propia

Tabla 8
Clientes de servicio de transporte Calidad Total SAS 2023

CLIENTE	*CAMIONETA*	*VOLQUETA*	*CAMION CARGA MEDIANA*	*Total general*
ADMINISTRATIVO (Back Up Operación)	11		3	14
AGUAS KPITAL	12	7	13	32
AREA METROPOLITANA	2			2
AUTO INDIANAPOLIS	1			1
CORPONOR	1			1
DESARROLLO	3			3
POLITICA W	1			1
SECRETARIA DE SALUD	2			2
UFPS	4			4
Total general	**37**	**7**	**16**	**60**

Nota. Elaboración propia

Como se dijo previamente la variable Ingreso por vehículo permite evaluar la generación de ingresos según el tipo de vehículo utilizado por cliente, estableciendo una relación directa entre la demanda del servicio y su impacto financiero. Durante el año 2024, Calidad Total SAS atendió a 54 requerimientos de transporte especial distribuidos en cuatro tipos de vehículos: automóviles (1), camionetas (33), volquetas (7) y camiones de carga mediana (13).

Del total de servicios prestados, las camionetas concentraron el 61,1 % de las solicitudes, lo que sugiere que esta categoría vehicular representa una fuente principal de ingresos para la empresa, especialmente en contratos institucionales, como los mantenidos con Aguas Kpital, Hospitales y entidades gubernamentales. Aguas Kpital, en particular, es un cliente estratégico

con 29 servicios distribuidos en tres tipos de vehículos, lo que evidencia su alta dependencia del servicio y su posible contribución significativa al ingreso total anual.

Los camiones de carga mediana, con 13 servicios, también tienen un rol relevante, especialmente en clientes que requieren soporte logístico o transporte de materiales, como AUTO INDIANAPOLIS y Aguas Kpital. Por su parte, las volquetas fueron utilizadas en 7 ocasiones, todas por Aguas Kpital, lo que indica que el ingreso generado por este tipo de vehículo puede estar concentrado en pocos contratos, pero con alta demanda puntual. Finalmente, los automóviles tienen una participación marginal (1 servicio), lo que refleja una baja rentabilidad o un uso muy específico en la operación.

Este análisis de la tabla 8 evidencia que el nivel de ingresos por vehículo está estrechamente vinculado al tipo de cliente y la frecuencia de uso, siendo necesario fortalecer la relación con clientes de alta demanda y revisar el rendimiento económico de aquellos vehículos con baja participación en la operación, a fin de optimizar la flota y maximizar la rentabilidad.

Tabla 9
Clientes de servicio de transporte Calidad Total SAS 2024

CLIENTE	***AUTOMOVIL***	***CAMIONETA***	***VOLQUETA***	***CAMION CARGA MEDIANA***	***Total general***
ADMINISTRATIVO (Back Up Operación)	1	9		1	11
AGUAS KPITAL		11	7	11	29
ALCALDIA DE GRAMALOTE		1			1
ALCALDIA DE LOS PATIOS		1			1
AREA METROPOLITANA		1			1
AUTO INDIANAPOLIS				1	1
BLUMONT		3			3
CORPONOR		1			1
GOBERNACION NORTE DE SANTANDER		1			1
HOSPITAL JUAN LUIS LONDOÑO		1			1
HOSPITAL VILLA DE ROSARIO		1			1
HOSPITAL ZULIA		2			2
UFPS		1			1
Total general	**1**	**33**	**7**	**13**	**54**

Nota. Elaboración propia

5. ***Costos tercerizados (Ct):***

Dentro del modelo operativo de la empresa Calidad Total SAS, uno de los componentes clave en la prestación del servicio de transporte especial es el uso de vehículos tercerizados. Esta modalidad se activa principalmente en contextos donde la demanda supera la capacidad instalada de la flota propia o cuando se requieren vehículos con características particulares no disponibles internamente.

El esquema de subcontratación se basa en la contratación de servicios vehiculares a través de proveedores externos, bajo la figura de pago por servicio. Este modelo implica que el contratista asume la totalidad de los costos operativos asociados al funcionamiento del vehículo, entre los cuales se destacan el mantenimiento preventivo y correctivo, el suministro de combustible, la contratación del conductor, los impuestos vehiculares, las pólizas de seguro, las sanciones y cualquier otro gasto derivado de la operación diaria. Este enfoque asegura que los

vehículos suministrados se mantengan en óptimas condiciones, toda vez que su disponibilidad y funcionamiento inciden directamente sobre el cumplimiento del contrato.

Durante el análisis del comportamiento de esta variable en el año 2024, se identificó que los vehículos con mayor frecuencia de contratación corresponden a camionetas doble cabina, utilizadas prioritariamente para el traslado de personal operativo y administrativo de los clientes. Estas unidades generaron un costo individual estimado de $3.500.000 por unidad. Adicionalmente, se registraron dos camiones de carga mediana bajo contrato fijo, destinados a operaciones continuas, los cuales representaron un costo mensual individual de $5.700.000.

Este comportamiento refleja una estrategia flexible que le permite a la empresa cubrir picos de demanda sin incurrir en inversiones adicionales en activos fijos. Sin embargo, este modelo también requiere una evaluación detallada en términos de eficiencia económica. En ese sentido, el análisis comparativo entre los costos de operación de la flota propia y los gastos derivados de la subcontratación se vuelve fundamental para la toma de decisiones estratégicas.

A continuación, se presenta la tabla 8 que detalla la composición de los vehículos tercerizados y los costos anualizados asociados:

Tabla 10
Costo De Vehículos Tercerizados Por Tipo

SUBCONTRATADO	***CANTIDAD***	***C.U***	***TOTAL***
CAMIONETA	47	$ 3.500.000	**$ 164.500.000**
CAR. MED.	2	$ 5.700.000	**$ 11.400.000**
TOTAL	**49**	**$ 175.900.000**	**$ 175.900.000**

Nota. Elaboración propia

Esta variable permite evaluar de forma objetiva la rentabilidad de cada modalidad de operación (propia vs. tercerizada), aportando información crítica para la planificación de

recursos, el dimensionamiento de la flota y la sostenibilidad financiera del servicio en el mediano y largo plazo.

Análisis de los resultados

Formulación del Modelo Matemático

Objetivo del modelo

El modelo matemático desarrollado tiene como objetivo principal minimizar los costos operativos, maximizar el uso de los vehículos propios y optimizar la asignación de vehículos según el tipo de contrato o cliente, en el marco de la prestación del servicio de transporte especial por parte de la empresa Calidad Total SAS.

Variables del modelo

1. **Tipo de vehículo (V)**: conjunto de tipos de vehículos disponibles (camioneta, camión carga mediana, volqueta, etc.).
2. **Índice de Utilización Vehicular (IUV)**: indicador calculado a partir de los kilómetros recorridos y la frecuencia de uso del vehículo durante el período analizado.
3. **Costo operativo por vehículo (CoV)**: suma de los costos por mantenimiento, combustible, depreciación, seguros y demás gastos operativos de cada unidad de la flota.
4. **Ingreso por servicio (I)**: valor generado por la prestación del servicio de transporte con cada vehículo.
5. **Costos tercerizados (Ct)**: valor pagado por la contratación de servicios de transporte con proveedores externos, cuando la flota propia no cubre la demanda.

Función Objetivo (Z)

La función objetivo (Z) del modelo propuesto busca maximizar la utilidad operativa neta de la empresa Calidad Total SAS, integrando de forma simultánea los ingresos generados por la flota, los costos asociados a la tercerización del servicio y los costos operativos de los vehículos

propios. Esta estructura responde a una lógica económica en la que el beneficio se calcula como el ingreso menos los costos, pero incorpora además una dimensión de eficiencia operativa mediante el Índice de Utilización Vehicular (IUV), el cual refleja el grado de aprovechamiento real de cada unidad de transporte frente a su potencial estimado.

En este contexto, el modelo contempla tres componentes principales: en primer lugar, los ingresos, que se representan mediante la sumatoria del valor generado por cada vehículo propio al ser asignado a un contrato; segundo: los costos tercerizados, entendidos como pagos efectuados a subcontratistas para suplir la demanda del servicio que la flota interna no alcanza a cubrir, los cuales se consideran costos fijos con tarifas plenas por servicio; y finalmente, los costos operativos de la flota propia, que comprenden elementos como mantenimiento, combustible, seguros y depreciación, los cuales son ajustados por el IUV para representar con mayor precisión el nivel de eficiencia alcanzado por cada vehículo.

Un aspecto diferenciador del modelo es la inclusión del parámetro lambda (λ), que actúa como un factor de ponderación entre la eficiencia de uso de los vehículos propios y los costos monetarios totales (operativos y tercerizados). Este parámetro permite ajustar el modelo de acuerdo con los objetivos estratégicos de la empresa: cuando λ toma valores bajos (por ejemplo, entre 0 y 0.4), el modelo prioriza la minimización de costos, prestando poca atención al uso de la flota interna; con valores intermedios (entre 0.5 y 0.7), se establece un equilibrio entre reducción de costos y aprovechamiento eficiente de los activos; y cuando λ se aproxima a 1, el modelo privilegia el uso intensivo de los vehículos propios, aun si ello implica asumir mayores costos en el corto plazo. Esta capacidad de ajuste convierte al modelo en una herramienta flexible y estratégica, que permite simular distintos escenarios de operación (flota propia, tercerizada o

mixta) y seleccionar aquel que ofrezca una mayor rentabilidad en función del contexto económico, la disponibilidad de recursos y la proyección de crecimiento de Calidad Total SAS.

Definición De Variables:

- ***i:*** Cantidad de vehículos
- ***J*:** Cantidad de Contratos
- ***V:*** Vehículo
- ***CoVi:*** Costo operativo por vehículo *i*
- ***Ctj:*** Costo tercerizado para el contrato
- ***Ii:*** Ingreso generado por tipo de vehículo *i*
- ***IUVi:*** Índice de utilización por vehículo *i*
- **λ**: El parámetro λ se define como resultado de la interacción entre las condiciones financieras y las metas operativas de la organización, adoptando un valor de 1/60, correspondiendo a los 60 meses del horizonte de financiamiento para la adquisición de un vehículo nuevo según política interna. Este criterio permite alinear la amortización del activo con el proceso de adquisición total del mismo, incentivando el uso intensivo de los vehículos propios frente a los tercerizados en contratos de mayor duración.

  De esta forma, λ actúa como un factor que equilibra la eficiencia operativa con la rentabilidad total del sistema. Un valor de λ (≈1) asegura que la compañía aproveche al máximo su flota propia, lo que incrementa el retorno de la inversión y disminuye la dependencia de proveedores externos, sin comprometer el control de los costos operativos. Así, el parámetro no solo tiene un fundamento matemático, sino también estratégico, pues integra la lógica del financiamiento con la necesidad de mantener una operación eficiente**.**
- **d*j*** Demanda por contrato ***j***

Función Lineal Para Minimizar Costos

$$\boldsymbol{Maximizar\ Z = \sum_{i=1}^{n} Ii - \left(\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} CoVi}{\lambda \sum_{i=1}^{n} IUVi} \right) + \sum_{j=1}^{p} Ctj \right)}$$

Restricciones del Modelo

1. **Asignación de vehículos según demanda por contrato**

Para cada contrato se asignarán vehículos que satisfagan la demanda, ya sean propios o tercerizados. En consecuencia, se establece que la suma de los vehículos i asignados a los contratos j debe ser mayor o igual al nivel de demanda correspondiente.

$$\boldsymbol{\sum_{i=1}^{n} V_i j + \sum_{i=1}^{n} Vti,j \ \geq \ d_j \ \forall j}$$

Vij: cantidad de vehículos propios del tipo i asignados al contrato j

Vtij: cantidad de vehículos tercerizados del tipo i asignados al contrato j

dj: demanda del contrato j (número de vehículos requeridos)

2. **Disponibilidad máxima de vehículos propios**

La siguiente restricción es estricta en el uso de los vehículos propios.

$$\boldsymbol{\sum_{i=1}^{n} Vij \ \leq Disponibilidad\ i\ \forall i}$$

4. **Cálculo del índice de utilización vehicular**

$$\boldsymbol{IUVi = \frac{\mathbf{Di}}{\mathbf{Fi}}\ \forall i}$$

Donde:

- ***Di:*** Distancia total recorrida en Km por vehículo *i*
- ***Fi:*** Distancia técnica teórica recorrida en Km por vehículo *i*.

