



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA DE AUTOMOTRIZ**

**DESARROLLO DE METODOLOGÍA BASADO EN LA ESTADÍSTICA PARA LA
OBTENCIÓN DE CICLOS DE CONDUCCIÓN DE UNA EMPRESA DE
DISTRIBUCIÓN URBANA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero(a) Automotriz

AUTOR: EDUARDA NAHOMI GONZALEZ VELIZ
CHRISTIAN GIOVANNI LLERENA CHEVEZ
TUTOR: ING. RENATO FIERRO JIMENEZ, MGTR.

Guayaquil – Ecuador
2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Eduarda Nahomi González Veliz con documento de identificación N° 0804466431 y Christian Giovanni Llerena Chévez con documento de identificación N° 0951700384; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 29 de agosto del año 2025

Atentamente,



Eduarda Nahomi González Veliz

0804466431



Christian Giovanni Llerena Chevez

0951700384

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Eduarda Nahomi González Veliz con documento de identificación No. 0804466431 y Christian Giovanni Llerena Chévez con documento de identificación No. 0951700384, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “ Desarrollo de metodología basado en la estadística para la obtención de ciclos de conducción de una empresa de distribución urbana de productos alimenticios”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero (a) Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 29 de agosto del año 2025

Atentamente,



Eduarda Nahomi González Veliz

0804466431



Christian Giovanni Llerena Chevez

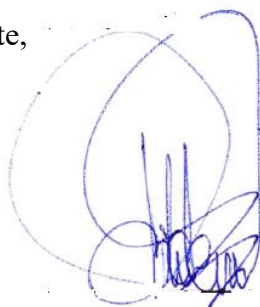
0951700384

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Pablo Renato Fierro Jiménez con documento de identificación N° 1103588578, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DESARROLLO DE METODOLOGÍA BASADO EN LA ESTADÍSTICA PARA LA OBTENCIÓN DE CICLOS DE CONDUCCIÓN DE UNA EMPRESA DE DISTRIBUCIÓN URBANA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS**, realizado por Eduarda Nahomi González Veliz con documento de identificación N° 0804466431 y por Christian Giovanni Llerena Chévez con documento de identificación N° 0951700384, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 29 de agosto del año 2025

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a vertical line, positioned to the right of the word 'Atentamente,'.

Pablo Renato Fierro Jiménez

1103588578

DEDICATORIA

Dedico este arduo trabajo a mis padres, Teresa y Giovanni, cuyo esfuerzo, sacrificio, dedicación, amor y constancia han sido fundamentales para alcanzar esta meta. A mis hermanos, por ser el motor que me impulsó a seguir adelante en cada etapa de este camino. A mi esposa Stephannie, por su amor inquebrantable, su paciencia y por estar junto a mi incluso en las situaciones más complicadas que he tenido. A la familia de mi esposa, por su apoyo, comprensión y por recibirme siempre con cariño y a al ser más importante en mi vida que es mi Señor Jesucristo quién me dio sabiduría en todo el trayecto universitario. También dedico este logro a aquellas personas que aportaron en este proceso. Este título no representa solo mi esfuerzo, sino también el de quienes caminaron conmigo en esta etapa de mi vida.

Christian Llerena Chevez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mi Dios por darme mucho valor, fuerza y motivación para finalizar con éxito esta etapa universitaria. A mi hermoso y pequeño bebé que viene en camino por ser mi impulso para poder terminar y cumplir esta meta. A mi grandiosa madre, padre y hermanos quienes estuvieron diariamente apoyándome y ayudándome en cada proceso.

Eduarda González Veliz

AGRADECIMIENTO

Agradezco sinceramente a mis docentes y compañeros, cuyas enseñanzas, consejos y palabras de aliento me ayudaron a mantenerme firme en el camino. A todas aquellas personas que creyeron en mí, incluso cuando yo perdía la fe en mí mismo. les extiendo mi más profundo agradecimiento. A mi amigo José quién me apoyó en momentos muy duros. También expreso mi más sincero agradecimiento a mi tutor, quien desde el primer semestre me ha brindado un apoyo incondicional, en el ámbito académico y personal. Que Dios continúe bendiciendo su vida y derramando sabiduría sobre sus enseñanzas, para que siga guiando con excelencia a cada uno de sus alumnos. Y, sobre todo, agradezco a Dios, lo más importante y maravilloso en este camino. Él fue mi guía, mi fuerza y mi luz en cada paso de mis estudios. Sin Su presencia, nada de esto habría sido posible.

Christian Llerena Chevez

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a mi madrina, por su apoyo y motivación. Al igual con especial gratitud agradezco a mi tutor, quien con dedicación, paciencia y conocimiento me impulsó durante todo el proceso de investigación a culminar con éxito esta etapa profesional.

Eduarda González Veliz

RESUMEN

El trabajo tiene como finalidad desarrollar una metodología basada en la estadística para la obtención de ciclos de conducción en una empresa dedicada a la distribución urbana de productos alimenticios. La problemática se origina debido a las pérdidas y costos logísticos significativos en el sector dedicado a la gestión de los camiones de reparto de la empresa. Además, se investiga en abordar el trabajo metodológico utilizado en el estudio, el cual engloba la obtención de resultados, la colección de información con respecto a las rutas, la detección de los ciclos de conducción y el diagnóstico de los resultados alcanzados. Esta información es fundamental para interpretar los comportamientos de conducción y su impacto en la producción con respecto a la logística.

Con el propósito de ejecutar los objetivos trazados, se realizó una recolección de datos durante las rutas en la flota de distribución, los cuales serán posteriormente procesados utilizando software matemático. Estos implementos permiten facilitar la simulación y generar los ciclos de conducción, agilizando la generación de roles representativos que demuestren el comportamiento dinámico de los camiones bajo diferentes escenarios de operación. La metodología planteada consolida un análisis cuantitativo con simulación computacional con el objetivo de lograr conclusiones más precisas y aplicables.

El estudio reconoce tres ciclos fundamentales —mínimo, medio y máximo— que definen los patrones de manejo en las rutas urbanas analizadas. La media de velocidad, la cantidad de paradas y el tiempo de ralentí son factores esenciales para medir la eficiencia en las operaciones. La simulación en Matlab-Simulink corrobora la representatividad y la utilidad de estos ciclos para análisis futuros. Se deduce que estos patrones posibilitan la formación de comparativas robustas que promueven la mejora de rutas y estrategias de conducción. Este método fundamentado en datos concretos y simulaciones optimiza la administración de flotas y respalda la toma de decisiones basada en información.

Palabras clave: distribución urbana, ciclos de conducción, simulación computacional, software matemático, rendimiento logístico.

ABSTRACT

This work aims to develop a methodology based on statistical analysis to obtain driving cycles within a company dedicated to the urban distribution of food products. The issue arises from significant losses and logistical costs in the sector responsible for managing the company's delivery trucks. In addition, the study explores the methodological approach applied, which includes obtaining results, collecting route-related data, identifying driving cycles, and analyzing the outcomes. This information is essential for interpreting driving behavior and understanding its impact on production in relation to logistics.

To achieve the proposed objectives, operational data was collected during the distribution fleet's routes, which will later be processed using mathematical software. These tools facilitate simulation and the generation of driving cycles, expediting the creation of representative profiles that reflect the dynamic behavior of trucks under various operational scenarios. The proposed methodology integrates quantitative analysis with computational simulation to achieve more accurate and applicable conclusions.

The study identifies three key driving cycles —minimum, medium, and maximum— which define the driving patterns observed in the analyzed urban routes. Average speed, number of stops, and idle time are essential factors for evaluating operational efficiency. Simulation using Matlab-Simulink confirms the representativeness and practical usefulness of these cycles for future analyses. It is concluded that these patterns allow for the development of robust comparisons that support the improvement of routes and driving strategies. This method, grounded in concrete data and simulation, enhances fleet management and supports data-driven decision-making.

Key words: Driving cycles, urban distribution, mathematical software, logistics performance, computer simulation.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vii
AGRADECIMIENTO	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE CONTENIDO	xi
GLOSARIO	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xvi
1. CAPÍTULO I. INTRODUCCION	1
1.1. Problema	1
1.2. Objetivo General.....	3
1.3. Objetivo específico	3
2. CAPÍTULO II. MARCO TEORICO FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA APLICACIÓN DE CICLOS DE CONDUCCIÓN	4
2.1. Ciclo de conducción.	4
2.2. Velocidad en ciclos de conducción.....	4
2.3. Tiempo en ciclos de conducción.....	4
2.4. Aceleraciones y desaceleraciones	5
2.5. Frecuencias de paradas	5
2.6. Distancias recorridas.....	5
2.7. Herramientas Simulink	6
2.8. Herramienta Matlab	6
2.9. Herramienta rastreo Worldfleet	7
2.10. Sensor de velocidad y aceleración	7
2.11. Instrumento de medición de distancia para vehículo (odómetro).....	7
2.12. Descripción de parámetros característicos:	8
3. CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	9
3.1. Método de obtención de datos	9
3.2. Datos del Vehículo	10

3.2.1	Selección del vehículo	10
3.2.2	Herramientas de medición y obtención de resultados	11
3.3.	Descripción y estudio del área	12
3.3.1.	Selección de Ruta.....	14
3.3.2.	Caracterización de la ruta.....	15
3.4.	Caracterización de la empresa.	18
3.5.	Metodología de análisis de datos	20
3.6.	Selección de parámetros del ciclo:	20
3.7.	Cálculos para determinación de valor para cada recorrido.....	21
3.8.	Parámetros de ponderaciones.	24
3.10.	Cronograma	27
3.11.	Presupuesto	27
4.	CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	28
4.1	Resultados.....	28
4.2	Discusión	35
5.	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
5.1.	Conclusiones.....	37
5.2.	Recomendaciones	38
	REFERENCIAS	39
	ANEXOS	43

GLOSARIO

Aceleración y des-aceleración: cambios en la velocidad de un vehículo durante su trayecto.

Ciclos de conducción: perfiles de velocidad-tiempo.

Consumo de combustible: cantidad de combustible utilizada por un vehículo en un trayecto o periodo específico.

Datos operativos: información recolectada del comportamiento real del vehículo, como velocidad, aceleración, frenado, tiempos de parada y distancias recorridas.

Distribución urbana: proceso de mover bienes dentro de una ciudad hasta los clientes.

Eficiencia energética: capacidad de un sistema (vehículo, ruta, operación logística) para consumir la menor cantidad posible de energía (combustible) para realizar una tarea determinada.

Frecuencia de paradas: número de veces que un vehículo se detiene completamente durante un recorrido.

Matlab: plataforma de programación de alto nivel orientada a matrices, que permite realizar cálculos numéricos, visualización de datos y desarrollo de algoritmos. Cada una de las secciones siguientes empezarán en una hoja nueva.

Metodología: formas en que se recopiló y analizó datos.

Simulink: herramienta complementaria de MATLAB que permite la simulación y modelado de sistemas dinámicos mediante diagramas de bloques.

Worldfleet: representa la capacidad global activa utilizada para transporte comercial o logístico.

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Diagrama sucesivo de la construcción del ciclo de conducción.	9
Fig. 2. Camión a prueba Chevrolet NLR 55E2.8 4X2 TM Diésel.	11
Fig. 3. Sistema de rastreo satelital WorldFleet.	12
Fig. 4. Mapa ruta 1, vía Daule-Perimetral vistas (Capas y satélite).	14
Fig. 5. Diagrama de procesos de la empresa.	19
Fig. 6. Configuración del modelo virtual en Simulink.	25
Fig. 7. Modificación de escenarios de simulación de ciclos de conducción.	26
Fig. 8. Gráfica representativa del ciclo mínimo.	29
Fig. 9. Gráficas de desempeño del vehículo en un ciclo de conducción mínimo.....	30
Fig. 10. Gráfica representativa del ciclo medio.	31
Fig. 11. Gráficas de desempeño del vehículo en un ciclo de conducción media	32
Fig. 12. Gráfica representativa del ciclo máximo.....	34
Fig. 13. Gráficas de desempeño del vehículo en un ciclo de conducción máxima.	35
Fig. 14. Gráfica comparativa del ciclo 10 vs ciclo mínimo.....	36
Fig. 15. Gráfica comparativa del ciclo 10 vs ciclo medio.	36
Fig. 16. Gráfica comparativa del ciclo 10 vs ciclo máximo.	37

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I. Parámetros característicos dinámicos.....	8
TABLA II. Características generales del vehículo.....	10
TABLA III. Origen y destino según las zonas planteadas.....	15
TABLA IV. Tramo 1: recorrido y condiciones de la vía.....	16
TABLA V. Tramo 2: recorrido y condiciones de la vía.....	17
TABLA VI. Tramo 3: recorrido y condiciones de la vía.....	18
TABLA VII. Clasificación de variables.....	20
TABLA VIII. Parámetros dinámicos del ciclo de conducción.....	21
TABLA IX. Resultados de cálculos de parámetros dinámicos de ponderaciones recorrido 1.....	23
TABLA X. Resultados de calculos de parametros de ponderaciones recorrido 1.....	23
TABLA XI. Ponderaciones para cada parámetro.....	24
TABLA XII. Parámetros concretos del automóvil en simulación.....	25
TABLA XIII. Promedios calculados de los recorridos.....	26
TABLA XIV. Cronograma de actividades a desarrollar.....	27
TABLA XV. Presupuesto estimado del proyecto.....	27
TABLA XVI. Datos del ciclo de conducción mínima.....	30
TABLA XVII. Datos del ciclo de conducción media.....	33
TABLA XVIII. Datos del ciclo de conducción máxima.....	35

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación (1) Fórmula para calcular la desviación relativa ponderada de un parámetro operacional.....	22
--	----

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCION

La investigación en niveles regionales e internacionales revela la falta de métodos concretos para las flotas locales de distribución. La meta de este proyecto es desarrollar ciclos de conducción representativos que se adapten a las condiciones reales del tráfico urbano en Guayaquil. La falta de modelos adecuados y datos técnicos precisos impacta la eficiencia logística y operativa. Por lo tanto, se utiliza un método estadístico basado en datos específicos para analizar los patrones de conducción y comprender el comportamiento vehicular en zonas urbanas.

1.1. Problema

A escala global, el análisis de los ciclos de conducción en vehículos de carga [1], ha probado ser una herramienta valiosa para optimizar una administración energética eficaz y disminuir las emisiones de contaminantes en zonas urbanas [2]. Naciones como Estados Unidos, España, Alemania y Japón han creado ciclos estandarizados que facilitan la simulación de condiciones operativas reales [3]. Estos patrones no siempre representan de manera exacta las condiciones particulares de tráfico que se observan en los países en vías de desarrollo [4].

Tal como se documenta en el trabajo [5] se muestra un método para determinar límites de velocidad variables, teniendo en cuenta la geometría del camino y las propiedades dinámicas del automóvil en la ciudad de Madrid, España. El procedimiento emplea un modelo matemático y mapas digitales que incorporan información como la fricción y la visibilidad. Además, incluye los ciclos de manejo auténticos, mostrando patrones habituales de aceleración, frenado y tiempos de paralización. Su meta es incrementar la seguridad en las vías y simplificar el soporte de los conductores. El sistema se incorpora a la tecnología ISA y alerta al conductor en áreas de gran importancia.

En el siguiente estudio [6] explica un procedimiento para valorar el rendimiento energético auténtico de los vehículos, excluyendo elementos externos como la topografía y el modo de manejo. Mediante la supervisión de variables tales como RPM, velocidad y consumo energético, se examinan ciclos de conducción representativos bajo condiciones de funcionamiento estándar. El método se implementó en 49 vehículos en diversos países de América Latina, lo que permitió comparar la eficiencia energética de diferentes tecnologías. La meta es ofrecer información exacta para optimizar la elección de tecnologías y disminuir los gastos operativos.

En la siguiente, en la investigación [7] se muestra el desarrollo de un ciclo de conducción urbana distintivo para la ciudad de Quito, Ecuador, empleando el método de agrupación K-Means. Basándose en una amplia base de datos de velocidad y geoespacial, se elaboró un ciclo de 2870 segundos que representa con precisión las condiciones verdaderas del tráfico en la zona. El resultado del patrón presenta aceleraciones y desaceleraciones constantes, típicas del diseño lineal y saturado de la ciudad. Al contrastarlo con ciclos globales, se notó una leve analogía con el ciclo de Hong Kong, aunque con variaciones significativas en las velocidades. Esto subraya la relevancia de tener modelos particulares para cada ciudad.

Esta circunstancia restringe la flota de distribución de la compañía de alimentos, complicando la optimización de las operaciones y la observancia de las regulaciones medioambientales. La ausencia de datos técnicos exactos obstaculiza la implementación de modelos predictivos y la implementación de rutinas de mantenimiento eficaces [8] En este escenario, la aplicación de ciclos de conducción representativos es crucial, pues facilitan el entendimiento de los patrones de consumo y comportamiento del conductor en situaciones reales [9].

Como una de las urbes con mayor actividad comercial en Ecuador, Guayaquil experimenta condiciones de tráfico fluctuantes que impactan directamente en los patrones de conducción. Estas variaciones alteran el uso de energía, el deterioro del automóvil y la producción de emisiones [10]. La falta de investigaciones locales obstaculiza la comprensión correcta de estas dinámicas. Por lo tanto, resulta esencial llevar a cabo un estudio más detallado del transporte urbano de carga en la ciudad, teniendo en cuenta aspectos como la congestión, las velocidades medias y los periodos de paralización. Solo de esta forma se podrá actuar de forma eficaz, dado que optimizar los ciclos de conducción es esencial para atenuar estos problemas.

