



*Evaluación del ciclo de operación en el transporte público de la Ciudad de Quito*

*Evaluation of the operation cycle in public transportation in the City of Quito*

*Avaliação do ciclo de operação do transporte público na cidade de Quito*

Guillermo Gorky Reyes-Campaña <sup>I</sup>

[gureyesca@uide.edu.ec](mailto:gureyesca@uide.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-7133-9509>

Erik Hernán García-Castro <sup>II</sup>

[ergarciaca@uide.edu.ec](mailto:ergarciaca@uide.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0006-6118-8766>

Nicolay Alexander Osorio-González <sup>III</sup>

[niosoriogo@uide.edu.ec](mailto:niosoriogo@uide.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0009-5021-1811>

**Correspondencia:** [gureyesca@uide.edu.ec](mailto:gureyesca@uide.edu.ec)

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 11 de enero de 2024 \* **Aceptado:** 10 de febrero de 2024 \* **Publicado:** 27 de marzo de 2024

- I. Ingeniero Mecánico Automotriz, Magíster en Sistemas Automotrices, Doctorado en Educación Superior, Docente de la Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad Internacional del Ecuador UIDE, Quito, Ecuador.
- II. Ingeniero Mecánico Automotriz, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad Internacional del Ecuador UIDE Quito, Ecuador.
- III. Universidad Internacional del Ecuador UIDE Quito, Ecuador.

## Resumen

La presente investigación tiene como objetivo analizar los ciclos modales y transitorios FTP 75 y NEDC (New European Driving Cycle) con el propósito de evaluar los parámetros que definen los ciclos de conducción generados en cada ruta. Se busca establecer un ciclo de conducción adaptado a las condiciones específicas de las rutas seleccionadas, con el fin de determinar el consumo de combustible por kilómetro recorrido. A través de pruebas de campo y laboratorio, se examinaron las variables que influyen en el consumo de combustible, utilizando como eje transversal los ciclos de conducción adaptados a estas condiciones. La representación gráfica del ciclo de conducción, que se configura en un gráfico de velocidad y tiempo, posibilita el estudio de las condiciones de circulación de un vehículo y su comportamiento en un lapso determinado. El enfoque metodológico de esta investigación es de carácter deductivo, implicando la formulación de conclusiones basadas en el desarrollo del estudio. Se parte de una comprensión general de los antecedentes de la conducción, su evolución en el transporte urbano y los tipos de conducción presentes en el entorno, como la agresiva, eficiente y urbana. Se consideraron las normativas aplicables a nivel local, regional e internacional durante la conducción. Las rutas seleccionadas para el estudio inician en la Avenida El Inca y finalizan en Mitad del Mundo, abarcando tres zonas en el Distrito Metropolitano de Quito: urbana, carreteras secundarias y autopista. Se tomaron variables dependientes como el flujo vehicular y variables independientes como el tiempo, la altitud, la latitud y la aceleración. Las pruebas se llevaron a cabo en arranque en frío, cubriendo un total de 22,45 km representados en el eje horizontal de las gráficas. Las velocidades promedio y máximas reales, así como las altitudes variadas entre 2884,81 msnm y 2394,71 msnm, se tuvieron en cuenta para obtener un ciclo real de las rutas seleccionadas.

**Palabras clave:** Ciclos de conducción real; FTP-75; NEDC; Velocidad; Consumo de combustible.

## Abstract

The objective of this research is to analyze the modal and transient cycles FTP 75 and NEDC (New European Driving Cycle) with the purpose of evaluating the parameters that define the driving cycles generated on each route. The aim is to establish a driving cycle adapted to the specific conditions of the selected routes, in order to determine fuel consumption per kilometer traveled. Through field and laboratory tests, the variables that influence fuel consumption were examined,

using the driving cycles adapted to these conditions as a transversal axis. The graphic representation of the driving cycle, which is configured in a speed and time graph, makes it possible to study the driving conditions of a vehicle and its behavior in a given period. The methodological approach of this research is deductive in nature, involving the formulation of conclusions based on the development of the study. It starts from a general understanding of the background of driving, its evolution in urban transport and the types of driving present in the environment, such as aggressive, efficient and urban. The regulations applicable at local, regional and international levels during driving were considered. The routes selected for the study begin on Avenida El Inca and end in Mitad del Mundo, covering three areas in the Metropolitan District of Quito: urban, secondary roads and highway. Dependent variables such as vehicle flow and independent variables such as time, altitude, latitude and acceleration were taken. The tests were carried out in cold start, covering a total of 22.45 km represented on the horizontal axis of the graphs. The actual average and maximum speeds, as well as the varied altitudes between 2884.81 meters above sea level and 2394.71 meters above sea level, were taken into account to obtain a real cycle of the selected routes.

**Keywords:** Real driving cycles; FTP-75; NEDC; Speed; Fuel consumption.

## Resumo

O objetivo desta pesquisa é analisar os ciclos modais e transitórios FTP 75 e NEDC (Novo Ciclo de Condução Europeu) com o objetivo de avaliar os parâmetros que definem os ciclos de condução gerados em cada rota. O objetivo é estabelecer um ciclo de condução adaptado às condições específicas dos percursos selecionados, de forma a determinar o consumo de combustível por quilómetro percorrido. Através de testes de campo e de laboratório, foram examinadas as variáveis que influenciam o consumo de combustível, utilizando como eixo transversal os ciclos de condução adaptados a estas condições. A representação gráfica do ciclo de condução, que se configura num gráfico de velocidade e tempo, permite estudar as condições de condução de um veículo e o seu comportamento num determinado período. A abordagem metodológica desta pesquisa é de natureza dedutiva, envolvendo a formulação de conclusões com base no desenvolvimento do estudo. Parte-se de uma compreensão geral dos antecedentes da condução, da sua evolução no transporte urbano e dos tipos de condução presentes no ambiente, como agressiva, eficiente e urbana. Foram considerados os regulamentos aplicáveis a nível local, regional e internacional durante a condução. As rotas selecionadas para o estudo começam na Avenida El Inca e terminam

na Mitad del Mundo, abrangendo três áreas do Distrito Metropolitano de Quito: urbanas, estradas secundárias e rodovias. Foram tomadas variáveis dependentes como fluxo de veículos e variáveis independentes como tempo, altitude, latitude e aceleração. Os testes foram realizados em partida a frio, percorrendo um total de 22,45 km representados no eixo horizontal dos gráficos. As velocidades médias e máximas reais, bem como as altitudes variadas entre 2.884,81 metros acima do nível do mar e 2.394,71 metros acima do nível do mar, foram levadas em consideração para obter um ciclo real dos percursos seleccionados.