5. **No negatividad y enteros**

Los vehículos propios como terceros estarán disponibles para el cumplimento del servicio

$$\boldsymbol{Vij, Vtij} \in \mathbf{Z} \geq \mathbf{0}$$

Esta formulación proporciona una base cuantitativa para la toma de decisiones estratégicas en la operación de transporte de Calidad Total SAS, permitiendo simular escenarios de asignación de recursos, analizar la eficiencia del uso de la flota y estimar los beneficios de reducir la tercerización en la prestación del servicio.

Restricción de presupuesto

Si se desea incluir una limitación financiera que represente el presupuesto máximo disponible para tercerización o mantenimiento, se puede agregar esta restricción:

$$\sum_{j=1}^{p} Ctj + \sum_{i=1}^{n} CoVi \leq Presupuesto\ Total$$

El análisis financiero evidencia que, ha consolidado una práctica de reinversión orientada a fortalecer infraestructura y parque automotor, complementada con la reducción de pasivos que favorece la autofinanciación**,** aunque la empresa no dispone de políticas formales sobre la liquidación de utilidades**.** En este sentido, las restricciones presupuestarias del modelo resultan consistentes, ya que reflejan la realidad operativa en cuanto a capacidad, demanda y

disponibilidad de recursos. Sin embargo, considerar una flexibilización en los topes de endeudamiento permitiría simular escenarios donde un mayor acceso a capital en el corto **plazo generaría** oportunidades para acelerar inversiones estratégicas.

Análisis de Escenarios

Con el objetivo de evaluar el desempeño operativo y financiero de la empresa Calidad Total SAS bajo diferentes configuraciones de flota, se realizó un análisis de escenarios utilizando el software R Studio. Este análisis se fundamenta en los datos recopilados durante el diagnóstico realizado para el año 2024, correspondiente al período comprendido entre el 1 de enero y el 31 de diciembre. A partir de esta línea base, se diseñaron y simularon cuatro escenarios estratégicos que modifican la proporción entre vehículos propios y tercerizados, permitiendo explorar su impacto en la utilidad operativa, los costos y el nivel de eficiencia del servicio. Los escenarios contemplan desde la situación actual de la flota, hasta alternativas como una flota propia dominante, una tercerización masiva o una modernización tecnológica. Los resultados obtenidos brindan insumos clave para la toma de decisiones a futuro, y se presentan en la tabla 11 siguiente.

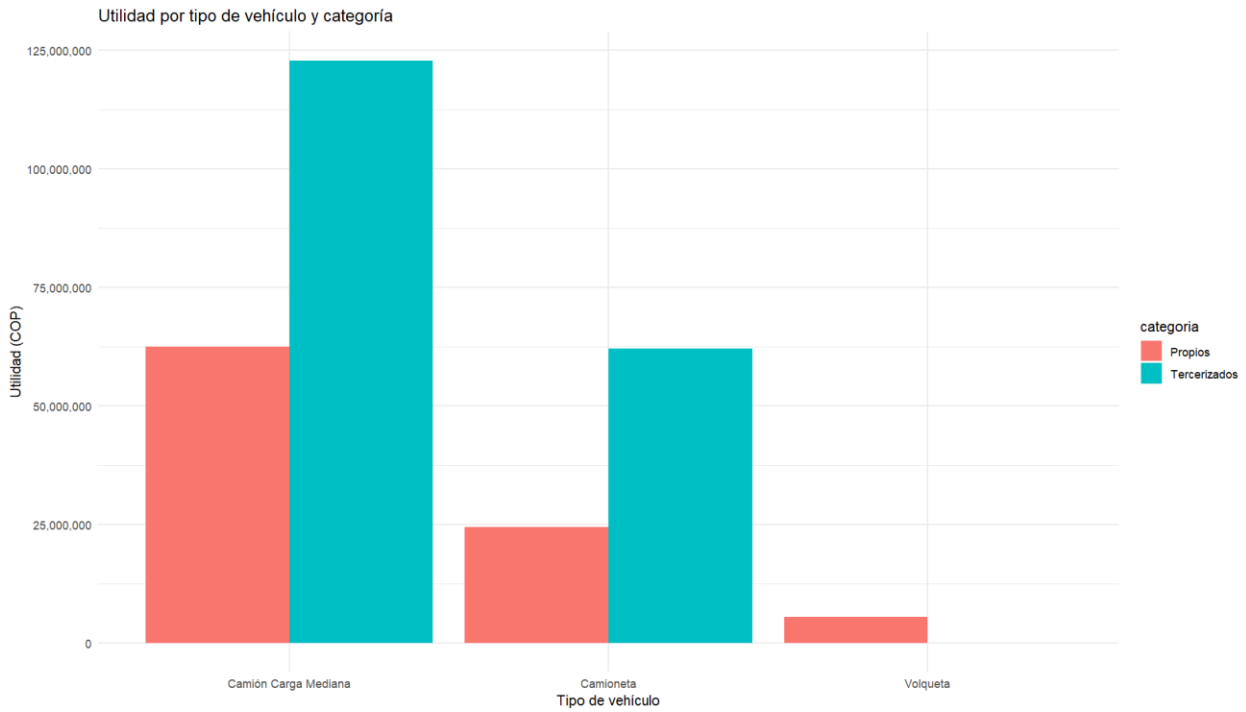
Tabla 11
Escenarios Consolidados

TIPO VEHICULO	*CARACTERIZACION*	*ESC AC*	*ESC PM*	*ESC TM*	*ESC MT*
CAMIONETAS	***PROPIOS***	***35***	***70***	***12***	***35***
	TERCERIZADOS	***47***	***12***	***70***	***47***
	IUV	***0.47***	***0.47***	***0.47***	***0.47***
CAR. MED.	***PROPIOS***	***11***	***13***	***2***	***11***
	TERCERIZADOS	***2***	***0***	***11***	***2***
	IUV	***0.72***	***0.72***	***0.72***	***0.72***
VOLQUETAS	***PROPIOS***	***7***	***7***	***0***	***7***
	TERCERIZADOS	***0***	***0***	***7***	***0***
	IUV	***0.94***	***0.94***	***0.94***	***0.94***
LAMBDA		***0.9***	***0.9***	***0.9***	***0.9***
UTILIDAD OPERACIONAL		***$ 277.154.115***	***$ 216.000.530***	***$ 252.015.380***	***$ 345.684.454***

Nota. Elaboración propia

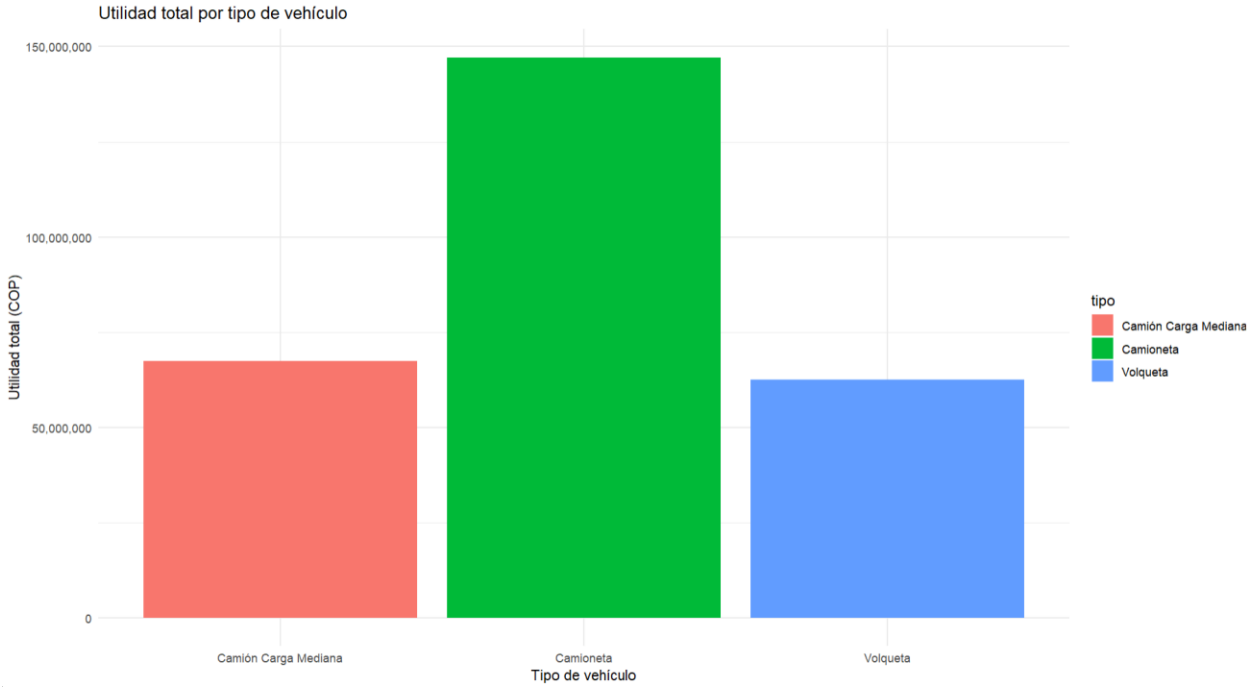
Escenario 1 Actual (ESC AC): Este escenario refleja la configuración operativa vigente de la empresa Calidad Total SAS en la vigencia 2024, compuesta por una flota de 35 camionetas, 11 camiones de carga mediana y 7 volquetas propias, complementada con 47 camionetas y 2 camiones tercerizados. Este equilibrio permite satisfacer la demanda operativa con un Índice de Utilización Vehicular (IUV) calculado con la fórmula de la descripción de variables, alcanzando una utilidad operacional de **$277.154.115**. Este valor actúa como línea base para comparar la viabilidad y eficiencia de escenarios futuros.