Actualmente, la flota de distribución de la empresa alimenticia no cuenta con una metodología técnica para evaluar el desempeño en las rutas urbanas, por ende la falta de un análisis estadístico impide identificar patrones de conducción como, variaciones de velocidad, distancias recorridas, tiempos de paradas, aceleraciones o desaceleraciones que afectan el rendimiento limitando la planificación y gestión eficiente de las operaciones logísticas, por lo tanto, este estudio se enfocará específicamente en la optimización de los parámetros del ciclo de conducción a través del análisis de datos estadísticos recolectados durante pruebas reales. Para ello, a través un software matemático que permitirá realizar comparaciones entre diferentes escenarios de conducción.

La flota de distribución de la compañía alimentaria se encuentra con un problema técnico vinculado a la falta de ciclos de conducción claros, lo que pone en riesgo la eficacia operacional del sistema logístico. Esta falta puede provocar un aumento en el uso específico de combustible, y un deterioro acelerado de elementos esenciales como los neumáticos y los sistemas de frenado. De igual forma, se observan inconsistencias en los periodos de transporte, lo que impacta en la entrega a tiempo.

La supervisión de vehículos en flotas de transporte es un instrumento esencial para la optimización de los recursos en compañías que requieren de vehículos para la distribución de productos o la provisión de servicios [11]. La implementación de tecnologías como los sistemas de posicionamiento global (GPS) permite obtener información exacta acerca del comportamiento de los vehículos en tiempo real [12], que incluye su ubicación, velocidad, tiempo de parada, entre otros aspectos. Estos progresos tecnológicos posibilitan a las compañías mejorar su eficiencia en las operaciones, disminuir gastos y potenciar la seguridad.

1.2. Objetivo General

Desarrollar una metodología basada en herramientas estadísticas para obtener y caracterizar ciclos de conducción de una empresa de distribución urbana de productos alimenticios, con el fin de optimizar el análisis del comportamiento vehicular.

1.3. Objetivo específico

- Recolectar datos operativos de camiones de distribución como, velocidad, aceleración, frenado y tiempos de parada.
- Aplicar técnicas estadísticas clasificando patrones de conducción registrados durante las rutas de distribución.
- Determinar ciclos de conducción representativos de las operaciones urbanas mediante análisis y modelado estadístico.
- Simular los ciclos de conducción mediante software matemático comparándolos con ciclos reales para su validación.

2. CAPÍTULO II. MARCO TEORICO FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA APLICACIÓN DE CICLOS DE CONDUCCIÓN

En este capítulo se detallan las bases teóricas para implementar ciclos de conducción, tocando temas esenciales como el tiempo, la velocidad, la aceleración y la frecuencia con la que se hacen paradas. Además, se detallan las herramientas tecnológicas, como MATLAB, Simulink y sistemas de rastreo, que hacen posible el análisis y la simulación del comportamiento de los vehículos [13].

2.1. Ciclo de conducción.

Un ciclo de conducción es una representación gráfica de la velocidad de un vehículo con respecto al tiempo[14] que representa la conducta de un automóvil durante un viaje que abarca cambios de velocidad, aceleración, frenado, tiempo y paradas. Este ciclo facilita el análisis de cómo se mueve el vehículo bajo circunstancias reales o simuladas. Principalmente se emplea para valorar eficiencia en energía, seguridad, uso de combustible y organización logística. Su evaluación es fundamental para perfeccionar rutas, disminuir gastos y potenciar el rendimiento operativo [15].

2.2. Velocidad en ciclos de conducción.

Significa la velocidad a la que un automóvil se mueve a lo largo del tiempo durante un viaje específico. Normalmente se cuantifica en kilómetros por hora (km/h) y cambia dependiendo de las condiciones del camino, el tráfico y el modo de manejo [16]. Su estudio en el transcurso del ciclo facilita la identificación de patrones de aceleración, frenado y periodos de paralización. Esta información es esencial para evaluar el rendimiento del conductor, la cantidad de combustible utilizado y la protección. Además, facilita la optimización de rutas y la definición de límites apropiados en el manejo de flotas [16].

2.3. Tiempo en ciclos de conducción.

El tiempo en un ciclo de conducción alude a la duración total que un automóvil requiere para finalizar un viaje, incluyendo los periodos de movimiento y parada. Este elemento es crucial para evaluar la eficacia operacional, logística, dado que facilita la detección de problemas, periodos de saturación y tiempos de paralización [17]. Normalmente se establece en segundos o minutos, este tiene una relación directa con otros

componentes del ciclo, como la velocidad, la longitud. Analizar el tiempo posibilita optimizar la organización de rutas, a su vez, disminuir los gastos operacionales. Además, ayuda a garantizar el cumplimiento de los tiempos establecidos, la prevención en el manejo de vehículos conducción. [17].

2.4. Aceleraciones y desaceleraciones

La aceleración y desaceleración representan los cambios de velocidad que experimenta un vehículo durante su trayecto. La aceleración indica el aumento de velocidad, mientras que la desaceleración refleja la reducción de esta [18], ya sea al frenar o al dejar que actúe la inercia. Estos parámetros son fundamentales para valorar el estilo de manejo, la utilización de combustible y el deterioro mecánico [19]. Además, facilitan la detección de acciones bruscas que pueden perjudicar la seguridad o la estabilidad del automóvil. Su análisis contribuye a optimizar el rendimiento y mejorar el control logístico en la operación de flotas vehiculares.

2.5. Frecuencias de paradas

Las frecuencias de parada en un ciclo de conducción representan la cantidad de ocasiones que vehículo se detiene completamente durante un trayecto [20]. Este indicador es común en entornos urbanos donde hay semáforos, cruces peatonales o entregas frecuentes [21]. Analizar la frecuencia de paradas permite identificar interrupciones en la fluidez del recorrido y su impacto en el consumo de combustible y tiempo total de viaje. También ayuda a optimizar rutas y a mejorar la eficiencia operativa. Un número elevado de paradas puede indicar la necesidad de reorganizar la logística o modificar los horarios de operación.

2.6. Distancias recorridas

Las frecuencias de parada en un ciclo de conducción corresponden a la frecuencia en la que un vehículo se detiene completamente durante un trayecto. Este indicador es común en entornos urbanos donde hay semáforos, cruces peatonales o entregas frecuentes [15]. Analizar la frecuencia de paradas permite identificar interrupciones en la dinámica del trayecto y como afecta al consumo de combustible y tiempo total de viaje. También ayuda a optimizar rutas y a mejorar la eficiencia operativa. Un número elevado de paradas

puede indicar la necesidad de reorganizar la logística o modificar los horarios de operación. [15].

2.7. Herramientas Simulink

Simulink es una herramienta que permite representar y simular sistemas dinámicos de distintos tipos mediante bloques funcionales. Su operación se fundamenta en la utilización de la generación de modelos visuales a través de bloques vinculados que simbolizan la representación de modelos visuales. elementos y procedimientos del sistema elementos y procedimientos del sistema procedimientos y componentes del sistema [22]. En el contexto de ciclos de conducción, se usa para modelar el accionar de los vehículos, representar distintos escenarios de manejo y analizar factores como velocidad, aceleración y consumo de combustible. Esto posibilita llevar a cabo pruebas de escenarios en tiempo real, perfeccionar las rutas y optimizar el desempeño de la flota. [22].

2.8. Herramienta Matlab

MATLAB (Matrix Laboratory) es un campo de codificación e infraestructura para simulación numérica, que abarca instrumentos especializados para el procesamiento de datos, diseño algorítmico, representación gráfica y creación de aplicaciones [13]. Esta herramienta esencial facilita la simulación y el análisis del comportamiento longitudinal de los vehículos mediante la fuente de bloque del ciclo de conducción. Su tarea principal consiste en producir un ciclo de conducción longitudinal, que puede ser un estándar preestablecido o uno que el usuario determine. [13]

La emisión de este bloque representa la velocidad longitudinal de referencia del vehículo en función del tiempo, y, en caso de ser posible, la programación de modificaciones en el funcionamiento brinda a los ingenieros y programadores la posibilidad de simular con exactitud como un ordenador en el vehículo, en la cual actuaría bajo diversas circunstancias de conducción. MatLab contiene funciones elementales de cálculo, de Bessel, de complejos, transformaciones e inversas de Laplace y Fourier, filtros para el procesamiento de señales, Product (producto), Cumulative (cumulativa), Cumulative Product (producto acumulativo), Mean (promedio), Median (mediana) y Sort, además también realiza simulaciones gráficas. Las funciones de matriz comprenden la factorización, la descomposición, el determinante, los vectores y los valores propios [13].

2.9. Herramienta rastreo Worldfleet

Worldfleet es un instrumento para la gestión de flotas que facilita la administración de monitorear en tiempo real la condición y el funcionamiento de los vehículos, mejora la eficiencia de los sistemas de seguridad, y la optimización de la gestión de los vehículos en tiempo actual y actividades de logística de transporte. Así mismo asiste a las compañías en la optimización de su negocio, disminuye gastos operacionales, aumentar la protección de la flota y perfecciona las operaciones de las rutas. Además, dispone de recursos para examinar datos y elaborar informes para tomar decisiones fundamentadas en la administración de la flota [23].

2.10. Sensor de velocidad y aceleración

El sensor de velocidad y aceleración es un dispositivo electrónico que determina la velocidad de desplazamiento de un vehículo y las variaciones en su velocidad en relación con el tiempo. Su tarea primordial consiste en documentar información dinámica del movimiento, tales como aceleraciones positivas y negativas, fundamentales para valorar la conducta del conductor y del vehículo [24]. Estos sensores son esenciales en sistemas de regulación de estabilidad, estudio de los patrones de conducción y investigaciones centradas en la eficacia energética. Además, se emplean para supervisar condiciones de seguridad y para verificar simulaciones en ambientes como MATLAB/Simulink [24].

2.11. Instrumento de medición de distancia para vehículo (odómetro)

El odómetro es un dispositivo electrónico incorporado en los automóviles cuyo objetivo es documentar la distancia cubierta a través del tiempo. Representa un instrumento crucial en el estudio de los ciclos de conducción, ya que ofrece el registro acumulativo de la distancia que un vehículo recorre durante su funcionamiento [25]. Esta información, junto con variables como el tiempo y la velocidad, es esencial para la creación de los ciclos de conducción representativos, que intentan replicar las condiciones reales de funcionamiento de una flota en contextos urbanos o interurbanos. [25]

Los datos recogidos del odómetro permiten determinar la longitud total de los desplazamientos efectuados por el automóvil lo que simplifica la división de los trayectos en periodos establecidos. Estos permiten describir con exactitud las etapas de aceleración,

velocidad constante y detención, que conforman la estructura fundamental de un ciclo de conducción. [25]

2.12. Descripción de parámetros característicos:

En la TABLA I se muestran los parámetros operativos utilizados para el análisis de los ciclos de conducción. En su apartado para los parámetros de ciclos de conducción. Estos parámetros se agrupan en tres categorías principales: velocidades, aceleraciones y tiempos. Cada uno de ellos se representa mediante un símbolo específico, acompañado de una breve descripción y sus respectivas unidades de medida.

TABLA I
PARAMETROS CARACTERISTICOS DINÁMICOS

Parámetros	Símbolo	Descripción	Unidades
Velocidades	Speed Max	Velocidad máxima	[m/s]
	Speed ave	Velocidad promedio	[m/s]
	SD Speed	Sd Velocidad	[m/s]
Aceleraciones	a + mx	Aceleración positiva máxima	[m/s ²]
	a - max	Aceleración negativa máxima	[m/s ²]
	a + ave	Aceleración promedio positiva	[m/s ²]
	a - ave	Aceleración promedio negativa	[m/s ²]
	SD a +	Desviación aceleración positiva	[m/s ²]
	SD a -	Desviación aceleración negativa	[m/s ²]
Tiempos	% idling	% Tiempo ralenti	[%]
	% a +	%Tiempo acel pos	[%]
	% a -	%Tiempo acel neg	[%]
	% cruising	%Tiempo crucero	[%]
Potencias	VSPp +	Potencia promedio pos	[Kw]
	VSPp -	Potencia promedio neg	[Kw]

3. CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

En el próximo capítulo proporcionará una descripción detallada del desarrollo para la obtención de los ciclos de conducción en una flota de distribución para una empresa alimenticia localizada en Guayaquil. El proceso para el desarrollo de la metodología se adjunta en el diagrama de flujo operativo en la Fig. 1.

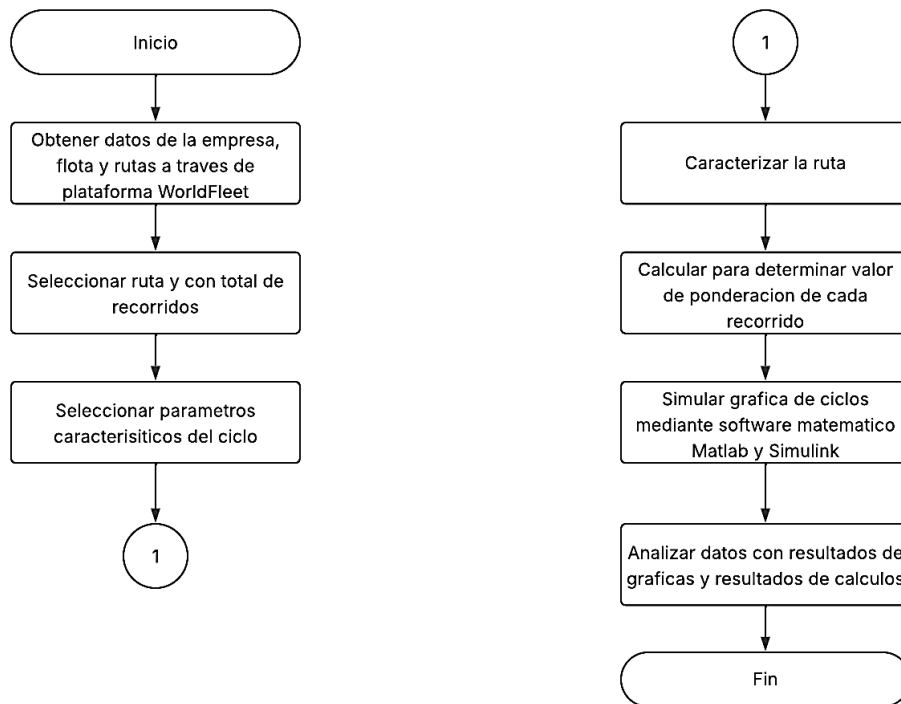


Fig. 1. Diagrama sucesivo de la construcción del ciclo de conducción.

3.1. Método de obtención de datos

El método directo se basa en escoger un itinerario de congestión real que refleje diversas condiciones de movilidad. Por ende, operan varios recorridos sobre una misma ruta con el fin de reunir datos significativos. En cada recorrido se registran las curvas obtenidas, lo que permite construir un conjunto de perfiles de conducción. Este procedimiento asegura que se capten distintas situaciones de tráfico.

Posteriormente, se analizan estadísticamente todas las curvas obtenidas para identificar cuál refleja mejor el comportamiento promedio de la ruta. Esta curva seleccionada se considera la más representativa por su cercanía a los valores medios observados. El análisis estadístico permite reducir la subjetividad en la elección. Gracias

a esto, se obtiene un perfil de conducción confiable y útil para estudios posteriores. De esta forma, el método directo garantiza resultados precisos y contextualizados.

3.2. Datos del Vehículo

3.2.1 Selección del vehículo

Se utilizó un Chevrolet NLR, perteneciente a la flota de una compañía de distribución de alimentos, para recopilar los datos y elaborar la ruta. Este vehículo fue elegido porque está destinado únicamente para cubrir esa ruta con regularidad, teniendo en cuenta al mismo conductor de manejo y trayectos diarios, lo que asegura la representatividad y la veracidad en la recopilación de datos y evita modificaciones.

En la actualidad, la compañía tiene un total de 83 camiones. De estos, 63 son del modelo NLR; los demás son de otros modelos, como el NQR, el NMR y el NHR. La información de un camión NLR, incluyendo su color, marca, modelo, tipo y año, se detalla en la TABLA II. Se presenta información de la transmisión con relaciones de marchas y otra del motor, incluyendo especificaciones tales como modelo, tipo, cilindrada y potencia.

TABLA II
CARACTERISTICAS GENERALES DEL VEHÍCULO

Parámetros	Características	Motor	Características
Marca	Chevrolet	Modelo	4JB1-TC
Clase	Camión	Tipo	Turbo Intercooler
Tipo	Furgón	Ubicación	Delantera
Año	2019	Desplazamiento	2.771
Modelo	NLR 55E2.8 4X2 TM Diesel	#Cilindros	4 en línea
País	Japón	Potencia	91 Hp @ 3400 RPM
Motor	4JB13L9977	Torque	196 Nm @ 2000 RPM
Color	Blanco	R.C	18.1: 1
Bastidor	JAANLR55EK7100127	Diámetro c.	9.x102
Combustible	Diesel	Alimentación	Inyección directa
Tonelaje	2.84		

En la Fig. 2 se muestra el camión Chevrolet modelo NLR 55E2.8 4X2 TM Diésel, utilizado como vehículo de prueba en este estudio. El motivo por el que se eligió este modelo es porque es utilizado a menudo en las ciudades y porque tiene rasgos técnicos representativos. Se obtuvieron datos pertinentes acerca de su desempeño en situaciones reales de manejo durante las pruebas. Para desarrollar los ciclos de conducción, estos datos fueron utilizados para determinar los parámetros necesarios.



