

**DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE
QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1**

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS APLICADAS

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

**“DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE
QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1”**

Realizado por:

MATEO ESTEBAN RODRÍGUEZ MUNIVE

Director del proyecto

Edilberto Antonio Llanes Cedeño, PhD.

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ

Quito, 06 de agosto de 2021

**DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-
ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1**

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO- ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, MATEO ESTEBAN RODRÍGUEZ MUNIVE, con cédula de identidad # 171886745-8 declaro bajo juramento que el trabajo desarrollado a continuación es de autoría propia, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Mateo Esteban Rodríguez Munive', with several horizontal lines drawn through it for emphasis.

FIRMA

171886745-8

**DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-
ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1**

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-
ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1”**

Realizado por:

MATEO ESTEBAN RODRÍGUEZ MUNIVE

Como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ

ha sido dirigido por el profesor

EDILBERTO ANTONIO LLANES CEDEÑO

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor.



FIRMA

**DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-
ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1**

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes

GUSTAVO ADOLFO MORENO JIMENEZ

JAVIER MARTÍNEZ GÓMEZ

Después de revisar el trabajo presentado,

Lo han calificado como apto para su defensa oral ente

El tribunal examinador



FIRMA



FIRMA

Quito, 06 de agosto de 2021

**DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-
ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1**

DEDICATORIA

A toda mi familia que me ha apoyado en el transcurso de esta etapa.

**DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-
ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1**

06/08/2021 13:16:21

Para someter a:

To be submitted:

**Desarrollo de ciclos de conducción en la ciudad de Quito-Ecuador para un vehículo
categoría M1.**

Edilberto Antonio Llanes Cedeño

Universidad Internacional SEK, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Quito, Ecuador.

06/08/2021

*AUTOR DE CORRESPONDENCIA: Edilberto Antonio Llanes Cedeño PhD, Universidad
Internacional SEK, Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas, Quito, Ecuador.

Teléfono: -593-; e-mail: antonio.llanes@uisek.edu.ec

Título corto o Running title: Ciclos de conducción en la ciudad de Quito-Ecuador para
vehículo M1.

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Resumen

En el presente trabajo se desarrollarán ciclos de conducción en la ciudad de Quito-Ecuador en tres zonas: urbana, carretera y combinada que permitan conocer el nivel de movilidad de los vehículos en las horas pico y su consumo de combustible. Esta práctica se la desea realizar ya que de acuerdo a fuentes de la Secretaría del Ambiente, el índice de calidad de aire ICA en la urbe en los últimos años ha arrojado valores preocupantes y, de no ser por la pandemia del COVID-19, estos hubieran continuado en incremento por motivo del aumento de venta de vehículos cuya cantidad ascendió, según la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, a 49 718 unidades en la provincia de Pichincha en 2019 sumando cerca de 825 763 vehículos totales (la mayoría de ellos en Quito). A través del estudio se podrá conocer cómo es el comportamiento general de estos automotores en la ciudad además de su tan preocupante consumo de combustible que, de manera directa, afectará a aquel ICA. Para su cumplimiento, se utilizará instrumentación pertinente como el módulo OBD2 ELM327 y su respectiva aplicación móvil Car Scanner ELM OBD2 donde se podrán registrar, almacenar y exportar al computador los datos leídos en tiempo real de variables como velocidad del vehículo, consumo de combustible, distancia recorrida, tiempo de recorrido, entre otros. A través de su uso se obtendrán las gráficas características de los ciclos de conducción de velocidad vs tiempo donde se prevé que habrá menor movilidad y mayor consumo en la zona urbana frente a la de carretera y combinada en términos de kilómetros recorridos.

Palabras clave: ciclo de conducción, consumo de combustible, parámetros de conducción, módulo OBD2, velocidad de trayecto, distancia de recorrido

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Abstract

In the given work a series of driving cycles will be performed in the city of Quito-Ecuador in three specific routes: urban, highway and combined, which will allow to find the grade of mobility at peak hours and their fuel consumption. The reason why this practice will be taken into account resides in sources of the “Secretaría del Ambiente” which, according them, the Air Quality Index in the city of Quito had thrown worrying data and, if not for the COVID-19 pandemic, those values could’ve continued to increase as for the constant growth of vehicle sales that, according to the “Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador”, ascended to 49 718 units in the Pichincha province as of 2019 adding up to a sum of 825 763 total vehicles (the majority of them in Quito). Across the study, things such as the general behavior of the vehicle in the city and its highly worrying fuel consumption will be known as this last criteria will directly affect the AQI. In order to be accomplished, instrumentation such as an OBD2 ELM327 module and its respective Car Scanner ELM OBD2 app will be implemented in order to register, store and export to the PC the real time data read according to variables such as: vehicle speed, fuel consumption, travel distance, travel time, etc. By using that information, graphs of the vehicle speed vs travel time will be achieved from the driving cycles where the lower mobility and highest fuel consumption in terms of kilometers traveled is predicted to happen in the urban area instead of the highway and combined ones.

Keywords: Driving cycles, fuel consumption, driving parameters, OBD2 module, travel speed, travel time.

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Introducción

Estado del Mercado Vehicular en Quito

La ciudad de Quito y capital del Ecuador es una de las urbes más pobladas del país y de acuerdo al anuario de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE, 2019) la mayor venta de automóviles en 2019 fue dentro de la provincia de Pichincha con cerca de 49 718 unidades representando un 37,61% del total nacional (Anexo A-1). Teniendo en cuenta que el número de habitantes que abarcó Pichincha en el censo poblacional de 2010 fue aproximadamente de 2 576 287 (Gobierno Provincial de Pichincha, 2017) y en la actualidad Quito superó aquella marca con 2 781 641 habitantes (El Comercio, 2019), resulta claro conocer que la mayoría de vehículos son vendidos en la capital.

Como dato importante, dentro de la AEADE los vehículos tipo SUV han sido de los que mayor incremento en ventas han tenido con respecto al 2018 (1,4%) sumando así un total de 45 266 unidades y un 34,2% de participación en el mercado (ver Anexo A-2 y A-3); están orientados para el transporte de pasajeros dentro y fuera de la carretera además de tener la opción de tracción hacia las cuatro ruedas o hacia dos de ellas (INEN, 2012); para referirse a ellos también se utiliza la denotación “M1” que es la subclase denominada por el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN.

Estado del Aire en la Ciudad

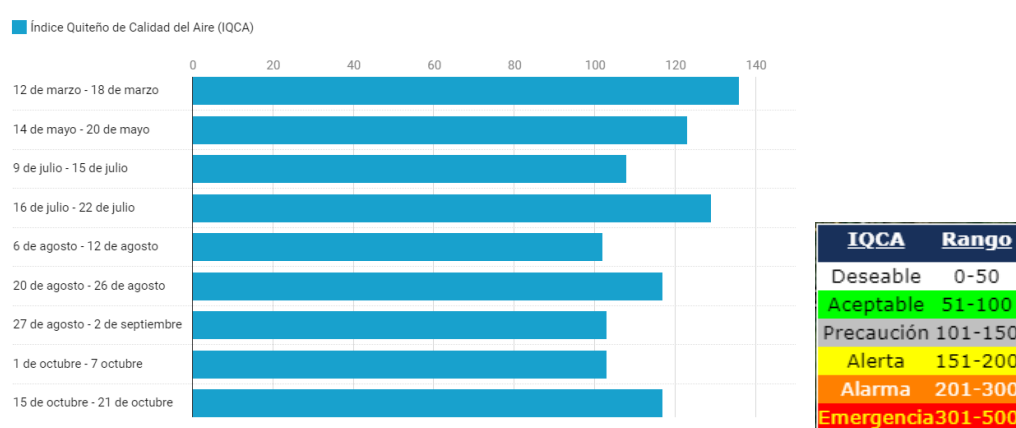
Es importante constatar que las cifras abordadas con anterioridad únicamente representan la cantidad de autos vendidos mas no la cantidad total de existentes en la urbe, cuyo valor se acercó a los 825 763 en la capital de acuerdo a Machado (2019). Frente a tales hechos se suma la problemática del grado de movilidad especialmente en horas pico, siendo aquellos instantes los de mayor congestión vehicular. Como se observará en la Figura 1, un

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

estudio del Índice Quiteño de Calidad del Aire IQCA fue realizado por la Secretaría del Ambiente en 2018 y adaptado por Machado (2019) en donde se ilustró en orden semanal el nivel de contaminación del aire.

Figura 1

Semanas de mayor contaminación en 2018 y rango de peligrosidad IQCA



Nota: El gráfico de barras fue tomado de *El aire de Quito supera los límites permitidos de contaminación*, por Machado, 2019, Diario Primicias (<https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/aire-quito-contaminacion-salud/>) y tabla de índices tomada de *Red de Monitoreo Atmosférico*, por Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano Quito, 2021, Secretaría del Ambiente (<http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/politicas-y-planeacion-ambiental/red-de-monitoreo>).

Es necesario tener en cuenta que el Índice de Calidad del Aire ICA cuantifica el nivel de peligrosidad del aire en las ciudades, abarcando mediciones de cinco de los contaminantes más nocivos para la salud (dióxido de azufre SO₂, dióxido de nitrógeno NO₂, ozono troposférico O₃ y material particulado PM_{2,5} y PM₁₀) sin embargo, la Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano Quito (2021) también suele tomar en cuenta el monóxido de carbono CO y demás óxidos de nitrógeno como NO y NO_x. Teniendo todos los parámetros anteriores, se crea una escala de peligrosidad desde 0 hasta 500 abarcando los

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

parámetros observados en la Figura 1. Una vez comparados los datos arrojados se observa que para el año 2018 entre marzo y octubre el índice ha superado las 100 unidades, encontrándose la ciudad en un rango de precaución. En el 2020, por motivos del confinamiento de la pandemia del COVID-19, el índice se redujo a niveles deseables de acuerdo a lo reportado por El Comercio (2020) donde el valor más alto registrado fue de 43 y el más bajo de 25 durante marzo. Actualmente, tomando los datos del mes de abril de 2021 este índice sigue manteniéndose en los rangos deseables con un máximo de 43 para San Antonio y un mínimo de 20 para Sangolquí y Tumbaco (ver Anexo B).

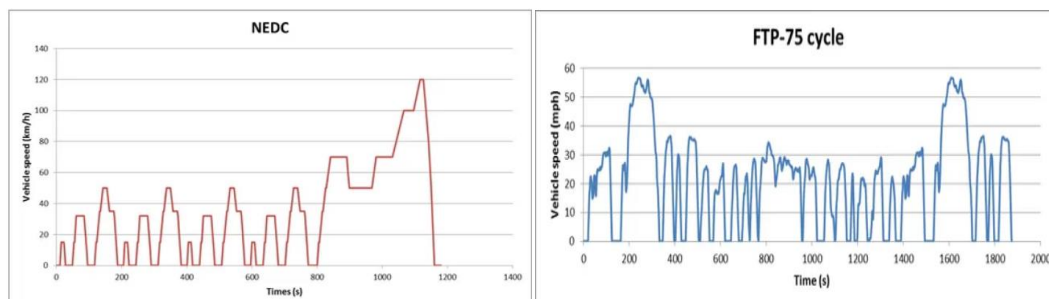
Ciclos de Conducción

Unos de los métodos más empleados para evaluar el consumo de combustible y el grado de emisiones contaminantes en las vías urbanas, de carretera y combinada son los ciclos de conducción donde a partir del estudio de velocidades versus tiempo se puede conocer el comportamiento normalizado de los vehículos que las transitan. Acorde a lo que menciona la tesis de Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría (2015), estos ciclos se pueden clasificar de dos maneras: modales y transitorios. La primera variante es la menos exacta puesto que integra secuencias prolongadas de tiempo con velocidades constantes y también aceleraciones lineales siendo esta una representación no fidedigna del comportamiento real del conductor; dentro de esta modalidad se encuentran el ciclo europeo NEDC (Figura 2) y japonés 10-15 MODE. En segunda instancia, se tienen ciclos más complejos como los transitorios, caracterizados por abarcar velocidades y aceleraciones variables en el tiempo, permitiendo que las condiciones de conducción sean mucho más reales que las del tipo modal; dentro del tipo transitorio existen ciclos como FTP-75 (Figura 2) o el ARTEMIS.

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Figura 2

Gráfica representativa de un ciclo modal (NEDC) y uno transitorio (FTP-75)



Nota: Gráficos tomados de *The different driving cycles*, por Romain, 2013, Car Engineer (<https://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/>).

Ciclos de Conducción Más Comunes en el Mundo

La definición de ciclos de conducción para determinados lugares no resulta una tarea sencilla ya que para su desarrollo influyen varios parámetros como los estilos de conducción de cada individuo, las condiciones del tráfico y en sí la geografía de las ciudades (Jiménez-Alonso et al., 2013). Es por ello que a lo largo de las regiones del mundo se han establecido ciclos estandarizados como los que se podrán conocer en la Tabla 1 de la mano de Romain (2013), González-Oropeza (2005) y Calva Montoya & Flores Díaz (2020):

Tabla 1

Especificaciones de los ciclos de conducción más empleados en el mundo

Región	Ciclo	Velocidad promedio (km/h)	Duración (s)	Distancia (km)	Observaciones
Europa	NEDC	33,6	1180	11,023	<ul style="list-style-type: none"> Autos hasta normativa Euro6 Consta de una sección urbana ECE que se repetirá cuatro veces y una sección urbana extra EUDC.

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO- ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Tabla 1 (Cont.)