Figura 7
Utilidad Total Por Categoría ESC – C



Nota. Elaboración propia

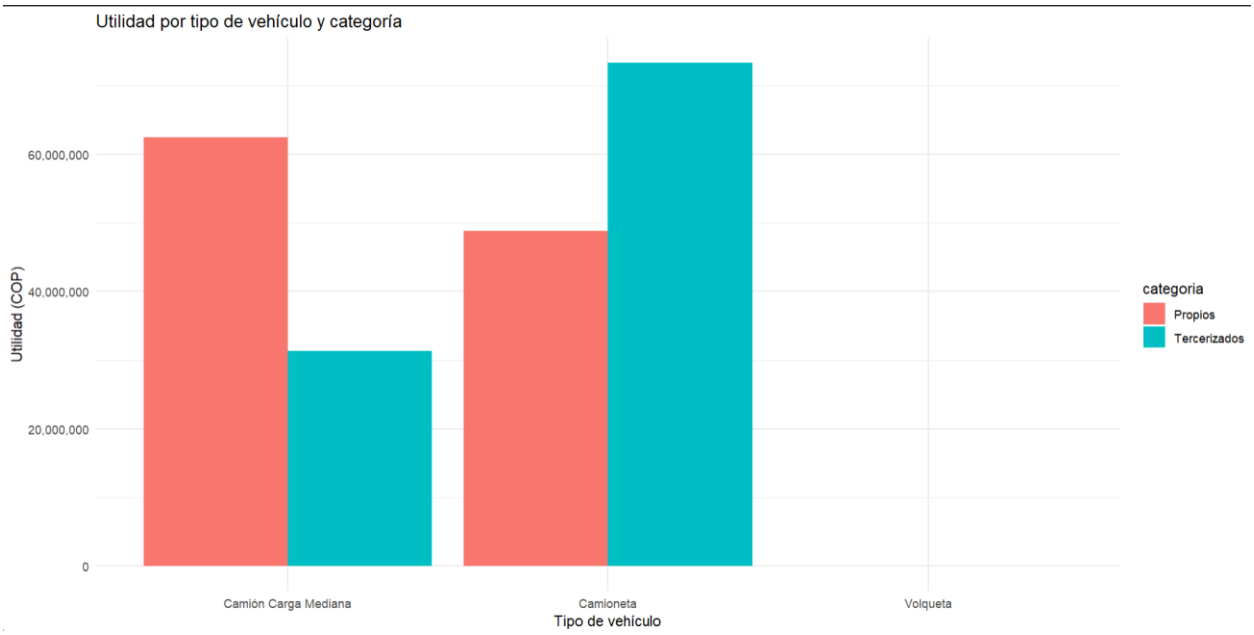
Figura 8
Utilidad Total Por Tipo De Vehiculo ESC - AC



Nota. Elaboración propia

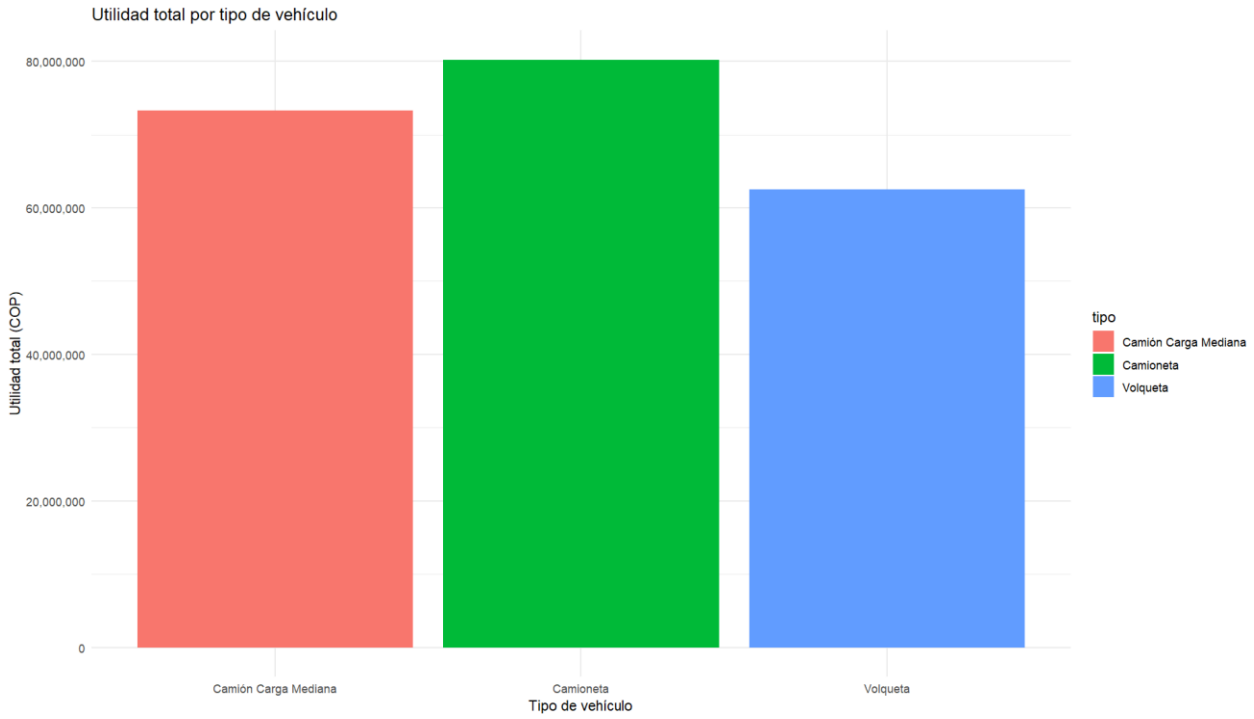
Escenario 2 - Flota Propia Priorizada (ESC PP). En este escenario se propone una inversión en activos propios, aumentando la cantidad de vehículos propios a 70 camionetas y 13 camiones de carga mediana, eliminando completamente los vehículos tercerizados para estos tipos. Aunque la dependencia externa disminuye, los altos costos de operación de la flota propia y la reducción en eficiencia general resultan en una menor utilidad operacional de **$216.000.530**, evidenciando que una expansión sin un análisis de rentabilidad y eficiencia operativa no necesariamente mejora los resultados financieros.

Figura 9
Utilidad Total Por Categoría ESC - PP



Nota. Elaboración propia

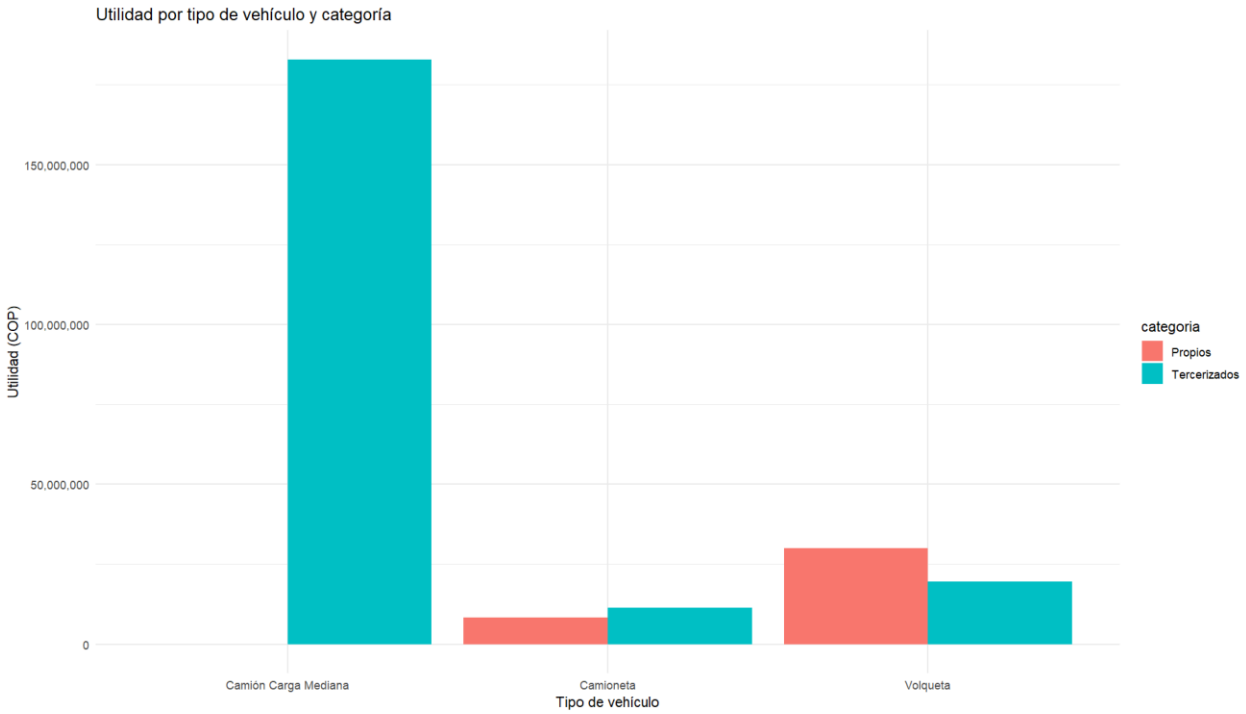
Figura 10
Utilidad Total Por Tipo De Vehículo ESC - PP



Nota. Elaboración propia

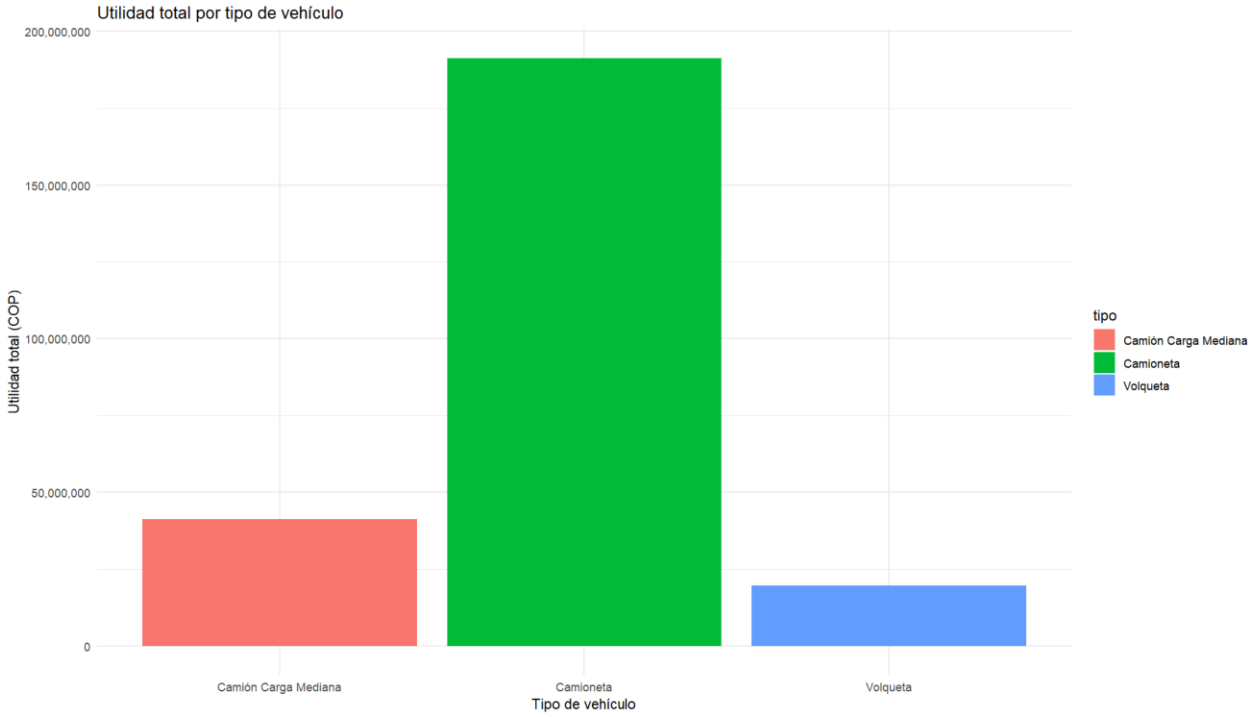
Escenario 3: de Tercerización Priorizada (ESC TM). Esta proyección invierte la estrategia anterior, reduciendo los vehículos propios a 12 camionetas, 2 camiones, y aumentando los tercerizados a 70 camionetas y 11 camiones. La eliminación de volquetas propias es compensada con tercerización completa en esta categoría. Esta estrategia representa una alta dependencia de servicios externos, y aunque reduce los costos fijos por propiedad, también se incrementan los costos tercerizados. La utilidad resultante es de **$252.015.380**, una mejora frente a la flota propia mayoritaria, pero aún inferior al escenario actual, lo que indica que la tercerización masiva no es óptima a largo plazo.