Fig. 2. Camión a prueba Chevrolet NLR 55E2.8 4X2 TM Diésel.

3.2.2 Herramientas de medición y obtención de resultados

La plataforma WorldFleet recopila los datos de los parámetros claves como velocidad, distancia, tiempo de viaje, ralentí y comportamiento del conductor. Estos datos se utilizan para construir los perfiles velocidad- tiempo, que son la base para modelar ciclos de conducción reales y diferenciarlos entre trayectos. Así mismo la geolocalización, la plataforma posibilita la división de rutas en tramos homogéneos, esto permite identificar fases de aceleración, desaceleración, etc.

Las principales ventajas de esta herramienta son:

- Monitorear en tiempo real la ubicación precisa mediante rastreador GPS.
- Determinar los recorridos más efectivos considerando elementos como el tráfico, tiempos de entrega y prioridades operativas.
- Monitorear el consumo de combustible.
- Monitoreo extenso de los Mttos. Preventivos y correctivos.

- Levantar alertas de eventos críticos como excesos de velocidad y desvíos de rutas

La empresa alimenticia utiliza este sistema WorldFleetLog con el objetivo de optimizar la gestión de su flota, mejorando la gestión y seguimiento en tiempo inmediato de los vehículos. El sistema contribuye significativamente a la reducción de costos operativos mediante el control eficiente del consumo de hidrocarburo y la prevención de desplazamientos innecesarios. Para ello, recopila datos en tiempo real a través de hardware instalado en los vehículos, como dispositivos GPS, sensores de combustible, cámaras y sistemas CAN bus.

De tal manera contribuye significativamente a la reducción de costos operativos mediante el control eficiente del consumo de combustible y la prevención de desplazamientos innecesarios. Para ello, recopila datos en tiempo real a través de hardware instalado en los vehículos, como dispositivos GPS, sensores de combustible, cámaras y sistemas CAN bus

Gracias a su plataforma web y su interfaz intuitiva, el personal logístico puede acceder fácilmente a la información desde cualquier dispositivo de red. Esto permite mejorar la planificación de rutas, cumplir con los tiempos de entrega y mantener la calidad del servicio al cliente y acceder de forma eficaz a sus registros desde el portal principal en la cual se muestra en la Fig. 3.



Fig. 3. Sistema de rastreo satelital WorldFleet.

3.3. Descripción y estudio del área

La ciudad de Guayaquil, ubicada en la región litoral del Ecuador, fue el lugar central donde se desarrolló este estudio. De acuerdo con el censo de 2022, se destaca como la ciudad con mayor número de habitantes, superando los 2.8 millones de habitantes. Esta cifra representa aproximadamente el 17 % del total nacional. Su

importancia demográfica la convierte en un punto clave para el análisis de movilidad urbana.

Con una extensión de cerca de 380 km², se localiza a una altitud media de 4 metros sobre el nivel del mar. La dinámica urbana se ve afectada por estas circunstancias geográficas, por tanto la temperatura de la ciudad es generalmente alta a lo largo del año, ya que el clima de la misma es mayormente tropical. La planificación del transporte y de la infraestructura vial también se ve afectada por este entorno climático.

Esta industria dedicada a la producción de alimentos de snacks, repostería, galletería y tortilla donde a partir de su fabricación pasa por la logística de producto terminado donde es enviada a sus camiones de reparto para su entrega final a los clientes de las diferentes rutas de distribución. Con el fin de certificar la precisión de los datos obtenidos, se eligieron recorridos definidos en el área metropolitana de Guayaquil, abarcando las zonas norte y sur. Esta ruta fue seleccionada debido a los trayectos principales para llegar al destino.

La Vía Perimetral es una arteria vial clave que bordea la periferia noroeste de Guayaquil, con una extensión aproximada de 27 km desde el intercambiador de ruta comprendida entre la Av. 25 de Julio y el puente Vicente Rocafuerte sobre el río Daule. Diseñada originalmente en 1987 como una autopista para desviar el tráfico pesado, se ve actualmente invadida por asentamientos y semáforos que han transformado su carácter. Circulan en promedio más de 123 000 vehículos al día, incluyendo contenedores, buses, autos y motos, lo que genera alta congestión. Hoy, la Perimetral actúa como una vía urbana más que como una autopista, con señalización, pasos peatonales y semáforos adaptados a su contexto poblado.

La Vía a Daule se destaca como una de las principales conexiones viales de la ciudad, extendiéndose aproximadamente 27 km desde el distribuidor de la Av. del Bombero hasta el retorno cercano a la Penitenciaría del Litoral. Soporta un flujo diario de entre 56 000 y 100 000 vehículos por sentido, incluyendo automóviles, buses y tráfico pesado, conectando áreas industriales, urbanizaciones y centros comerciales. Presenta tramos urbanos densamente poblados, zonas de talleres y mototaxis, así como sectores de peligro por falta de señalización y peatones cruzando sin protección.

En la Fig. 4 se puede apreciar que la ruta inicia en sentido norte-sur en la cual inicia en la industria de distribución alimenticia ubicada en la avenida Ricardo Vanegas

Armendáriz y continúa por la avenida La Vielocia hasta incorporarse a la Vía a Daule. Desde allí, el recorrido se extiende por la Vía Perimetral, atravesando sectores como El Fortín, La Prosperina, y urbanizaciones como Las Cumbres, Olympus y San Eduardo. A lo largo del trayecto, se por zonas residenciales como Puerta del Sol, Batallón del Suburbio y Mogollón.

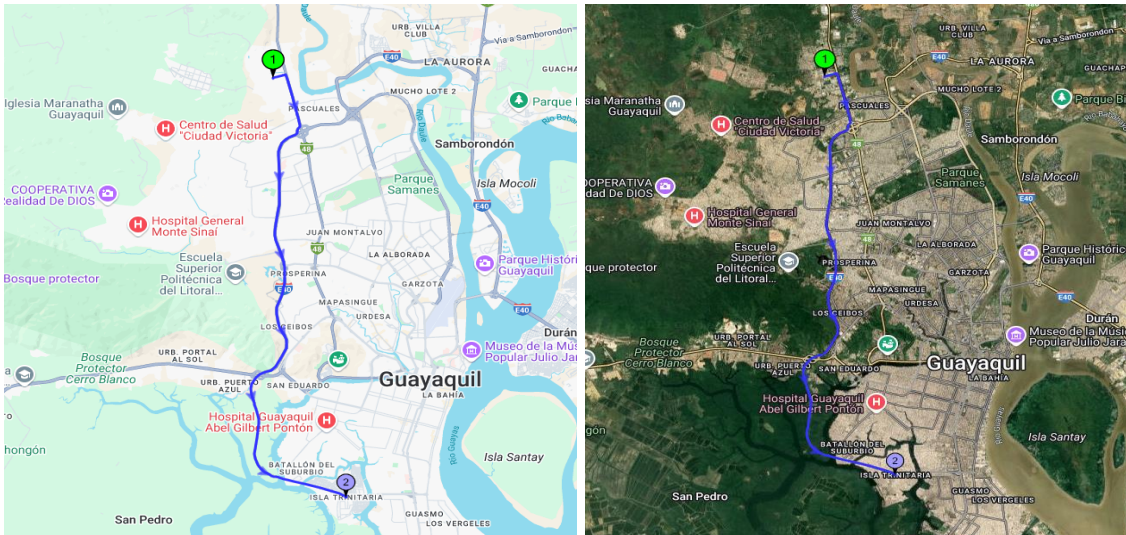


Fig. 4. Mapa ruta 1, vía Daule-Perimetral vistas (Capas y satélite).

3.3.1. Selección de Ruta

Dentro de los criterios de selección de rutas se ha considerado algunos datos, siguiendo las normas establecidas para la revisión. Se determina una matriz origen-destino tomando como referencia un estudio de circulación urbana, lo que permite señalar los relevantes desplazamientos vehiculares.

Se destacan las avenidas principales en sentido norte-sur y viceversa, junto con la vía perimetral, determinada como una vía con un tráfico muy reducido. Sin embargo, se toman en cuenta intervalos de mayor y de menor demanda para percibir condiciones reales de trancones. De modo que, también se valora la vinculación de las rutas con zonas industriales, comerciales y residenciales estudio.

A continuación, se muestra en la TABLA III, el origen y destino de la ruta seleccionada, para poder determinar los ciclos de conducción a estudiar:

TABLA III
ORIGEN Y DESTINO SEGÚN LAS ZONAS PLANTEADAS

Ruta Sentido	Origen	Destino	Calles y avenidas
1 Norte-Sur	Empresa alimenticia	Isla trinitaria	(1)Ricardo Vanegas Armendáriz, La Vielocia, Vía Daule, Guayaquil, Vía Perimetral, Fortín, Guayaquil, Prosperina, Urb. Las Cumbres, Olympus, San Eduardo, Puerta Sol, Batallón del suburbio, Mogollón, Isla trinitaria(2)

3.3.2. Caracterización de la ruta.

A continuación, se puede observar en la TABLA III, IV, V, VI el detalle la descripción del recorrido total, dividido en tres tramos que muestran el inicio #1 y fin del trayecto #2, junto con las calles y avenidas recorridas. Esta segmentación facilita el análisis del comportamiento del vehículo en distintos entornos urbanos, permitiendo identificar patrones específicos en cada tramo. Asimismo, la organización de los datos contribuye a una mejor interpretación del recorrido completo.

En la TABLA IV se muestra que el primer tramo que cuenta con una longitud de 0.65 km, inicia en una empresa de distribución de alimentos y finaliza en la vía Daule, recorriendo la calle Ricardo Vanegas Armendáriz en La avenida Vielocia. Es una vía colectora urbana, unidireccional, con pavimento de hormigón en buen estado, sin pendientes, baches ni desvíos. No presenta semáforos, cruces ni retornos, y cuenta con dos carriles de 4.5 metros de ancho.

TABLA IV

TRAMO 1: RECORRIDO Y CONDICIONES DE LA VÍA

Parámetro	Breve descripción
Inicio	Empresa de distribución de alimentos
Fin	Vía Daule
Calles o avenidas utilizadas	Ricardo Vanegas Armendáriz, La Vielocia
Longitud (Km)	0.65Km
Tipo de vía	Vía colectora o secundaria urbana
Sentido del tránsito	Unidireccional
Intersecciones o cruces	0
N° Semáforos	0
N° Retornos	2
Estado del pavimento	Bueno (Superficie: uniforme, sin baches ni grietas notables)
Materiales del pavimento	Hormigón (Cemento)
Pendientes o zonas inclinadas	No
Tramos de baches o limitadores de velocidad	No
Zonas de reparación o desvíos	No
Ancho de carriles	4.5 metros
Número de carriles	2

En la TABLA V describe el segundo tramo, que abarca 3.02 km sobre la Vía Daule, con sentido unidireccional y pavimento de hormigón en estado regular, presentando algunos baches y desgastes visibles. Esta vía principal cuenta con dos carriles de 8.5 metros de ancho, además de dos semáforos, dos retornos y dos intersecciones.

TABLA V

TRAMO 2: RECORRIDO Y CONDICIONES DE LA VÍA

Parámetros	Características
Inicio	Vía a Daule, La Vielocia Vía Daule
Fin	Vía Perimetral, MONTE BELLO, Guayaquil
Calles o avenidas utilizadas	Vía Daule
Longitud (Km)	3.02 Km
Tipo de vía	Vía principal
Sentido del tránsito	Unidireccional
Intersecciones o cruces	2
N° Semáforos	2
N° Retornos	2
Estado del pavimento	Regular (Tienes algunos baches pequeños, grietas o desgastes visibles)
Materiales del pavimento	Hormigón (Cemento)
Pendientes o zonas inclinadas	No
Tramos de baches o limitadores de velocidad	Si
Zonas de reparación o desvíos	No
Ancho de carriles	8.5 metros
Número de carriles	2

En la TABLA VI presenta el tercer tramo evaluado, que cubre 19.45 km desde la Vía Perimetral hasta la Vía Isla Trinitaria, manteniéndose en una vía principal urbana unidireccional. El pavimento de asfalto se encuentra en estado regular, con baches pequeños y desgastes visibles. Durante el recorrido se registraron tres intersecciones, dos semáforos y cuatro retornos, reflejando una circulación activa. Aunque no se detectaron pendientes ni zonas inclinadas, sí se identificaron áreas en reparación y con desvíos.

TABLA VI
TRAMO 3: RECORRIDO Y CONDICIONES DE LA VÍA

Parámetros	Características
Inicio	Vía Perimetral
Fin	Vía Isla Trinitaria
Calles o avenidas utilizadas	Vía Perimetral
Longitud (Km)	19.45 Km
Tipo de vía	Principal urbana
Sentido del tránsito	Unidireccional
Intersecciones o cruces	3
N° Semáforos	2
N° Retornos	4
Estado del pavimento	Regular (Tienes algunos baches pequeños, grietas o desgastes visibles)
Materiales del pavimento	Asfalto
Pendientes o zonas inclinadas	No
Tramos de baches o limitadores de velocidad	No
Zonas de reparación o desvíos	Si
Ancho de carriles	7.5 metros
Número de carriles	2

3.4. Caracterización de la empresa.

Esta empresa de la industria alimentaria tiene una trayectoria en el mercado ecuatoriano que supera los 40 años. Comenzó como una compañía familiar dedicada, en particular, a la elaboración de productos para repostería y galletas. Con el tiempo, amplió su gama de productos con otros como galletitas de maíz, plátano, tortillas, canguil y papas.

Para esta empresa, el fortalecimiento de su cadena de valor es fundamental para su funcionamiento. Su objetivo es establecer un proceso colaborativo que permita desarrollar iniciativas comunitarias alineadas con su compromiso de responsabilidad

social empresarial, promoviendo la inclusión. Con esta visión, la compañía busca promover el bienestar general en las áreas rurales del territorio nacional, enfocándose especialmente en incrementar para bien la calidad de vida de grupos en condición de fragilidad mediante inversiones que favorezcan su avance en los ámbitos social y económico.

Esta compañía dispone de vehículos propios de entrega que comienzan su trayecto desde la fábrica hacia las diferentes rutas de distribución, dentro del perímetro urbano y en las zonas externas a Guayaquil. Teniendo como referencia actualmente la empresa no cuenta con un análisis de monitoreo de ciclos de conducción en las rutas establecidas. Actualmente cuenta con 161 camiones de reparto con 15 rutas establecidas, su monitoreo se realiza a través de una plataforma de monitoreo satelital llamada Worldfleet, que se encarga de vigilar en tiempo real el comportamiento y actividades durante el recorrido.

Para comprender los procesos que realiza la empresa, a continuación, en la Fig. 5, se muestra al detalle la función detallada de cada área desde su fabricación y elaboración de productos hasta el cliente.

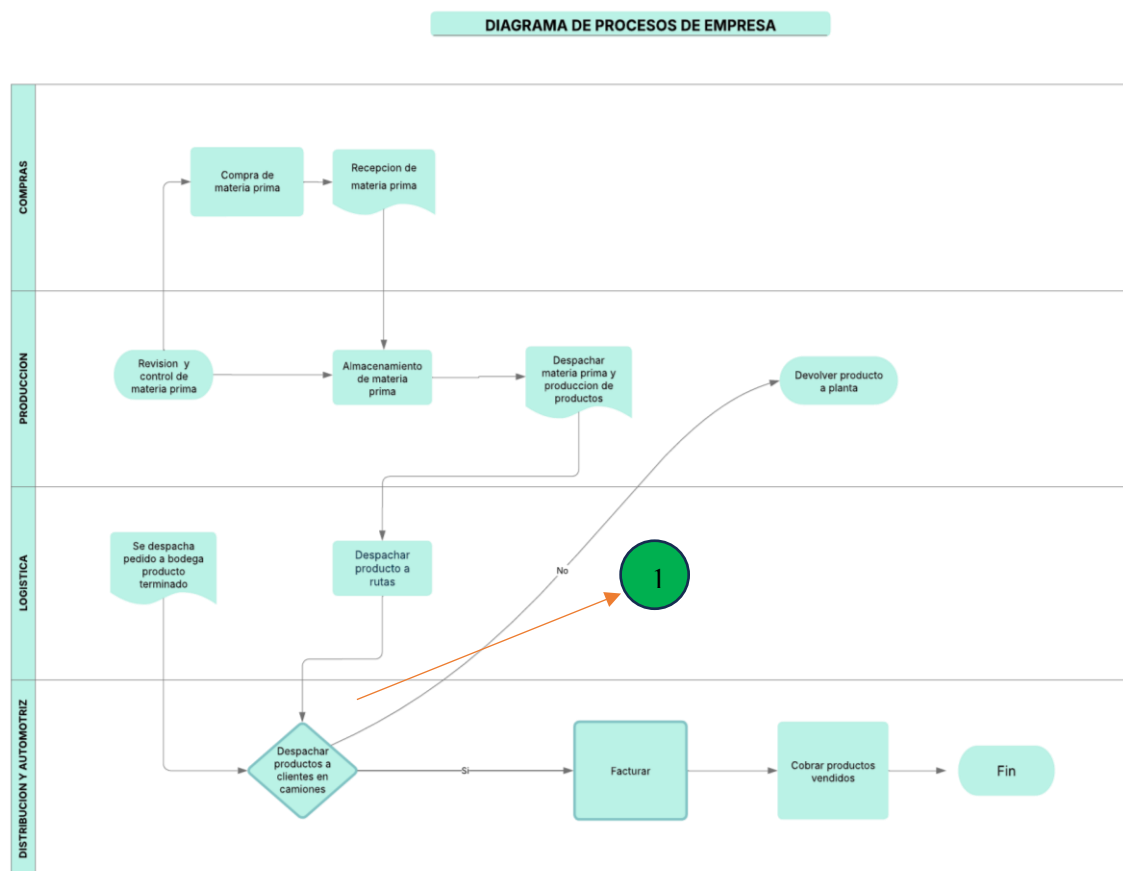


Fig. 5. Diagrama de procesos de la empresa.