Región	Ciclo	Velocidad promedio (km/h)	Duración (s)	Distancia (km)	Observaciones	
Europa	ARTEMIS	Urbano	17,6	993	4,87	<ul style="list-style-type: none"> No se emplea para certificar el grado de consumo de combustible ni de emisiones. Compañías se guían para simular condiciones de manejo reales y evaluar rendimiento de sus vehículos.
		Rural	57,5	1082	17,272	
		Autopista 130 km/h	96,6	1068	28,735	
		Autopista 150 km/h	99,6	1068	29,545	
Estados Unidos	FTP-75	34,1	1874	17,77	<ul style="list-style-type: none"> Sección de conducción urbana con paradas frecuentes y sección de autopista. Representa un viaje de rutina de casa al trabajo por la mañana en Los Ángeles (Calva Montoya & Flores Díaz, 2020) No tiene velocidades superiores a 91 km/h, y la aceleración no excede de 5.3 kmh/s (González-Oropeza, 2005) 	
						10-15
Japón	JC-08	24,4	1204	8,17	<ul style="list-style-type: none"> Simula ciclos tanto urbanos como en autopista. Alternativa al 10-15 “Representa condiciones de manejo en congestión vehicular con grandes aceleraciones y deceleraciones” (Romain, 2013) 	

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Tabla 1 (Cont.)

Región	Ciclo	Velocidad promedio (km/h)	Duración (s)	Distancia (km)	Observaciones	
Global	WLTP	Clase 3	46,5	1800	23,262	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículos con relación potencia/peso ≥ 34 • Cuatro zonas de conducción: urbana, rural, urbana (extra) y autopista
		Clase 2	35,7	1477	14,644	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículos con relación potencia/peso >22 y < 34. • Zonas de velocidad bajas, medias y relativamente altas. • Vehículos de baja potencia de India, Japón y Europa.
		Clase 1	28,5	1022	8,091	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículos con relación potencia/peso ≤ 22 • Zonas de velocidad bajas y medias. • Vehículos de baja potencia de India.

Nota: Todos los ciclos a excepción del NEDC y 10-15 son del tipo transitorio. El ciclo WLTP emplea un dinamómetro de chasis para reemplazar al ciclo NEDC. Las gráficas respectivas de cada ciclo se pueden observar en el Anexo C. Información adaptada de *The different driving cycles*, por Romain, 2013, Car Engineer (<https://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/>).

Ciclos en Ecuador

De acuerdo a 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. No

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

obstante, no profundiza en el desarrollo de los perfiles de velocidad ni en el consumo de combustible.

Para su desarrollo generalmente se suele optar por realizar pruebas de laboratorio en dinamómetros o bien mediante pruebas de ruta reales con dispositivos alternos como lo han realizado Astudillo Bravo (2016); Calva Montoya & Flores Díaz (2020); Pérez & Quito (2018) y Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría (2015), la elección de tales herramientas se abordará en la sección de Materiales y Métodos siguiente. Con todo lo recopilado con anterioridad, se plantea como hipótesis que *el establecimiento de ciclos de conducción reales para la ciudad de Quito permitirá conocer que los perfiles de velocidad en determinadas horas del día y rutas de mayor tráfico serán inferiores en la zona urbana mientras que la movilidad será mayor en la ruta de carretera y combinada, mostrando también que el consumo de combustible por kilómetro recorrido será mayor en la zona urbana.*

Para su respectivo cumplimiento se tuvo como objetivo principal obtener ciclos de conducción actualizados acorde a la ciudad de Quito-Ecuador empleando medios electrónicos para el establecimiento de parámetros de conducción característicos de la ciudad en las horas pico. Los objetivos específicos, de acuerdo a su nivel de importancia, fueron (1) identificar los principales ciclos de conducción que existen a partir del estudio de la literatura nacional e internacional para la identificación de los parámetros más representativos a ser controlados, (2) recopilar información de los parámetros de conducción en las distintas horas del día mediante la instrumentación a emplear para la representación gráfica de los parámetros y (3) comparar los resultados obtenidos con estudios previos por medio de comparativas de gráficas para la identificación de desviaciones.

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Materiales y Métodos.

Área de estudio para la selección de rutas

Para establecer ciclos de conducción adecuados Hung et al. (2005) considera necesario conocer las zonas de mayor flujo vehicular, sus horas pico y saber que serán utilizadas para actividades cotidianas como: viajes de trabajo/estudios, compras, ocio, etc. En estudios previos realizados por Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría (2015) se establecen las principales zonas de flujo vehicular y recalcan que la correspondiente al Centro-Norte de Quito alberga un 31% de concentración seguido del Norte con un 27%, el Centro con 14% y los porcentajes restantes se distribuyen entre el Centro Histórico, Centro Sur, Sur y la Periferia. Ante su declaración, establecieron gráficas (Anexos D-1 a D-3) que muestran la concentración vehicular en las vías más concurridas de las zonas Norte, Centro Norte y Periférica de la ciudad. En la Tabla 2 se muestran dichas calles en orden descendente acorde a los anexos mencionados.

Tabla 2

Vías de mayor flujo vehicular en orden descendente en las zonas de mayor flujo del D.M.Q.

Zona	Calles	Zona	Calles	Zona	Calles
	Mariscal Sucre		10 de Agosto		Simón Bolívar
	Simón Bolívar		Shyris		Bolívar
	Pana. Norte	Centro Norte	Mariscal Sucre		Gral.
Norte	Galo Plaza Lasso		Galo Plaza Lasso	Perimetral	Rumiñahui
	Shyris		Amazonas		Ruta Viva
	Simón Bolívar		Eloy Alfaro		
	NNUU		6 de Diciembre		Interoceánica

Nota: Calles de mayor flujo adaptadas de *Desarrollo De Ciclos De Conducción En Ciudad, Carretera Y*

Combinado Para Evaluar El Rendimiento Real Del Combustible De Un Vehículo Con Motor De Ciclo Otto En

El Distrito Metropolitano De Quito, por Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría, 2015.

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Vega & Parra (2014) encontró que el flujo vehicular en la zona Norte en días laborables fue en un 10% mayor al de los sábados y un 60% mayor que en los domingos; para la zona Sur también fue mayor en días laborables mientras que en la Periferia este evento no se repitió registrándose un incremento del 11% al 47% en los días feriados como consecuencia de viajes realizados fuera y dentro del D.M.Q. Por otro lado, para el horario destinado al flujo vehicular identificó que entre las 7h00 y 9h00 han predominado las congestiones en los días laborables por motivo del traslado hacia lugares de trabajo o centros educativos, seguido de las 13h00 para el almuerzo y finalizando con el retorno hacia los domicilios entre las 18h00 y 20h00.

Se establecerá una ruta por zona urbana, otra por carretera y otra por combinada; se realizarán 3 repeticiones (a las 8h00, 13h00 y 17h00; los viajes se abordarán únicamente en días laborables y no se contemplarán horas entre las 18h00 y 20h00 debido a las medidas establecidas por el Gobierno ante el toque de queda por motivos de la pandemia) y también se triplicará cada repetición acorde a lo recomendado por las normas NTE INEN 2205 y 2477 que establecen registrar y promediar mínimo 3 lecturas por prueba (en total 9 viajes por zona). Se debe considerar también que “en los estudios realizados a nivel mundial no existe una distancia de ruta determinada para la elaboración de un ciclo de conducción” (Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría, 2015) y que tampoco se ha logrado establecer un procedimiento normalizado para seleccionar una ruta apropiada. Por tal motivo, la solución que Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría (2015) plantean es relacionar las distancias de los ciclos más comunes y establecer un rango el cual resultó estar entre los 2,1 km y 11,9 km para la zona urbana; entre 8,8 km y 27,5 km para carretera y entre 6,2 km y 25,6 km para la zona combinada. Las zonas escogidas, acorde a la Tabla 2 serán las siguientes:

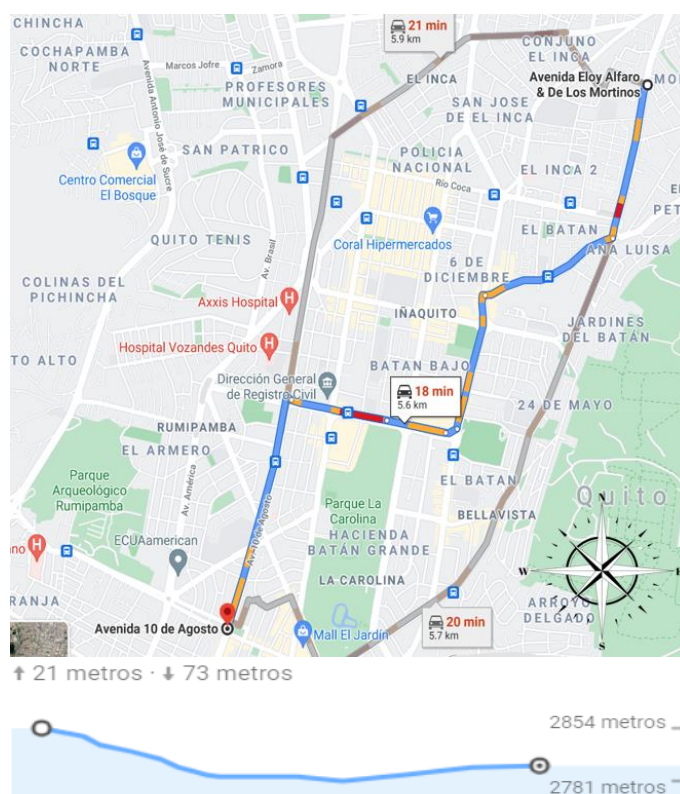
DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Zona Urbana

El punto de partida será en la Av. Eloy Alfaro y Mortiños, siguiendo por la Av. Granados, 6 de Diciembre, Naciones Unidas y culminando en la 10 de Agosto a la altura de la Mariana de Jesús (Figura 3). A lo largo del tramo se ubican lugares de interés como Universidad de Las Américas, Quicentro Shopping, Centro Comercial Iñaquito (CCI), entre otros. El recorrido tendrá una distancia de 5,6 km y se lo realizará los días lunes mientras que las zonas de carretera y combinada se las llevará a cabo los días martes y miércoles respectivamente por motivos de la restricción vehicular que se encuentra vigente en la ciudad.

Figura 3

Ruta urbana Av. Eloy Alfaro – Av. 10 de Agosto con su perfil de elevaciones.



Nota: Imagen GPS tomada de *Google Maps*, por Google, 2021.

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

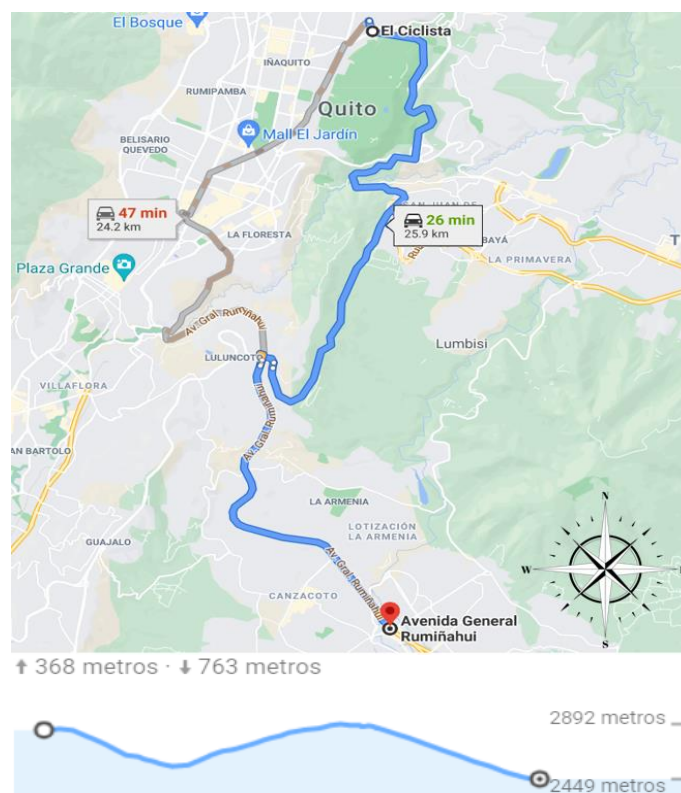
El punto de partida registra 2854 m.s.n.m. con una pendiente descendente hasta los 2781 m.s.n.m. cerca de la Naciones Unidas e incrementa levemente 21 metros en el trayecto final.

Zona de Carretera

El trayecto partirá en el redondel del Ciclista al inicio de la Av. Simón Bolívar y la llegada al ingreso de San Rafael en la Autopista General Rumiñahui (Figura 4). El tramo tiene 25,9 km y recorre zonas de interés como la Universidad Internacional del Ecuador, el colegio Johannes Kepler, conjuntos residenciales, el Peaje de la Autopista General Rumiñahui, etc. además que también es la ruta más rápida para conectar Quito con el Valle de Los Chillos.

Figura 4

Ruta de carretera Av. Simón Bolívar – Av. General Rumiñahui con su perfil de elevaciones.



Nota: Imagen GPS tomada de *Google Maps*, por Google, 2021.