Figura 11
Utilidad Total Por Categoría ESC - TM



Nota. Elaboración propia

Figura 12
Utilidad Total Por Tipo De Vehículo ESC - TM

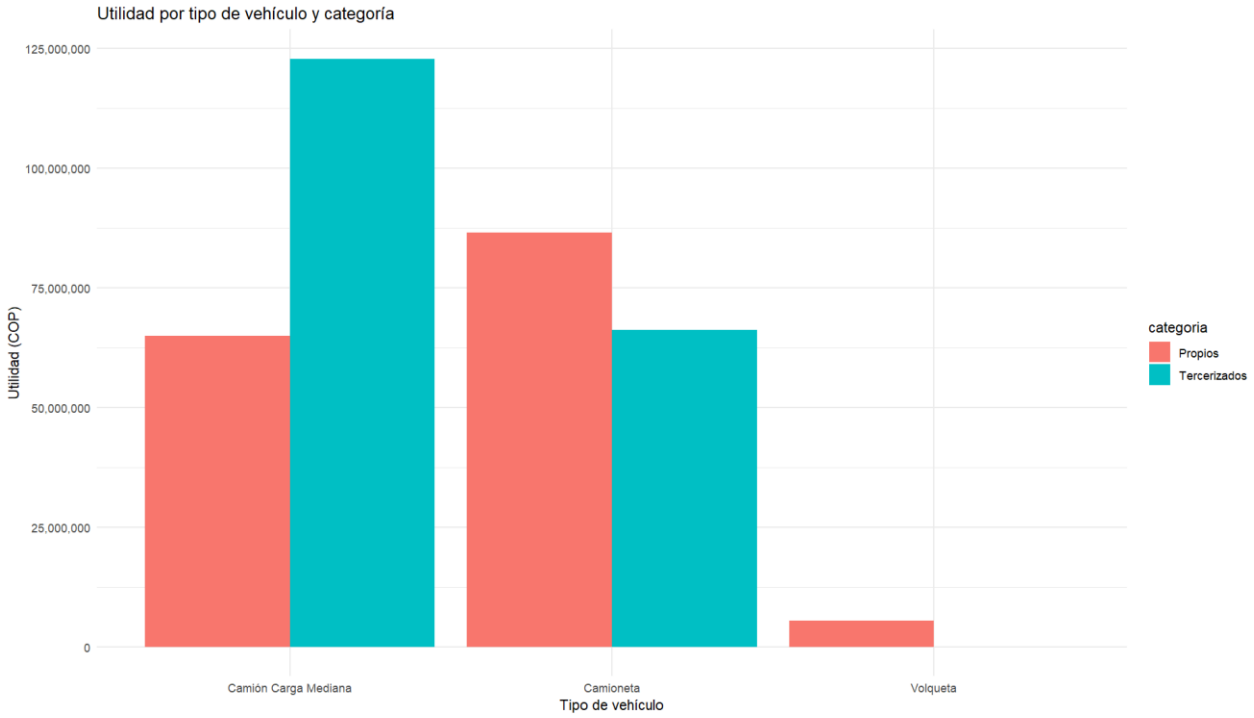


Nota. Elaboración propia

Escenario 4 - de Mejora Tecnológica (ESC MT). En este escenario se mantiene la configuración actual de vehículos: 35 camionetas, 11 camiones de carga mediana y 7 volquetas propias, junto con 47 camionetas y 2 camiones tercerizados. Sin embargo, se simula una inversión estratégica en renovación o modernización de la flota propia, lo cual reduce los costos operativos unitarios gracias a la incorporación de tecnologías más eficientes. Según los datos utilizados, los costos mensuales de operación por vehículo propio se estiman en $2.508.000 para camionetas, $3.234.000 para camiones de carga mediana y $4.254.000 para volquetas. A pesar de mantener constante el Índice de Utilización Vehicular (IUV), esta reducción en los costos propios mejora significativamente la rentabilidad del modelo. Como resultado, se alcanza una utilidad operacional de $345.684.454, la más alta de todos los escenarios evaluados. Este resultado evidencia que, más allá de aumentar o disminuir la cantidad de vehículos, la eficiencia

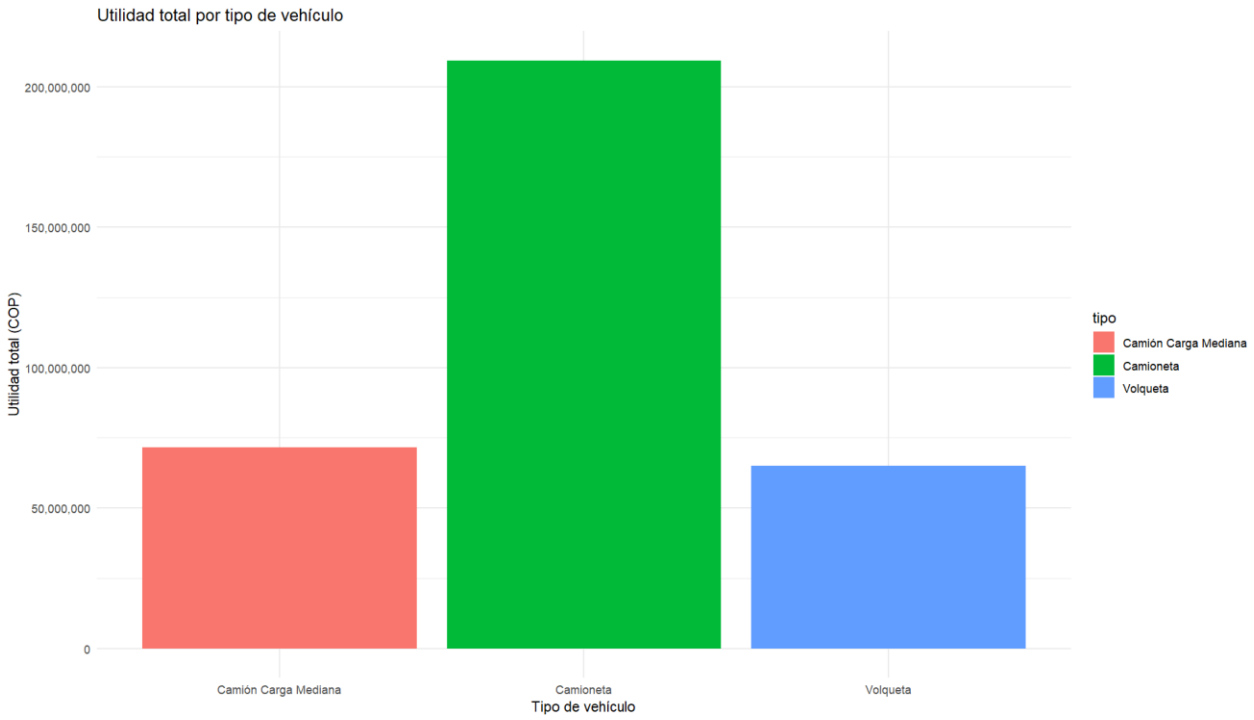
tecnológica y el rendimiento operativo de la flota tienen un impacto directo y significativo en la rentabilidad del servicio, haciendo de esta estrategia la más sostenibles y competitivas para Calidad Total SAS.

Figura 13
Utilidad Total Por Categoría ESC - MT



Nota. Elaboración propia

Figura 14
Utilidad Total Por Tipo De Vehículo ESC - MT

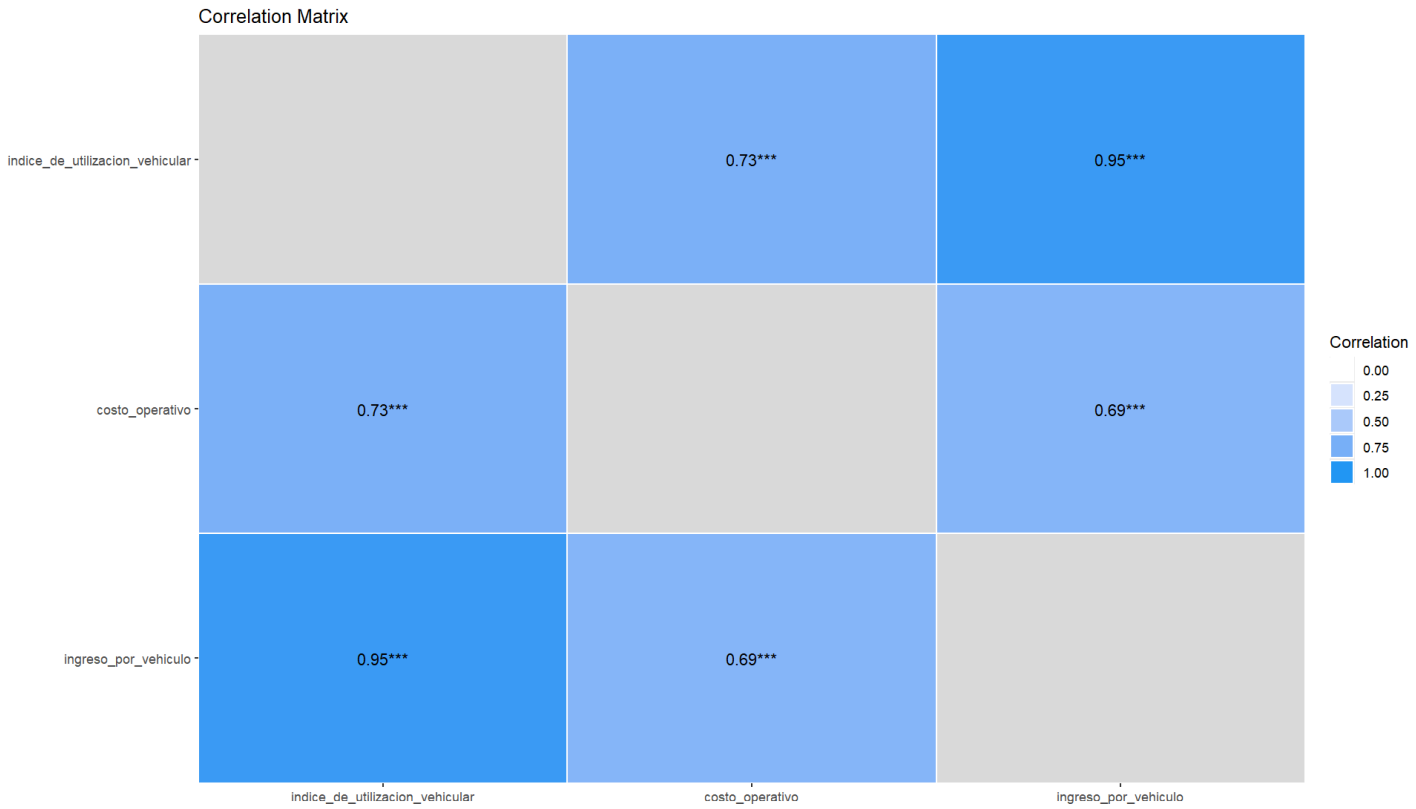


Nota. Elaboración propia

Análisis de correlación de variables:

El análisis de correlación de las variables clave se centra en la visualización de las relaciones lineales del conjunto de datos: La matriz de correlación representada con un mapa de calor que representa; índice de utilización vehicular, costo operativo e ingreso por vehículo, representadas a través de una matriz de correlación. Este gráfico permite identificar de manera intuitiva y cuantitativa la fuerza y dirección de las asociaciones bivariadas, facilitando una comprensión inicial de cómo estas métricas se interrelacionan. A continuación, se examinarán los coeficientes de correlación de Pearson y su significancia estadística para cada par de variables, revelando patrones que son fundamentales para entender la dinámica operativa y financiera del contexto analizado.