**Palavras-chave:** Ciclos reais de condução; FTP-75; NEDC; Velocidade; Consumo de combustivel.

## Introducción

En el distrito metropolitano de Quito (D.M.Q) al ser atravesado longitudinalmente por montañas, su topografía y altimetría influyen en el uso de vehículos de transportes públicos, se los utiliza aplicando parámetros para implementar las debidas restricciones con posibilidades de expansión únicamente lineales, la movilidad de la economía urbana es afectada tanto como en conductores, o sea como usuarios de transporte colectivo ya que este no logra ser efectivo ni eficiente dando como resultados negativos a la sociedad, afectando a la seguridad vial y la calidad de vida de la población, al no poseer un plan de desarrollo vial adecuado sumando el crecimiento del parque automotor en un 11% anual que ha generado una reducción relativa en los precios de compra y venta de vehículos usados permitiendo una mayor disponibilidad para la movilidad individual, lo que resulta en el incremento de la congestión en especial en horas pico ya que estas incrementan el tiempo de viaje y afecta el estado anímico y fomenta un comportamiento agresivo en los conductores (Bull, 2003). En el año 2021 el Ecuador anuncio que el diésel todavía es altamente subsidiado por el Estado, pese al incremento del precio que rige desde el pasado 23 de octubre, aunque la medida supuso un incremento de 0,21 ctvs. en menos de un mes para el consumidor, lo cierto es que aun con ese aumento el valor está muy por debajo del costo internacional que es de 2,30 USD, según datos de Petroecuador, el derivado mantiene un subsidio del estado por 0,40 ctvs. por galón. (Vascones, 2021).

Desde marzo del 2022 la secretaria de movilidad autorizo que cuatro operadoras de transporte público en Quito cobraran un pasaje de 0,35 ctvs. al obtener un visto bueno al ser examinadas por inspectores de la Dirección y Gestión en temas de cumplimiento en la ordenanza 017-2020. (EL

UNIVERSO, 2022). El plan maestro de movilidad del DMQ del 2009 al 2025 tiene como política privilegiar al transporte colectivo como el modo preferente de movilización, además se propende a racionalizar el uso del vehículo individual para de esta manera tratar de reducir la tendencia a la saturación de la red vial principal. (EMMOP-Q, 2009 - 2025, pág. 11). Según encuestas de movilidad realizadas por la Comunidad de Madrid para el Municipio de Quito se demuestra que el 73% de la población utiliza el transporte público como movilización diaria.” (Explored, 2012). El Ministerio de Transporte y Obras Públicas Marcelo Cabrera (MTO) y la Agencia Nacional de Transito (ANT) emite la metodología para la definición de la tarifa de transporte terrestre público, dicha metodología toma en cuenta parámetros basados en costos, oferta, demanda, sistema de recaudo, sin considerar el ciclo de conducción que se lleva a cabo, este es un factor que influye directamente en el consumo de combustible siendo mayor o menor, por ello, el ciclo de conducción influye directamente en los costos operativos del transporte público. Dentro del DMQ existen factores que inciden en los ciclos de conducción como son: geografía, influencia de tráfico, el estado de la ruta, velocidades. Razón por la cual los factores mencionados se deben considerar para determinar el valor ideal que establezca la tarifa de transporte urbano por su gran participación en el consumo del combustible (Ministerio de Obras Públicas y Transporte, 2022).

El objetivo del presente estudio es analizar los ciclos modales y transitorios FTP 75 y NEDC (New European Driving Cycle) para evaluar los parámetros que determinan los ciclos de conducción que se generan por cada ruta y establecer un ciclo de conducción que se adapte a las condiciones de las rutas seleccionadas, determinando el consumo de combustible por kilómetro recorrido. Mediante pruebas de campo y laboratorio se analizó las variables que influyen en el consumo de combustible tomando como eje transversal los ciclos de conducción que se adaptan a estas condiciones. El ciclo de conducción se representa en una gráfica de velocidad y tiempo que permite estudiar las condiciones de circulación de un vehículo y su comportamiento en un determinado tiempo. Los ciclos de conducción son las mediciones que determinan la manera de conducción dentro y fuera de la ciudad, tomando en cuenta con el año, modelo y tipo de vehículo se pondrá a prueba en los distintos parámetros sean geográficos, climáticos y características del conductor al momento de transportarse (González, Orpeza, 2005, p.).

El factor de velocidad es el parámetro más importante ya que dependiendo de este se podría generar un mayor - menor consumo de combustible (Valdez, 2004.p.) Los ciclos de conducción se han obtenido por diferentes mediciones basadas en características, parámetros, método, que dependen

del investigador. El micro viaje es uno de los principales métodos de conducción conocido y aplicados alrededor del mundo, ya que por su versatilidad y forma de análisis estadístico permite tomar datos variados para generar diferentes resultados, pero ligados a un mismo principio base (Zhang & Shen, J, 2011,16 PART C).

El método de investigación del presente artículo es de carácter deductivo que consiste en dar una conclusión basado en el desarrollo del estudio, desde la comprensión general de los antecedentes de la conducción, su desarrollo en el transporte urbano y los tipos de conducción propias del entorno como: agresiva, eficiente y conducción urbana. Se tomó en cuenta las normativas que se aplican dentro de la conducción a nivel local, regional e internacional. Como anuncia (Torres, 2006) es una metodología basada en el razonamiento deductivo, permite sustentar una investigación desde un ambiente macro y principios generales para aplicar a la fundamentación de hechos particulares.

### **Marco Teórico**

El transporte se desarrolló en base a la necesidad de desplazarse o movilizarse de un lugar a otro e interactuar, manteniendo una relación con distintas culturas y personas, así que se optó por desarrollar distintos medios de transporte los cuales ayudarían en la demanda del deseo de desplazarse dependiendo de la actividad que se desea realizar como: trabajo, compras, estudio, recreación, descanso, entre otras) y existen horas marcadas en las que se concentraran los viajes para poder tener un día productivo y realizando distintas actividades y tener el contacto con otras personas. (Stalin Arguello, 2020).

El transporte público según (Gutiérrez, 2003) se establece como el elemento material de uso general que permite el desplazamiento o traslado de una población o un grupo masivo de personas dentro de una determinada zona siendo regularizado por un organismo estatal. El objetivo principal del transporte público de acuerdo con (Tejada, 2002) es el traslado de personas de forma eficiente, cómoda y segura para las personas hacia lugares donde se desarrollan facilitando su integración. El transporte urbano con mayor demanda en América latina según (Celi, 2018) son los autobuses, a pesar de tener la mayor demanda, en su mayoría son ineficientes por la razón de transitar en vías junto con otros tipos de vehículos, congestionando el tránsito, incrementando la contaminación ambiental, afectando el consumo de combustible y los ciclos de conducción. (Amanda, 2019) propone que; Latinoamérica es la región más urbanizada del mundo, el 80 por ciento de sus habitantes actualmente se establecen en las ciudades capitales reflejando un crecimiento de flota

de vehículos que se triplicaran en los próximos 25 años. Es propicio mencionar, muchos países latinoamericanos no tienen estándares de mejora para la calidad de combustible, eficiencia de vehículos, ciclos de conducción ideales. En la actualidad existen autobuses que funcionan con energías alternativas o híbridos para reducir el efecto que tiene el medio ambiente. El autobús se mantiene como principal método de transporte urbano. (Tejada,2002.).

Existen dos clases de transporte tanto como el público y el privado, que se refiere a que los países o municipios se encargaran de proveer rutas y transportes para poder ayudar a las personas a movilizarse a sus trabajos, escuelas o visitar a sus parientes tomando en cuenta su flujo y evitando saturarlo, por otro lado existe el transporte privado el que las personas con recursos pueden adquirir ya que les da un beneficio, como poder viajar más cómodos, evitar el recorrido total de una ruta del transporte público así disminuyendo el tiempo del trayecto, poder utilizarlo a altas horas de la noche o madrugada, etc. (Julián Pérez Porto, 2010).