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

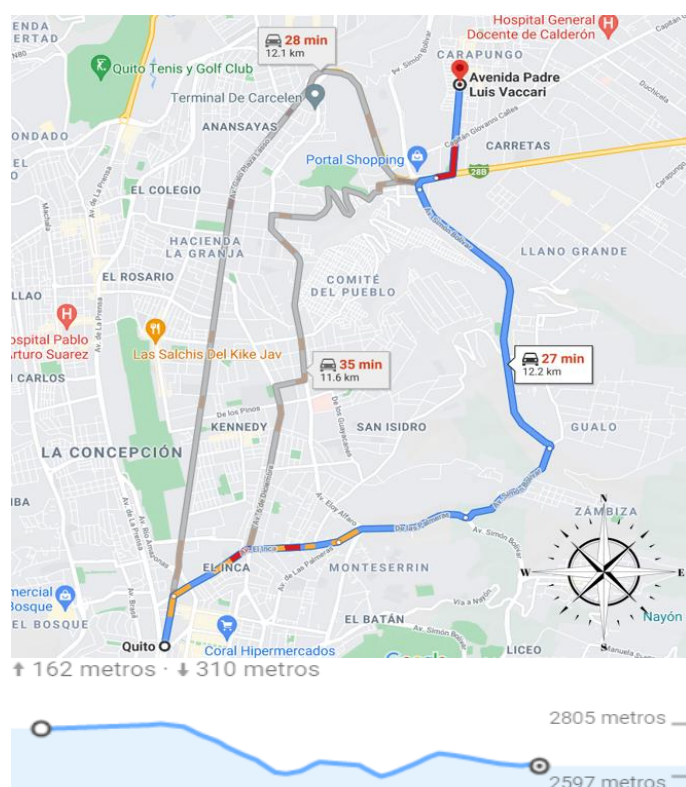
Los puntos más elevados están a 2892 m.s.n.m. inicio del trayecto como en el área del peaje mientras que el punto más bajo es en la entrada a San Rafael a 2449 m.s.n.m. por motivos del ingreso al territorio del Valle de Los Chillos.

Zona Combinada

El tramo iniciará en el Parque La “Y” ubicado en la Av. 10 de Agosto hasta finalizar en Carapungo a la altura del parque de la calle Padre Luis Vaccari (Figura 5); se pasará por calles como El Inca, Simón Bolívar, Las Palmeras y Panamericana Norte. La distancia total será de 12,2 km con un total de 5,65 km de zona urbana y 6,55 km de carretera. Los puntos de interés serán numerosos negocios, restaurantes, bancos y conjuntos residenciales.

Figura 5

Ruta combinada Av.10 de Agosto – Carapungo con su perfil de elevaciones.



Nota: Imagen tomada de *Google Maps*, por Google, 2021.

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

El perfil de elevaciones muestra los puntos más altos ubicado entre la Av. De Las Palmeras y Eloy Alfaro (2805 m.s.n.m.) hacia zonas más bajas comprendidas cerca de la culminación del viaje en la Av. Simón Bolívar (2597 m.s.n.m.). Al integrar rutas tanto urbanas como de carretera, se debe tomar en cuenta los límites de velocidad: 50 km/h y 90 km/h respectivamente (Servicio Público para Pago de Accidentes de Tránsito, 2021) por lo que se prevé que para la construcción del gráfico velocidad versus tiempo se evidenciará una diferencia notable entre ambas etapas.

Técnicas de Recolección de Datos

Cedillo Sanchez (2013) plantea tres alternativas: conductor experto, conductor cotidiano y automóvil de seguimiento. De modo similar, Esteves-Booth et al. (2002) presenta dos categorías: *ON-BOARD* (ambas variantes de conductor) y *Persecución de vehículo* (automóvil de seguimiento). Sus respectivas cualidades y defectos se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3

Ventajas y desventajas de las técnicas de recolección de datos

	Técnica	Ventajas	Desventajas
ON-BOARD	Conductor experto	Repetibilidad en el muestreo al ser constante la variable del conductor	Registro de mediciones depende de un buen conductor experto.
	Conductor cotidiano	Alta relación con desempeño normal Recolección directa de datos Adecuado en países de comportamiento de conducción irregular y agresivo	Demanda de mucho tiempo para recolección de datos. Incremento de variables durante recolección de datos.
	Automóvil de seguimiento	Un solo vehículo de caza es empleado para la recolección de datos Bajo costo de instrumentación Toma un solo recorrido para estudiar las características de conducción	Exceso en los límites de velocidad. Recolección indirecta de datos: alto margen de error. Diferencia entre datos recolectados del vehículo de caza y el vehículo estudiado.

Nota: Información adaptada de Cedillo Sanchez (2013) y Esteves-Booth et al. (2002).

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Ante lo expuesto previamente, se optó por seleccionar el sistema ON-BOARD por motivos de mayor facilidad en la recolección de datos, mayor exactitud en sus registros e incluso por tener una instrumentación mucho más simple y asequible.

Instrumentación

Vehículo de pruebas

Se tendrá como vehículo de pruebas un SUV Great Wall modelo Haval H5 4X2 motor 2.4 L a Gasolina (ver Figura 6) que cumple con la denotación INEN como vehículo tipo M1.

Figura 6

Vehículo de pruebas Great Wall Haval H5.



Dispositivos Para la Toma de Muestras

En estudios como el de Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría (2015), Hurtado Gómez (2014), Astudillo Bravo (2016), Pérez & Quito (2018) y Dávalos Figueroa (2017) emplean sistemas GPS que recolectan datos como velocidad, tiempo y distancia y los exportan a software para su análisis. No obstante, en caso de replicarlos la disponibilidad y accesibilidad a dichos equipos y programas se dificultan ya que por lo general superan los \$300. Ante tal situación se utilizar un dispositivo OBD2 Bluetooth tipo ELM327 Mini (ver Figura 7) cuyo costo en el mercado ecuatoriano ronda los \$16 y es capaz de realizar las

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

mismas funciones que los sistemas GPS además de determinar el consumo de combustible y no perder conexión en caso de transitar por lugares de baja cobertura. Este elemento consiste en una interfaz que se comunica con la ECU del vehículo y necesita de un software para poder realizar la función de escáner (Mundoautomotriz, 2020). La aplicación escogida para la recolección de datos será Car Scanner (Figura 7) capaz de almacenar la información deseada por el usuario en tiempo real y exportarla a Excel u otros programas para su análisis.

Figura 71

Módulo OBD2 ELM 327 Mini y aplicación Car Scanner



Variables de Estudio y Su Análisis

El trabajo realizado por Restrepo Victoria et al. (2007) y adaptado por Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría (2015) y Hurtado Gómez (2014) comenta que los parámetros fundamentales para el desarrollo de los ciclos son: velocidad promedio, velocidad máxima, tiempo ralenti, número de paradas, tiempo total de recorrido, distancia recorrida, aceleración promedio positiva, aceleración positiva máxima y tiempo con aceleración positiva; estos datos los obtuvo de comparar y escoger los parámetros más utilizados de los ciclos de conducción previamente establecidos más una serie de ciclos adicionales. Se añadirá al consumo de combustible como variable importante ya que también será objeto de análisis.

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Una de las técnicas más comunes para el análisis de datos es conocida como *Análisis por promedios ponderados* cuya aplicación se ha registrado en países como México, Australia, Francia y Estados Unidos (Restrepo Victoria et al., 2007) y recientemente adoptada en el país en los estudios de Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría (2015), Pérez & Quito (2018) y Dávalos Figueroa (2017). Esta técnica consiste en “escoger el recorrido más próximo a la media de todos los recorridos” (Restrepo Victoria et al., 2007) comparando todas las variables anteriormente mencionadas con su valor medio de todas las curvas experimentales.

El primer paso es jerarquizar la importancia de cada variable relacionándola con un múltiplo de 0,25 (mínimo 0,25, máximo 1), estos dígitos se denominan *Pesos de ponderación W*. Teniendo las variables definidas, se procede a asignar su respectivo peso de ponderación en la Tabla 4.

Tabla 4

Pesos de ponderación W respecto a los parámetros i

Parámetro <i>i</i>	Peso de ponderación <i>W</i>
Velocidad promedio	1
Aceleración positiva máxima	1
Distancia recorrida	1
Tiempo de recorrido	1
Consumo de combustible	1
Tiempo aceleración positiva	1
Tiempo ralentí	0,75
Aceleración positiva máxima	0,75
Velocidad máxima	0,25
Paradas totales	0,25
Total	8

Nota: El peso de cada parámetro se lo adaptó de *Diseño y aplicación de una metodología para determinar ciclos de conducción vehicular en la ciudad de Pereira*, por Restrepo Victoria et al., (2007), Scientia el Technica

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Seguidamente se usa la Ecuación 1 de promedios ponderados otorgada por Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría (2015) y Restrepo Victoria et al. (2007):

$$Y = \frac{\sum_i W_i \cdot \frac{|P_{ij} - \bar{P}|}{\bar{P}}}{\text{Total de las ponderaciones}} \quad (1)$$

Donde:

- Y: Valor del promedio ponderado
- W_i : Peso de la ponderación del parámetro i
- P_{ij} : Valor del parámetro i para el ciclo j
- \bar{P} : Promedio del parámetro i
- $\frac{|P_{ij} - \bar{P}|}{\bar{P}}$: Desviación respecto a la media en términos adimensionales

Finalmente, se crea una hoja de cálculo para obtener un promedio ponderado por cada viaje y se escoge el valor mínimo para cada zona de estudio puesto que este valor representará la menor desviación que abarcarán todos los parámetros/variables frente al valor medio.

Resultados

En los incisos siguientes se mostrarán los ciclos de conducción más representativos de cada zona, cuya obtención fue a partir del empleo del Módulo ELM 327 OBD2, su aplicación Car Scanner y la respectiva tabulación de datos en Excel. Cada uno de ellos fue construido a partir de la selección de los parámetros más representativos de los ciclos de conducción principales abarcados con anterioridad (velocidad media, máxima, tiempo de recorrido, distancia de recorrido, aceleración máxima, etc.).

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Gráficos Representativos de los Ciclos en el D.M.Q.

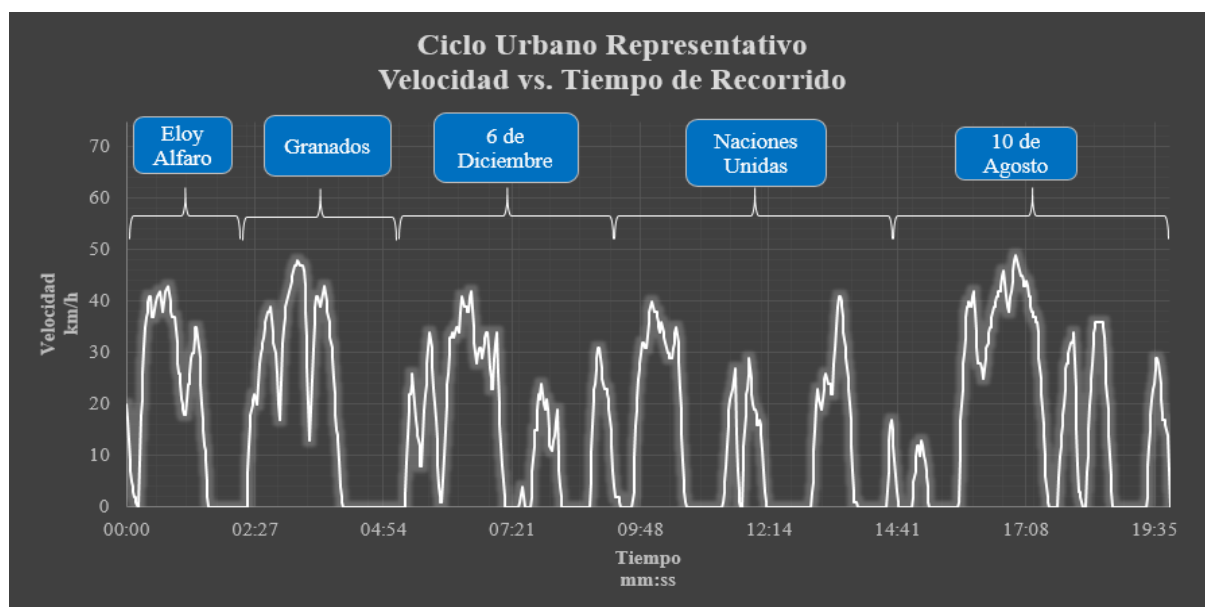
En los Anexos E y F se podrá observar detalladamente cada una de las gráficas de los 27 viajes realizados entre las horas de mañana, mediodía y tarde además de la tabla de promedios ponderados; sin embargo, en esta sección únicamente se muestran las 3 gráficas (zona urbana, carretera y combinada) obtenidas de acuerdo a las mínimas desviaciones de las ponderaciones realizadas con la Ecuación 1 con sus respectivos parámetros de la Tabla 4.

Ciclo Urbano

El ciclo representativo que se observa en la Figura 8 correspondió al viaje en horas del mediodía (13h00) con un valor de media ponderada de $Y=0,04133$. Tomando en consideración que el resultado de la menor media ponderada obtenida por Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría (2015) en su ruta urbana fue de $Y = 0,1342$ se puede apreciar una menor desviación en los resultados propios mostrando un 31% de menor variabilidad.

Figura 82

Gráfica representativa del ciclo urbano de la ruta escogida



DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

También se puede observar el tiempo y velocidades más comunes tomadas en cada una de las calles que conformaron la ruta: en la Av. Eloy Alfaro el recorrido toma poco más de 2 minutos con velocidades máximas de 43 km/h; la Av. De Los Granados abarca en promedio 3 minutos con máximas de 49 km/h; la Av. 6 de Diciembre dura poco más de 4 minutos con picos de 41 km/h; la Av. Naciones Unidas toma 5 minutos con máximos de 40 km/h y finalmente la Av. 10 de Agosto entre 4 y 5 minutos con máximas velocidades de 49 km/h. Cabe resaltar que el lugar de mayor congestión acorde a la comparación realizada en la figura y en las demás pruebas presentes en los Anexos E-1 hasta E-9 fue en la Av. Naciones Unidas por motivos de una mayor duración de sus paradas y concentración de buses por ser también el área más comercial. Por añadidura, la Tabla 5 muestra la comparación de cada uno de los resultados de las variables del ciclo con su media, sus máximos y mínimos.