Figura 15
Coeficientes de correlación de Pearson en variables clave



Nota. Elaboración propia

En la revisión detallada de la matriz de correlación revela relaciones consistentemente positivas y estadísticamente significativas entre todas las variables. Destaca particularmente la correlación de 0.95* entre el índice de utilización vehicular y el ingreso por vehículo, indicando una asociación casi directa y muy fuerte: un aumento en la utilización vehicular se traduce de forma contundente en un incremento sustancial del ingreso por vehículo. Así mismo, se observa una fuerte correlación de 0.73* entre el índice de utilización vehicular y el costo operativo, sugiriendo que una mayor actividad (utilización) naturalmente conlleva a mayores costos operativos. Finalmente, la relación entre el costo operativo y el ingreso por vehículo también es positivamente relacional, con un coeficiente de 0.69*, lo que implica que, aunque los costos

operativos aumenten, estos están asociados a un incremento simultáneo en los ingresos. Estos hallazgos sugieren una operación donde la optimización de la utilización vehicular es el motor principal para generar ingresos, si bien esta mayor actividad también se ve reflejada en un aumento de los costos.

Plan de Intervención

El presente plan tiene como propósito fortalecer la operación del servicio de transporte especial de Calidad Total SAS, respondiendo directamente a los hallazgos obtenidos durante el diagnóstico integral. A partir de este análisis, se identificaron oportunidades clave para mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y aumentar la capacidad de toma de decisiones estratégicas a través del uso estructurado de datos confiables.

La Alta Gerencia y la Junta Directiva de Calidad Total SAS; tienen un firme compromiso en la ejecución del plan de intervención presentado en este documento, teniendo en cuenta que se perciben los beneficios económicos, y organización en la prestación del servicio especial, así como control de costos y una ruta estratégica sugerida en el desarrollo del modelo de negocio.

En este sentido, el plan sugiere una hoja de ruta clara y viable, que incluye la actualización de procesos internos, incorporación de soluciones tecnológicas, profesionalización en la gestión de datos operativos y una renovación progresiva del parque automotor. Todo ello orientado a consolidar un modelo de operación más eficiente, sostenible y competitivo.

La propuesta busca diseñar e implementar un esquema de optimización estructurado que equilibre de manera estratégica el uso de flota propia y tercerizada, a partir de un enfoque basado en evidencia y análisis cuantitativo. Así, se espera avanzar hacia una prestación del servicio más efectiva, ajustada a las necesidades del mercado y alineada con los objetivos de sostenibilidad y crecimiento de la organización, el cual se diseñó en fases para tener una implementación real y ajustada a la realidad.

La ruta se desarrolla en 6 fases que comprenden desde el diagnostico, hasta su implementación y monitoreo. Y se explican a continuación:

Fase 1: Diagnóstico y recolección estructurada de información

Fortalecer la calidad y disponibilidad de los datos operativos como fundamento para la toma de decisiones, mediante la actualización de formatos y estandarización de los procedimientos de recolección de datos.

Responsable: Área de Procesos de Calidad y Área de Transporte.

Indicadores:

$$\text{Indicador } = \frac{\text{Nº de formatos actualizados}}{\text{Nº total de formatos existentes}} \times 100$$

Meta 1: 100% de cumplimiento en el primer trimestre.

$$Indicador = \frac{\text{Nº de formatos operativos actualizados}}{\text{Nº total de formatos existentes}}$$

Meta 2: 2 auditorías por trimestre con mínimo 80% de cumplimiento.

$$Indicador = \frac{Nº\ de\ personas\ sensibilizadas\ sobre\ la\ importancia\ de\ la\ información}{Nº\ total\ de\ personal\ operativo\ y\ administrativo}$$

Meta 3: 100% del personal involucrado en el proceso

$$Indicador = \frac{\text{Nº de auditorías cumplidas con } \geq 80\% \text{ de cumplimiento}}{\text{Nº total de auditorías realizadas}}$$

Meta 4: 2 de 2 auditorías por trimestre con mínimo 80% de cumplimiento

Actividades:

Actualizar los formatos de recolección de datos, integrando variables clave como kilometraje, tiempos de servicio, tiempos de parada, consumo de combustible, frecuencia de uso, cumplimiento de mantenimientos y asignación por contrato.

Estandarizar el uso de formatos en todas las operaciones a través de instructivos actualizados y procedimientos operativos definidos en el sistema de calidad.

Realizar sesiones de sensibilización con personal operativo y administrativo sobre la importancia de la información para la gestión estratégica.

Realizar auditorías internas de verificación del diligenciamiento correcto de los formatos durante al menos dos ciclos mensuales.

Fase 2: Implementación de software administrativo con dashboards

Integrar herramientas tecnológicas para la gestión, visualización y análisis de datos operativos que soporten la planeación y control del servicio.

Responsable: Junta Directiva; Gerente General; Tesorería y Finanzas; y Transporte.

Indicadores:

$$Indicador = \frac{\text{Nº de procesos Implementados}}{\text{Nº total de procesos operativos clave}}$$

Meta 1: 100% de la implementación del software seleccionado.

$$Indicador = \frac{\text{Nº de reportes generados automáticamente}}{\text{Nº total de reportes operativos requeridos}}$$

Meta 2: 80% de reportes automatizados en el segundo trimestre:

$$Indicador = \frac{\text{Nº de funcionarios capacitados en software}}{\text{Nº total del equipo administrativo}}$$

Meta 3: 100% capacitado antes de la implementación general

$$Indicador = \frac{\text{Nº de sedes con software implementado}}{\text{Nº total de sedes planificadas para el piloto}}$$

Actividades:

Seleccionar e implementar un software especializado en gestión de transporte que permita el registro digital, trazabilidad en tiempo real y generación automática de indicadores (KPI).

Configurar dashboards que visualicen información operativa crítica como estado de la flota, índice de utilización, alertas de mantenimiento, cumplimiento de rutas, entre otros.

Capacitar al equipo administrativo en el uso del software, asegurando su dominio en la alimentación y análisis de datos.

Fase 3: Análisis y aplicación del modelo matemático de optimización

Utilizar modelos cuantitativos como herramienta de soporte para decisiones de planificación estratégica del parque automotor.

Responsable: Área de Transporte.

Indicadores:

$$Indicador = \frac{\text{Nº de variables reales incorporadas}}{\text{Nº total de variables estimadas del modelo}}$$

Meta 1: Alcanzar un 95% de ajuste entre los datos del modelo y la operación real.

$$Indicador = \frac{\text{Nº de escenarios simulados}}{\text{Nº de escenarios planeados}}$$

Meta 2: 3 de 3 escenarios simulados correctamente.

$$Indicador = \frac{\text{Nº de presentaciones de resultados realizadas}}{\text{Nº de presentaciones trimestrales}}$$

programadas.

Meta 3: 1 por trimestre ante alta dirección.

Actividades:

Evaluar el modelo matemático desarrollado (lineal, de optimización de flota) con datos reales validados.

Ejecutar simulaciones de escenarios alternativos (uso exclusivo de flota propia, aumento de tercerización, renovación tecnológica, etc.) para determinar impactos en la utilidad operativa.

Presentar los resultados en formato gráfico y numérico a la alta dirección para facilitar la interpretación y toma de decisiones.

Fase 4: Capacitación al personal en gestión basada en datos

Fortalecer las capacidades internas para el uso, análisis y aprovechamiento estratégico de la información operativa que permita una toma de decisiones acertada y en tiempo real.

Responsable: Área de Talento Humano, Área de Transporte; Seguridad y Salud en el Trabajo.

Indicadores:

$$Indicador = \frac{\text{Nº de funcionarios capacitados}}{\text{Nº total de funcionarios convocados}} \text{ X } 100$$

Meta 1: Capacitar al 100% del personal administrativo y operativo programado.

$$Indicador = \frac{\text{Nº de trabajadores con desempeño } \geq 80\% \text{ en pruebas}}{\text{Nº total de trabajadores}}$$

Meta 2: 80% del personal alcanza el nivel esperado.

Actividades:

Diseñar módulos de capacitación teóricos y prácticos para la toma de decisiones gerenciales basadas en datos

Evaluar el nivel de apropiación del conocimiento mediante ejercicios prácticos de validación de datos.

Fase 5: Reposición y modernización progresiva del parque automotor

Garantizar una transición gradual hacia una flota más eficiente, moderna y alineada con las condiciones operativas actuales, priorizando criterios de rentabilidad, eficiencia energética y sostenibilidad.

Responsable: Junta Directiva; Gerente General; Tesorería y Finanzas; y Transporte; Procesos de Calidad.

Indicadores:

$$Indicador = \frac{\text{Nº de tipos de vehículos analizados}}{\text{Nº total de tipos de vehículos existentes}}$$

Meta 1: 100% de los tipos de vehículos evaluados en el trimestre.

$$Indicador = \frac{\text{Nº de vehículos renovados}}{\text{Nº total de vehículos planificados para renovación.}}$$

Meta 2: 25% del parque en primer año de ejecución.

$$Indicador = \frac{\text{Reducción en el costo operativo promedio por km}}{\text{Costo promedio base año 0}}$$

Meta 3: Reducción del 15% frente al año base (2024)

$$Indicador = \frac{\text{Total emisiones } CO_2 \text{ mensuales}}{\text{Nº total de vehículos operativos}}$$

Meta 4: Establecer la línea base de huella de carbono en el primer trimestre y reducir en un 10% las emisiones promedio por vehículo al finalizar el primer año de implementación.

Actividades:

Realizar un análisis de costo-beneficio para cada tipo de vehículo con base en su historial de costos operativos.

Elaborar un cronograma plurianual de renovación, priorizando las unidades con mayores índices de fallas o costos.

Establecer alianzas con proveedores de vehículos para facilitar el acceso a tecnologías eficientes y a mejores condiciones de adquisición integrando términos de adquisición que permita estandarizar mantenimientos reduciendo costos y maximizando rendimientos.

Implementar un sistema de monitoreo y cálculo de la huella de carbono generado por la operación de la flota vehicular, con base en los consumos de combustible y tipo de vehículo, como parte del compromiso con la sostenibilidad ambiental.

Fase 6: Monitoreo, seguimiento y control

Establecer mecanismos permanentes de revisión y retroalimentación sobre los resultados del servicio con base en la información recopilada.

Responsable: Área de Transporte; Tesorería y Finanzas.

Indicadores:

$$Indicador = \frac{\text{Nº de reuniones ejecutadas}}{\text{Nº de reuniones programadas}}$$

Meta1: realizar el 100% de las revisiones mensuales durante el primer año.

Indicador = Número de mejoras implementadas por retroalimentación operativa

Meta 2: Al menos 1 ajuste mensual significativo

Actividades:

Establecer un protocolo de revisión mensual de indicadores por parte de la dirección de operaciones y la gerencia, mediante informes ejecutivos de desempeño.

Ajustar las estrategias operativas según los hallazgos de los informes periódicos.

El plan de intervención propuesto brinda una ruta clara, viable y sustentada en análisis cuantitativos para que Calidad Total SAS optimice su operación. Al integrar tecnología, análisis predictivo y gestión eficiente de activos, la empresa podrá mantenerse competitiva y sostenible en el mercado del transporte especial.