**Tabla 1:** Clasificación del tipo de transportes público y privado en el DMQ

| Denominación | Número de ocupantes incluido el conductor |
|--------------|-------------------------------------------|
| Minibús      | Desde 27 hasta 35 ocupantes               |
| Bus          | Desde 36 ocupantes en adelante            |

*Fuente:* Normativa INEN 1668 (2015)

**Tabla 2:** Categorización del transporte en el Ecuador diseñado para el transporte de pasajeros

| Según el tipo de vehículo | Numero de ejes | PBV promedio de un chasis | Capacidad de pasajeros |
|---------------------------|----------------|---------------------------|------------------------|
| Minibús                   | 2 ejes         | 10000 kg                  | Máximo 35              |
| Bus                       | 2 ejes         | 10000 kg                  | Máximo 35              |
|                           | Más de 2 ejes  | 24000 kg                  | Máximo 53              |

*Fuente:* Normativa INEN 1668 (2015)

En la categorización de vehículos que se utilizaran para el transporte de pasajeros o Categoría M, se subdividen en:

**M1:** En esta categoría estos vehículos cuentan con menos de 8 asientos más la del conductor.

**M2:** Este vehículo posee más de 8 asientos más la del conductor y con la limitación de un peso no mayor al de 5 toneladas.

**M3:** Esta es la categoría en la que nos enfocaremos ya que este tipo de transporte de pasajeros contiene más de 8 asientos y un peso mayor a 5 toneladas.

*Tabla 3: Categorización del transporte en el Ecuador*

| CLASE I (URBANO)                                                                                                 | CLASE II (INTERURBANO)                                                                                                                                                               | CLASE III (AUTOCAR DE TURISMO)                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vehículo construido para que los pasajeros puedan ir de pie con una facilidad de circulación dentro de la unidad | Este vehículo normalmente está fabricado para poder transportar sentados a sus ocupantes y que no sobrepase el flujo de personas en el pasillo ya que suelen ser de espacio reducido | Este vehículo fue diseñado para que sus pasajeros puedan viajar sentados ya que este recorrerá largas distancias. |

*Fuente: (INFOCOINAV, 2022)*

El Art 55 de la Ley orgánica de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial manifiesta que, el transporte público se considera un servicio estratégico, así como la infraestructura y equipamiento auxiliar que se utilizan en la prestación del servicio. Las rutas y frecuencias a nivel nacional son de propiedad exclusiva del Estado, las cuales podrán ser comercialmente explotadas mediante contratos de operación. El transporte público es la forma de satisfacer las necesidades de desplazamiento de un lugar a otro.

### **Conducción**

La conducción es efectuar el desplazamiento de un transporte sea terrestre, aéreo o marítimo desde un punto inicial a un punto final de manera controlada, respetando las normas establecidas en un determinado tiempo y lugar. (Ucha, s.f.).

### **Ciclos de conducción**

Los ciclos de conducción son aplicados en distintos países alrededor del mundo, muchos de estos países han desarrollado ciclos de conducción y utilizado otros en gran variedad. Los ciclos de conducción se han obtenido por diferentes mediciones basadas en características, parámetros,



métodos, que dependen del investigador. El micro viaje es uno de los principales métodos de conducción conocido y aplicados alrededor del mundo, ya que por su versatilidad y forma de análisis estadístico permite tomar datos variados para generar diferentes resultados, pero ligados a un mismo principio base (Zhang,X & Shen,J, 2011, 16 PART C).

El ciclo de conducción New European Driving Cycle (NEDC) permite la obtención de datos en cuatro repeticiones de ciclo la primera en arranque frío, a baja velocidad y carga de motor representando un tipo de conducción urbana, una segunda medición con modos de conducción agresivos en altas velocidades relacionados a una conducción sobre autopista, tomando en cuenta tiempos de inactividad, velocidad, aceleración y distancia (Castillo, 2018).

El ciclo de conducción Federal Test Procedure (FTP) desarrollada en Estados Unidos simula una conducción en vía urbana:

**FTP 72:** Este procedimiento se denomina Urban Dynamometer Driving Schedule o también denominados “UDDS” utilizados en los vehículos pesados, los cuales siguen los siguientes parámetros:

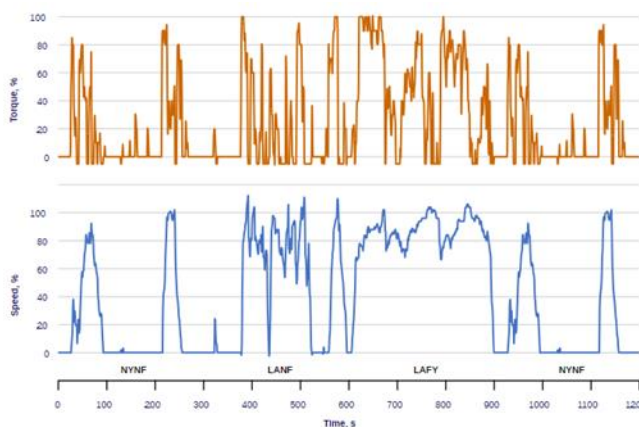
**Duración:** 1060 segundos: 17,666 minutos

**Distancia:** 5,55 millas: 8,9 km

**Velocidad media:** 18,86 mi/h: 30,4 km/h

**Velocidad máxima:** 58 mi/h: 93,3 km/h

*Figura 1: Ciclo transitorio FTP*



*Fuente: (ECOpaint INC., 2000)*

El ciclo se ejecuta como una prueba de arranque en frío y en caliente. Por lo general, el motor se empapa durante la noche y se realiza una prueba de arranque en frío por la mañana. A la prueba de

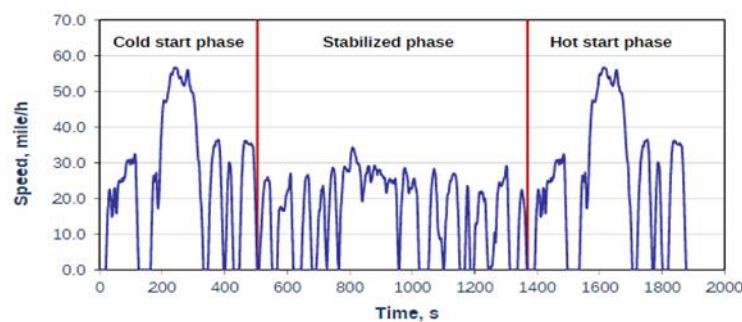
arranque en frío le sigue un período de inmersión de 20 minutos y un mínimo de tres pruebas consecutivas de arranque en caliente, con un período de inmersión de 20 minutos entre cada prueba de arranque en caliente. Los resultados de FTP específicos de los frenos compuestos se obtienen dividiendo las emisiones ponderadas y el consumo de combustible (en gramos).

El factor de carga promedio del ciclo FTP es aproximadamente del 20 al 25 % de la potencia máxima del motor disponible a una determinada velocidad del motor. La velocidad media equivalente del vehículo es de unos 30 km/h y la distancia equivalente recorrida es de 10,3 km para un tiempo de funcionamiento de 1200 s. Los motores diésel de servicio pesado probados en el ciclo FTP producen temperaturas de gases de escape de medias a altas. Generalmente, la temperatura está en un nivel medio entre 250 y 350°C, pero hay secciones calientes con temperaturas que alcanzan los 450°C. (ECOpoint INC., 2000).