Tabla 5

Datos obtenidos del ciclo representativo y valores promedio, máximos y mínimos del total de los ciclos urbanos

	Velocidad Máx. (km/h)	Velocidad Prom. (km/h)	Aceleración Positiva. Máx. (m/s ²)	Aceleración Positiva Prom. (m/s ²)	Distancia Recorrida (km)	Paradas Totales	Tiempo Recorrido (s)	Combustible Consumido (L)	Tiempo Ralentí [s]	Tiempo Aceleración Positiva [s]
Ciclo	49	15,17	1,4106	0,5444	5,585	16	1193	0,7366	474	372
Prom.	51	15,98	1,6235	0,5209	5,568	15	1200	0,7476	432	379
Máx.	56	22,61	2,4437	0,6323	-	21	1606	0,8873	876	444
Mín.	48	5,53	1,4107	0,4326	-	8	887	0,6125	220	323

Nota: Para esta tabla y las siguientes los valores *Máx.* y *Mín.* son recopilados de cada uno de los ciclos individuales. Para más detalles referirse al Anexo F. Se omiten valores máximos mínimos de distancia recorrida por no ser relevantes.

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

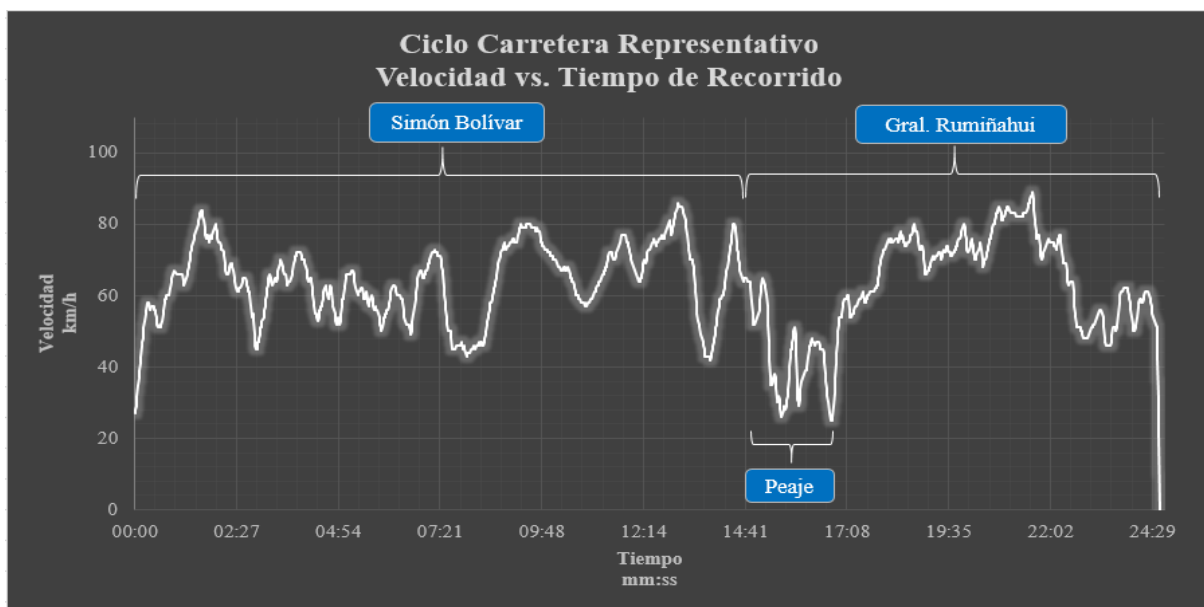
Los viajes pueden durar entre 14 minutos y 27 minutos, siendo la tarde donde mayor concentración vehicular se registró; hubo picos de velocidad entre 48 km/h y 56 km/h. El consumo de combustible desde el inicio hasta el final del trayecto fue entre 0,6125 L y 0,8873 L con medias de 0,7476 L. Este consumo estará ligado a las aceleraciones positivas máximas (entre 1,4107 m/s² y 2,4437 m/s²), su tiempo de duración (entre 5 minutos y 7 minutos) y el número de paradas entre 8 y 21.

Ciclo de Carretera

La Figura 9 correspondiente al viaje en horas del mediodía (13h00) fue la que obtuvo la menor media ponderada de $Y=0,16626$. Comparando nuevamente con el valor mínimo de Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría (2015) en su ruta de carretera que fue de $Y = 0,2932$ se puede apreciar una menor desviación en los resultados propios mostrando un 57% de menor variabilidad.

Figura 93

Gráfica representativa del ciclo carretera de la ruta escogida



DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

En la misma Figura 9 se puede observar que recorrer la Av. Simón Bolívar toma generalmente entre 14 minutos y 15 minutos con velocidades máximas de 85 km/h mientras que la Autopista General Rumiñahui tiempos próximos a 10 minutos y picos de 88 km/h. Cabe resaltar que casi no se presenciaron paradas además que la sección donde se encuentra el peaje se ha deshabilitado por motivos de la pandemia, haciendo que el recorrido en la Autopista General Rumiñahui sea mucho más ágil evitando congestiones significativas. Además, acorde a la comparación realizada en la figura y en las demás pruebas presentes en los Anexos E-10 hasta E-18 el lugar de mayor concurrencia vehicular se encuentra en la Av. Simón Bolívar ya que dicha vía conecta con mayor cantidad de zonas aledañas como Guápulo, Llano Grande, Llano Chico, Nayón y Zámbriza mientras que la Gral. Rumiñahui lo hace con Conocoto, San Rafael y Capelo. En la Tabla 6 se muestra la comparación de cada uno de los resultados de las variables del ciclo con su media, sus máximos y mínimos.

Tabla 6

Datos obtenidos del ciclo representativo y valores promedio, máximos y mínimos del total de los ciclos de carretera

	Velocidad Máx. (km/h)	Velocidad Prom. (km/h)	Aceleración Positiva. Máx. (m/s ²)	Aceleración Positiva Prom. (m/s ²)	Distancia Recorrida (km)	Paradas Totales	Tiempo Recorrido (s)	Combustible Consumido (L)	Tiempo Ralentí [s]	Tiempo Aceleración Positiva [s]
Ciclo	89	63,14	0,9230	0,20934	25,942	0	1479	1,741	0	732
Prom.	87	63,07	1,2007	0,24103	25,947	0	1486	1,722	0	737
Máx.	89	69,31	1,5833	0,28488	-	1	1600	1,837	1	874
Mín.	82	58,32	0,9035	0,20316	-	0	1348	1,575	0	580

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

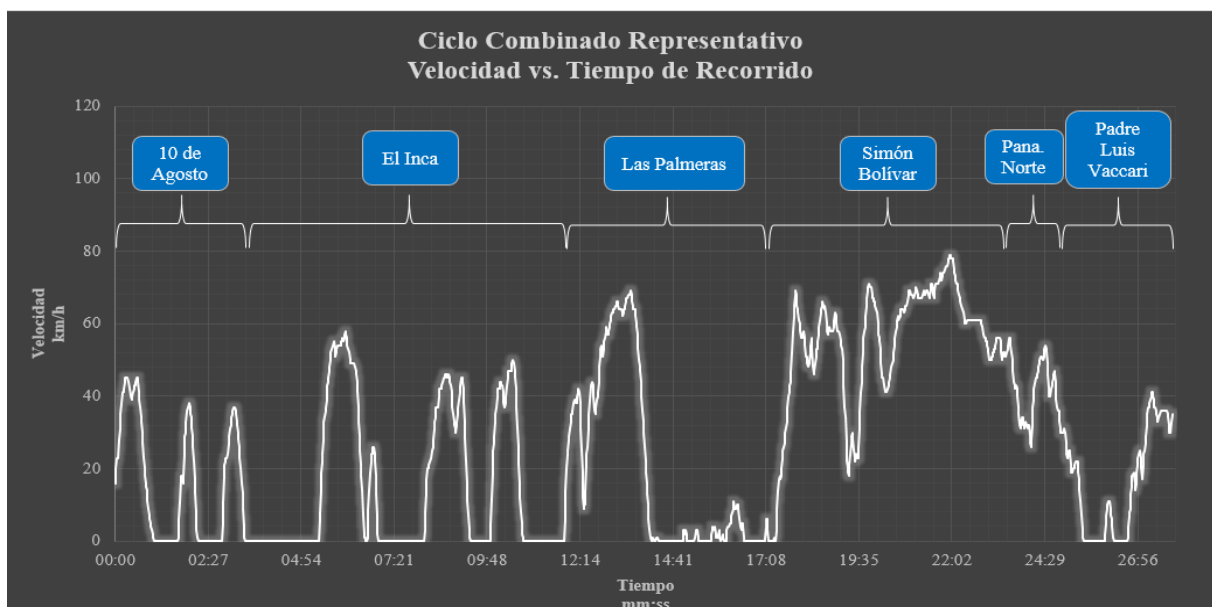
Los viajes pueden durar de 22 minutos a 27 minutos con picos de velocidad entre 82 km/h y 89 km/h. El consumo de combustible al finalizar el recorrido puede registrar valores entre los 1,575 L y 1,837 L con medias de 1,722 L. Este consumo también estará ligado a las aceleraciones positivas máximas (entre $0,9035 \text{ m/s}^2$ y $1,5833 \text{ m/s}^2$), su tiempo de duración (entre 9 minutos y 15 minutos) y también a la distancia del trayecto de 25,9 km. Las paradas fueron prácticamente nulas por a la deshabilitación del peaje pero en caso que no hubiese ocurrido la pandemia, es posible que haya influido en el consumo de combustible también.

Ciclo Combinado

La Figura 10 muestra el ciclo representativo correspondiente al viaje en horas de la mañana (8h00) con un valor de media ponderada de $Y=0,03960$. Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría (2015) registró una media mínima de $Y = 0,1098$, apreciándose nuevamente una menor desviación en los resultados propios con un 36% de menor variabilidad.

Figura 104

Gráfica representativa del ciclo combinado de la ruta escogida



DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

De la Figura 10 se puede conocer que en la Av. 10 de Agosto el recorrido toma poco más de 3:30 minutos con velocidades máximas de 44 km/h; la Av. El Inca abarca entre 8 minutos y 9 minutos con máximas de 57 km/h; la Av. De Las Palmeras dura 6 minutos con picos de 68 km/h luego de pasar por el puente de Zámbriza; la Av. Simón Bolívar toma 6 minutos con máximos de 79 km/h; la Panamericana Norte toma entre 1 y 2 minutos con picos de 56 km/h y finalmente la Av. Padre Luis Vaccari poco más de 3 minutos con máximas velocidades de 41 km/h. El lugar donde predomina la congestión vehicular de acuerdo a la comparación realizada en la figura y en las demás pruebas presentes en los Anexos E-19 hasta E-27 se encuentra en la Av. El Inca donde residen las paradas de mayor duración y la mayor cantidad de vehículos. La Tabla 6 muestra la comparación de cada uno de los resultados de las variables del ciclo con su media, sus máximos y mínimos.

Tabla 7

Datos obtenidos del ciclo representativo y valores promedio, máximos y mínimos del total de los ciclos combinados

	Velocidad Máx. (km/h)	Velocidad Prom. (km/h)	Aceleración Positiva. Máx. (m/s ²)	Aceleración Positiva Prom. (m/s ²)	Distancia Recorrida (km)	Paradas Totales	Tiempo Recorrido (s)	Combustible Consumido (L)	Tiempo Ralentí [s]	Tiempo Aceleración Positiva [s]
Ciclo	79	26,32	1,5392	0,38730	12,212	19	1670	1,2293	551	602
Prom.	84	27,68	1,5549	0,41261	12,256	21	1664	1,2244	459	604
Máx.	91	38,91	1,7570	0,45479	-	33	2173	1,397	733	764
Mín.	79	20,30	1,3244	0,36189	-	7	1135	0,968	145	497

Los viajes pueden durar entre 19 minutos y 36 minutos, siendo las tardes las que más congestión provocan; se obtuvieron picos de velocidad entre 79 km/h y 91 km/h. El consumo

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

de combustible desde el punto de partida hasta la llegada puede encontrarse entre los 0,968 L y 1,397 L con medias de 1,2244 L. Las aceleraciones positivas máximas (entre 1,3244 m/s² y 1,7570 m/s²), su tiempo de duración (entre 8 minutos y 13 minutos), la distancia del trayecto de 12,2 km y el número de paradas (de 7 hasta 33, la mayoría o bien las de mayor duración ubicadas en la Av. El Inca) son los factores clave que afectan en dicho consumo.

Discusión

Comparación de los Ciclos Representativos

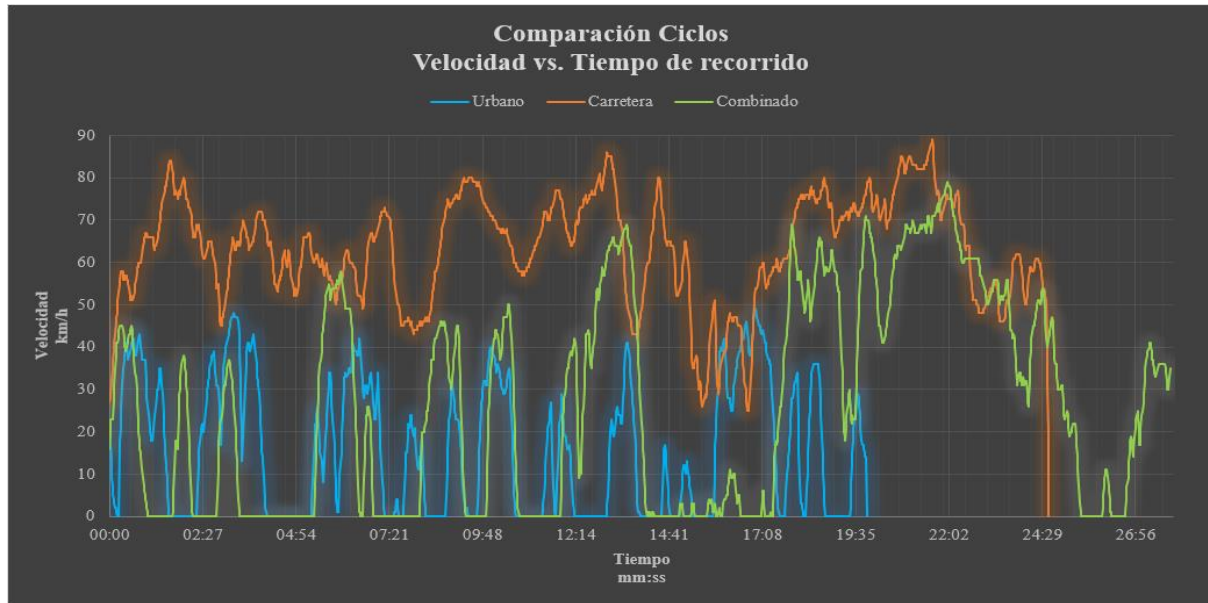
Para tener una mejor idea y poder entender el comportamiento de los vehículos en cada zona estudiada se optó por realizar una comparación entre los tres ciclos vistos con anterioridad y analizar dichos resultados con los estudios realizados dentro del país. Lo que se buscará diferenciar es el tiempo de recorrido respecto a su perfil de velocidades y el consumo de combustible frente a las distancias de recorrido.