3.5. Metodología de análisis de datos

Con el propósito de definir un ciclo de conducción representativo, se recolectaron y evaluaron diversas variables en varios estudios, tal como se detalla en la TABLA VII. Con el objetivo de mostrar patrones de comportamiento comunes en condiciones urbanas, este proceso contempló la evaluación de datos reales de operación vehicular, incluyendo la velocidad, el tiempo, la distancia recorrida y la cantidad de paradas.

TABLA VII
CLASIFICACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES CONTROLABLES	UM	VARIABLES NO CONTROLABLES	UM	VARIABLE DE RESPUESTA	UM
Distancia	[km]	Temp. del ambiente.	[°C]	Vel. Máxima.	[km/h]
Tiempo	[s]	Altitud (m.s.n.m.)	[m.s.n.m]	Vel. Promedio.	[km/h]
		Vel. de viento	[m/s]	Nº de paradas.	[N]
		Cal. de combustible (Octanaje)	[octanaje]		

3.6. Selección de parámetros del ciclo:

Los parámetros que se definieron fueron determinados con el objetivo de conseguir un ciclo de conducción representativo en diversas ciudades, teniendo en cuenta las condiciones específicas del tráfico y los rasgos topográficos y climáticos de cada entorno urbano. Para tal fin, se emplearon las variables sugeridas que se especifican en la TABLA VIII. Debido a su relevancia en el análisis del comportamiento dinámico de los vehículos, estas han sido muy valoradas en investigaciones pasadas.

TABLA VIII
PARÁMETROS DINÁMICOS DEL CICLO DE CONDUCCIÓN

Parámetros	Unidad
Vel. media del ciclo absoluto incluido los lapsos en el en modo	
ralentí, v_1	Km/h
Vel. máxima	Km/h
Nº de paradas, N	-
T. total de operación de manejo, T manejo	s
Tiempo en ralentí, T ralentí	s
Dist. recorrida, D recorrida	m
Aceleración media todas las fases de acel., a	(m/s^2)
Aceleración positiva máxima, a max	(m/s^2)
Tiempo de aceleración, T aceleración	s
Proporción del T. de conducción en modo ralentí, Pi	%
Proporción del T. de conducción en condición acel. Pa	%

3.7. Cálculos para determinación de valor para cada recorrido.

Para poder determinar el valor de la media de cada recorrido se consideran los parámetros fundamentales o característicos que muestra la plataforma de WorldFleet como velocidad promedio, velocidad máxima, número de paradas realizadas, distancia completa cubierta, tiempo de manejo y tiempo en ralentí.

Cabe resaltar que para el análisis de los ciclos de conducción se consideraron un total de 30 recorridos de la misma ruta 1 que va desde Inalecsa hasta la Isla trinitaria y viceversa.

Para determinar el parámetro de ponderaciones (1), se emplea una hoja de cálculo de Excel; conforme a la investigación realizada, se establece una estrategia para conseguir ciclos de conducción por medio del promedio ponderado, en la que se aplica esta ecuación:

$$y = \frac{w_i * \frac{P_{i,j} - \bar{P}}{\bar{P}}}{Total\ de\ ponderaciones} \quad (1)$$

Ecuación (1) Fórmula para calcular la desviación relativa ponderada de un parámetro operacional[15].

Donde:

Y: valor o desviación de promedio ponderado

Wi: Peso para la ponderación del parámetro i

Pij: Valor parámetro i, para la curva experimental j

\bar{P} : Prom. del parámetro i, para la curva experimental j

$\frac{P_{i,j} - \bar{P}}{\bar{P}}$: Desviación normalizada con respecto al promedio. ecuación (2)

A continuación, se aplica la fórmula para obtener la desviación en valor absoluto con referencia a la media para cada uno de los parámetros de la ecuación (2)

Se aplica el mismo procedimiento a cada uno de los parámetros establecidos, comenzando con el primer dato de velocidad media que se refiere a los 30 recorridos. Este cálculo se repite de manera consecutiva en cada recorrido para garantizar que el análisis sea estable y confiable. Así, se pueden establecer tendencias y comportamientos generales del vehículo a partir de resultados consistentes. Por último, estos datos permiten una evaluación y comparación exactas del rendimiento en diversas condiciones[15].

A continuación, en la TABLA IX muestra un ejemplo detallado del cálculo utilizando el Recorrido N.º 1 como referencia. Este procedimiento permite obtener valores representativos para la elaboración del ciclo de conducción. Se aplica consecutivamente este cálculo para todos los 30 recorridos y para cada parámetro.

TABLA IX

RESULTADOS DE CALCULOS DE PARAMETROS DINAMICOS DE
PONDERACIONES RECORRIDO 1

Parámetro característico	Valor
Vel. Media	- 0.199
Vel. máxima	0.089
N° de paradas	0.485
Tiempo final de manejo	0.070
Tiempo en ralentí	0.370
Longitud del trayecto	0.002
Acel. promedio de las fases:	0.016

Una vez calculada la desviación respecto a la media de los 30 recorridos para los parámetros establecidos, se procede a determinar el valor y correspondiente a cada recorrido. Con ese fin, se utiliza el recorrido número 1, que sirve como referencia para comparar las variaciones. Esta comparación permite identificar posibles anomalías o patrones de comportamiento. Así, se consolida una estructura firme para la evaluación de resultados. A continuación, se adjunta resultado aplicado a los 30 recorridos en la TABLA X.

TABLA X

RESULTADOS DE CALCULOS DE PARAMETROS DE PONDERACIONES
RECORRIDO 1

Parámetro característico	Valor
Vel. media	-0.0362
Vel. máxima	0.00269
Número de paradas	0.01468
Tiempo total de manejo	0.00213
Tiempo en ralentí	-0.01120
Distancia recorrida	0.00006
Acel. promedio de todas las fases:	0.00048

3.8. Parámetros de ponderaciones.

La asignación de valores a los parámetros se basa en la relevancia de cada uno, que va desde 0 (poco importante) hasta 1, con incrementos de 0.25. Esto es útil cuando las bases de datos no son muy grandes y 0.25 indica baja representatividad; permite comparar fácilmente distintos tramos de conducción. En lo sucesivo, se establecerán los pesos de ponderación para cada parámetro definido como se ilustra en la TABLA XI.

TABLA XI
PONDERACIONES PARA CADA PARAMETRO

Parámetro	Peso de la ponderación
Velocidad media (v1)	1
Velocidad máxima (V max)	0.25
Numero de paradas (N)	0.25
T. total de manejo (T manejo)	1
T. en ralentí (T. ralentí)	0.75
D. Recorrida (D. recorrida)	1
Acel. promedio de las fases (a)	1
Acel. positiva máxima (a max)	0.75
T. de aceleración (T aceleración)	0.25
Porción del tiempo - conducción modo ralentí (Pi)	1
Porción del tiempo - conducción modo acel. (Pa)	1
TOTAL	8.25

A continuación, en la TABLA XII muestra los parámetros a procesar y se calcula el promedio \bar{P} para cada uno de los puntos.

Luego de calcular los 30 recorridos según los parámetros establecidos, se calculó el promedio de cada variable para simplificar el análisis integral del comportamiento vehicular. Estos promedios son representativos de las condiciones típicas de funcionamiento en los recorridos analizados. La información adquirida permitió la clasificación de los ciclos en tres categorías representativas: mínima, media y máxima.

TABLA XII
PROMEDIOS CALCULADOS DE LOS RECORRIDOS

Recorrido	UM	Promedio
Velocidad media [v1]	[km/h]	27.32
Velocidad máxima [V max]	[km/h]	92.77
Número de paradas [N]	-	16.17
T. total de manejo [T manejo]	[s]	34,036
T. de ralentí [T ralentí]	[s]	7,614
D. recorrida [D recorrida]	[m]	71,353
Acel. promedio todas las fases [a]	[m/s^2]	0.0008

3.9. Simulación del camión por medio del software Simulink.

Para la siguiente simulación se empleó la función "Virtual Vehicle Composer" en la plataforma de Simulink, configurando un modelo de vehículo convencional como se ilustra en la Fig. 6.

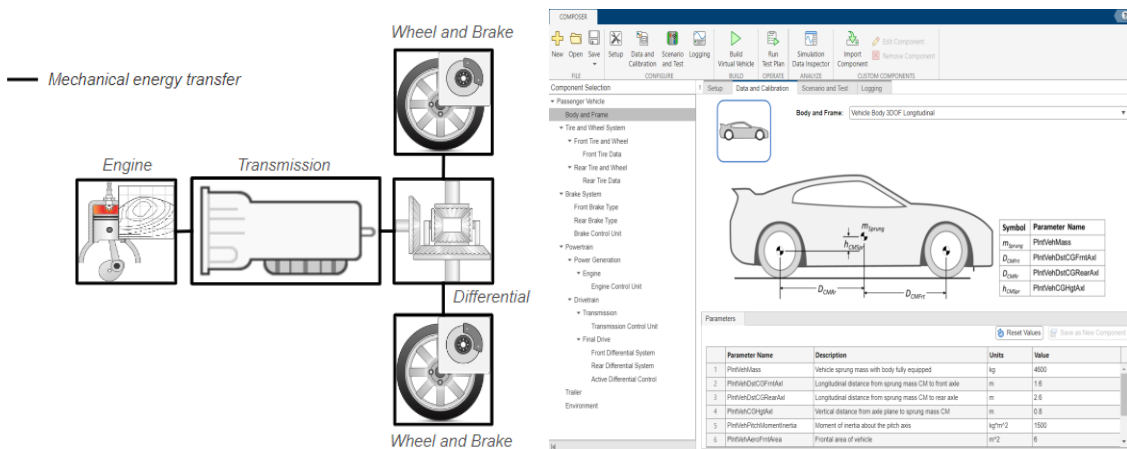


Fig. 6. Configuración del modelo virtual en Simulink.

En esta etapa del estudio, se utilizaron datos experimentales propios como el peso del vehículo, la distancia al centro de gravedad, la distancia desde el centro de masa hasta el eje delantero y posterior, el área frontal, entre otros, como se muestra en la TABLA XIII.

TABLA XIII
PARÁMETROS CONCRETOS DEL AUTOMÓVIL EN SIMULACIÓN

Parámetro	Descripción	Unidad	Valor
PlntVehMasa	Masa suspendida del vehículo	[Kg]	4600
PlntVehDstCGFrntAxle	Distancia del centro de masa al eje frontal	[m]	1.6
PlntVehDstCGRearAxl	Distancia del centro de masa al eje post	[M]	2.6
PlntVehCGHgtAxle	Distancia vertical desde el plano del eje hasta el centro de masa colgante	[M]	0.8
PlntVehPitchMomentInertia	Momento de inercia relación al eje de cabeceo	[kg. m ²]	1500
PlntVehAeroFrontArea	Parte delantera del vehículo	[m ²]	6
PlntVehAeroDragCff	Coef. Arrastre dinámico	-	0.7
PlntVehAeroLiftCff	Coef. Susten aerodinámica	-	0.1
PlntVehAeroPitchCff	Coef. Aerodinámico eje cabeceo	-	0.1

Se utilizó la opción "Copy Path" para conseguir las rutas de los archivos de Excel que pertenecen a los ciclos mínimo, medio y máximo, con el fin de realizar una simulación de los ciclos de conducción. Después, se empleó la opción "Change Current Scenario" en el entorno de Simulink con el fin de vincular cada archivo al escenario de simulación para que, al finalizar, se añada previamente la ruta. Asimismo, se ajustó el parámetro "Stop Time" según cuántos registros de velocidad incluye cada ciclo como se detalla en la Fig. 7.

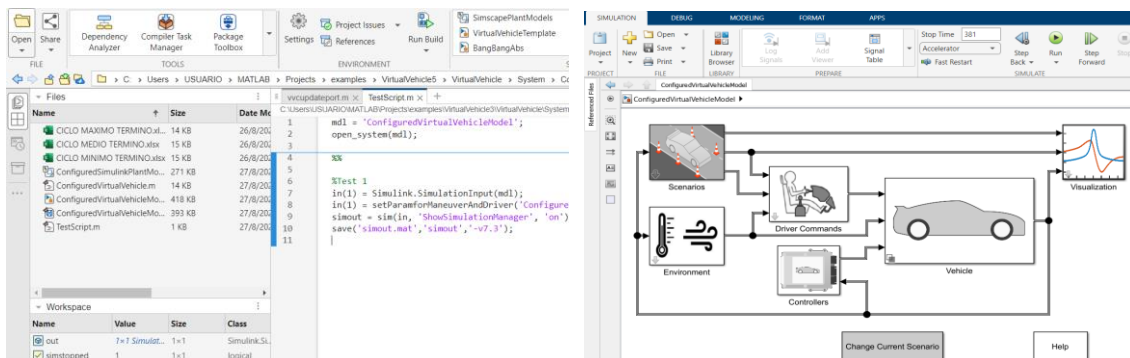


Fig. 7. Modificación de escenarios de simulación de ciclos de conducción.

3.10. Cronograma

En la TABLA XIV, se detalla los tiempos estimados para llevar a cabo cada actividad.

TABLA XIV
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Actividades	Mayo				Junio				Julio				Agosto			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Desarrollo de la propuesta del trabajo de investigación	X	X														
Marco teórico		X														
Cronograma de trabajo		X														
Presupuesto		X														
Adquisición de datos			X	X												
Presentación de avances realizados				X	X	X	X									
Resultados							X	X	X	X						
Comparación de datos obtenidos										X	X	X				
Conclusiones													X	X		
Referencias													X	X		
Anexos													X	X		
Redacción de documento final														X	X	
Presentación final del proyecto																X

3.11. Presupuesto

En la TABLA XV, se muestra los costos del proyecto.

TABLA XV
PRESUPUESTO ESTIMADO DEL PROYECTO

Descripción	Cantidad	Costo por unidad	Costo total
Costos indirectos			
Traslados	40	\$ 0.30	\$ 12
Impresiones	140	\$ 0.15	\$ 21
Total costos indirectos			\$ 54
Costos directos			
Uso de laboratorio	30	\$ 25	\$ 750
Costos total directos			\$ 750
Costo total			\$ 804

4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Resultados

En primera instancia, se recopilieron datos reales mediante la plataforma WorldFleet, que brinda información exacta acerca de factores operativos como el tiempo de manejo, tiempo en ralentí, la velocidad, el número de paradas y los kilómetros recorridos. A partir de estos datos, se llevó a cabo un análisis estadístico comparativo de los 30 recorridos registrados

Considerando los resultados obtenidos se realizó un proceso para el análisis de tres ciclos de conducción (mínimo, medio y máximo) con el fin de representar de forma efectiva los diferentes grados de exigencia operativa a los que un vehículo puede estar sujeto en su uso diario. Este estudio facilitó la detección de patrones de comportamiento de los vehículos en condiciones reales, lo que permitió una evaluación más exacta del funcionamiento productivo y dinámico del sistema.

Con el objetivo de simular la forma en que se comporta dinámicamente un vehículo convencional, se introdujeron los datos obtenidos de los tres ciclos representativos (mínimo, medio y máximo) dentro del Simulink. Se modificaron los tiempos de simulación y se ejecutó el modelo después de conectar cada archivo de ciclo en la función "Copy Path". Las salidas gráficas revelaron el desempeño dinámico del vehículo en cada ciclo, mostrando variables como la velocidad, el par motor, las revoluciones por minuto (RPM) y el consumo energético.

4.1.1. Ciclo mínimo

El ciclo 15 se considera el ciclo mínimo como se muestra en la Fig. 8, debido a que presenta el menor tiempo de manejo efectivo entre los 30 recorridos. De modo que su velocidad media (22,54 km/h) es de las más bajas y tiene un número alto de paradas (23), la distancia recorrida fue corta (65,5 km), lo cual permite completar el trayecto en un tiempo relativamente breve (8,77 horas). A pesar del alto tiempo en ralentí (10.870 segundos), no influyó considerablemente el total del ciclo. Por tanto, su baja distancia y duración general lo convierten en el ciclo más corto.

Al analizar el comportamiento del ciclo mínimo se evidencian picos bajos (velocidades inferiores a 10 m/s) en el inicio del período, lo que revela arranques frecuentes. Entre los 60 y 120 segundos, aparecen picos altos y medios que rondan los 20 m/s, posteriormente de lo cual

hay una caída repentina y fluctuaciones irregulares hasta el segundo 270. Luego de una reducción final, se producen nuevas aceleraciones mantenidas entre los segundos 300 y 380.