**FTP 75:** Se deriva del FTP-72 añadiendo una tercera fase de 505 s, idéntica a la primera fase de FTP-72 pero con arranque en caliente. La tercera fase comienza después de que el motor se detenga durante 10 minutos. Así, todo el ciclo FTP-75 consta de los siguientes segmentos:

- Fase transitoria de arranque en frío (temperatura ambiente 20-30°C), 0-505 s,
- Fase estabilizada, 506-1372 s,
- Remojo en caliente (mín. 540 s, máx. 660 s),
- Fase transitoria de arranque en caliente, 0-505 s.

*Figura 2: prueba ftp 75*



*Fuente: (ECOpoint INC., 2000)*

## Ecuación

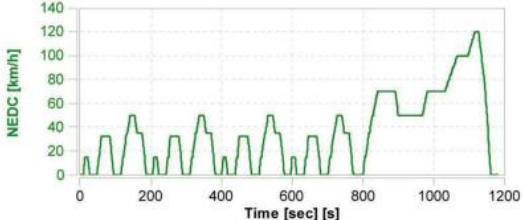
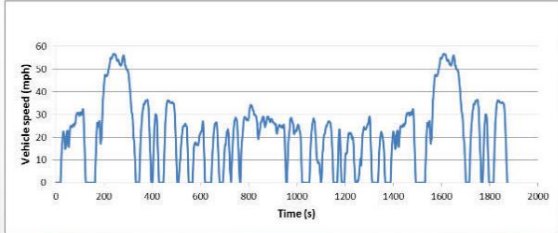
$$v_{prom} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_o}{t_f - t_o}$$

Donde:

V (velocidad promedio), Xf (posición final), Xo (posición inicial), Tf (tiempo final), To (tiempo inicial).

Los ciclos de conducción o ciclos de medición de autonomía son muy importantes, permite estudiar la autonomía de los vehículos en igualdad de condiciones los cuales ayudan a obtener datos como las emisiones y consumo de manera objetiva. Los métodos empleados para evaluar el consumo de combustible y grado de emisiones son:

**Tabla 4:** Definición de ciclos modales y transitorios.

| Modales                                                                                                                                                                                                                  | Transitorios                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Este método no es exacto ya que incluye secuencias prolongadas de tiempo con velocidad constante y una aceleración lineal. Dentro de esta variante se puede encontrar el ciclo europeo y el japonés (nedc, 10-15)</p> | <p>Este método complejo se caracteriza por abarcar una velocidad y aceleración variable sobre el tiempo haciendo que las condiciones de manejo sean más reales que el anterior método por lo cual aquí podemos encontrar el ciclo ftp-75 o el artemis.</p> |
| <p><b>Figura 3</b></p>                                                                                                                                                                                                   | <p><b>Figura 4</b></p>                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>Ciclo de conducción modal nedc</p>                                                                                                                                                                                    | <p>Ciclo de conducción transitorio ftp-75</p>                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                        |
| <p><i>Fuente: (bielaczyc, woodburn, &amp; szcgotka, 2016)</i></p>                                                                                                                                                        | <p><i>Fuente: (charlie &amp; romain, 2013)</i></p>                                                                                                                                                                                                         |

*Fuente: (Fotouhi, 2012)*

Los principales ciclos de medición más usados en la actualidad son tres que son NEDC (New European Driving Cycle), WLTP (Worldwide Harmonised Light Vehicles Test Procedure) Y EPA (Environmental Protection Agency).

**NEDC:** Es casi imposible de lograr por medio de una conducción normal

**WLTP:** Se podría alcanzar bajo ciertas circunstancias de conducción eficiente

**EPA:** Es fácil de obtener con un manejo eficiente

*Tabla 4: Características de los principales ciclos de conducción.*

|                              | <b>NEDC</b> | <b>FTP-75</b>          | <b>WLTP</b> |
|------------------------------|-------------|------------------------|-------------|
| <b>Condición de arranque</b> | frio        | 43% frio, 57% caliente | Frio        |
| <b>Duración [s]</b>          | 1180        | 1874                   | 1800        |
| <b>Longitud [km]</b>         | 11.02       | 17.79                  | 23.27       |
| <b>Vel prom [km/h]</b>       | 42,24       | 39,21                  | 53,48       |
| <b>Vel max [km/h]</b>        | 120,09      | 91,09                  | 131,3       |
| <b>Número de paradas</b>     | 14          | 16                     | 9           |

*Fuente: (Jorge, S/F)*

Los factores principales que afectan al estudio es el aumento en la cantidad de vehículos motorizados ya que depende del nivel socio económico de cada persona, la distancia que recorrerá diariamente y la cantidad de personas por familia, las personas que circulan por el DMQ en vehículo propios por calles transitadas hacen un tráfico más tenso el cual afecta al transporte público ya que no cumplirá con sus horarios y el trayecto podría hacerse mucho más largo para sus pasajeros y causando inconvenientes como (consumo de combustible, insatisfacción por los usuarios, embotellamientos, accidentes.). Al contrario, las personas que no poseen vehículo propio o no tienen la posibilidad de conducir y se movilizan por el transporte público son los que generan la necesidad de crear una ruta por lo cual la mayoría de estas estaciones procura diferenciarse, pero al estar dentro del DMQ es difícil conducir en el tráfico por lo cual la mayoría de estas por lograr llegar antes que otra unidad manejan de manera brusca siendo un riesgo para peatones y vehículos dentro del DMQ.

Actualmente el número de buses intracantoniales urbanos asciende a 2.840 unidades, integradas de la siguiente manera: Corredor Central Norte con 73; sistema Eco vía con 157; buses alimentadores con 620; Corredor Central Trolebús con 87 buses articulados más 80 unidades biarticuladas (167 en total); y, los buses convencionales privados con 1.823. Para atender la demanda de los usuarios que habitan en las parroquias rurales, urbanas o entre las parroquias rurales, el servicio de buses intracantoniales combinados y rurales opera con 379 unidades. En total, el SMTTP cuenta con 3.219 buses (articulados y biarticulados) que operan a nivel de todo el Distrito Metropolitano. Otro dato relevante es que el sistema de transporte público opera en 188 rutas intracantoniales urbanas y 68 rutas intracantoniales combinadas y rurales, que poseen condiciones adecuadas de acceso a los

barrios. El número de viajes totales al día es de 2'400.000, mientras que en el sistema integrado de transporte se desplazan 1'100.000 usuarios. (QUITO INFORMA, 2017).

## **Materiales y métodos**

### **Materiales**

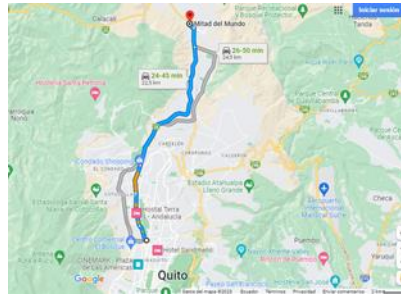
Se realizaron distintos estudios obteniendo mayor cantidad de datos para la investigación, enfocados en el método Deductivo partiendo de estudios globales a estudios locales determinando el ciclo que se adaptó mejor a nuestras rutas, se tomaron resultados de estudios anteriores realizados a nivel internacional, regional y nacional con variables similares a nuestro lugar de pruebas mediante el método de investigación documental, así como datos de sitios web que poseen información sobre los ciclos de conducción dentro de los parámetros de la presente investigación. Por otro lado, para el desarrollo del segundo punto se aplicó el método experimental, obteniendo la información según los ciclos FTP -75, ARTEMIS, CUEDC mismas que se adaptaron a las necesidades del estudio. Las rutas seleccionadas inician en AV. El Inca y finaliza en Mitad Del Mundo como puntos de partida y llegada en el Distrito Metropolitano de Quito comprendiendo 3 zonas: urbana, carreteras secundarias y autopista en este punto se tomó variables dependientes: el flujo vehicular, velocidad ya que para el estudio se deben realizar distintas pruebas como: en altas revoluciones, bajas revoluciones (tráfico) e ideal, como variables independientes: el tiempo, la altitud, latitud, aceleración. Finalmente se utilizó el método estadístico y se analizó la información de resultados obtenidos determinando así el ciclo que mejor se adaptó al estudio.