Perfil de Velocidades vs. Tiempo. En la Figura 11 se superpusieron los tres ciclos y es evidente la diferencia de las velocidades arrojadas en la zona urbana (celeste) versus la de carretera (naranja) y combinada (verde); la vasta mayoría se registra en la zona de carretera con velocidades medias de 63,14 km/h, continuando en la zona combinada con promedios de 26,32 km/h y velocidades superiores en su sección de carretera (a partir de los 17 minutos) y finalizando en la zona urbana con promedios de 15,17 km/h. Otro punto a considerar es la duración y como es de apreciar la zona urbana fue la más corta en términos de distancia (5,58 km); no obstante, duró tan solo 5 minutos menos que la de carretera que cubrió 4,6 veces más recorrido (25,94 km) y 7 minutos menos que la zona combinada de 12,21 km. Esta premisa permite conocer que la zona urbana es la que mayor congestión vehicular presenta, seguido de la zona combinada y finalizando con la zona de carretera.

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Figura 115

Gráfica comparativa de los ciclos de conducción representativos



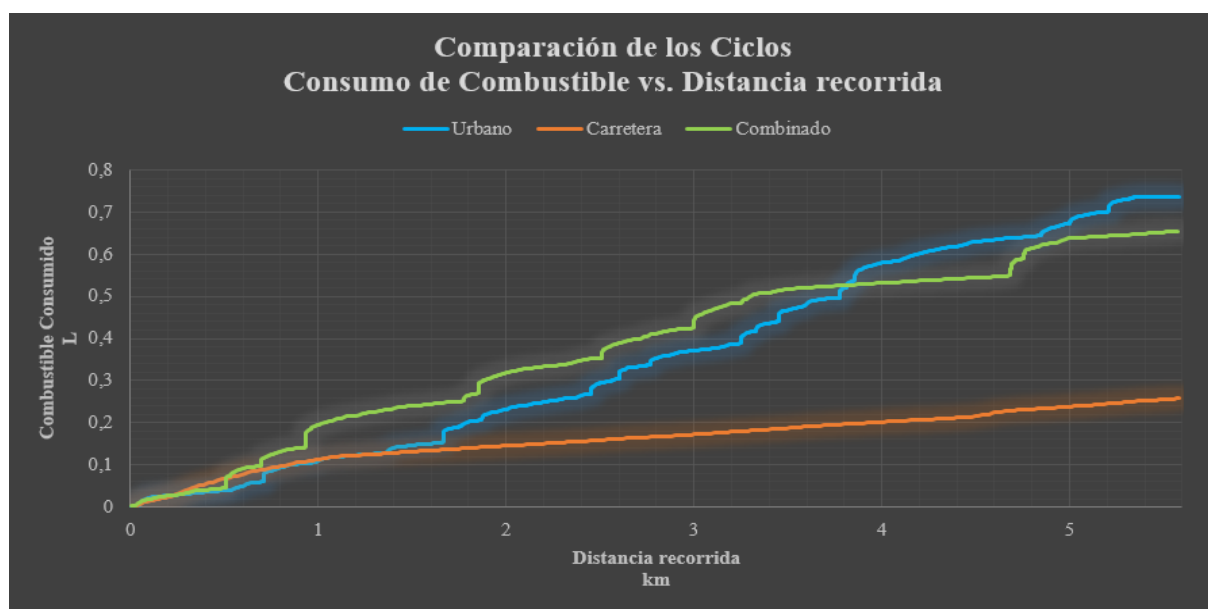
En el estudio elaborado por Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría (2015) se escogieron distancias para la zona urbana de 11,9 km cuya duración fue de 52:49 minutos; la de carretera con 27,5 km y 24:53 minutos y finalmente la zona combinada con 15,7 km y 48:09 minutos de duración. Analizando superficialmente cada uno de sus resultados se muestra una clara evidencia que, a pesar de que el recorrido urbano fue el de menor distancia, este tomó mayor tiempo que ambos ciclos de carretera y combinado, siendo la duración de este último probablemente más lenta en su zona urbana. De forma similar, los resultados de Calva Montoya & Flores Díaz (2020) que, a pesar de únicamente haber realizado la prueba en zona urbana y en la ciudad de Riobamba, mostraron que al escoger recorridos entre 2,53 km y 3,56 km, el tiempo de duración de ellos fue de 12:24 minutos hasta 13:44 minutos. Es decir, resultan similares al estudio propiamente realizado ya que, proporcionalmente, a los 13:44 minutos del ciclo urbano de la Figura 11 se recorrieron 3,74 km.

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Consumo de Combustible. La Figura 12 compara el consumo de los tres ciclos pero únicamente durante la distancia del ciclo urbano (5,58 km) para identificar el comportamiento entre los tres tramos representativos. Como se observa, el recorrido combinado y de carretera ligeramente lideran en los primeros 500 metros, no obstante, pasando el primer kilómetro el recorrido de carretera se estabiliza hasta llegar a los 5,58 km con tan solo 0,258 L consumidos mientras que entre el primer y cuarto kilómetro la zona combinada tiene un incremento en el consumo por sobre los dos recorridos y al alcanzar los 5,58 km llega a consumir 0,654 L. Finalmente, previo al inicio del cuarto kilómetro la zona urbana comienza a superar a los dos ciclos y termina su tramo final con 0,737 L consumidos, siendo esta la zona que más cantidad de combustible gasta por kilómetro de recorrido. También se debe resaltar la zona combinada ya que en los tramos urbanos llega a consumir 0,68 L (del total de 1,2293 L) verificando que en efecto la zona urbana es la que más combustible consume.

Figura 126

Gráfica comparativa del consumo de combustible en los primeros 5,58 km.



Nota: Para observar el gráfico completo dirigirse al Anexo G.

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Los perfiles de consumo obtenidos por Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría (2015) registran que para la zona urbana, dentro de los mismos parámetros abarcados en el inciso anterior, se consumirán 8,859 km/L (1,343 L); en carretera 10,236 km/L (2,687 L) y en zona combinada 13,29 km/L (1,181 L). Obviamente, estos valores son mayores puesto que sus distancias escogidas fueron superiores además que emplearon un vehículo diferente pero si se empleara dicha relación de km/L para el estudio propio se tendrían valores de 0,629 L para la zona urbana; 2,534 L para carretera y 0,918 L para zona combinada. Estos valores son muy cercanos a los obtenidos en las Tablas 5-7 con una clara diferencia en la variante de carretera pero ello puede deberse al perfil de elevación de la ruta escogida o el vehículo de pruebas.

En el caso de la prueba urbana de Calva Montoya & Flores Díaz (2020) obtuvo un consumo medio de 11,53 km/L en la variante más cercana a la cilindrada del Great Wall Haval H5 (2 000 cc), significando que consumiría 0,484 L, un valor 264 mL menor al consumo medio obtenido del presente proyecto. Sin embargo, nuevamente cabe resaltar que su estudio fue realizado en la ciudad de Riobamba, ajena al área de estudio propuesta además que, como se mencionó también, el valor de km/L de su práctica fue para vehículos de 2 000 cc mientras que el Great Wall Haval H5 tiene una cilindrada de 2 400 cc, queriendo decir que probablemente llegase a consumir más cantidad de combustible.

Ante dichas incógnitas, se optó por realizar una comparación de los consumos obtenidos de cada uno de los ciclos representativos con respecto a los consumos brindados por la ficha técnica del Great Wall Haval H5¹ obtenida de AutoData24 (2021) , Tate (2011) y Fallah

¹ El modelo Haval H5 también se lo conoce como Hover H5 o X240 en otros países.

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

(2009). En la Tabla 8 se muestra dicha información y en la Figura 13 un gráfico de barras de clarifica su comparación.

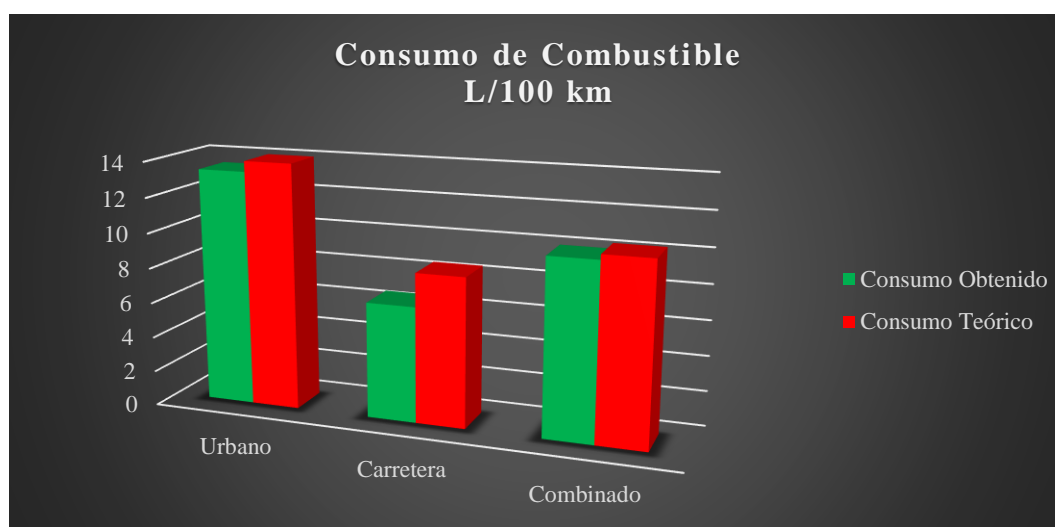
Tabla 8

Datos de consumo de combustible obtenidos versus ficha técnica.

Ciclo	Consumo Obtenido		Consumo Teórico	
	L/100 km	km/L	L/100 km	km/L
Urbano	13,4	7,7	14	7,1
Carretera	6,6	15,2	8,5	11,8
Combinado	10	10	10,3	9,7

Figura 137

Gráfica comparativa del consumo de combustible obtenido con respecto al consumo teórico.



Los datos arrojados por la Tabla 8 muestran que existe una mínima variación entre los datos teóricos y los obtenidos en la práctica (8,5% ciclo urbano, 28,8% carretera y 3,1% combinado). Incluso se observa que efectivamente el mayor consumo se ubica en la zona urbana, continuando en la ruta combinada y finalizando con el menor consumo en la carretera.

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Revisados los estudios realizados en el país y las comparaciones de la Tabla 8 y Figuras 11-13 resulta claro confirmar la hipótesis planteada inicialmente, queriendo decir que la mayor movilidad dentro del D.M.Q. se encuentra en la zona de carretera y combinada respectivamente, mientras que la zona urbana se lleva el mayor consumo de combustible y tiempo transcurrido por kilómetro recorrido.

Conclusiones

La interfaz ELM327 OBDII y la aplicación Car Scanner facilitaron el desarrollo de los ciclos más representativos en las zonas de carácter urbano, de carretera y combinada dentro del Distrito Metropolitano de Quito. Esta instrumentación resultó ser sumamente accesible debido a su bajo costo de adquisición de tan sólo \$16,50 siendo una alternativa muy útil en caso de establecer futuros estudios dentro del país.

Los ciclos de conducción, cuyas rutas se seleccionaron acorde a las vías de mayor flujo vehicular, fueron abordados en horas pico (8h00, 13h00 y 17h00) y construidos a partir de los parámetros más importantes de los ciclos FTP 75, NEDC, ARTEMIS, etc. comparados por Restrepo Victoria et al. (2007). Con ellos se encontró que los viajes más representativos en ciudad y carretera fueron en el mediodía (13h00) y en combinada en la mañana (8h00).

El análisis de medias ponderadas permitió identificar los viajes más característicos a partir las mínimas desviaciones respecto a los valores promedio de los ciclos: la zona urbana obtuvo un valor $Y=0,04133$, la carretera $Y=0,16626$ y la combinada $Y=0,03960$. Estos valores se compararon con la literatura nacional y se observó que cada resultado obtenido fue un 31%, 57% y 36% menor respectivamente, evidenciando un menor error en la práctica.

El ciclo urbano registró las menores velocidades medias de 15,98 km/h donde la Av. Naciones Unidas fue la más congestionada por ser el área de mayor actividad comercial. El

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

ciclo de carretera tuvo velocidades medias de 63,07 km/h haciéndolo la ruta más ágil cubriendo más de 4,6 veces la distancia del ciclo urbano. El ciclo combinado tuvo velocidades medias de 27,68 km/h, siendo el tramo urbano de la Av. El Inca el que tuvo las paradas más largas, mayor congestión y duración en horas de la tarde principalmente.