Tabla 12
Cronograma por Actividades

Fase	Objetivo	Estrategia	Actividades Clave	Duración Estimada	Indicador	Meta
Diagnóstico y recolección estructurada de información	Establecer las bases para el rediseño operativo mediante la revisión de formatos y procedimientos.	Fortalecer la calidad y disponibilidad de los datos operativos como fundamento para la toma de decisiones, mediante la actualización de formatos y estandarización de los procedimientos de recolección de datos.	Actualizar los formatos de recolección de datos.	1 Trimestre	Indicador = (Nº de formatos actualizados / Nº total de formatos existentes) × 100	100% de los formatos actualizados al finalizar el trimestre.
			Estandarizar el uso de formatos en todas las operaciones	1 Trimestre	Nº de formatos operativos actualizados / Nº total de formatos existentes	100% actualizados al finalizar el primer trimestre
			Realizar sesiones de sensibilización con personal operativo y administrativo	1 Trimestre	Nº de personas sensibilizadas sobre la importancia de la información / Nº total de personal operativo y administrativo	100% del personal involucrado en el proceso
			Realizar auditorías internas	Cada trimestre	Nº de auditorías cumplidas con ≥80% de cumplimiento / Nº total de auditorías realizadas	2 de 2 auditorías por trimestre con mínimo 80% de cumplimiento
Implementación de software administrativo con dashboards	Implementar un sistema administrativo digital con tableros y automatización de reportes.	Integrar herramientas tecnológicas para la gestión, visualización y análisis de datos operativos que soporten la planeación y control del servicio	Implementar un software especializado en gestión de transporte	1 Trimestre	Nº de procesos Implementados / Nº total de procesos operativos clave	100% de la implementación del software seleccionado.
			Configurar dashboards	Mensual	Nº de reportes generados automáticamente / Nº total de reportes operativos requeridos	80% de reportes automatizados en el segundo trimestre

Fase	Objetivo	Estrategia	Actividades Clave	Duración Estimada	Indicador	Meta
			Capacitar al equipo administrativo en el uso del software.	Mensual	Nº de funcionarios capacitados en software / Nº total del equipo administrativo	100% capacitado antes de la implementación general
Análisis y aplicación del modelo matemático de optimización	Aplicar el modelo matemático para evaluar escenarios y configurar la flota óptima.	Utilizar modelos cuantitativos como herramienta de soporte para decisiones de planificación estratégica del parque automotor.	Evaluar el modelo matemático desarrollado.	Cada 4 Trimestres	Nº de variables reales incorporadas / Nº total de variables estimadas del modelo	Alcanzar un 95% de ajuste entre los datos del modelo y la operación real.
			Ejecutar simulaciones de escenarios alternativos.	1 Trimestre	Nº de escenarios simulados / Nº de escenarios planeados	3 de 3 escenarios simulados correctamente
			Presentar los resultados en formato gráfico y numérico a la alta dirección.	Mensual	Nº de presentaciones de resultados realizadas / Nº de presentaciones trimestrales programadas	1 por trimestre ante alta dirección
Capacitación al personal en gestión basada en datos	Fortalecer capacidades del personal para gestionar herramientas tecnológicas y datos.	Fortalecer las capacidades internas para el uso, análisis y aprovechamiento estratégico de la información operativa que permita una toma de decisiones acertada y en tiempo real.	Diseñar módulos de capacitación teóricos y prácticos sobre lectura de dashboards, uso del software, análisis de indicadores y gestión por datos.	1 Trimestre	(Nº de funcionarios capacitados / Nº total de funcionarios convocados) × 100	Capacitar al 100% del personal administrativo y operativo programado.
			Evaluar el nivel de apropiación del conocimiento.	Cada 2 Trimestres	Nº de trabajadores con desempeño ≥80% en pruebas / Nº total de trabajadores evaluados	80% del personal alcanza el nivel esperado

Fase	Objetivo	Estrategia	Actividades Clave	Duración Estimada	Indicador	Meta
Reposición y modernización progresiva del parque automotor	Actualizar la flota vehicular para mejorar el rendimiento y reducir costos operativos.	Garantizar una transición gradual hacia una flota más eficiente, moderna y alineada con las condiciones operativas actuales, priorizando criterios de rentabilidad, eficiencia energética y sostenibilidad.	Realizar un análisis de costo-beneficio para cada tipo de vehículo.	4 Trimestres	Nº de tipos de vehículos analizados / Nº total de tipos de vehículos existentes	100% de los tipos de vehículos evaluados en el trimestre.
			Elaborar un cronograma plurianual de renovación.	4 Trimestres	Nº de vehículos renovados / Nº total de vehículos planificados para renovación	25% del parque en primer año de ejecución
			Establecer alianzas con proveedores de vehículos.	Mensual	Reducción en el costo operativo promedio por km / Costo promedio base año 0	Reducción del 15% frente al año base (2024)
Monitoreo, seguimiento y control	Asegurar el seguimiento de indicadores clave y aplicar mejoras continuas al sistema.	Establecer mecanismos permanentes de revisión y retroalimentación sobre los resultados del servicio con base en la información recopilada.	Establecer un protocolo de revisión mensual de indicadores por parte de la dirección de operaciones y la gerencia.	Mensual	Nº de reuniones ejecutadas / Nº de reuniones programadas	Realizar el 100% de las revisiones mensuales durante el primer año.
			Ajustar las estrategias operativas.	Mensual	Número de mejoras implementadas por retroalimentación operativa	Al menos 1 ajuste mensual significativo

Nota. Elaboración propia

El plan de intervención diseñado para Calidad Total SAS contempla una ruta estructurada de seis fases orientadas a la optimización del servicio de transporte especial. No obstante, su implementación está expuesta a diversos riesgos que podrían afectar el cumplimiento de los objetivos planteados. Por ello, se elaboró una matriz de riesgos que permite anticipar posibles obstáculos, evaluando su probabilidad e impacto, y estableciendo estrategias de mitigación para garantizar la eficiencia, sostenibilidad y viabilidad del proceso. En este sentido, la matriz se convierte en una herramienta clave para la toma de decisiones gerenciales, al ofrecer una visión integral de los factores críticos que pueden incidir en la operación, facilitando la priorización de acciones estratégicas y asegurando que cada fase del plan aporte al fortalecimiento competitivo y al crecimiento sostenible de la organización.

Tabla 13
Mapa de riesgos del plan de intervención

Fase	Riesgo	Probabilidad	Impacto	Nivel de Riesgo	Control del riesgo
1. Diagnóstico y recolección de información	Resistencia del personal al diligenciamiento de formatos estandarizados.	Media	Alta	Alto	Sensibilización, capacitación inicial y seguimiento con auditorías.
	Calidad deficiente de los datos recolectados por falta de control.	Alta	Media	Alto	Implementar controles cruzados y auditorías periódicas para garantizar la calidad de la información.
2. Implementación de software administrativo con dashboards	Retrasos en la selección e implementación del software por falta de recursos.	Media	Alta	Alto	Definir presupuesto aprobado y cronograma realista con proveedor.
	Baja adopción del software por parte del personal administrativo.	Alta	Media	Bajo	Capacitación intensiva, pilotos en fases y acompañamiento post-implementación.
	Fallas técnicas en la integración con procesos actuales.	Media	Alta	Medio	Prueba piloto, soporte técnico del proveedor y plan de contingencia manual.
3. Aplicación del modelo matemático de optimización	El modelo no refleja adecuadamente la realidad operativa.	Media	Alta	Alto	Ajuste iterativo del modelo con retroalimentación de datos reales.
	Dificultades en la interpretación de resultados por parte de la gerencia.	Media	Media	Medio	Presentaciones ejecutivas con visualizaciones claras y capacitación en lectura de escenarios.
4. Capacitación en gestión basada en datos	Bajo compromiso del personal para asistir a las capacitaciones.	Alta	Media	Alto	Programar capacitaciones dentro de la jornada laboral y establecer incentivos de participación.

	Brechas en la apropiación de competencias digitales.	Media	Alta	Alto	Diseñar módulos diferenciados (básico-avanzado) y reforzar con acompañamiento práctico.
5. Reposición y modernización del parque automotor	Limitaciones financieras para renovación de flota.	Alta	Alta	Medio	Gestión de alianzas con proveedores, leasing vehicular y renovación escalonada.
	Fallas en la negociación con proveedores estratégicos.	Media	Alta	Alto	Establecer procesos de licitación transparente y diversificar proveedores.
	Retraso en la disponibilidad de vehículos nuevos.	Media	Media	Medio	Planificar con tiempo, establecer contratos con cláusulas de cumplimiento.
6. Monitoreo, seguimiento y control	Falta de continuidad en la revisión periódica de indicadores.	Media	Alta	Alto	Definir responsables fijos y generar informes.
	No implementación de mejoras derivadas de la retroalimentación.	Media	Alta	Alto	Establecer compromisos de mejora en cada reunión y seguimiento trimestral.

Nota. Elaboración propia

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

El análisis conceptual realizado permitió consolidar una base sólida para comprender los modelos de optimización aplicables al transporte especial. Se demostró que la implementación de modelos matemáticos, en particular los de naturaleza lineal, constituye una herramienta de gran utilidad para la evaluación de escenarios y la planificación estratégica. El modelo propuesto evidencia un incremento proyectado en las utilidades de **$68.530.339**, lo que confirma que la toma de decisiones apoyada en datos confiables potencia la eficiencia en la asignación de recursos y la rentabilidad operativa. Cabe resaltar que, dadas las condiciones actuales de la empresa y el enfoque planteado, la aplicación de este modelo podría llevarse a cabo en el corto plazo pues el presente documento da las bases sólidas de un modelo aplicable, generando resultados tangibles y ofreciendo un soporte decisivo para el fortalecimiento del servicio.

El diagnóstico integral permitió identificar que Calidad Total SAS cuenta con importantes oportunidades de mejora en variables críticas como la calidad de la información operativa, la estandarización de procesos, la gestión de la flota y la incorporación de herramientas tecnológicas. Si bien la empresa dispone de sistemas de georreferenciación, la falta de un esquema estructurado para la recopilación y análisis de datos ha limitado la capacidad de monitorear indicadores clave de desempeño y de gestionar de manera óptima la operación. No obstante, estas limitaciones pueden ser superadas mediante la implementación progresiva de procesos estandarizados y plataformas de gestión, acciones que resultan factibles de ejecutar en el corto plazo, esto a un análisis de liquidez interno y aportado por la empresa que facilitaría la inversión en dicho proceso. Su adopción permitirá fortalecer el control operativo, incrementar la

eficiencia en la asignación de recursos y consolidar un sistema de gestión basado en información confiable y oportuna, con impactos directos en la sostenibilidad del servicio.

La propuesta del modelo de optimización desarrollada, junto con el plan de intervención, permite evaluar de forma estructurada distintos escenarios de configuración de flota (propia vs. tercerizada) y sus impactos económicos, arrojando que ESC – AC = UT $ 277.154.115, ESC – PP = UT $ 216.000.530, ESC – TM = UT $ 252.015.380 y ESC – MT = UT $ 345.684.454. Esto ofrece a la empresa una herramienta de apoyo para la toma de decisiones estratégicas, soportada en simulaciones y proyecciones operativas. La aplicación de este modelo en el corto plazo es factible pues su implementación es inmediata, sin embargo su seguimiento y control es continuo en el tiempo implementando actualización según la necesidad, por lo que contribuye significativamente al mejoramiento continuo del servicio de transporte especial, dándole importancia al análisis de datos reales.

El diseño del plan de intervención en 6 fases permitió articular acciones específicas en áreas clave como recolección de datos, tecnología, análisis operativo, profesionalización del equipo humano, renovación vehicular y control. Esta estructura proporciona una hoja de ruta realista y progresiva con actividades claves, indicadores de desempeño y metas, adaptada a las capacidades de la empresa y a los requerimientos del entorno competitivo.

Recomendaciones

Se recomienda fortalecer la aplicación de modelos matemáticos en la gestión del transporte especial, institucionalizando su uso para la asignación de vehículos, programación de rutas y evaluación de rentabilidad. Asimismo, es necesario consolidar un sistema integral de recopilación de datos operativos mediante herramientas digitales que garanticen trazabilidad y

disponibilidad en tiempo real, acompañado de la actualización de formatos y la estandarización de procedimientos.