### **Materiales**

#### **Lugar de Pruebas:**

El estudio se realizará en la ciudad de Quito – Ecuador, que posee una superficie de 4183 kilómetros cuadrados, se encuentra a 2830 metros sobre el nivel del mar, específicamente se realizó en el sector norte de la ciudad en la ruta Av. El Inca – Mitad del mundo que corresponde a una distancia de 21 km y la ruta alterna de 23,6 km este tipo de ruta permite combinar la conducción en ciudad, arterias y en carretera.

*Figura 5: RUTA1 Av. El Inca –Galo plaza- Condado- Mitad del mundo*



*Fuente: Google Maps*

*Figura 6: RUTA2 Av. El Inca – Simón Bolívar- Carapungo - Mitad del mundo*



*Fuente: Google Maps*

### **Horarios de prueba:**

Las rutas se recorrieron en horarios que permiten tomar datos reales, con flujo de tráfico pesado en horarios pico, horarios de tráfico leve y poco tráfico vehicular:

8am-9am

7pm-8pm

El recorrido se lo deberá realizar en un lapso de 1 hora con 10 minutos, manifestando además que no es un ritmo constante ya que al cruzar el tráfico existen demoras en la ruta por lo que este deberá ser reducido en el siguiente tramo.

### **Vehículo:**

Para esta prueba se seleccionó un transporte público o bus que utiliza como combustible diésel así que se determinó su consumo y autonomía durante las pruebas en el día de trabajo, esta información fue facilitada por la cooperativa y nos ayudó a realizar las pruebas para el estudio utilizando los métodos de acuerdo a su normativa, para ello las pruebas se realizaron en distintos

horarios, estos datos nos permitirán realizar el análisis , interpretación y comparación de datos a través de los distintos métodos y técnicas que aplicaremos en esta investigación.

**Tabla 5:** Ficha Técnica Del Vehículo Mercedes Benz 1721

|                 |                                                               |
|-----------------|---------------------------------------------------------------|
| MOTOR           | 6 en línea con turbo compresor                                |
| CILINDRAJE      | 5,958 cm3 / 2 vals                                            |
| POTENCIA MAXIMA | 155kw (211 Cv) a 2600 rpm                                     |
| PAR MOTOR       | 660 Nm a 1400                                                 |
| PESO            | 15 toneladas                                                  |
| CAPACIDAD       | 40 sentados; 45 de pie                                        |
| VEHICULO TIPO   | TIPO M                                                        |
| COMBUSTIBLE     | DIESEL                                                        |
| CONSUMO         | 22 galones por día en una jornada desde las 5am hasta las 8pm |
| RECORRIDO       | 21 Km                                                         |
| TIEMPO          | 1h:10m                                                        |

*Fuente:* Información tomada de “ficha técnica vehicular”

### Equipo de medición:

El GPS (Satelital Global Position) es un dispositivo de posicionamiento satelital y de medición que nos permite obtener datos geográficos útiles para el estudio del presente artículo, mediante satélites, receptores y algoritmos de localización, velocidad y hora (Kyes, 2020). El GPS de la marca Garmin se utilizará para la obtención de datos como la altitud, latitud, distancias, waypoints, tracks y tiempos.

**Figura 6:** GPS Garming.



*Fuente:* (ECUADORGPS, s.f.)

Se obtuvo datos de la aplicación Mivilsoft SAE que se basa en un modelo de gestión centralizada, forma única de administración y operación de una flota de transporte público. Los datos que brinda esta aplicación son: la ubicación en tiempo real, la velocidad, cantidad de personas durante la jornada de trabajo y el costo promedio por día del trabajo.

**Figura 7: APLICACIÓN MIVILSOFT SAE**



**Fuente:** (MivilSoft SA, s.f.)

De acuerdo con lo comentado por Calva Montoya & Flores Díaz (2020), el Instituto Ecuatoriano de Normalización a través de su Normativa INEN 2204 y 2207 recomienda emplear el ciclo transitorio FTP-75 proveniente de Estados Unidos, así como también el modal europeo ECE EUDC (NEDC) para la evaluación y control de emisiones contaminantes.

**Tabla 6: DIESEL EN EL ECUADOR**

| Ecuador Precios del diésel | Litro | Galon |
|----------------------------|-------|-------|
| USD                        | 0.462 | 1.749 |

**Fuente:** (GlobalPetrolPrices, 2023)

Mostramos los precios a partir de 08-mayo-2023 a 14-agosto-2023. El valor medio durante este período fue de \$ 0.46 con un mínimo de \$ 0.46 a 08-mayo-2023 y un máximo de \$ 0.46 a 08-mayo-2023. Para comparación, el precio promedio del diésel en el mundo para este período es de \$ 1.63. Los datos los cuales obtengamos serán calculados de acuerdo con la fórmula presentada anteriormente para poder calcularlo de mejor manera y compararlos con distintos estudios realizados en otras ciudades o países cerca de la región o con la misma topografía y geografía que la que poseemos en la ruta presentada.



## Resultados y discusión

Las pruebas se realizaron en arranque en frío, se recorrió un total de 22,45 km representados en el eje de horizontal para las gráficas representadas, tomamos las velocidades promedio y máximas reales de la prueba de ruta en tiempo real en el eje vertical, las altitudes a las que se sometió la prueba oscilan entre 2884,81 msnm - 2394,71msnm obteniendo un ciclo real de las rutas seleccionadas. El GPS nos permite recolectar datos en tiempo real, se utilizó durante todo el recorrido y los datos obtenidos de altitud, latitud, velocidad tiempo fueron recopilados para ser representados en una gráfica misma que nos permite evidenciar puntos máximos y mínimos en donde las pruebas se desarrollan y sus condiciones reales. Los datos se obtuvieron de 2 rutas que comprenden zona urbana, carreteras secundarias y autopistas, representando de forma real las condiciones de conducción ante los escenarios que comprende el DMQ.