El mayor consumo de combustible lo registró el ciclo urbano con una relación de 7,7 km/L. A pesar de ser el tramo más corto, duró en promedio 20 minutos convirtiéndolo en la ruta más lenta en términos de kilómetros recorridos. El segundo ciclo fue el combinado generando 10 km/L, siendo su sección urbana la que consumió 0,654 L de los 1,2293 L en tan solo los primeros 5,58 km y 0,68 L en toda su zona de ciudad. El ciclo de carretera fue el de menor gasto con 15,2 km/L ya que tuvo las mayores velocidades, y prácticamente nulas paradas.

Luego de comparar cada uno de los datos de consumo con la literatura nacional se verificó que efectivamente la zona urbana fue la que mayor consumo de combustible generó. También se relacionó tales resultados con la ficha técnica del vehículo de pruebas y se evidenció que existió menor gasto en los tres recorridos con un 8,5% menos en la zona urbana, 28,8% en la carretera y 3,1% en la zona combinada.

Relacionando los consumos registrados con los más de 825 763 vehículos en la ciudad resulta claro entender por qué Quito ha registrado altos valores de IQCA en años pasados. Actualmente, es reconfortante saber que aquellos índices se han reducido debido a la pandemia. No obstante, el país nuevamente ha empezado a regularizarse y es posible que en meses futuros o el año siguiente el tema de la pandemia ya esté mucho más controlado, queriendo decir que una vez más las congestiones vehiculares vuelvan a crecer.

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Bibliografía

- AEADE. (2019). *Anuario 2019*. http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2020/07/AEADE-ANUARIO-2019-OK_1.pdf
- Astudillo Bravo, R. (2016). *Obtención de ciclos de conducción para la flota de buses urbanos del cantón Cuenca*. Universidad del Azuay.
- AutoData24. (2021). *Great Wall Hover Hover 2.4 i (130 Hp) full technical specifications and fuel consumption*. AutoData24. <https://autodata24.com/great-wall/hover/hover/24-i-130-hp/details>
- Calva Montoya, R. C., & Flores Díaz, A. E. (2020). “*OBTENCIÓN DEL CICLO DE CONDUCCIÓN URBANO PARA LA CIUDAD DE RIOBAMBA EN HORAS PICO Y NO PICO MEDIANTE LA RECOLECCIÓN DE DATOS DE LOS FACTORES DE OPERACIÓN Y CONSUMO ENERGÉTICO OBTENIDO POR UN DISPOSITIVO OBD II.*” Escuela Politécnica de Chimborazo.
- Cedillo Sanchez, K. (2013). *Determinación de ciclos típicos de conducción*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Dávalos Figueroa, D. S. (2017). *Obtención de un ciclo típico de conducción para los vehículos de la unión de taxistas del Azuay* [Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7274>
- El Comercio. (2019, January 10). Quito se convirtió en la ciudad más poblada del Ecuador con más de 2,7 millones de habitantes en el 2018. *El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/orden-movilidad-desafios-candidatos-alcaldia.html>

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

- El Comercio. (2020, March 20). La emergencia sanitaria causa mejoras a la calidad del aire en Quito. *El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/tendencias/emergencia-sanitaria-calidad-aire-quito.html>
- Esteves-Booth, A., Muneer, T., Kubie, J., & Kirby, H. (2002). A review of vehicular emission models and driving cycles. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 216(8), 777–797. <https://doi.org/10.1243/09544060260171429>
- Fallah, A. (2009). *Great Wall Motors X240 4WD Review*. Caradvice. <https://www.caradvice.com.au/46212/great-wall-motors-x240-4wd/>
- Gobierno Provincial de Pichincha. (2017). *Datos de la provincia*. <https://www.pichincha.gob.ec/pichincha/datos-de-la-provincia/95-informacion-general>
- González-Oropeza, R. (2005). Los ciclos de manejo, una herramienta útil si es dinámica para evaluar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes del auto transporte. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 6(3), 147–162. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2005.06n3.011>
- Google (2021). *Google Maps*
- Hung, W. T., Tam, K. M., Lee, C. P., Chan, L. Y., & Cheung, C. S. (2005). Comparison of driving characteristics in cities of Pearl River Delta, China. *Atmospheric Environment*, 39(4), 615–625. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.10.019>
- Hurtado Gómez, A. (2014). *DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCION PARA EL ÁREA METROPOLITANA CENTRO OCCIDENTE – AMCO*. Universidad Tecnológica de Pereira.

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

INEN. (2012). *Clasificación vehicular* (Vol. 1).

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2656.pdf>

Jiménez-Alonso, F., Román-De Andrés, A., & López-Martínez, J. M. (2013). Determinación de ciclos de conducción en rutas urbanas fijas. In *Dyna (Spain)* (Vol. 88, Issue 6).

<https://doi.org/10.6036/5751>

Machado, J. (2019, July 18). El aire de Quito supera los límites permitidos de contaminación.

Primicias, 1. <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/aire-quito-contaminacion-salud/>

Mundoautomotriz. (2020). *ELM327 y ScanMaster como escáner OBD2*.

<https://www.mundoautomotriz.tech/destacados/interfaz-elm327-y-scanmaster/>

Peréz, P. S., & Quito, C. O. (2018). *Determinación de los ciclos de conducción de un vehículo categoría M1 para la ciudad de Cuenca* [Universidad Politécnica Salesiana].

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15032>

Quinchimbla Pisuña, F. E., & Solís Santamaría, J. M. (2015). *Desarrollo De Ciclos De Conducción En Ciudad, Carretera Y Combinado Para Evaluar El Rendimiento Real Del Combustible De Un Vehículo Con Motor De Ciclo Otto En El Distrito Metropolitano De Quito* [Escuela Politécnica Nacional].

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17000/1/CD-7578.pdf>

Restrepo Victoria, Á. H., Carranza Sánchez, Y. A., & Tibaquirá Giraldo, J. E. (2007). Diseño y aplicación de una metodología para determinar ciclos de conducción vehicular en la ciudad de Pereira. *Scientia Er Technica*, 37, 229–234.

Romain, N. (2013). *The different driving cycles*. Car Engineer. <https://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/>

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO- ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano Quito. (2021). *Red de Monitoreo Atmosférico*. <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/politicas-y-planeacion-ambiental/red-de-monitoreo>

Servicio Público para Pago de Accidentes de Tránsito. (2021). *Consecuencias del exceso de velocidad*. Servicio Público Para Pago de Accidentes de Tránsito. <https://www.protecciontransito.gob.ec/servicios/consecuencias-del-exceso-de-velocidad/>

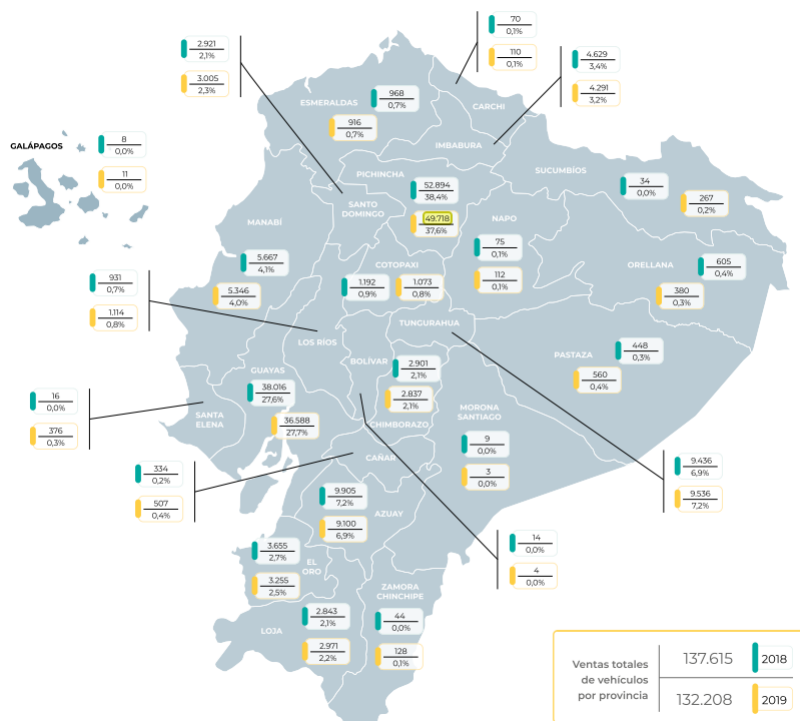
Tate. (2011). *Haval H5 Price & Specifications/Great Wall Motors Review*. CHINAPEV. <https://www.chinapev.com/gwm/haval-h5-price-specificationsgreat-wall-motors-review/>

Vega, D., & Parra, R. (2014). Caracterización de la intensidad media diaria y de los perfiles horarios del tráfico vehicular del Distrito Metropolitano de Quito. *Avances En Ciencias e Ingenierías*, 6(2), 40–45. <http://avances.usfq.edu.ec>

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

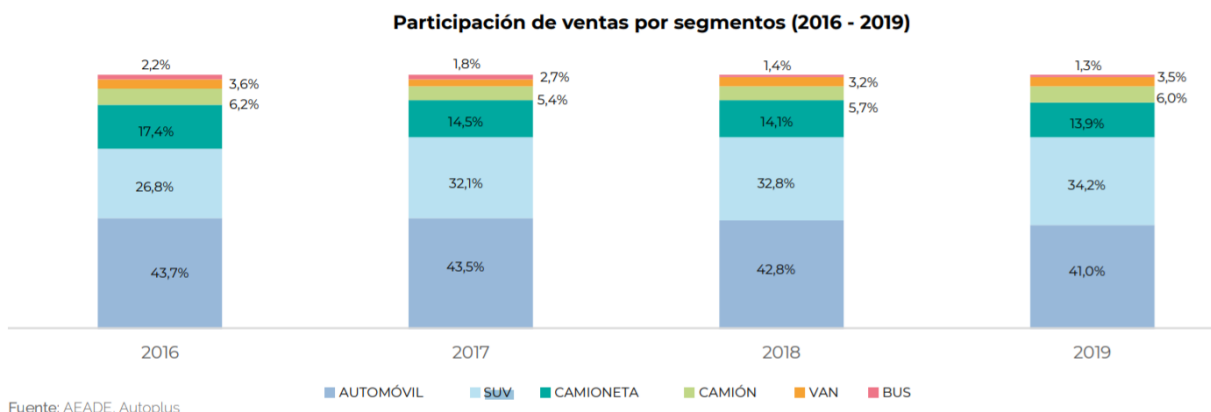
ANEXO A

Anexo A-1: Ventas de vehículos en Ecuador por provincia entre los años de 2018-2019



Nota: Gráfico tomado de *Anuario 2019*, por AgEADE, 2019, Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2020/07/AEADE-ANUARIO-2019-OK_1.pdf).

Anexo A-2: Participación de ventas vehiculares por segmentos (2016-2019)



Nota: Gráfico tomado de *Anuario 2019*, por AEADE, 2019, Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2020/07/AEADE-ANUARIO-2019-OK_1.pdf).

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO- ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Anexo A-3: Venta de vehículos tipo SUV 2007-2019

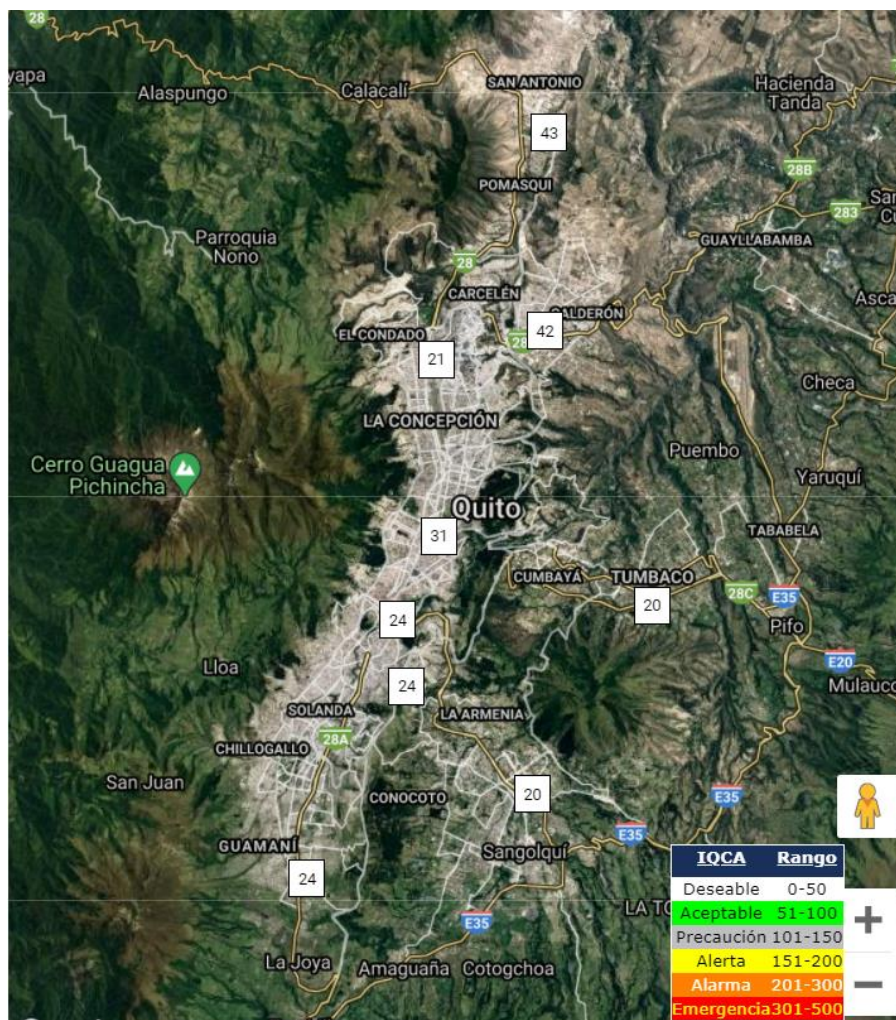


Nota: Gráfico tomado de *Anuario 2019*, por AEADE, 2019, Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2020/07/AEADE-ANUARIO-2019-OK_1.pdf).