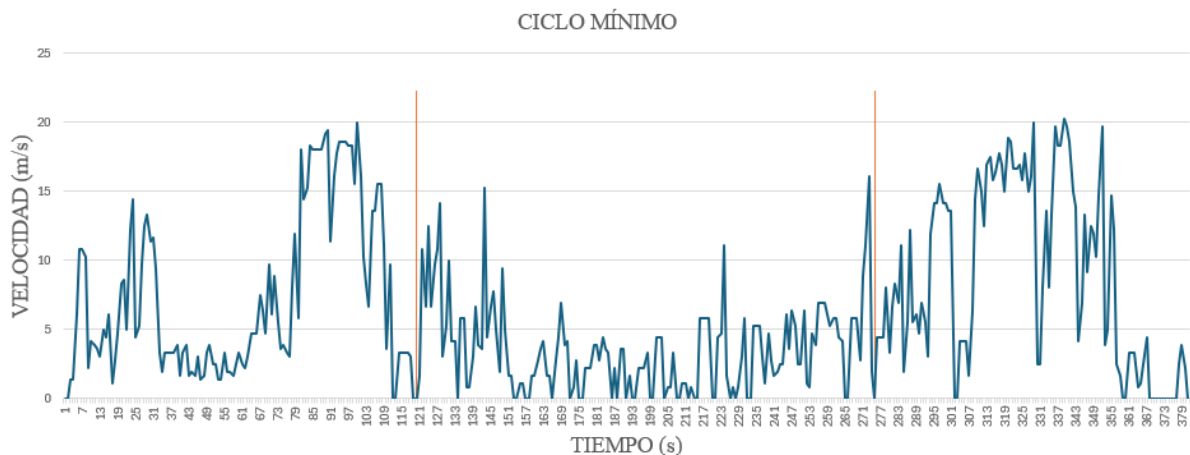


Fig. 8. Gráfica representativa del ciclo mínimo

Seguidamente, se explican con precisión los gráficos de los parámetros de salida desarrollados en Simulink para el ciclo mínimo representativo, que fue escogido tras analizar 30 trayectorias reales que se ilustra en la Fig. 9.

En la Fig.9 (a) muestra la velocidad del vehículo ($\langle xSpd \rangle$), que presenta una dinámica fluctuante con máximos picos de hasta 20 m/s cerca del segundo 90 y del segundo 340, lo que refleja breves periodos de aceleración sostenida. Una etapa de baja velocidad predomina entre los segundos 120 y 300, lo que indica que la movilidad es corta o que se está circulando en un tráfico denso.

Se refiere al par motor ($\langle EngTrq \rangle$), que refleja una actividad oscilante con picos por encima de los 400 Nm en el segundo 40, 110 y 330, lo cual indica altas demandas mecánicas en etapas específicas del trayecto como se muestra en la Fig.9 (b).

En la Fig.9 (c) muestra la salida de velocidad del motor ($\langle EngSpdOut \rangle$), que oscila entre -2000 y 4000 rpm. Entre los segundos 60 y 120, así como entre los 300 y 360, se observan zonas de actividad intensa que coinciden con periodos de alta demanda de potencia.

Presenta el flujo volumétrico de combustible ($\langle FuelVolFlw \rangle$), que tiene aumentos significativos en los tramos 60-100 y 310-350, llegando a valores próximos a las 0.6 unidades. Esto indica un consumo energético más alto en relación con los picos de par motor y velocidad, que son propios de este tipo de conducción mínima como se muestra en la Fig.9 (d).

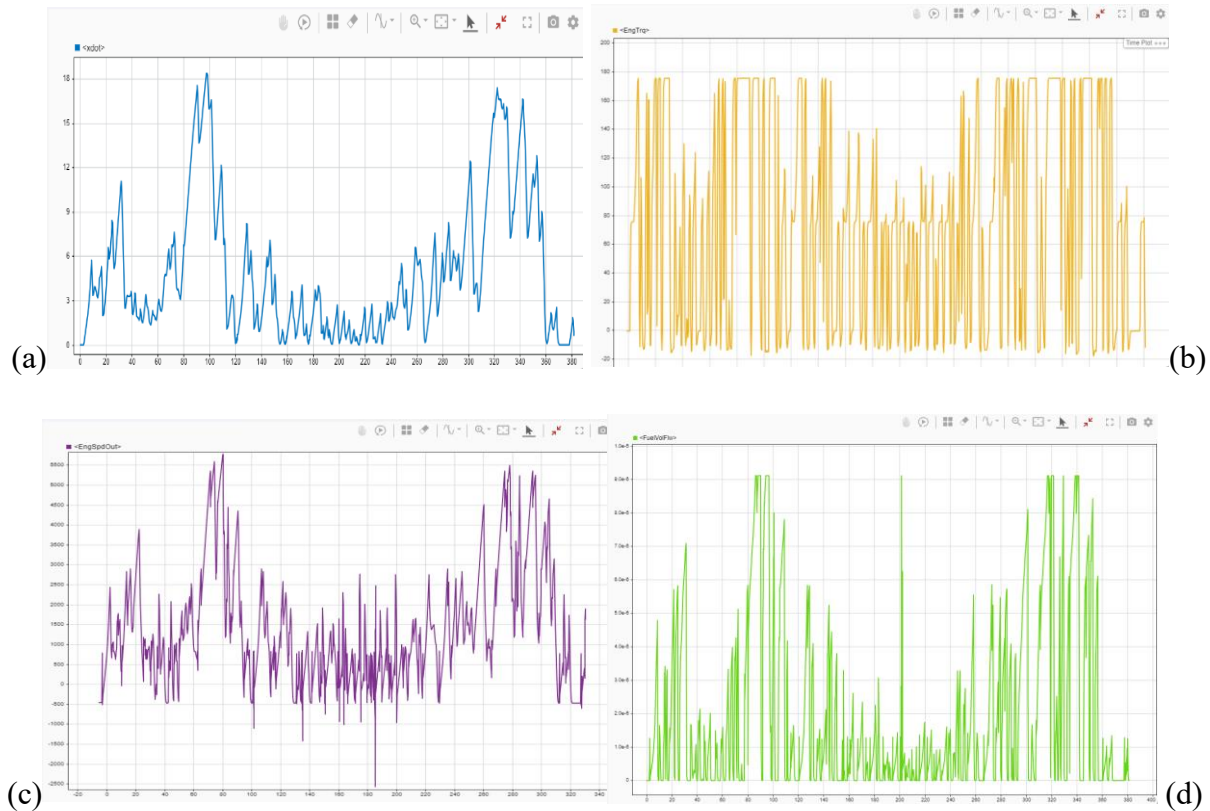


Fig. 9. Gráficas de desempeño del vehículo en un ciclo de conducción mínimo: a) velocidad del vehículo b) par motor c) salida de velocidad del motor d) flujo volumétrico de combustible.

En la TABLA XVI muestra un resumen del ciclo de conducción mínimo, donde se detalla los datos obtenidos de los parámetros como velocidad promedio, velocidad máxima, tiempo total de manejo, distancia total recorrida y el número de paradas.

TABLA XVI
DATOS DEL CICLO DE CONDUCCIÓN MÍNIMA

Ciclo de conducción mínimo	
Parámetros	
Número de ruta seleccionada	15
Velocidad promedio [Km/h]	22,54
Velocidad máxima [Km/h]	73
Tiempo total recorrido [s]	33420
Distancia recorrida [m]	65500
Número de paradas	23

4.1.2. Ciclo medio

El ciclo 19 se considera como el ciclo medio y muestra un equilibrio eficiente entre velocidad, distancia y duración. A pesar de recorrer una distancia considerable de 76,3 km, el tiempo total de manejo fue solo 8,57 horas, lo que refleja un trayecto fluido con paradas controladas (17 en total). Su velocidad media de 26,73 km/h está en un rango medio-alto dentro del conjunto, lo que indica un buen ritmo de conducción. Además, tuvo un tiempo en ralentí relativamente bajo (6122 segundos) en comparación con otros recorridos similares. Estos factores justifican que el ciclo medio fue eficiente en su ejecución como se muestra en la Fig. 10.

Basándose en los datos presentados, el ciclo medio se observan cambios significativos en la velocidad, iniciándose con picos altos de hasta 27 m/s en los primeros 90 segundos, lo cual indica una conducción fluida. Después, entre los segundos 90 y 320, se observan velocidades inestables y bajas (por debajo de 10 m/s), vinculadas a un ambiente urbano con paradas frecuentes. Por último, el segmento comprendido entre los segundos 320 y 390 muestra un aumento notable en la velocidad, que se aproxima a los 30 m/s, seguida de una disminución gradual de la misma tras la conclusión del recorrido.

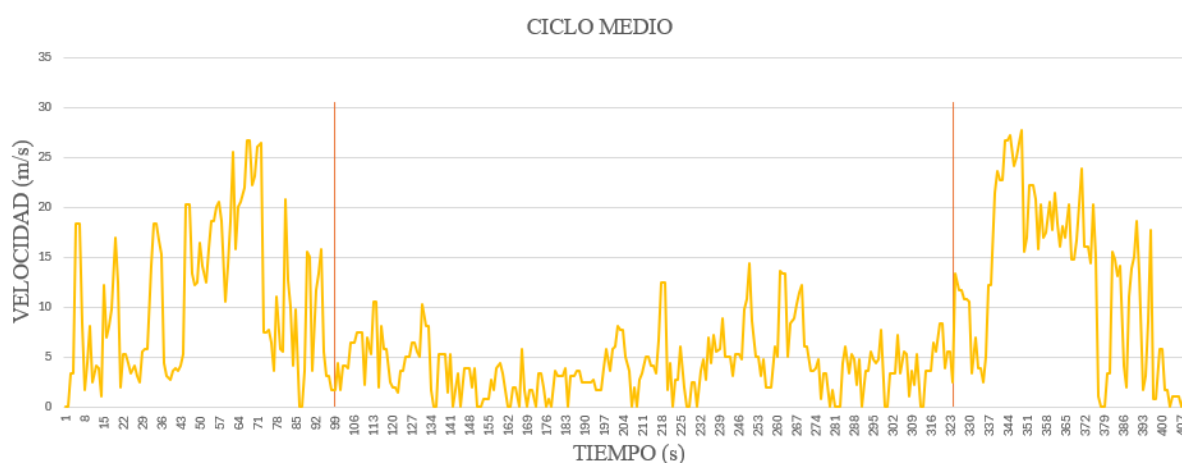


Fig. 10. Gráfica representativa del ciclo medio.

Los avances obtenidos a partir del modelo de Simulink para el ciclo medio representativo se describen en la Fig. 11.

La gráfica de velocidad ($\langle xSpd \rangle$) muestra un comportamiento con fases claramente definidas: al principio, entre los segundos 30 y 90, se observa una aceleración progresiva que llega a un máximo cerca de 25 m/s; luego, hay una fase irregular con fluctuaciones moderadas;

y finalmente, entre los segundos 310 y 370, se presenta otra aceleración significativa, alcanzando velocidades de hasta 28 m/s como se muestra en la Fig.11 (a).

En la Fig.11 (b) muestra el par motor (<EngTrq>) muestra un empleo intermitente del motor, con cifras que superan los 400 Nm en los mismos períodos de tiempo indicados, lo que confirma la demanda de torque para mantener las fases de velocidad máxima.

La velocidad de salida del motor (<EngSpdOut>) es consistente con la gráfica de velocidad, alcanzando picos de hasta 5000 rpm en los segmentos más exigentes (segundos 50 a 90 y 320 a 370), y presentando cifras más reducidas e irregulares durante las etapas de tránsito urbano como se muestra en la Fig.11 (c).

El flujo volumétrico de combustible (<FuelVolFlw>) muestra aumentos significativos durante las mismas etapas de velocidad elevada, alcanzando más de 0.6 L/min, lo que indica un consumo alto en relación con la necesidad energética del vehículo a lo largo del ciclo medio como se muestra en la Fig.11 (d).



Fig. 11. Gráficas de desempeño del vehículo en un ciclo de conducción media: a) velocidad del vehículo b) par motor c) salida de velocidad del motor d) flujo volumétrico de combustible.

En la TABLA XVII se presenta un resumen de los datos obtenidos del ciclo de conducción medio, que muestra la ruta elegida, las velocidades logradas, el tiempo que tomó el viaje, la distancia recorrida y cuántas paradas se efectuaron.

TABLA XVII
DATOS DEL CICLO DE CONDUCCIÓN MEDIA

Ciclo de conducción medio	
Parámetros	
Número de ruta seleccionada	19
Velocidad promedio [Km/h]	26,73
Velocidad máxima [Km/h]	100
Tiempo total recorrido [s]	30852
Distancia recorrida [m]	76300
Número de paradas	17

4.1.3. Ciclo máximo

Por consiguiente, ciclo 20 se destaca por tener el menor tiempo de manejo de todos los trayectos, con tan solo 7,61 horas, lo cual lo hace excepcionalmente eficiente. A pesar de haber recorrido 67,5 km, logró mantener una alta velocidad media de 29,51 km/h, lo que indica muy buen flujo vehicular y mínimo tiempo detenido. Además, realizó 18 paradas, un número moderado, sin afectar significativamente la eficiencia del trayecto. Estos factores demuestran que fue un recorrido rápido, constante y bien ejecutado. Su desempeño general lo convierte en uno de los mejores en términos de optimización del tiempo como se observa en la Fig. 12.

Con base a los datos representados, se explica la conducta del ciclo máximo, que comienza con un incremento constante de la velocidad hasta llegar a cerca de 30 m/s entre los segundos 40 y 80. Luego, entre los segundos 90 y 200, se observan oscilaciones con valores bajos e irregulares. Desde el segundo 210 hasta el 290, se aprecian picos altos y sostenidos, que indican secciones de velocidad alta. Finalmente, desde el segundo 290 hasta el 330, la velocidad baja de forma repentina, lo que indica que el recorrido ha finalizado.

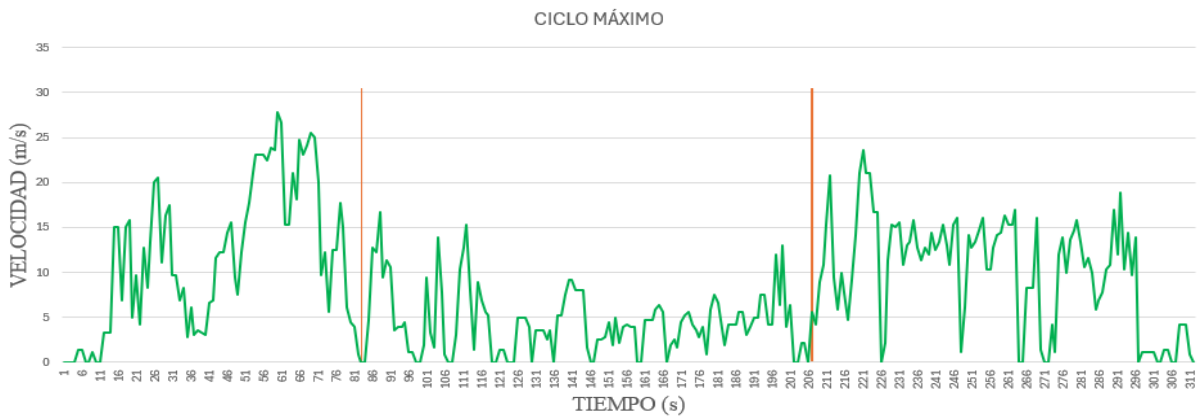


Fig. 12. Gráfica representativa del ciclo máximo.

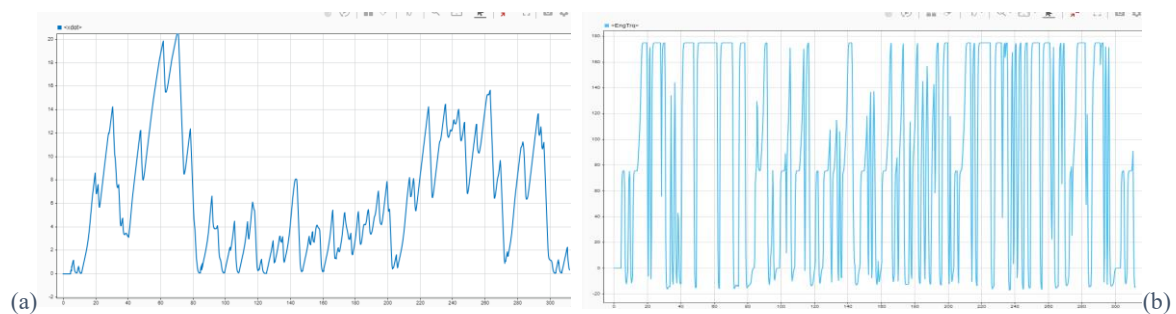
Se muestra el análisis del ciclo máximo representativo logrado en Simulink como se muestra en la Fig. 13.

La Fig.13 (a) que muestra la velocidad (<xSpd>) indica que, entre los segundos 10 y 80, la aceleración se mantiene constante, con velocidades de hasta 28 m/s; después hay una fase central irregular y otra aceleración entre los segundos 200 y 280.

El par motor (<EngTrq>) muestra una fluctuación muy variable, con numerosos picos que sobrepasan los 400 Nm, lo cual refleja las demandas dinámicas del motor a raíz de las etapas de aceleración más intensa que se ilustra en la Fig.13 (b).

La velocidad angular de salida del motor (<EngSpdOut>) tiene picos que llegan hasta 5000 rpm, sobre todo en las secciones más veloces, y presenta un patrón ondulante a lo largo de toda la trayectoria que ilustra en la Fig.13 (c).

En conclusión, el flujo de combustible (<FuelVolFlw>) revela aumentos significativos en los periodos de mayor demanda energética, al sobrepasar los 0.65 L/min; esto demuestra un consumo elevado relacionado con las demandas del ciclo máximo que muestra en la Fig.13 (d).