*Tabla 7: datos de entrada ruta #1 y ruta #2*

|                              | <b>RUTA #1</b> | <b>RUTA #2</b> |
|------------------------------|----------------|----------------|
| <b>Condición de arranque</b> | 43% FRIO       | 43 %FRIO       |
| <b>Duración [s]</b>          | 2040,34        | 2143,37        |
| <b>Longitud [km]</b>         | 22,45          | 22,41          |
| <b>Vel prom [km/h]</b>       | 38,33          | 35,85          |
| <b>Vel max [km/h]</b>        | 98,71          | 87,05          |
| <b>Horario</b>               | 9am / 7pm      | 9am / 7pm      |
| <b>Número de paradas</b>     | 12             | 12             |

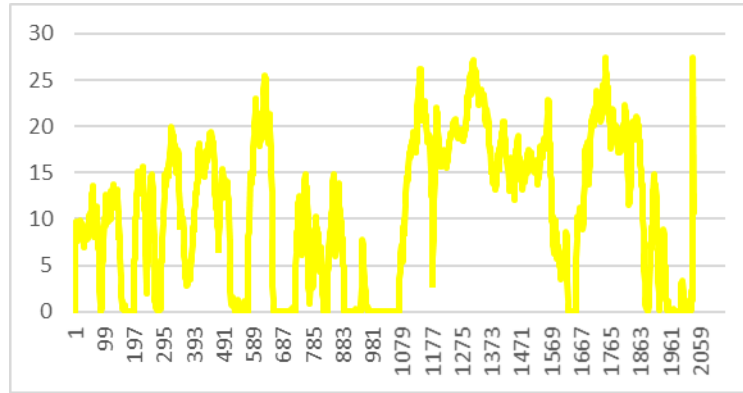
## Pruebas de campo

### Ruta 1

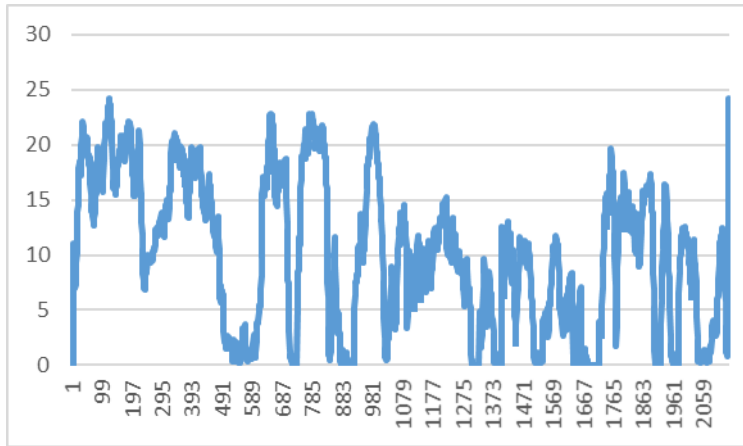
Ruta av. el inca- galo plaza Lasso – condado – mitad del mundo 9 am – 7pm.

La primera ruta tiene como parámetros iniciales una altitud de 2792,03 msnm y desciende hasta los 2411,06 msnm, una distancia total de 21km y 20km en el recorrido en un tiempo de 1874 segundos.

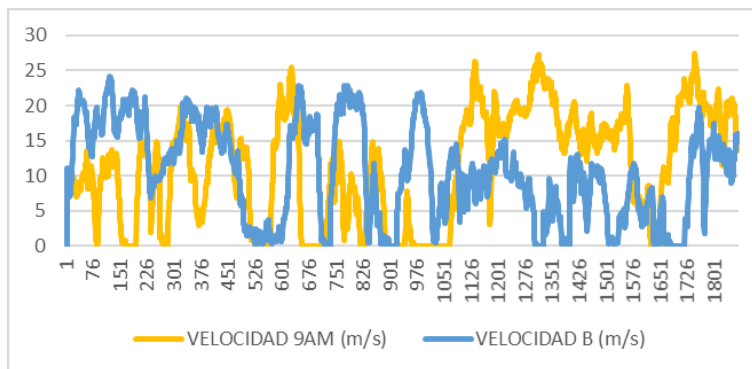
**Figura 8: Velocidad 9AM [M/S]**



**Figura 9: Velocidad 7PM [m/s]**



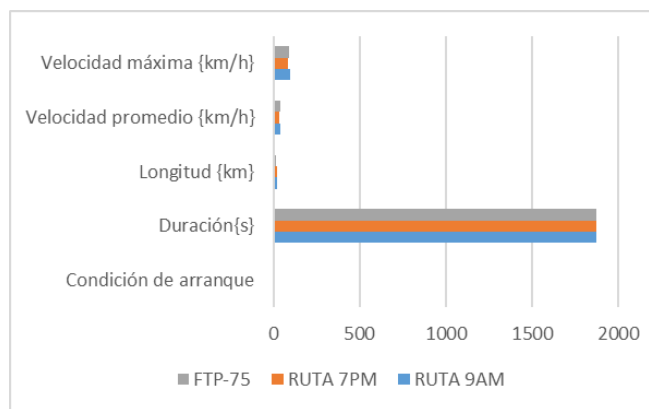
**Figura 10: Comparativa Ciclo 9am Vs 7pm**



La curva de velocidad versus tiempo evidencio el ciclo de conducción real efectuado por el medio de transporte en los horarios establecidos de 9am y 7 pm, como se puede ver en la gráfica de barras

los valores de velocidad promedio en la ruta #1 en horario de 9 am es de 40,71 km/h la cual refleja un 3,68% de error en comparación al ciclo de conducción ideal FTP-75, por otro lado los valores de velocidad promedio en la ruta #1 en horario de 7 pm es de 37,72 km/h la cual refleja un 3,96% de error en comparación al ciclo de conducción ideal FTP-75. La diferencia entre los ciclos obtenidos por sus horarios en promedio es de 3 km/h, velocidades máximas de 98km/h y 87km/h respectivamente esto debido a que las paradas por afluencia de tráfico son más prolongadas en tiempo y se evidencio en una diferencia de distancia recorrida de 1,20 km.

**Figura 11:** Comparativa Ciclo Ftp-75 Vs 9am Vs 7pm

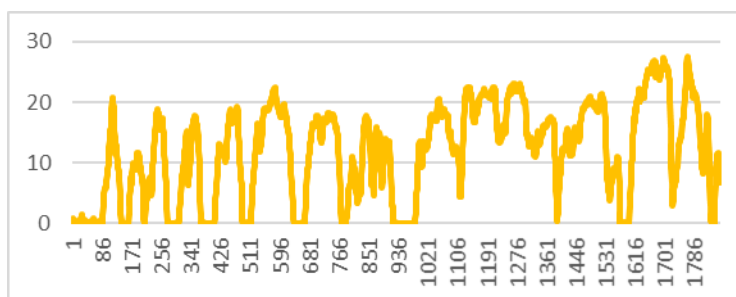


## Ruta 2

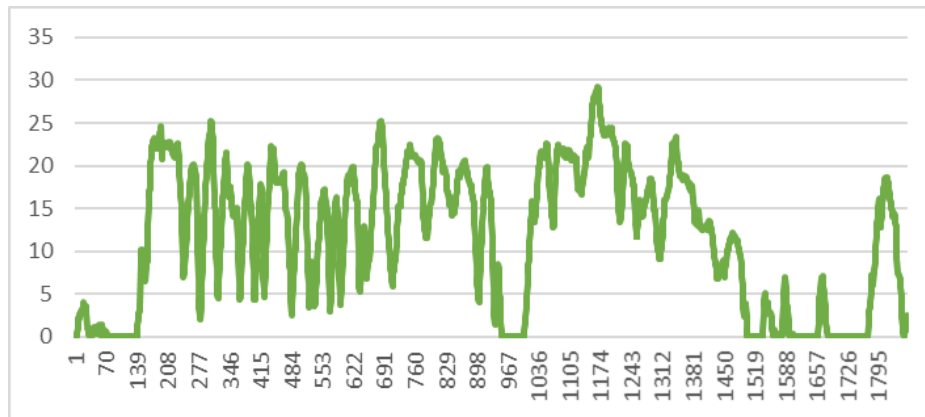
Ruta av. El inca – carapungo – la pampa – mitad del mundo 9am - 7pm.