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO- ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

ANEXO B

Anexo B. IQCA en Quito mes de abril 2021



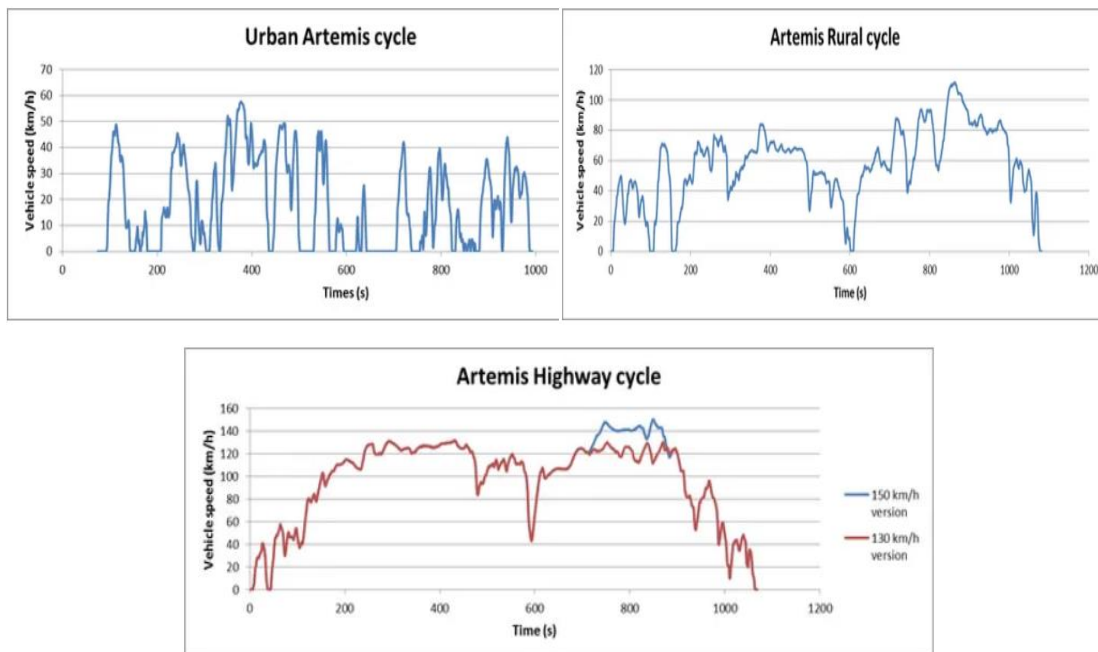
Nota: Imagen tomada de *Red de Monitoreo Atmosférico*, por Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano Quito, 2021, Secretaría del Ambiente

(<http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/politicas-y-planeacion-ambiental/red-de-monitoreo>).

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

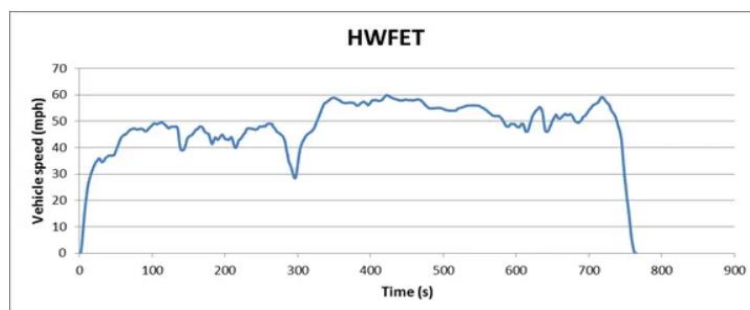
ANEXO C

Anexo C-1. Gráficas representativas del ciclo ARTEMIS para variante urbana, rural y autopista



Nota: Gráficos tomados de *The different driving cycles*, por Romain, 2013, Car Engineer (<https://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/>).

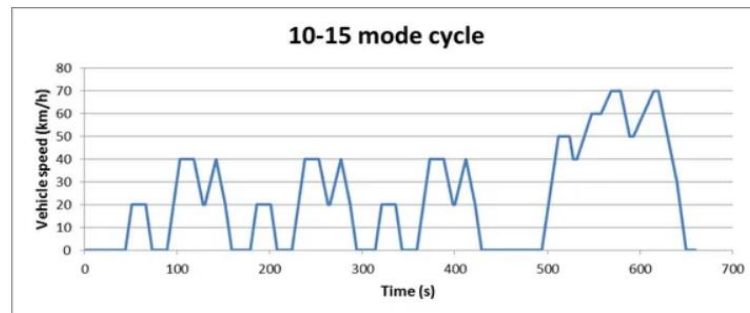
Anexo C-2. Gráfica representativa del ciclo HWFET



Nota: Gráfico tomado de *The different driving cycles*, por Romain, 2013, Car Engineer (<https://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/>).

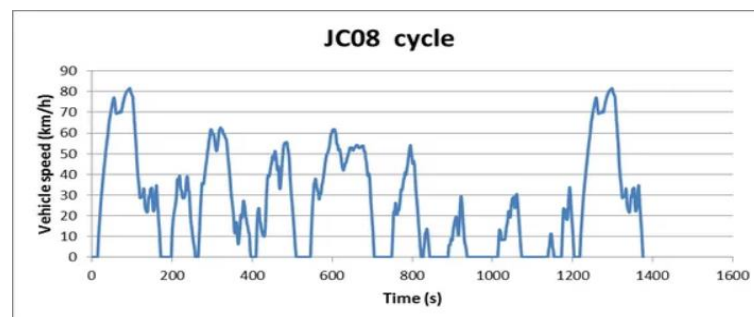
DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Anexo C-3. Gráfica representativa del ciclo 10-15



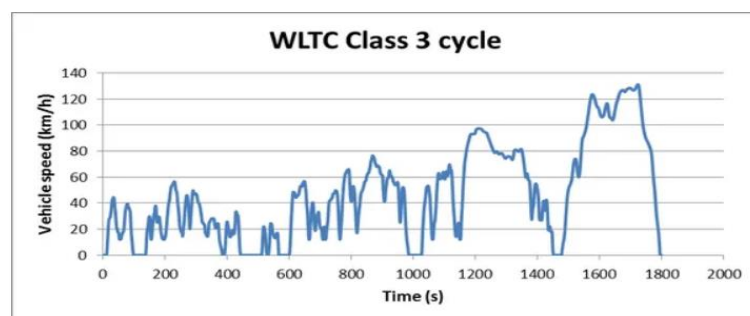
Nota: Gráfico tomado de *The different driving cycles*, por Romain, 2013, Car Engineer (<https://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/>).

Anexo C-4. Gráfica representativa del ciclo JC-08



Nota: Gráfico tomado de *The different driving cycles*, por Romain, 2013, Car Engineer (<https://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/>).

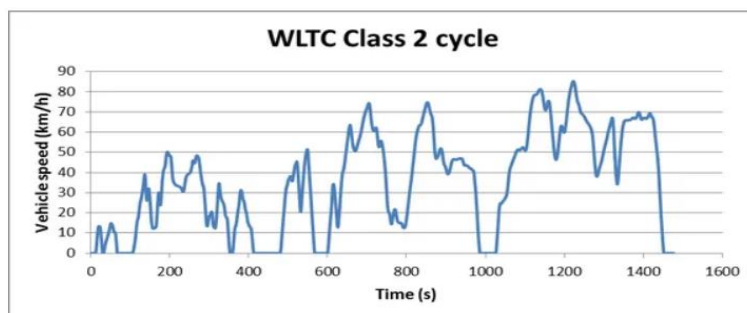
Anexo C-5. Gráfica representativa del ciclo WLTP para Clase 3



DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

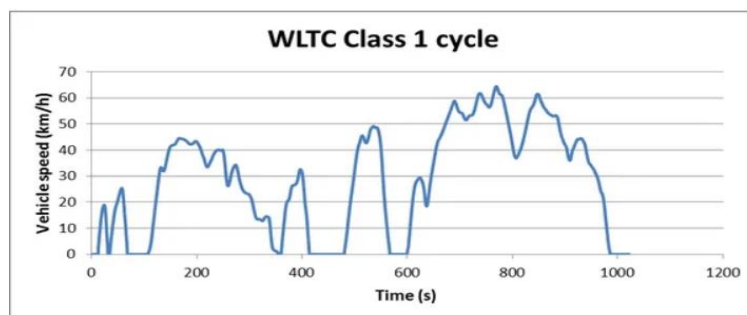
Nota: Gráfico tomado de *The different driving cycles*, por Romain, 2013, Car Engineer (<https://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/>).

Anexo C-6. Gráfica representativa del ciclo WLTP para Clase 2



Nota: Gráfico tomado de *The different driving cycles*, por Romain, 2013, Car Engineer (<https://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/>).

Anexo C-7. Gráfica representativa del ciclo WLTP para Clase 1

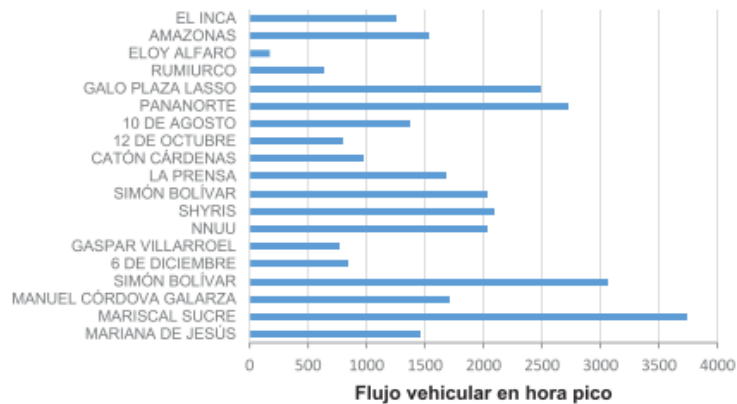


Nota: Gráfico tomado de *The different driving cycles*, por Romain, 2013, Car Engineer (<https://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/>).

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

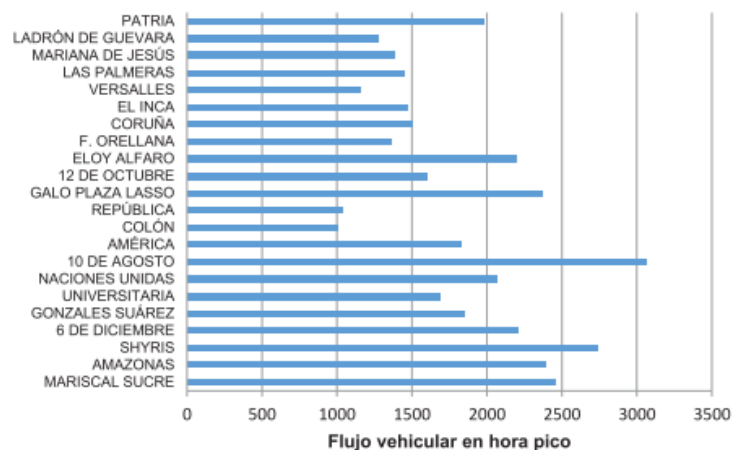
ANEXO D

Anexo D-1. Vías de mayor flujo vehicular en la zona Norte del D.M.Q.



Nota: Gráfico de barras tomado de *Desarrollo De Ciclos De Conducción En Ciudad, Carretera Y Combinado Para Evaluar El Rendimiento Real Del Combustible De Un Vehículo Con Motor De Ciclo Otto En El Distrito Metropolitano De Quito*, por Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría, 2015.

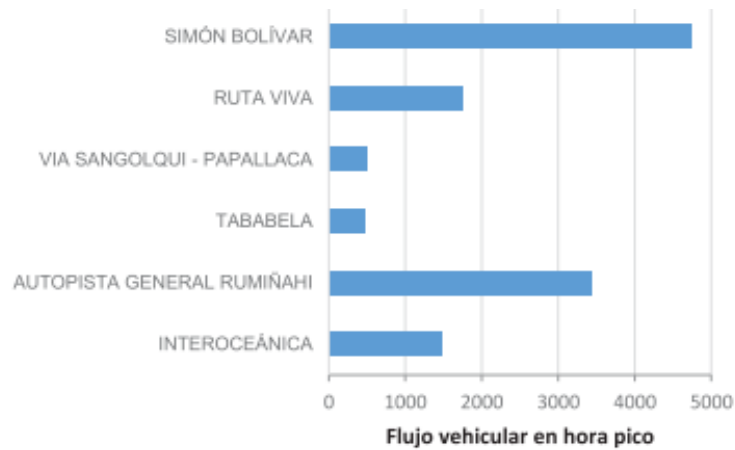
Anexo D-2. Vías de mayor flujo vehicular en la zona Centro Norte del D.M.Q.



Nota: Gráfico de barras tomado de *Desarrollo De Ciclos De Conducción En Ciudad, Carretera Y Combinado Para Evaluar El Rendimiento Real Del Combustible De Un Vehículo Con Motor De Ciclo Otto En El Distrito Metropolitano De Quito*, por Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría, 2015.

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Anexo D-3. Vías de mayor flujo vehicular en la zona Periférica del D.M.Q.