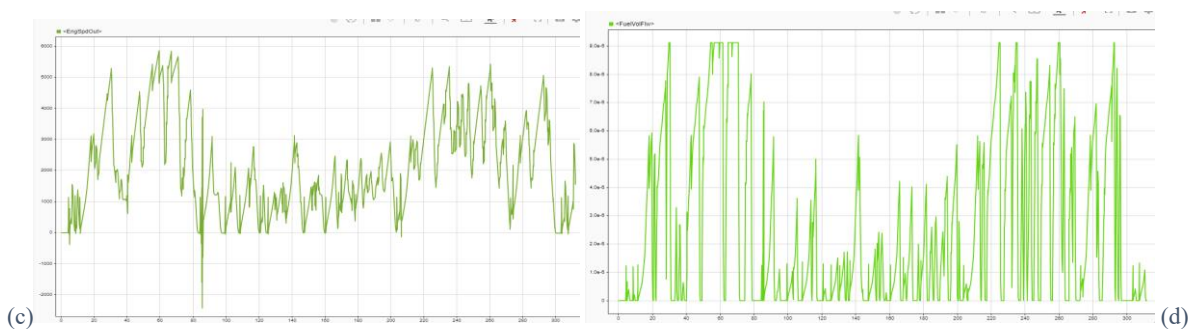


Fig. 13. Gráficas de desempeño del vehículo en un ciclo de conducción máxima: a) velocidad del vehículo b) par motor c) salida de velocidad del motor d) flujo volumétrico de combustible.

En la TABLA XVIII presenta una síntesis del ciclo de conducción intermedio, especificando la ruta elegida, los ritmos de velocidad, la duración del trayecto, la extensión total y la cantidad de paradas realizadas.

TABLA XVIII
DATOS DEL CICLO DE CONDUCCIÓN MÁXIMA

Ciclo de conducción máximo	
Parámetros	
Número de ruta seleccionada	20
Velocidad promedio [Km/h]	29,51
Velocidad máxima [Km/h]	100
Tiempo total recorrido [s]	27396
Distancia recorrida [m]	67500
Número de paradas	18

4.2 Discusión

Se comparó cada uno de los ciclos (mínimo, medio y máximo) con el ciclo 10, que fue seleccionado aleatoriamente. En comparación con el ciclo mínimo como se muestra en la Fig. 14, el ciclo 10 tuvo una velocidad media superior en un 16,2%, cubrió un 16,5% más de distancia y realizó un 43,5% menos de paradas. Sin embargo, su tiempo de ralentí fue un 24,7% más largo y el tiempo de manejo se incrementó en un 9,9%, lo que señala una eficiencia inferior. Asimismo, se registró una cantidad de eventos de frenado mucho más elevada, lo cual indica una conducción más interrumpida y en ciertos casos menos anticipada.

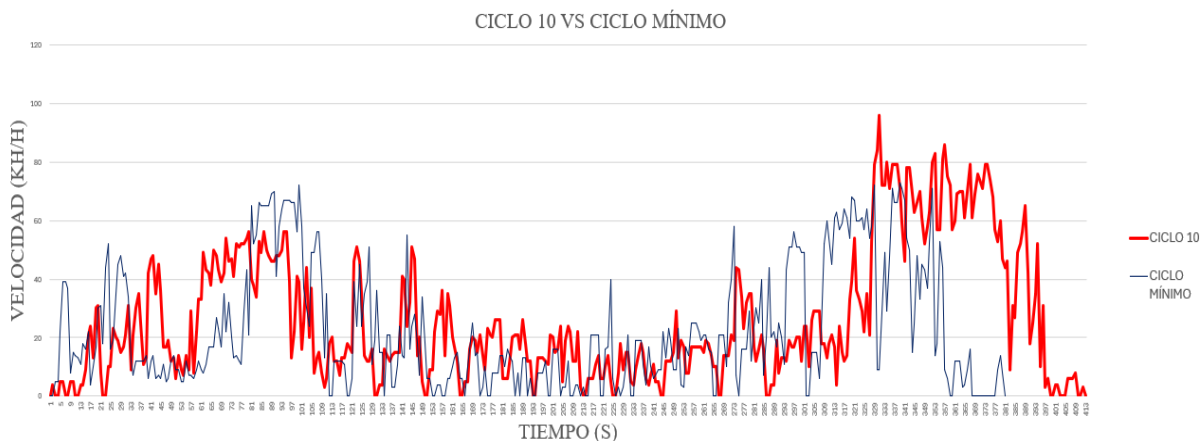


Fig. 14. Gráfica comparativa del ciclo 10 vs ciclo mínimo

La comparación entre el ciclo medio y el ciclo número 10 se presenta en la Fig. 15. La velocidad media del ciclo 10 fue de 26,19 km/h, un poco más baja que el promedio general de 27,3 km/h. La velocidad máxima también fue levemente inferior (96 en comparación con 93,5 km/h). Pese a que hizo menos paradas que el promedio (13 en vez de 15), su tiempo de conducción fue mayor (9,64 h contra 9,28 h). Asimismo, su tiempo en ralentí fue mucho más alto de lo normal, llegando a 13.560 segundos en comparación con los 7.238 segundos que es el promedio. Esto indica que el ciclo 10 tiene una eficiencia operativa más baja en comparación con el ciclo medio.

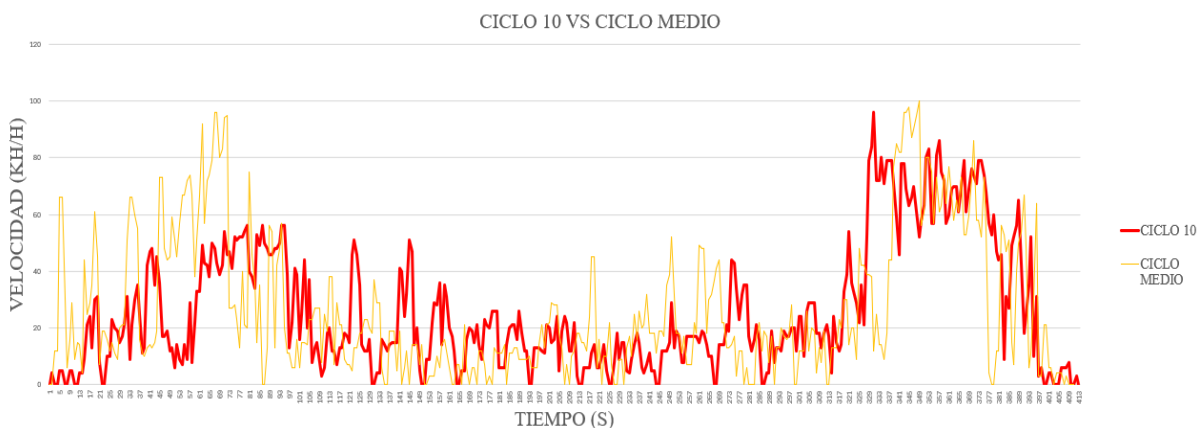


Fig. 15. Gráfica comparativa del ciclo 10 vs ciclo medio.

En la Fig. 16 se muestra la comparación entre el ciclo 10 y el ciclo máximo. El ciclo 10 tuvo una velocidad media inferior en un 11,3 % y un tiempo de manejo superior en un 26,7 %. Aunque recorrió un 13 % más de distancia, no logró el mismo rendimiento total. A pesar de que tuvo un 27,8 % menos de paradas, su rendimiento fue menos efectivo en cuanto a rapidez y manejo del tiempo. Esto muestra una disminución de la fluidez en el desplazamiento, en la cual tiene un impacto negativo en la optimización del recorrido.

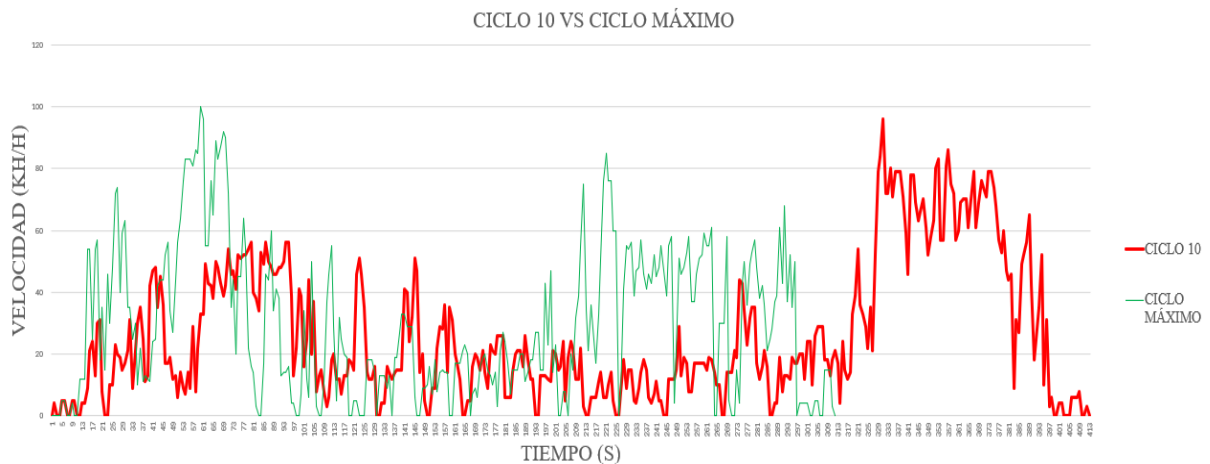


Fig. 16. Gráfica comparativa del ciclo 10 vs ciclo máximo.

5. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se obtuvieron datos operativos de 30 recorridos de un camión de distribución, con velocidades medias que fluctuaron entre 22.54 km/h y 30.97 km/h, y velocidades máximas que fluctuaron entre 73 km/h y 103 km/h. La cantidad de paradas fluctuó considerablemente, oscilando desde un mínimo de 3 hasta un máximo de 26, lo que evidencia diversas condiciones de tráfico y funcionamiento.
- Los ciclos de conducción mínimo, medio y máximo se generaron utilizando datos documentados y métodos estadísticos como criterios cuantitativos y técnicas de ponderación. Estas metodologías aseguraron que cada ciclo representara de manera fidedigna los patrones auténticos de conducción observados. Asimismo, la valoración estadística fundamentada en errores relativos garantiza que las discrepancias entre los ciclos y el total de la muestra sean lo más pequeñas posibles.
- A través de análisis estadístico efectuado con el software MATLAB, se definieron ciclos de conducción representativos. Esto permitió la creación de gráficos detallados de velocidad y la simulación de trayectos reales en Simulink. Tres ciclos fundamentales fueron determinados a partir del análisis de datos: el mínimo (22,54 km/h, 65,5 km, 8,77 h), el medio (26,73 km/h, 76,3 km, 8,57 h) y el máximo (29,51 km/h, 67.5 km y 7.61 h). Estos simbolizan diferentes niveles de operación en la distribución urbana.
- Con el fin de verificar los ciclos de conducción producidos, se llevaron a cabo simulaciones en Simulink en las cuales se contrastaron los perfiles simulados con la información auténtica acerca de distancia, velocidad y tiempo de conducción. Los

resultados indicaron una gran coincidencia para los ciclos mínimo (22,54 km/h, 65,5 km, 8,77 h), medio (26,73 km/h, 76,3 km, 8,57 h) y máximo (29,51 km/h, 67,5 km, 7,61 h), lo que demuestra que los ciclos reflejaron de manera precisa la conducta observada. Esta concordancia valida la robustez del método estadístico empleado y respalda el uso de estos ciclos como referencia operacional en simulaciones y estudios futuros.

Con el objetivo de identificar, modelar y validar ciclos representativos de conducción en operaciones urbanas de distribución, se implementó una metodología estadística en este estudio. Se adquirieron y simularon tres ciclos (mínimo, medio y máximo) mediante MATLAB y Simulink, obteniendo resultados cuantitativos que fueron validados con datos reales. Estos ciclos permiten el análisis de la eficiencia operativa y muestran con fidelidad cómo se comportan los vehículos. La propuesta funciona como fundamento técnico para mejoras futuras en la simulación y planificación logística.

5.2. Recomendaciones

Es crucial incluir en futuras investigaciones mediciones detalladas del rendimiento del combustible, pues esto facilitará la detección de patrones de consumo particulares y la formulación de tácticas eficaces para disminuir los gastos operativos.

Además, es aconsejable explorar en profundidad las simulaciones con Matlab-Simulink incorporando variables vinculadas al consumo de energía y las emisiones, lo cual ayudará a crear modelos más integrales y simplificará la optimización de la administración de la flota.

Este análisis revela que los ciclos de conducción mínimo, medio y máximo, validados a través de Simulink, proporcionan una base operativa confiable capaz de cambiar la gestión logística en cualquier compañía distribuidora. Posibilitan que se reconozcan patrones auténticos de distancia, velocidad y tiempo, optimizando la planificación de las rutas y disminuyendo los costos operativos.

REFERENCIAS

- [1] A. Boruah, D. S. Pawar, R. Jain, T. Eregowda, K. Mitra, and P. Chatterjee, “Representative driving cycle-based framework to model indirect CO₂ emissions from electric cars,” *Transp Res D Transp Environ*, vol. 144, p. 104777, Jul. 2025, doi: 10.1016/j.trd.2025.104777.
- [2] G. Liu, X. Yang, B. Pei, H. Xu, B. Wu, and W. Su, “Development of a representative transient cycle for evaluating real driving emissions of heavy-duty diesel engines,” *Atmos Pollut Res*, vol. 16, no. 7, p. 102520, Jul. 2025, doi: 10.1016/j.apr.2025.102520.
- [3] B. Borlaug *et al.*, “Estimating region-specific fuel economy in the United States from real-world driving cycles,” *Transp Res D Transp Environ*, vol. 86, p. 102448, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.trd.2020.102448.
- [4] A. Nigam, M. Chaturvedi, and S. Srivastava, “Impact of Rainfall and Waterlogging on Traffic Stream Variables in Developing Countries,” in *2021 International Conference on COMMunication Systems & NETWORKS (COMSNETS)*, IEEE, Jan. 2021, pp. 728–735. doi: 10.1109/COMSNETS51098.2021.9352860.
- [5] A. Boggio-Marzet, A. Monzon, A. M. Rodriguez-Alloza, and Y. Wang, “Combined influence of traffic conditions, driving behavior, and type of road on fuel consumption. Real driving data from Madrid Area,” *Int J Sustain Transp*, vol. 16, no. 4, pp. 301–313, Apr. 2022, doi: 10.1080/15568318.2020.1871128.
- [6] Ó. S. Serrano-Guevara, J. I. Huertas, and M. Giraldo, “Real Energy Efficiency of Road Vehicles,” *Energies (Basel)*, vol. 18, no. 8, p. 1933, Apr. 2025, doi: 10.3390/en18081933.
- [7] J. C. Almachi, J. Saguay, E. Anrango, E. Cando, and S. Reina, “Clustering-Based Urban Driving Cycle Generation: A Data-Driven Approach for Traffic Analysis and Sustainable Mobility Applications in Ecuador,” *Sustainability*, vol. 17, no. 8, p. 3353, Apr. 2025, doi: 10.3390/su17083353.
- [8] Ö. Güven and H. Şahin, “Predictive Maintenance Based On Machine Learning In Public Transportation Vehicles,” *Mühendislik Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*, vol. 4, no. 1, pp. 89–98, Apr. 2022, doi: 10.46387/bjesr.1093519.