Dado que estas acciones requieren inversión tecnológica y capacitación progresiva del personal, se plantea su ejecución en el mediano plazo, entendiendo que la formación debe ser constante para asegurar la apropiación y sostenibilidad del modelo de gestión basado en datos.

Implementar de forma escalonada el plan de intervención diseñado, priorizando aquellas fases que generen mayor impacto en el corto plazo, como la actualización tecnológica y la capacitación del personal. El compromiso de la alta dirección será clave para garantizar el éxito de cada una de las etapas propuestas.

Se recomienda continuar con la investigación en el sector del transporte especial, particularmente en lo relacionado con la eficiencia energética, sostenibilidad ambiental, automatización de procesos y uso de inteligencia artificial para la predicción de la demanda. Estas líneas podrían enriquecer futuras fases de intervención y consolidar a Calidad Total SAS como referente en el sector.

Referencias

Ahuja, R. K. , Orlin, J. B., & Magnanti, T. L. (2022). *Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications*. Prentice Hall. https://www.dl.behinehyab.com/Ebooks/NETWORK/NET005_354338_www.behinehyab.com.pdf

Balza-Franco, V. I., & Cardona-Arbelaez, D. A. (2020). La relación entre logística, cadena de suministro y competitividad: una revisión de literatura. *The relationship among logistics, supply chain and competitiveness: a review, 41*(19). https://www.revistaespacios.com/a20v41n19/20411913.html

Bazaraa, M. S., Jarvis, J. J., & Sherali, H. D. (2009). Linear Programmingand Network Flows. En *Linear Programming and Network Flows*. Wiley. https://doi.org/10.1002/9780471703778.fmatter

Calidad Total SAS. (2023). *MPE-M04 V9 Manual SIG*. www.calidadtotalsas.com

Cámara de Comercio de Cúcuta (2016). Empresas que Hacen Mas Prospereo a Norte de Santander. https://sitioanterior.cccucuta.org.co/media/Adjuntos_de_Noticias/empresas_mas_representativas_2015.pdf

DANE. (2024). *Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH)*. https://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/819

Dorigo, M., Birattari, M., & Stützle, T. (2016). *Ant colony optimization: Overview and recent advances*. In M. Gendreau & J.-Y. Potvin (Eds.), *Handbook of Metaheuristics* (pp. 311–351). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91086-4_10

Gendreau, M., & Potvin, J.-Y. (2020). *Handbook of metaheuristics*. Bookshare.org. Recuperado el 1 de agosto de 2025, de https://www.bookshare.org/browse/book/3166341

Golden, B., Wang, X., & Wasil, E. (2023). *The evolution of the vehicle routing problem: A survey of VRP research and practice from 2005 to 2022*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-18716-2_1

Hernández- Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P.(2023). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill Interamericana. https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/?il=31455

Li, J., Elahi, E., Peng, C., Wu, A., Cao, F., Wang, J., Abro, M. I., & Khalid, Z. (2023). The Opening of High-Speed Railway and Coordinated Development of the Core–Periphery Urban Economy in China. *Sustainability*, *15*(5), 4677. https://doi.org/10.3390/su15054677

Li, Q., Bai, P. R., Chen, Y., & Wei, X. (2020). Efficiency Evaluation of Bus Transport Operations Given Exogenous Environmental Factors. *Journal of Advanced Transportation*. https://doi.org/10.1155/2020/8899782

Lin, C., Choy, K. L., Ho, G. T. S., Chung, S. H., & Lam, H. Y. (2014). Survey of Green Vehicle Routing Problem: Past and future trends. *Expert Systems with Applications*, *41*(4 PART 1), 1118-1138. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.07.107

Marriaga Páez, A. C. (2024). Integración De La Eficiencia Operativa Y La Sostenibilidad En La Administración [Trabajo de pregrado] Universidad Nacional Abierta y a Distancia [UNAD]. https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/61735/1/acmarriagap.pdf

Ministerio de Trabajo. (s.f.). Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo. https://www.mintrabajo.gov.co/relaciones-laborales/riesgos-laborales/sistema-de-gestion-de-seguridad-y-salud-en-el-trabajo

Ministerio de Transporte. (2022). *Resolucion_Mintransporte_40595_2022. Por la cual se adopta la metodología para el diseño, implementación y verificación de los Planes Estratégicos de*

Seguridad Vial y se dictan otras disposiciones, 70. https://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/Normograma/docs/pdf/resolucion_mintransporte_40595_2022.pdf

Ministerio de Transporte. (2023). *Decreto 1079 de 2015 Sector Transporte - Gestor Normativo - Función Pública*. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=77889

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2022). *Estructura de Mercado Revisión Fórmulas Tarifarias*. 248. https://www.cra.gov.co/sites/default/files/2023-01/Estructura%20de%20Mercado%20Aseo%20FINAL%20dic%202022%20LN.pdf

Mora García, L. A. (2016). *Gestión logística integral: Las mejores prácticas en la cadena de abastecimiento* (2a ed.).

Mou, Z., Zhang, H., & Liang, S. (2020). Reliability Optimization Model of Stop-Skipping Bus Operation with Capacity Constraints. *Journal of Advanced Transportation*, *2020*. https://doi.org/10.1155/2020/4317402

Prado Bello, A. J. & Aniorte Carbonell, A. (s.f.). Algoritmo de colonia de hormigas aplicado al problema del viajante. https://www.um.es/documents/2918258/18875720/Oral_CyT_IES+San+Isidoro.pdf/54789133-a36c-40f5-93a7-8031be69a36b

Petersohn, D. (2021). *Dataframe Systems: Theory, Architecture, and Implementation*. https://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2021/EECS-2021-193.pdf

Pillac, V., Gendreau, M., Guéret, C., & Medaglia, A. L. (2013). A review of dynamic vehicle routing problems. *European Journal of Operational Research*, *225*(1), 1-11. https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2012.08.015

Polanco Guzmán, I. Y. & Betancourt Uscátegui, J. F. (2022). *Análisis de datos con power bi, r-rstudio y knime. Curso práctico.* Ediciones de la U. https://edicionesdelau.com/producto/analisis-de-datos-con-power-bi-r-rstudio-y-knime-curso-practico/

Rodriguez Barrios, J. (2023). *Análisis de datos ecológicos y ambientales*. Ediciones Díaz de Santos. https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/stage.aspx?il=&pg=&ed=

Rodriguez Villalobos, A. (2008). Viajante de comercio (TSP + Ant Colony Optimization). [Entrada de Blog]. Recuperado el 23 de febrero de 2025. https://arodriguez.blogs.upv.es/viajante-de-comercio-tsp-ant-colony-optimization/

Sadrani, M., Tirachini, A., & Antoniou, C. (2025). Bus scheduling with heterogeneous fleets: Formulation and hybrid metaheuristic algorithms. *Expert Systems with Applications*, *263*, 125720. https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2024.125720

Saldanha, T., & Passerini, F. (2023). *Revolutionizing business operations: how to build dynamic processes for enduring competitive advantage*. Penguin Random House. https://www.penguinrandomhouse.com/books/738439/revolutionizing-business-operations-by-tony-saldanha-and-filippo-passerini/

Subdirección de Contratación y Subdirección de Operaciones. (2024). Análisis del sector. 3_-_analisis_del_sector.pdf

Universitat Politècnica de València. (2021). *Diseño de una red intermodal de transporte para la región de Bolívar (Colombia) mediante técnicas de programación matemática*. [Repositorio Institucional UPV]. https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/6aef8cd6-50b0-4c27-9b44-4697427aab3a/content

Vigo, Daniel, Paolo Toth. *Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications*. (2015). Estados Unidos: Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM, 3600 Market Street, Floor 6, Philadelphia, PA 19104).https://epubs.siam.org/doi/book/10.1137/1.9780898718515

Ullilen Marcilla, R. F. (2015). Problema del flujo de redes y programación lineal [Trabajo de grado]. Universidad Nacional de Ingeniería (Perú). https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2346168

Xu, W., Zhao, P., & Ning, L. (2018). Last Train Delay Management in Urban Rail Transit Network: Bi-objective MIP Model and Genetic Algorithm. *KSCE Journal of Civil Engineering*, *22*(4), 1436-1445. https://doi.org/10.1007/S12205-017-1786-0

Zhang, X. I., Lauber, L., Liu, H., Shi, J., Xie, M., & Pan, Y. (2022). *Travel time prediction of urban public transportation based on detection of single routes*. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262535

ANEXO 1 Análisis Calidad Total SAS			Evaluación		
Factores Externos			valor	Calificación	Calificación Ponderada
	ORIGEN	OPORTUNIDADES			
1	Marco pestel/Plan Nacional de desarrollo	Para CALIDAD TOTAL SAS, por su ubicación en zona de frontera el proyecto político y económico del gobierno actual resulta una OPORTUNIDAD, teniendo en cuenta la apertura de la frontera con Venezuela, pero a la vez una AMENAZA a causa del incremento de los índices de violencia en Norte de Santander en especial en el CATATUMBO y las negociaciones con los grupos al margen de la Ley que tiene su accionar en la zona en la cual CALIDAD TOTAL SAS tiene su nicho de negocio.	10%	2	0,2
2	Matriz Industrial/Reconocimiento del servicio	OPORTUNIDAD dado al nivel de reconocimiento regional por vocación y excelencia al servicio por encima de sus competidores más directos (Colomven y Global Service). Respecto a la empresa referente Casa Limpia, se puede identificar como líder en la operatividad enfocada en sectores aun no explorados por Calidad Total SAS.	10%	4	0,4
3	Matriz Industrial/Cobertura de servicios	OPORTUNIDAD la empresa ha venido presentando resultados importantes en Cúcuta donde destaca como referente regional, la apertura a nuevos mercados enmarca un desafío en el crecimiento y la cobertura los servicios prestados principalmente aprovechando medios virtuales y redes sociales.	10%	4	0,4

4	Matriz Industrial/Reconocimiento de sostenibilidad y certificación	OPORTUNIDAD. La empresa cuenta con certificaciones ISO en calidad, ambiental, SG-SST y responsabilidad social que le permite mantener una credibilidad regulatoria en búsqueda del modelo de crecimiento que plantea. Es recomendable que la organización pueda incorporar certificaciones de sostenibilidad empresarial y pretenda alinearse bajo los estándares y marcos internacionales como los ODS con el fin de fortalecer la conducta empresarial ética y transparente, de manera que se más atractiva para inversionistas, mejoren las condiciones de bienestar del talento humano, haya una ampliación de mercados y ofertas que se basan en la cadena de alto valor. La empresa a través de su página web comunica la importancia de mantener un ambiente laboral saludable para el desarrollo de las actividades de sus colaboradores.	15%	4	0,6
5	Fuerzas de Porter / Poder de negociación proveedores	Los proveedores locales no poseen poder de negociación lo que brinda una OPORTUNIDAD debido a que la empresa tiene las facilidades de buscar mejores ofertas en el mercado en caso de ser necesario, para mejorar sus costos de productos o servicios ofertados y tiempos de prestación de servicios.	10%	3	0,3
6	Fuerzas de Porter / Sustitutos	Debido a que las tecnologías que podrían sustituir la prestación del servicio todavía no se encuentran en un mercado de fácil acceso, se considera una OPORTUNIDAD para ampliar el portafolio y plantear estrategias de optimización de recursos y capacidad.	5%	3	0,15

		Clasificaciones Totales	60%		2,1

	ORIGEN	AMENAZAS			
1	Matriz Industrial/Portafolio de servicios y calidad	AMENAZA el limitado portafolio frente a su competidor más importante (Casa Limpia SA) y alineados a su visión corporativa, existe la necesidad de incursionar en nuevos mercados o continuar con el crecimiento en ciudades como Bogotá donde el nivel de competitividad es mayor	10%	4	0,4
2	Matriz Industrial/Clientes en el mercado Público-Privado	AMENAZA: La balanza frente a la contratación en el sector público mayoritariamente (alrededor del 70%) podría elevar los costos operacionales por las contrataciones en marcos de licitación al limitar los precios durante la vigencia contractual (fluctuaciones inflacionarias no estimados)	10%	3	0,3
3	Matriz Fuerzas de Porter / Rivalidad-Alianza	Debido a la tecnología usada cualquier cliente tiene acceso a la base de datos de diferentes proveedores; por lo que constituye una amenaza para la empresa de estudio.	15%	4	0,6
4	Matriz Fuerzas de Porter/ Nuevos competidores	Existe amenaza de nuevos competidores debido a que es un libre mercado que no cuenta con servicios restrictivos de carácter legislativo severo; sin embargo, CALIDAD TOTAL SAS tiene una ventaja comparativa con respecto a los demás posibles competidores al contar con la experiencia tanto en el cumplimiento como en la calidad del servicio; siendo el factor de inversión en capital inicial una barrera para el ingreso de un nuevo competidor.	5%	4	0,2

		Clasificaciones Totales	40%		1,5
		Suma total:	100%		3,6
Instrumento elaborado con base en distintas fuentes bibliográficas.					