La ruta comprende las carreteras AV. MANUEL CORDOVA – LA PAMPA – CARAPUNGO – AV. EL INCA. Los parámetros de prueba para esta ruta se evidencio el cambio de altitud llegando a punto máximo de 2884,46 msnm. Se recorrió una distancia total de 22,23 km y 22,407 km en sentido Sur 184,7 grados.

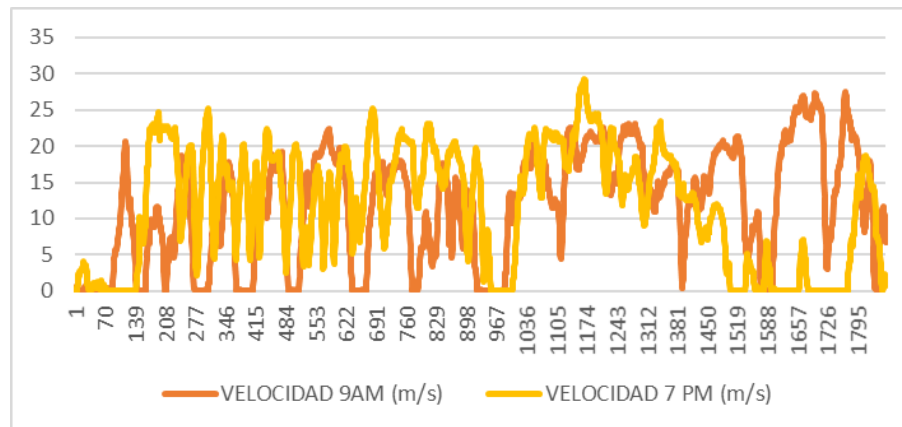
**Figura 12:** Velocidad 9am [M/S]



**Figura 13:** Velocidad 7pm [m/s]



**Figura 14:** Comparativa Ciclo 9am Vs 7pm



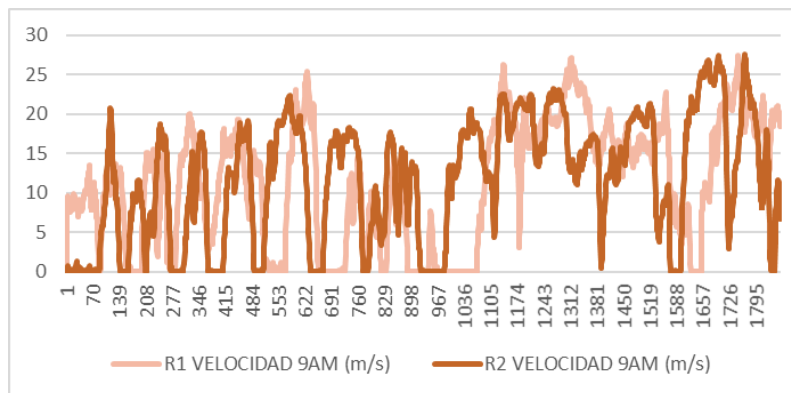
Dentro de las gráficas de ciclos de la segunda ruta se evidencio que la influencia de tráfico es menor en el horario de 7pm ya que en la curva se observó puntos de paradas menos prolongadas y velocidades mayores en varios puntos de la gráfica, la velocidad máxima que se logra alcanzar en el horario de 9 am es de 99 km/h mientras en el horario de 7pm esta supera con 6 km/h mayor es decir 105km/h, estos a su vez representan una diferencia de 8,02 y 14,07 km/h en comparación al ciclo FTP-75 que representa un rango de error del 8,09% y 13,38% respectivamente.

## Comparar

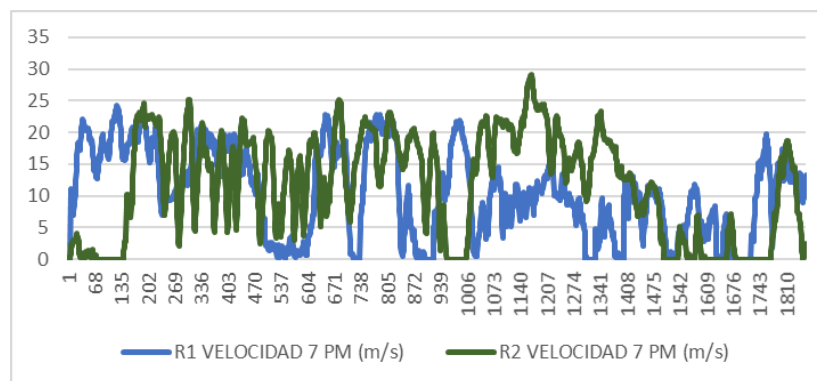
**Tabla 8:** De Comparación De Ciclos Ideales Vs Ciclos Reales

|                           | NEDC   | FTP-75                   | WLTP  | RUTA #1 | RUTA #2 | DIFEREN<br>CIA RUTA<br>1 | DIFEREN<br>CIA RUTA<br>2 | % DE<br>DIFERENCI<br>A RUTA 1 | % DE<br>DIFEREN<br>CIA RUTA<br>2 |
|---------------------------|--------|--------------------------|-------|---------|---------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Condición de arranque     | frio   | 43% frio,<br>57%caliente | Frio  | FRIO    | FRIO    |                          |                          |                               |                                  |
| Duración{s}               | 1180   | 1874                     | 1800  | 2040,34 | 2143,37 |                          |                          |                               |                                  |
| Longitud {km}             | 11,02  | 17,79                    | 23,27 | 22,45   | 22,41   | 4,66                     | 4,62                     | 26,18                         | 20,60                            |
| Velocidad promedio {km/h} | 42,24  | 39,21                    | 53,48 | 38,33   | 35,85   | 0,88                     | 3,36                     | 2,31                          | 9,37                             |
| Velocidad máxima {km/h}   | 120,09 | 91,09                    | 131,3 | 98,71   | 87,05   | 7,62                     | 4,04                     | 7,72                          | 4,64                             |
| Numero de paradas         | 14     | 16                       | 9     | 12      | 12      |                          |                          |                               |                                  |

**Figura 15:** Comparación ciclos reales de conducción 1 y 2



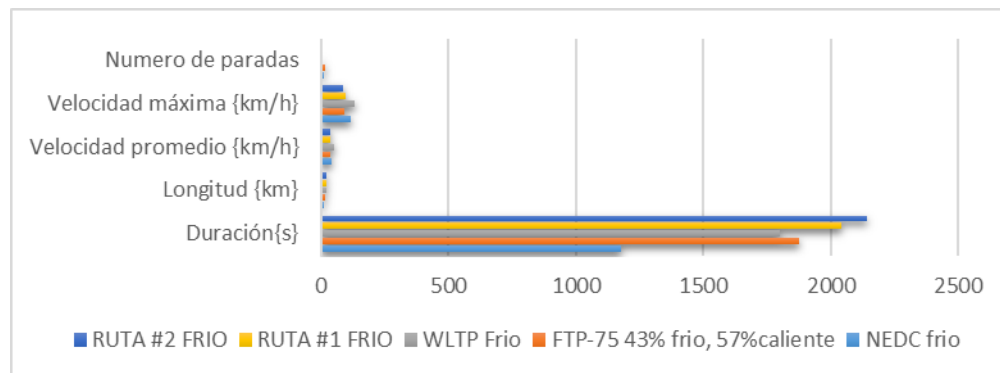
**Figura 16:** Comparación Ciclos Reales De Conducción 1 y 2



La curva de velocidad versus tiempo evidencia el ciclo de conducción real efectuado por el medio de transporte en los horarios establecidos, como se puede ver en la tabla 5 los valores de velocidad

promedio en la ruta #1 es de 38,33 km/h la cual refleja un 2,36% de error en comparación al ciclo de conducción ideal FTP-75 siendo este el que mejor se adapta a la ruta #1, que a pesar de que existe una clara diferencia en el tiempo por factores reales de conducción el más significante de ellos el tráfico de la ciudad.