- [9] F. Keskin, M. Yıldız, and B. Arslannur, “A Data-Driven Framework for Driving Cycle Generation and Analysis,” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Jul. 2024, doi: 10.1177/03611981241260700.
- [10] E. A. Montecé Quiguango, L. E. Pinzón Barriga, and F. R. Orellana Intriago, “Guayaquil, de ciudad digital a ciudad inteligente. Avances, perspectivas y desafíos,” *ConcienciaDigital*, vol. 5, no. 1.3, 2022, doi: 10.33262/concienciadigital.v5i1.3.2096.
- [11] J. A. Zapata Cortes, Á. R. Vélez Bedoya, and M. D. Arango Serna, “Mejora del proceso de distribución en una empresa de transporte,” *Investigación Administrativa*, vol. 49–2, 2020, doi: 10.35426/iav49n126.08.
- [12] J. A. Lara González, O. Figueroa Cruz, M. Berber Palafox, and O. M. Sánchez, “Sistema de rastreo para automóviles,” *Multidisciplinas de la Ingeniería*, vol. 2, no. 02, 2023, doi: 10.29105/mdi.v2i02.77.
- [13] Manuel Gil Rodríguez, “Introducción rápida a Matlab y Simulink para ciencia e ingeniería,” Madrid, 2003. Accessed: Aug. 28, 2025. [Online]. Available: https://www.casadellibro.com/ebook-introduccion-rapida-a-matlab-y-simulink-para-ciencia-e-ingenieria-ebook/9788499699448/2507164?utm_source=chatgpt.com
- [14] E. Xavier, A. Farinango, J. Fernando, and S. Rosales, “Desarrollo de un ciclo de conducción adaptado a las condiciones de altitud de la ciudad de Quito, Ecuador, para la estimación precisa de la eficiencia energética,” Quito, Feb. 2025. Accessed: Aug. 28, 2025. [Online]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/26264/1/CD%2014903.pdf>
- [15] F. O. Colcha Guashpa, A. E. Mero Parrales, W. V. Palacios Quiroz, and V. W. Guachá Ibarra, “Determinación de un ciclo de conducción eficiente para la ciudad de Esmeraldas,” *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 7, no. 2, 2023, doi: 10.37811/cl_rcm.v7i2.5428.
- [16] E. Alex, E. José Tutor, and I. Paredes García Ángel Edmundo Riobamba, “Monitoreo y evaluación de la velocidad vehicular para el control de la misma en la ciudad de Riobamba Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil Autores,” Riobamba, Nov. 2022. Accessed: Aug. 28, 2025. [Online]. Available: http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/9469/1/Informe%20Final%20del%20Investigaci%3%b3n_Escalante_Endara%20%285%29.pdf

- [17] Diego Fernando Chicaiza Torres, "Análisis del ciclo de conducción en el cantón Rumiñahui," Quito, Sep. 2023. Accessed: Aug. 28, 2025. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25664/1/TTS1465.pdf>
- [18] M. E. Mumcuoglu *et al.*, "Driver Evaluation in Heavy Duty Vehicles Based on Acceleration and Braking Behaviors," in *IECON 2020 The 46th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, IEEE, Oct. 2020, pp. 447–452. doi: 10.1109/IECON43393.2020.9255274.
- [19] G. M. H. Shahariar *et al.*, "Impact of driving style and traffic condition on emissions and fuel consumption during real-world transient operation," *Fuel*, vol. 319, p. 123874, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.fuel.2022.123874.
- [20] P. K. Barik, Y. Jogani, and N. Faldu, "ADBS: Automatic Dynamic Braking System for Semi-autonomous Vehicles," in *2025 International Conference on Sustainable Energy Technologies and Computational Intelligence (SETCOM)*, IEEE, Feb. 2025, pp. 1–6. doi: 10.1109/SETCOM64758.2025.10932542.
- [21] Y. Wan, S. Xu, and S. Wang, "Research on Vehicle Driving Cycle Synthesis Technology Based on Improved K-Means Cluster Analysis," in *2021 International Conference on Computer Network, Electronic and Automation (ICCNEA)*, IEEE, Sep. 2021, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICCNEA53019.2021.00012.
- [22] T. Viveka, NVS. S. Rathna Lakshmi, S. Amosedinakaran, A. Bhuvanesh, A. S. Kamaraja, and P. Anitha, "Simulink and real-time implementation of the E-cycle for measuring the reliability of the model using sensors," *Measurement: Sensors*, vol. 32, p. 101066, Apr. 2024, doi: 10.1016/j.measen.2024.101066.
- [23] "Web-Based Fleet Management and Fuel Management System." [Online]. Available: www.e-drivetech.com
- [24] R. C. Ramírez Estrada, A. L. Hernández-Sánchez, D. A. Aguilar-Díaz, and J. M. Pérez-Sánchez, "Sensores y tipos de sensores," *TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río*, vol. 11, no. 21, 2024, doi: 10.29057/estr.v11i21.11779.
- [25] M. Mansouri, "Análisis mecánico del medidor de distancias de Leonardo da Vinci mediante herramienta de CAD 3D avanzado trabajo fin de grado en ingeniería mecánica," Cartagena, Apr. 2024. Accessed: Aug. 28, 2025. [Online]. Available:

<https://repositorio.upct.es/server/api/core/bitstreams/49aacd2f-32fe-4c7d-a3c9-6d1fcc40b837/content>

ANEXOS

ANEXO 1: Datos del ciclo de conducción para la ruta analizada

En el anexo 1 presenta un resumen general de los parámetros operativos que se lograron a partir de los 30 recorridos realizados. Se incorporan variables fundamentales, como el tiempo de ralentí, el tiempo de conducción, la distancia total recorrida, la cantidad de paradas y la velocidad máxima y promedio.

TABLA A. 1 PARÁMETROS OPERATIVOS POR RECORRIDO

R	Vel. promedio (Km/h)	Vel. máxima (Km/h)	Nºde paradas	D. Total recorrida (Km)	Tiempo manejo (Hrs)	Tiempo ralentí (S)
1	24.06	101.00	24	72	10.12	4,800
2	26.92	83.00	13	77	11.11	4,097
3	24.97	81.00	18	67	7.56	4,331
4	26.76	87.00	14	77	9.08	7,714
5	24.70	89.00	16	73	10.21	8,321
6	25.60	95.00	23	74	9.96	8,241
7	23.95	96.00	26	80	9.23	12,141
8	28.17	92.00	23	67	7.87	10,108
9	29.77	97.00	18	62	7.83	12,088
10	26.19	96.00	13	76.3	9.64	13,560
11	26.50	86.00	11	76.5	8.41	2,483
12	27.57	97.00	13	66.3	8.62	6,017
13	25.33	82.00	24	72.6	11.26	3,066
14	28.76	95.00	14	80.5	10.13	5,522
15	22.54	73.00	23	65.5	8.77	10,870

16	27.22	94.00	15	78.5	8.48	5,692
17	28.45	94.00	15	77.7	7.91	5,892
18	28.94	88.00	14	68.5	8.52	4,386
19	26.73	100.00	17	76.3	8.57	6,122
20	29.51	100.00	18	67.5	7.61	604
21	28.87	98.00	19	61.2	13.75	3,541
22	27.54	103.00	22	69.1	10.54	11,174
23	28.72	103.00	3	81.9	9.29	5,230
24	27.01	99.0	25	74.2	15.07	8,043
25	27.73	86.00	13	63	8.51	5,271
26	28.84	88.00	10	63.5	8.52	8,544
27	29.82	102.00	9	75.6	9.15	15,853
28	27.07	94.00	17	70	9.91	8,017
29	30.97	96.00	8	73.6	8.88	18,979
30	29.42	88.00	11	66.6	9.12	7,724

A. 1.2: Datos desviación respecto a la media

Las desviaciones de cada ruta en relación con la media de los parámetros operativos analizados se muestran en la Tabla XX. Estos datos posibilitan la detección de cambios importantes en velocidad, cantidad de paradas, tiempo de conducción y otros indicadores esenciales.

TABLA A. 1.2 DATOS DESVIACIÓN RESPECTO A LA MEDIA

R.	Velocidad Media	Velocidad Máx	N° paradas	Tiempo total de manejo	Tiempo en ralentí	Distancia recorrida	Acel. Prom. total de fases
1	-0.199	0.089	0.485	0.070	0.370	0.002	0.0016
2	-0.015	-0.105	0.196	0.175	-0.462	0.072	-0.304
3	-0.086	-0.127	0.113	-0.200	-0.431	-0.055	0.091
4	-0.021	-0.062	-0.134	-0.040	0.013	0.081	-0.025
5	-0.096	-0.041	-0.010	0.080	0.093	0.029	-0.172
6	-0.063	0.024	0.423	0.053	0.082	0.036	-0.029
7	-0.123	0.035	0.608	-0.024	0.594	0.114	-0.029
8	0.031	-0.008	0.423	-0.168	0.327	-0.057	0.061
9	0.090	0.046	0.113	-0.172	0.588	-0.132	0.261
10	-0.041	0.035	-0.196	0.020	0.781	0.069	0.028
11	-0.030	-0.073	-0.320	-0.110	-0.674	0.072	0.005
12	0.009	0.046	-0.196	-0.088	-0.210	-0.071	0.146
13	-0.073	-0.116	0.485	0.191	-0.597	0.017	-0.286
14	0.053	0.024	-0.134	0.071	-0.275	0.128	-0.045
15	-0.175	-0.213	0.423	-0.072	0.428	-0.082	-0.153
16	-0.004	0.013	-0.072	-0.103	-0.252	0.100	0.128
17	0.041	0.013	-0.072	-0.163	-0.226	0.089	0.210
18	0.059	-0.051	-0.134	-0.099	-0.424	-0.040	-0.044
19	-0.022	0.078	0.052	-0.094	-0.196	0.069	0.188
20	0.080	0.078	-0.010	-0.195	-0.921	-0.054	0.338
21	0.057	0.056	0.175	0.454	-0.535	-0.147	-0.274
22	0.008	0.110	0.361	0.115	0.467	-0.032	-0.005
23	0.051	0.110	-0.814	-0.017	-0.313	0.148	0.129

24	-0.011	0.067	0.546	0.594	0.056	-0.139	-0.331
25	0.052	-0.073	-0.196	-0.100	-0.308	-0.117	0.029
26	0.056	-0.051	-0.381	-0.099	0.122	-0.110	0.051
27	0.092	0.100	-0.443	-0.032	1.082	0.060	0.135
28	-0.009	0.013	-0.010	0.048	0.053	-0.015	-0.086
29	0.134	0.035	-0.567	-0.061	1.493	0.031	0.043
30	0.077	-0.051	-0.320	-0.035	0.014	-0.067	-0.018

A. 1.3. Datos para determinar el valor para cada recorrido

Los valores calculados para cada trayecto, basándose en varios parámetros operativos, se muestran en la Tabla A.1.3. Estos abarcan la velocidad media, la máxima, el número de paradas, el tiempo total de conducción, la duración del ralenti, la distancia recorrida y la aceleración promedio.

TABLA A. 1.3 DETERMINACION DEL VALOR PARA CADA RECORRIDO

Recorrido	Velocidad media	Velocidad máxima	Número de paradas	Tiempo total de manejo	Tiempo en ralenti	Distancia recorrida	Acel. Prom. todas las fases
1	-0.0362	0.00269	0.01468	0.00213	-0.01120	0.00006	0.00048
2	-0.00044	-0.00319	-0.00594	0.00531	-0.01400	0.00219	-0.00920
3	-0.0026	-0.00384	0.00344	-0.00607	-0.01307	-0.00168	0.00275
4	-0.00063	-0.00188	-0.00406	-0.00120	0.00040	0.00244	-0.00075
5	-0.00291	-0.00123	-0.00031	0.00242	0.00281	00.00087	-0.00523
6	-0.00191	0.00073	0.01281	0.00162	0.00249	0.00108	-0.00088
7	-0.00374	0.00106	0.01843	-0.00072	0.01801	0.00346	-0.00089
8	0.00094	-0.00025	0.01281	-0.00508	0.00992	-0.00172	0.00184
9	0.00272	0.00138	0.00344	-0.00521	0.01780	-0.00401	0.00791
10	-0.00126	0.00106	-0.00594	0.00060	0.02366	0.00210	-0.00086
11	-0.00091	-0.00221	-0.00968	-0.00335	-0.02042	0.00219	0.00014
12	0.00028	0.00138	-0.00594	-0.00267	0.00636	-0.00215	0.00441
13	-0.00220	-0.00352	0.01468	0.00579	-0.01810	0.00053	-0.00866
14	0.00159	0.00073	-0.00406	0.00217	-0.00833	0.00388	-0.00137
15	-0.00531	-0.00646	0.01281	-0.00219	0.01296	-0.00249	-0.00463
16	-0.00011	0.00040	-0.00219	-0.00312	-0.00765	0.00304	0.00389
17	0.00125	0.00040	-0.00219	-0.00495	-0.00685	0.00270	0.00636
18	0.00179	-0.00156	-0.00406	-0.00299	-0.01285	-0.00121	-0.00134
19	-0.00066	0.00236	0.00156	-0.00283	-0.00594	0.00210	0.00569
20	0.00243	0.00236	-0.00031	-0.00591	-0.02790	-0.00164	0.01023
21	0.00172	0.00171	0.00531	0.01377	-0.01621	-0.00444	-0.00832
22	0.00024	0.00334	0.01093	0.00348	0.01417	-0.00096	-0.00016
23	0.00156	0.00334	-0.02468	-0.00053	-0.00949	0.00448	0.00390

24	-0.00035	0.00204	0.01656	0.01800	0.00171	-0.00423	-0.01004
25	0.00156	-0.00221	-0.00594	-0.00303	-0.00933	-0.00355	0.00087
26	0.00169	-0.00156	-0.01156	-0.00299	0.00370	-0.00334	0.00156
27	0.00278	0.00302	-0.01343	-0.00098	0.03279	0.00180	0.00409
28	-0.00027	0.00040	-0.00031	0.00146	0.00160	-0.00045	-0.00260
29	0.00405	0.00106	-0.01718	-0.00184	0.04523	0.00095	0.00131
30	0.00233	-0.00156	-0.00968	-0.00107	0.00044	-0.00202	-0.00054

ANEXO 2: Gráficas estadísticas

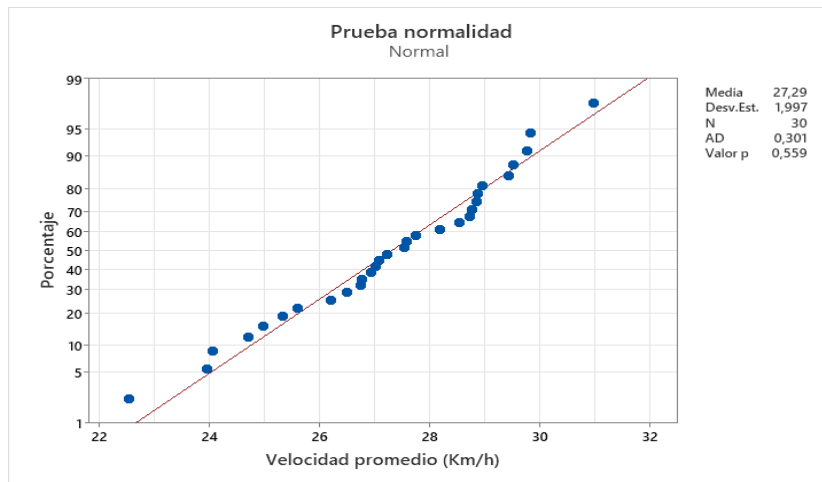


Fig. A 2.1 Prueba de normalidad, Vel. – Prom.