Anexo 2: Scrpit Escenarios ejecutados en RStudio.

Escenario 0: Escenario Actual (ESC AC):

```
library(ggplot2)

# Parámetro lambda
lambda <- 0.9

# Crear dataframe con datos reales
vehiculos <- data.frame(
  tipo = c("Camioneta", "Camión Carga Mediana", "Volqueta"),
  propios = c(35, 11, 7),
  tercerizados = c(47, 2, 0),
  ingreso_unitario = c(8400000, 11000000, 14300000),
  costo_unitario = c(3258000, 3474000, 4544000),
  costo_tercerizado = c(5788165, 8278665, 0),
  iuv = c(0.47, 0.72, 0.94)
)

# Cálculo de utilidades
vehiculos$utilidad_propios <- with(vehiculos,
                                   propios * (ingreso_unitario - (costo_unitario / (lambda * iuv)))
)

vehiculos$utilidad_tercerizados <- with(vehiculos,
                                        tercerizados * (ingreso_unitario - costo_tercerizado)
)

vehiculos$utilidad_total <- vehiculos$utilidad_propios + vehiculos$utilidad_tercerizados
```

```
# Mostrar tabla de resultados
print(vehiculos[, c("tipo", "utilidad_propios", "utilidad_tercerizados", "utilidad_total")])

# Gráfico 1: Barras comparativas de utilidad por tipo de vehículo (propios vs tercerizados)
datos_long <- data.frame(
  tipo = rep(vehiculos$tipo, each = 2),
  categoria = rep(c("Propios", "Tercerizados"), times = 3),
  utilidad = c(vehiculos$utilidad_propios, vehiculos$utilidad_tercerizados)
)

ggplot(datos_long, aes(x = tipo, y = utilidad, fill = categoria)) +
  geom_bar(stat = "identity", position = "dodge") +
  labs(title = "Utilidad por tipo de vehículo y categoría",
       x = "Tipo de vehículo", y = "Utilidad (COP)") +
  scale_y_continuous(labels = scales::comma) +
  theme_minimal()

# Gráfico 2: Utilidad total por tipo de vehículo
ggplot(vehiculos, aes(x = tipo, y = utilidad_total, fill = tipo)) +
  geom_bar(stat = "identity") +
  labs(title = "Utilidad total por tipo de vehículo",
       x = "Tipo de vehículo", y = "Utilidad total (COP)") +
  scale_y_continuous(labels = scales::comma) +
  theme_minimal()

# Utilidad general total
utilidad_total_general <- sum(vehiculos$utilidad_total)
cat("\nUtilidad total general:", formatC(utilidad_total_general, format = "f", big.mark = ","))
```

Escenario 1: Flota Propia Priorizada (ESC PP)

```
library(ggplot2)

# Parámetro lambda
lambda <- 0.9

# Crear dataframe con datos reales
vehiculos <- data.frame(
  tipo = c("Camioneta", "Camión Carga Mediana", "Volqueta"),
  propios = c(70, 13, 7),
  tercerizados = c(12, 0, 0),
  ingreso_unitario = c(8400000, 11000000, 14300000),
  costo_unitario = c(3258000, 3474000, 4544000),
  costo_tercerizado = c(5788165, 8278665, 11500000),
  iuv = c(0.47, 0.72, 0.94)
)

# Cálculo de utilidades
vehiculos$utilidad_propios <- with(vehiculos,
                                   propios * (ingreso_unitario - (costo_unitario / (lambda * iuv)))
)

vehiculos$utilidad_tercerizados <- with(vehiculos,
                                        tercerizados * (ingreso_unitario - costo_tercerizado)
)

vehiculos$utilidad_total <- vehiculos$utilidad_propios + vehiculos$utilidad_tercerizados

# Mostrar tabla de resultados
print(vehiculos[, c("tipo", "utilidad_propios", "utilidad_tercerizados", "utilidad_total")])
```

```
# Gráfico 1: Barras comparativas de utilidad por tipo de vehículo (propios vs tercerizados)
datos_long <- data.frame(
  tipo = rep(vehiculos$tipo, each = 2),
  categoria = rep(c("Propios", "Tercerizados"), times = 3),
  utilidad = c(vehiculos$utilidad_propios, vehiculos$utilidad_tercerizados)
)

ggplot(datos_long, aes(x = tipo, y = utilidad, fill = categoria)) +
  geom_bar(stat = "identity", position = "dodge") +
  labs(title = "Utilidad por tipo de vehículo y categoría",
       x = "Tipo de vehículo", y = "Utilidad (COP)") +
  scale_y_continuous(labels = scales::comma) +
  theme_minimal()

# Gráfico 2: Utilidad total por tipo de vehículo
ggplot(vehiculos, aes(x = tipo, y = utilidad_total, fill = tipo)) +
  geom_bar(stat = "identity") +
  labs(title = "Utilidad total por tipo de vehículo",
       x = "Tipo de vehículo", y = "Utilidad total (COP)") +
  scale_y_continuous(labels = scales::comma) +
  theme_minimal()

# Utilidad general total
utilidad_total_general <- sum(vehiculos$utilidad_total)
cat("\nUtilidad total general:", formatC(utilidad_total_general, format = "f", big.mark = ","))
```

Escenario 2: Escenario de Tercerización Priorizada (ESC TM)

```
library(ggplot2)
```

```
# Parámetro lambda
lambda <- 0.9

# Crear dataframe con datos reales
vehiculos <- data.frame(
  tipo = c("Camioneta", "Camión Carga Mediana", "Volqueta"),
  propios = c(12, 2, 0),
  tercerizados = c(70, 11, 7),
  ingreso_unitario = c(8400000, 11000000, 14300000),
  costo_unitario = c(3258000, 3474000, 4544000),
  costo_tercerizado = c(5788165, 8278665, 11500000),
  iuv = c(0.47, 0.72, 0.94)
)

# Cálculo de utilidades
vehiculos$utilidad_propios <- with(vehiculos,
                                   propios * (ingreso_unitario - (costo_unitario / (lambda * iuv)))
)

vehiculos$utilidad_tercerizados <- with(vehiculos,
                                        tercerizados * (ingreso_unitario - costo_tercerizado)
)

vehiculos$utilidad_total <- vehiculos$utilidad_propios + vehiculos$utilidad_tercerizados

# Mostrar tabla de resultados
print(vehiculos[, c("tipo", "utilidad_propios", "utilidad_tercerizados", "utilidad_total")])

# Gráfico 1: Barras comparativas de utilidad por tipo de vehículo (propios vs tercerizados)
```

```
datos_long <- data.frame(
  tipo = rep(vehiculos$tipo, each = 2),
  categoria = rep(c("Propios", "Tercerizados"), times = 3),
  utilidad = c(vehiculos$utilidad_propios, vehiculos$utilidad_tercerizados)
)

ggplot(datos_long, aes(x = tipo, y = utilidad, fill = categoria)) +
  geom_bar(stat = "identity", position = "dodge") +
  labs(title = "Utilidad por tipo de vehículo y categoría",
       x = "Tipo de vehículo", y = "Utilidad (COP)") +
  scale_y_continuous(labels = scales::comma) +
  theme_minimal()

# Gráfico 2: Utilidad total por tipo de vehículo
ggplot(vehiculos, aes(x = tipo, y = utilidad_total, fill = tipo)) +
  geom_bar(stat = "identity") +
  labs(title = "Utilidad total por tipo de vehículo",
       x = "Tipo de vehículo", y = "Utilidad total (COP)") +
  scale_y_continuous(labels = scales::comma) +
  theme_minimal()

# Utilidad general total
utilidad_total_general <- sum(vehiculos$utilidad_total)
cat("\nUtilidad total general:", formatC(utilidad_total_general, format = "f", big.mark = ","))
```

Escenario 3: Escenario de Mejora Tecnológica (ESC MT):

```
library(ggplot2)

# Parámetro lambda
```

```
lambda <- 0.9

# Crear dataframe con datos reales
vehiculos <- data.frame(
  tipo = c("Camioneta", "Camión Carga Mediana", "Volqueta"),
  propios = c(35, 11, 7),
  tercerizados = c(47, 2, 0),
  ingreso_unitario = c(8400000, 11000000, 14300000),
  costo_unitario = c(2508000, 3234000, 4254000),
  costo_tercerizado = c(5788165, 8278665, 0),
  iuv = c(0.47, 0.72, 0.94)
)

# Cálculo de utilidades
vehiculos$utilidad_propios <- with(vehiculos,
                                   propios * (ingreso_unitario - (costo_unitario / (lambda * iuv)))
)

vehiculos$utilidad_tercerizados <- with(vehiculos,
                                        tercerizados * (ingreso_unitario - costo_tercerizado)
)

vehiculos$utilidad_total <- vehiculos$utilidad_propios + vehiculos$utilidad_tercerizados

# Mostrar tabla de resultados
print(vehiculos[, c("tipo", "utilidad_propios", "utilidad_tercerizados", "utilidad_total")])

# Gráfico 1: Barras comparativas de utilidad por tipo de vehículo (propios vs tercerizados)
datos_long <- data.frame(
  tipo = rep(vehiculos$tipo, each = 2),
```

```
  categoria = rep(c("Propios", "Tercerizados"), times = 3),
  utilidad = c(vehiculos$utilidad_propios, vehiculos$utilidad_tercerizados)
)

ggplot(datos_long, aes(x = tipo, y = utilidad, fill = categoria)) +
  geom_bar(stat = "identity", position = "dodge") +
  labs(title = "Utilidad por tipo de vehículo y categoría",
       x = "Tipo de vehículo", y = "Utilidad (COP)") +
  scale_y_continuous(labels = scales::comma) +
  theme_minimal()

# Gráfico 2: Utilidad total por tipo de vehículo
ggplot(vehiculos, aes(x = tipo, y = utilidad_total, fill = tipo)) +
  geom_bar(stat = "identity") +
  labs(title = "Utilidad total por tipo de vehículo",
       x = "Tipo de vehículo", y = "Utilidad total (COP)") +
  scale_y_continuous(labels = scales::comma) +
  theme_minimal()

# Utilidad general total
utilidad_total_general <- sum(vehiculos$utilidad_total)
cat("\nUtilidad total general:", formatC(utilidad_total_general, format = "f", big.mark = ","))
```