**Figura 17:** Comparación Ciclos Reales De Conducción 1 y 2



### Conclusiones

Los ciclos reales efectuados en las Rutas seleccionadas ruta 1 y ruta 2 evidencio que los parámetros externos como influencia del tráfico, las pendientes y la geografía de la ciudad de Quito representen un porcentaje de error que oscila entre un 3 – 4% en comparación a los parámetros establecidos por la Normativa del ciclo transitorio FTP-75 en la velocidad promedio. Las rutas de obtención de datos comprenden 22km compuesto por conducción en autopista, principales, secundarias y arterias donde la velocidad máxima alcanzada en prueba real en las rutas esta entre 87 y 99 Km/h dando una diferencia con respecto a la normativa FTP-75 4,04 km/h mayor en la ruta 2 y 7,62 Km/h menor en la ruta 1, a pesar de esta diferencia es la normativa que mejor se adapta a las condiciones de manejo en el DMQ ya que en comparación de las normativas de ciclos modales NEDC establece una velocidad máxima de 120,09 km/h y ciclo WLTP establece una velocidad máxima de 131,3 km/h, están fuera del rango permitido de velocidad máxima de nuestro país Ecuador donde la velocidad máxima en rectas de autopista es de 100 Km/h.

El consumo promedio de combustible en litros por km recorrido es de 0,207 l/km el cual medimos en base a los galones suministrados al vehículo de prueba divididos para la cantidad de kilómetros recorridos en una serie de repetitividad lo cual representa un valor de 0,09 ctvs. por kilómetro recorrido y un valor de 21,78 ctvs. para las rutas de prueba que comprenden 22km, se puede

establecer un ciclo de conducción para la ruta #1 y ruta # 2 con valores de velocidad promedio de 40,71 km/h, velocidad máxima de 98km/h, longitud de 22 km, Numero de paradas 12, este ciclo de conducción a su vez nos permite respetar los límites de velocidad permitidos en el Ecuador los cuales son de 40 km/h en zona urbana y velocidad máxima de 90-100km/h en autopista.

## Referencias

1. Amanda, M. (20 de septiembre de 2019). Transporte público y sustentable en américa latina. Obtenido de NRDC: <https://www.nrdc.org/es/experts/amanda-maxwell/transporte-publico-sustentable-america-latina#:~:text=Los%20latinoamericanos%20ya%20dependen%20del,cualquier%20otra%20parte%20del%20mundo.>
2. Benz, M. (s.f.). Mercedes Benz Ecuador. Obtenido de Mercedes Benz Ecuador: <https://www.mercedes-benz.com.ec/vehiculos/chasis-buses-of-1721/59>
3. Bull, A. (2003). Congestión de tránsito. Santiago de Chile: CEPAL.
4. Celi, S. (02 de enero de 2018). Revista Espacios. Obtenido de Análisis del comportamiento del transporte público a nivel mundial: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.revistaespacios.com/a18v39n18/a18v39n18p10.pdf>
5. Contreras, M. (2014). SlidePlayer. Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/1645550/>
6. COOPERATIVA DE TRANSPORTE BELLVISTA. (2023). Obtenido de <https://www.cooptransbellavista.com/rutas.php>
7. ECOpoint INC. (04 de 2000). DieselNet FAQ. Obtenido de <https://dieselnet.com/standards/cycles/udds.php>
8. ECUADORGPS. (s.f.). Ecuador GPS. Obtenido de Ecuador GPS: <https://ecuadorgps.com/producto/montana-680/>
9. EL UNIVERSO. (03 de 03 de 2022). Más buses en Quito pueden cobrar pasaje de 0,35 ctv. Conozca el listado de las 17 operadoras autorizadas por el Municipio hasta el momento. La compañía Colectrans, Trans Alfa, San Cristóbal y Transporte subirán la tarifa desde el 5 de marzo.
10. Gutiérrez, A. (2003). SCIELO. Obtenido de Transporte publico y exclusión social.: <http://www.filo.uba.ar/contenidos/investigacion/institutos/geo/ptt/GutierrezClatpou5.pdf>

11. Hernández, J., Sánchez, E., & Sandoval, J. (s.f.). Actualización de los ciclos de manejo en el valle de México para vehículos ligeros. Actualización de los ciclos de manejo en el valle de México para vehículos ligeros. México.
12. INFOCOINAV. (18 de 02 de 2022). Blog de Ingeniería Avanzada Ecuador. Obtenido de Blog de Ingeniería Avanzada Ecuador: <https://blog.coinav.com/categorizacion-de-los-vehiculos-de-motor/#:~:text=CATEGOR%C3%8DA%20L%20%20E2%80%93%20Veh%C3%ADculos%20a%20motor,CATEGOR%C3%8DA%20O%20%20E2%80%93%20Trailers.>
13. Julián Pérez Porto, A. G. (2010). Definiciones. Obtenido de <https://definicion.de/transporte/>
14. Kyes, J. (22 de mayo de 2020). GEOTAB. Obtenido de GEOTAB: <https://www.geotab.com/es-latam/blog/qu%C3%A9-significa-gps/>
15. MivilSoft SA. (s.f.). Obtenido de <https://mssae.mivilsoft.com/>
16. QUITO INFORMA. (16 de 07 de 2017). Obtenido de [http://www.quitoinforma.gob.ec/2017/08/16/2400-000-de-personas-se-movilizan-el-sistema-de-transporte-al-dia/#:~:text=Actualmente%20el%20n%C3%BAmero%20de%20buses,total\)%3B%20y%2C%20los%20buses](http://www.quitoinforma.gob.ec/2017/08/16/2400-000-de-personas-se-movilizan-el-sistema-de-transporte-al-dia/#:~:text=Actualmente%20el%20n%C3%BAmero%20de%20buses,total)%3B%20y%2C%20los%20buses)
17. Quito informa. (15 de 05 de 2022). [www.Quitoinforma.gob.ec](http://www.quitoinforma.gob.ec). Obtenido de <http://www.quitoinforma.gob.ec/2022/01/24/serviagosto-actualizara-la-tarifa-del-servicio-de-transporte/photo5150152979385526611/>
18. Stalin Arguello, R. V. (2020). Historia y evolución de la gestión del transporte público urbano. Chimborazo.
19. Tejada, J. (mayo de 2002). Redalyc. Obtenido de El Transporte Colectivo Urbano: Aplicación del Enfoque de Sistemas para un mejor Servicio: <https://www.redalyc.org/pdf/705/70511239005.pdf>
20. Torres, B. (2006). Scielo. Obtenido de El uso de métodos deductivos e inductivo para aumentar la eficiencia del procesamiento de adquisiciones de evidencias digitales: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-14722017000200056](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-14722017000200056)
21. Ucha, F. (s.f.). Obtenido de <https://definicionabc.com/conduccion/>
22. Vascones, L. (03 de noviembre de 2021). Gobierno destinara USD 406 millones para subsidiar el diésel. págs. 1-2.



23. Zarate, M. (2003). Ciudad, transporte y territorio. Madrid: UNED.

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).