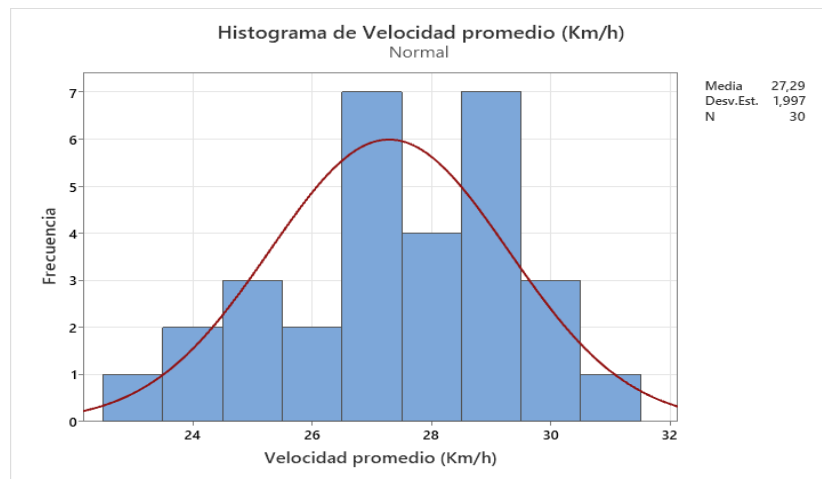


Fig. A 2.2 Histograma de la velocidad promedio

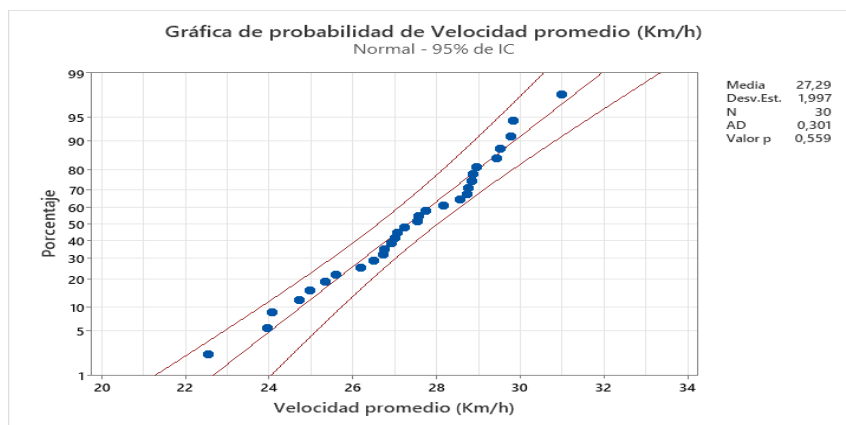


Fig. A 2.3 Gráfica de la probabilidad del 95% de IC de la velocidad promedio

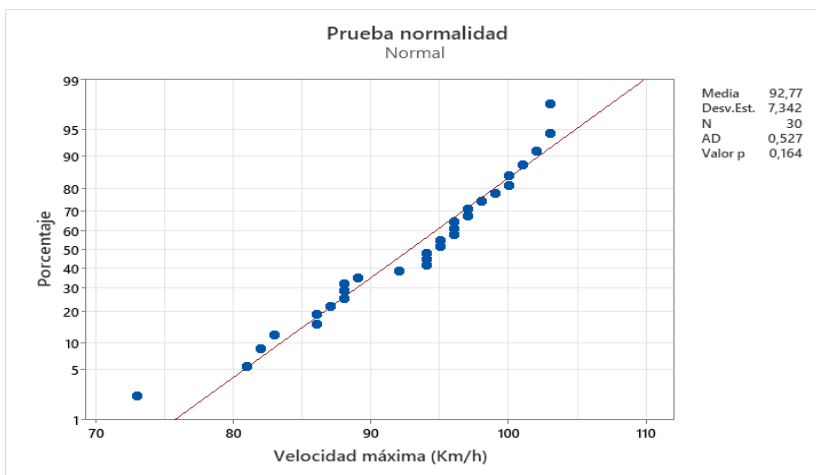


Fig. A 2.4 Prueba de normalidad de la velocidad máxima

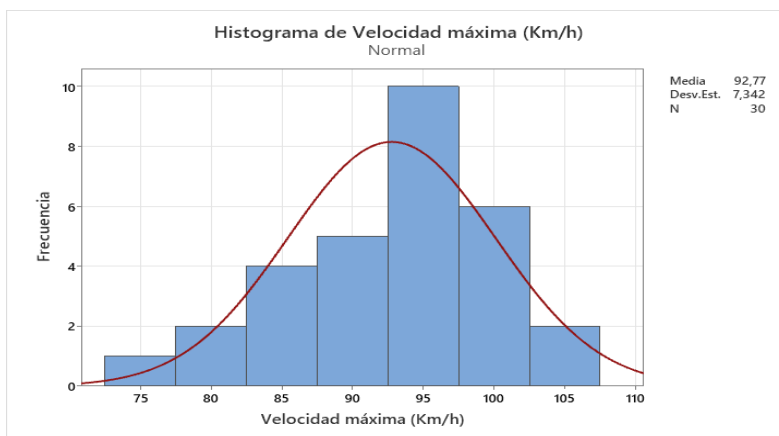


Fig. A 2.5 Histograma de velocidad máxima

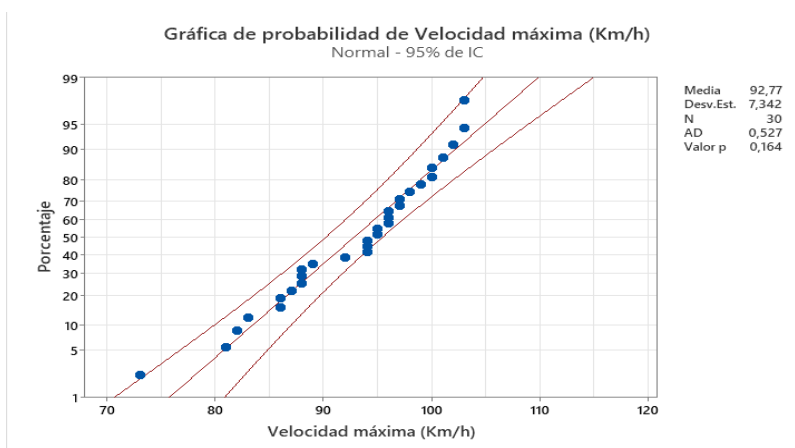


Fig. A 2.6 Gráfica de la probabilidad del 95% de IC de la velocidad máxima

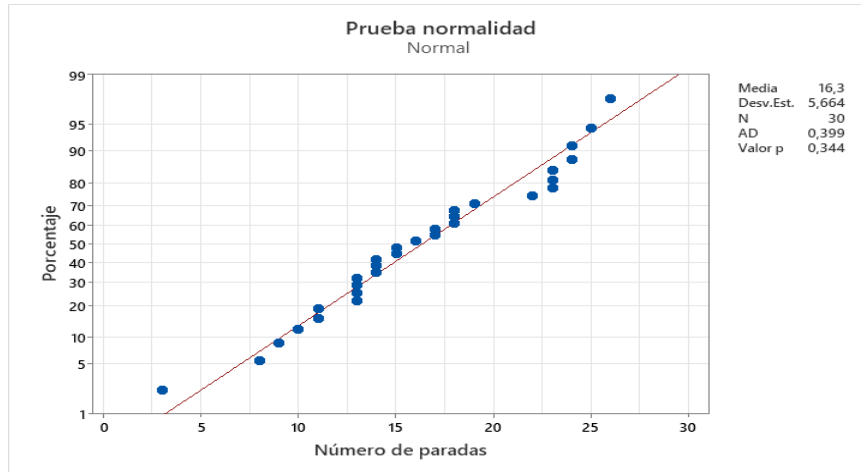


Fig. A 2.7 Prueba de normalidad de número de paradas

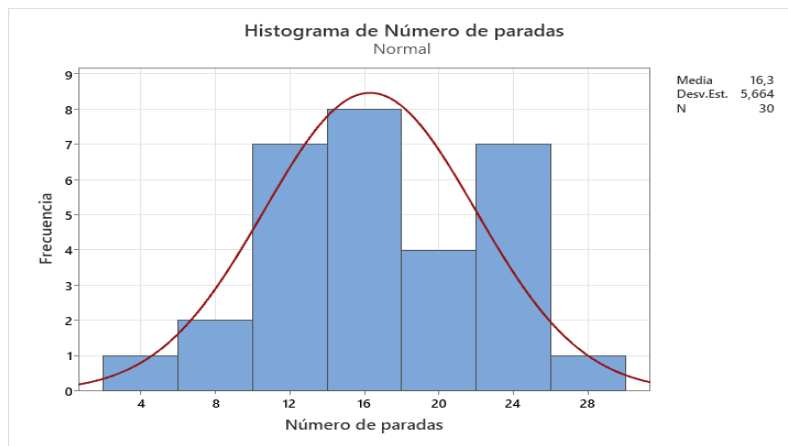


Fig. A 2.8 Histograma de número de paradas

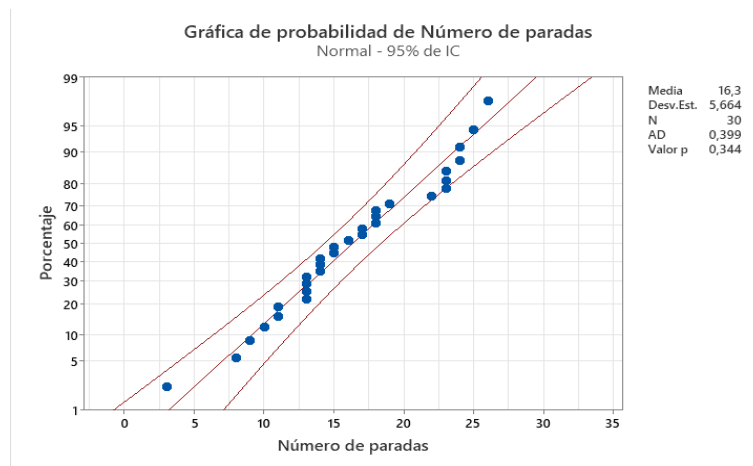


Fig. A 2.9 Gráfica de la probabilidad del 95% de IC del número de paradas

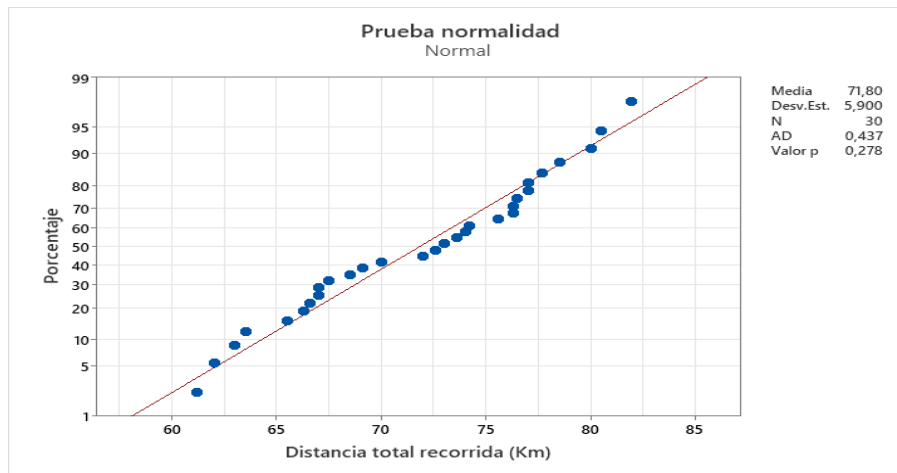


Fig. A 2.10 Prueba de normalidad de la distancia total recorrida

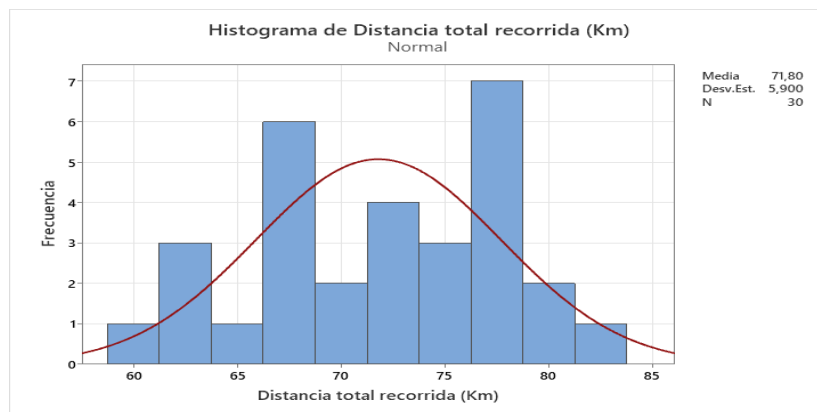


Fig. A 2.11 Histograma de número de paradas

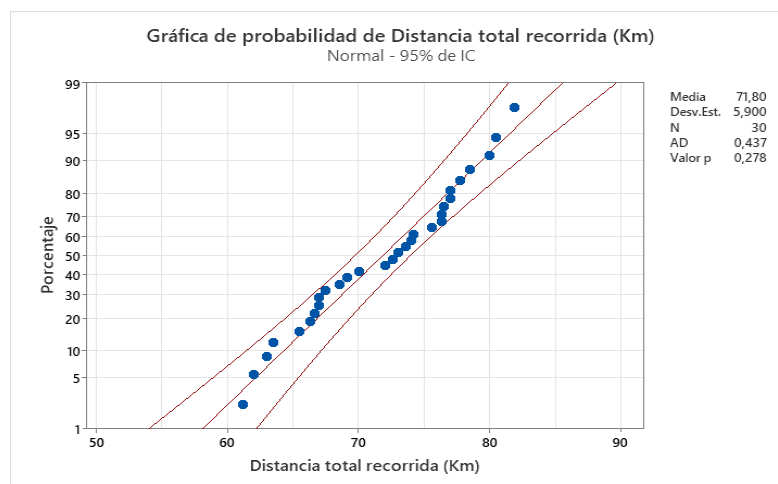


Fig. A 2.12 Gráfica de la probabilidad del 95% de IC de la distancia total recorrida

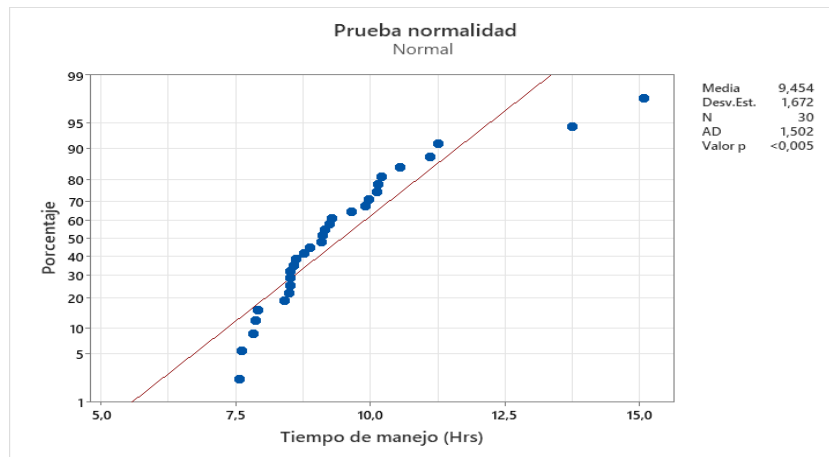


Fig. A 2.13 Prueba de normalidad del tiempo de manejo

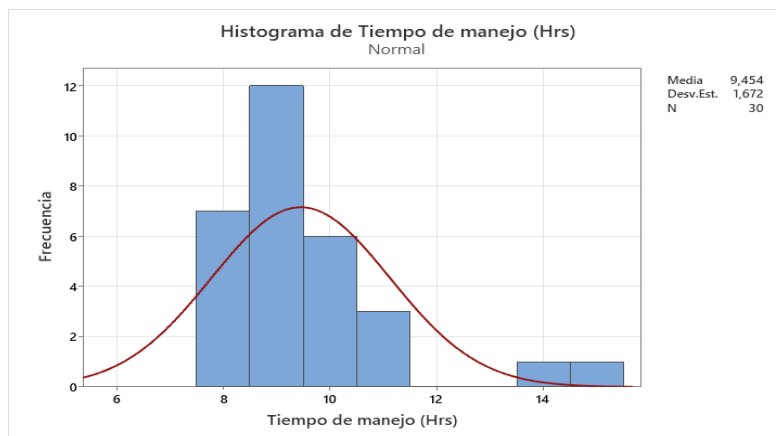


Fig. A 2.14 Histograma del tiempo de manejo

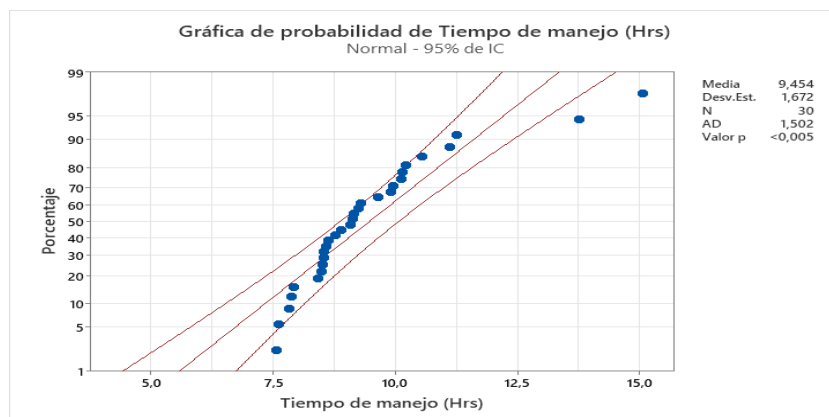


Fig. A 2.15 Gráfica de la probabilidad del 95% de IC del tiempo total de manejo

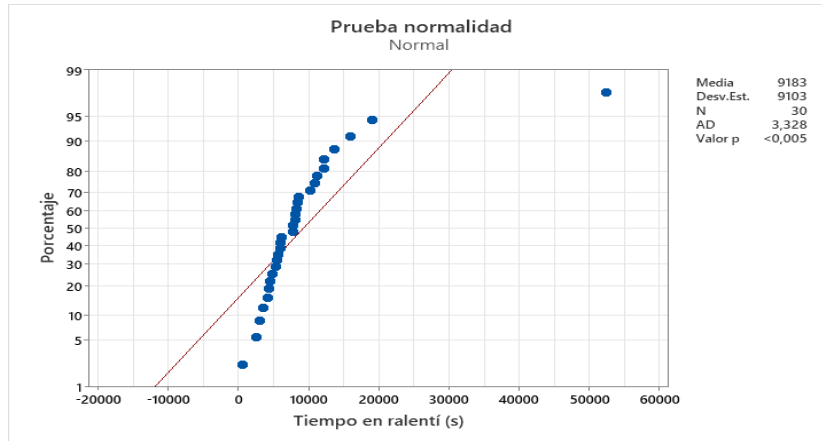


Fig. A 2.16 Prueba de normalidad del tiempo en ralentí

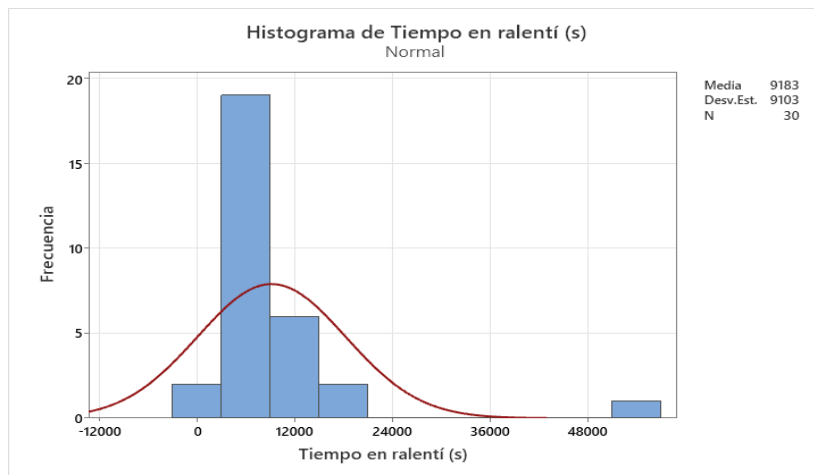


Fig. A 2.17 Histograma del tiempo en ralentí

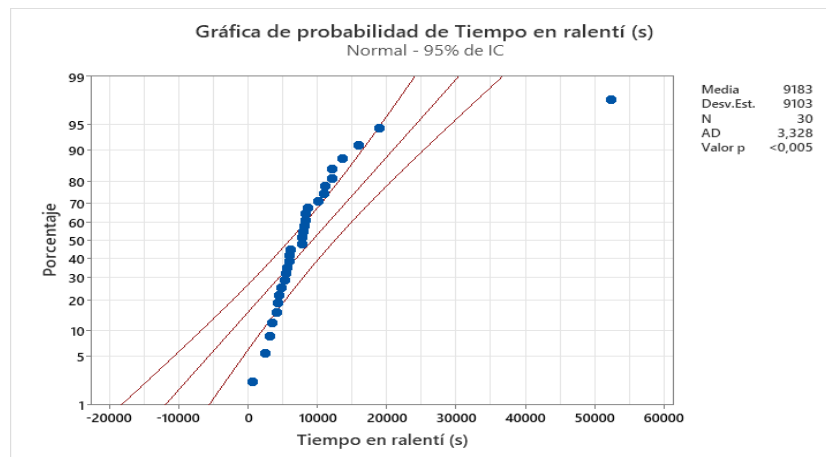


Fig. A 2.18 Gráfica de la probabilidad del 95% de IC del tiempo en ralentí