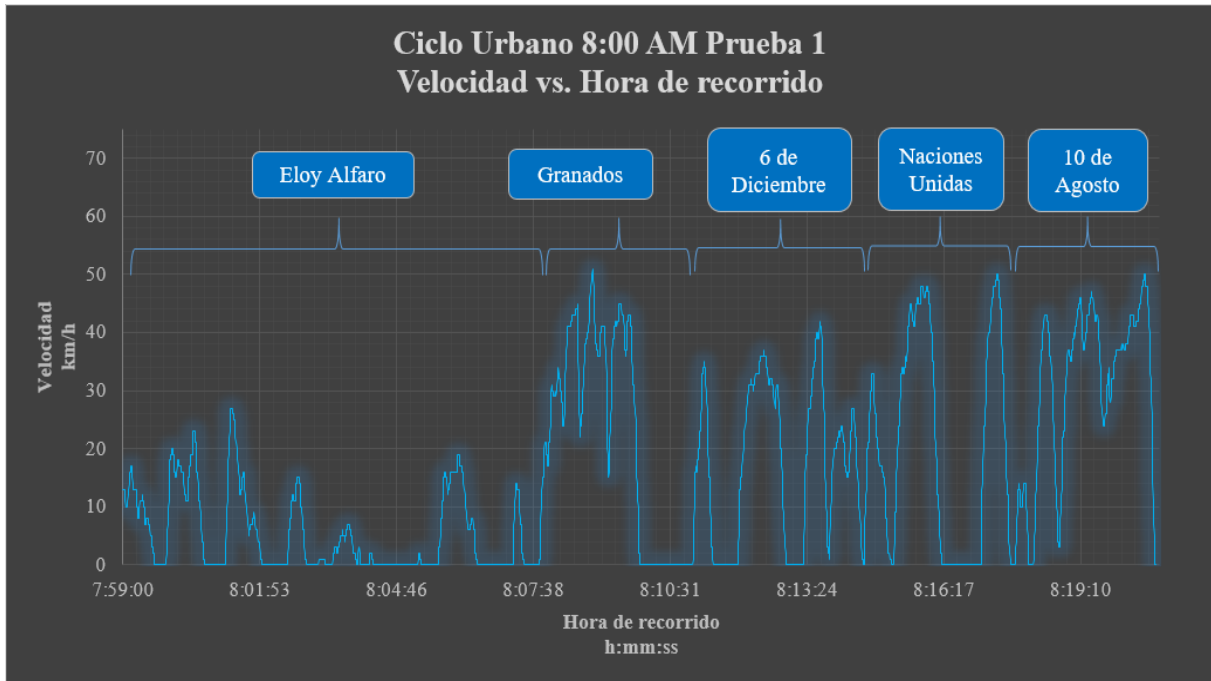


Nota: Gráfico de barras tomado de *Desarrollo De Ciclos De Conducción En Ciudad, Carretera Y Combinado Para Evaluar El Rendimiento Real Del Combustible De Un Vehículo Con Motor De Ciclo Otto En El Distrito Metropolitano De Quito*, por Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría, 2015.

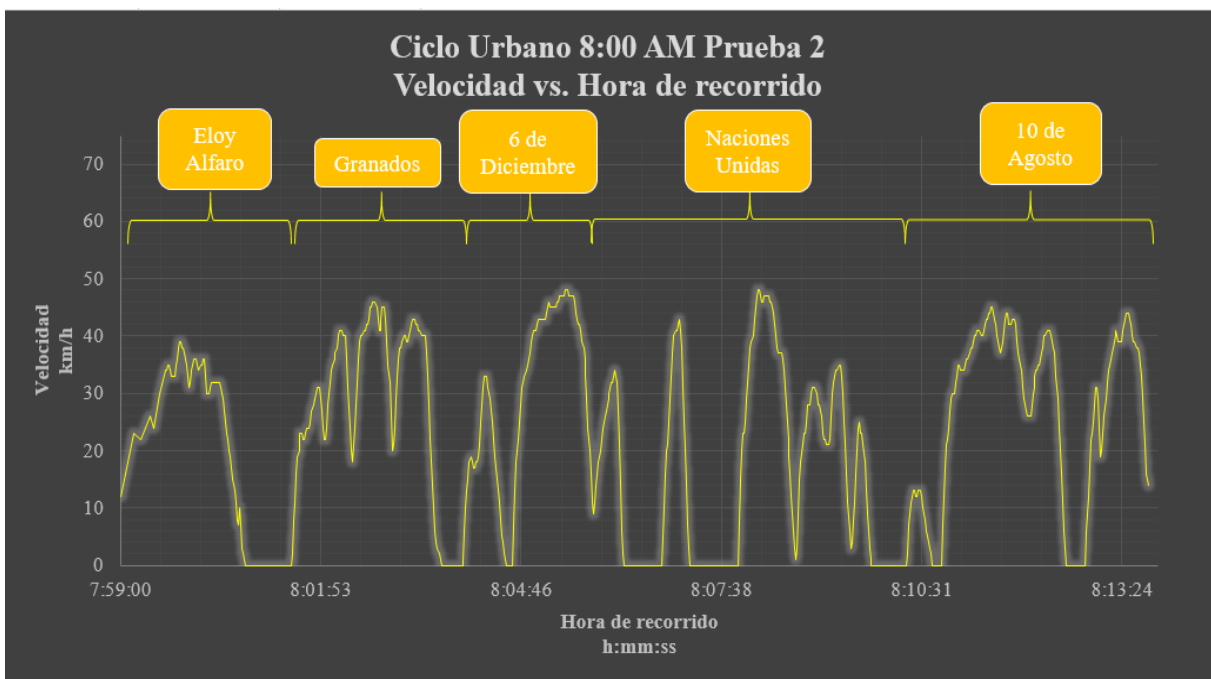
DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

ANEXO E

Anexo E-1. Prueba 1 del ciclo urbano en la mañana (8h00).

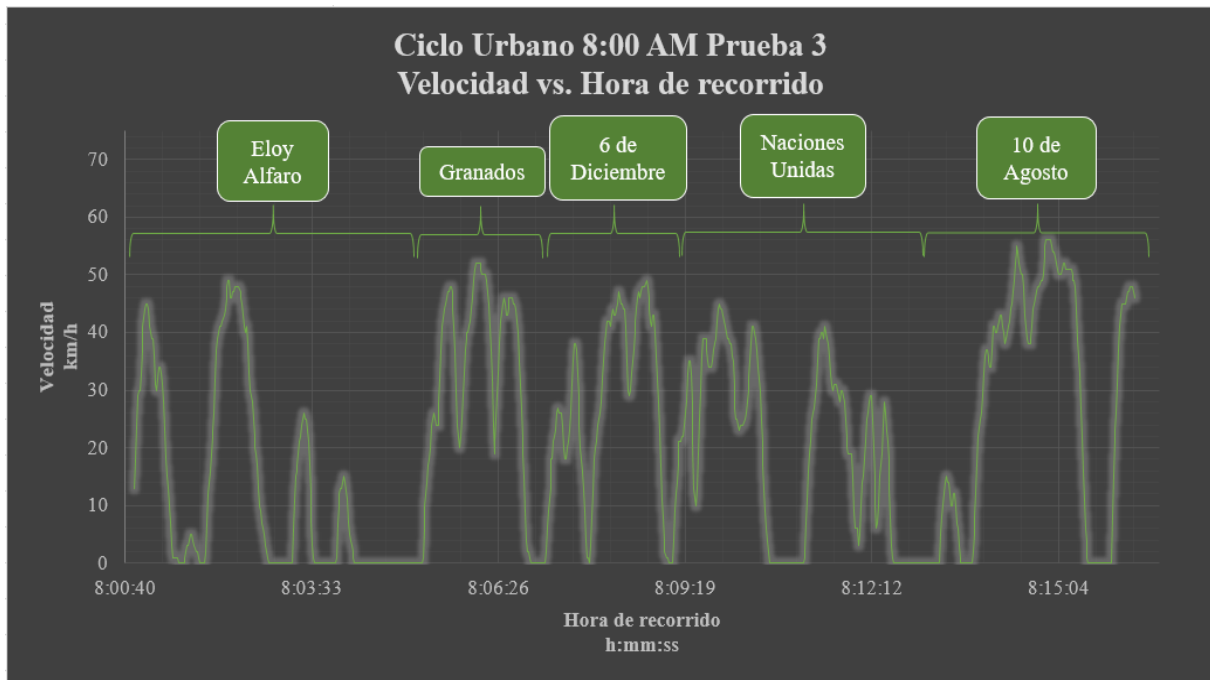


Anexo E-2. Prueba 2 del ciclo urbano en la mañana (8h00).

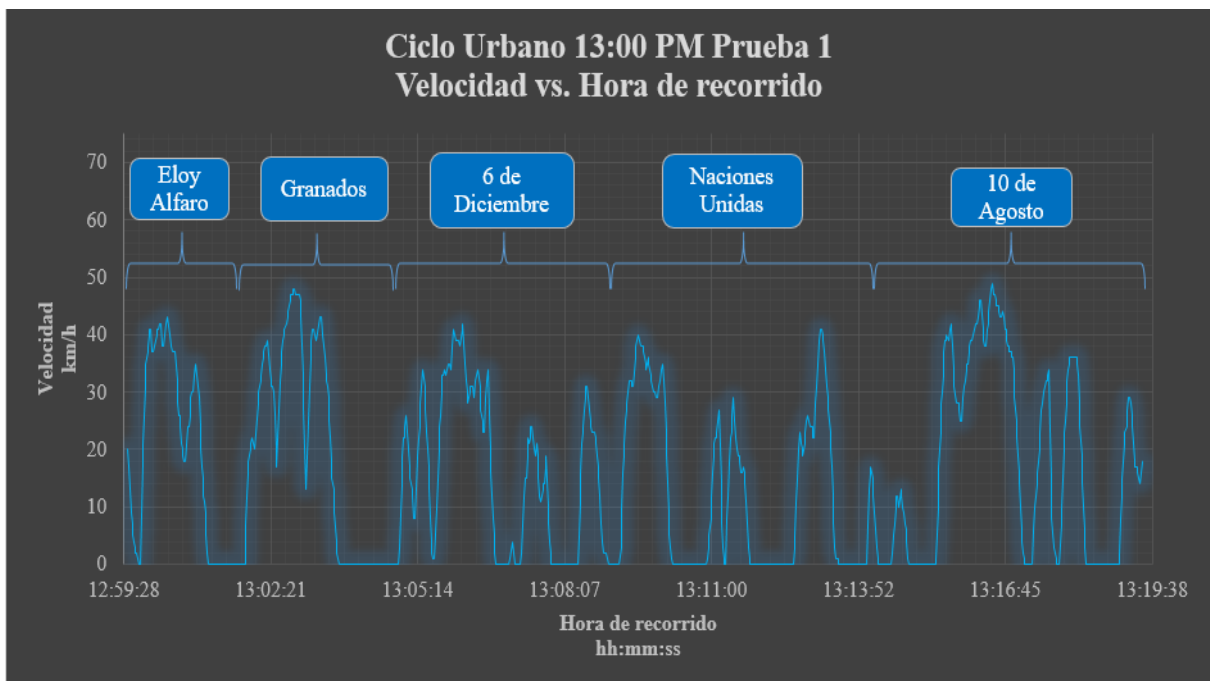


DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Anexo E-3. Prueba 3 del ciclo urbano en la mañana (8h00).

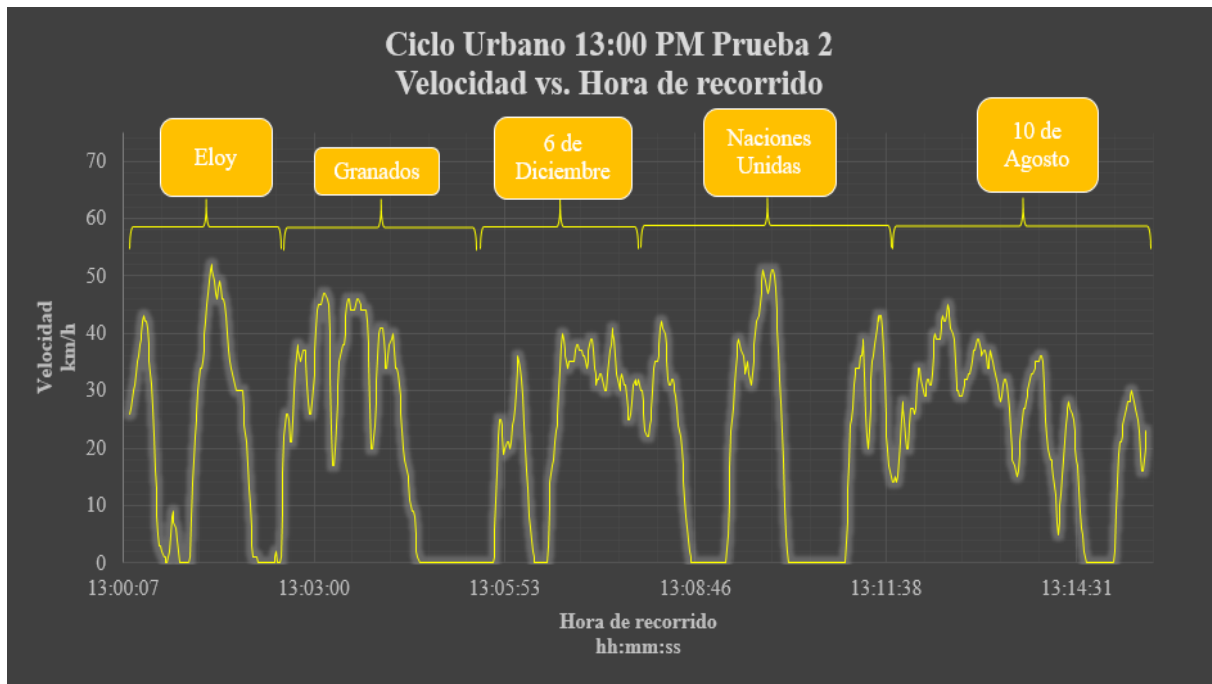


Anexo E-4. Prueba 1 del ciclo urbano en el mediodía (13h00).

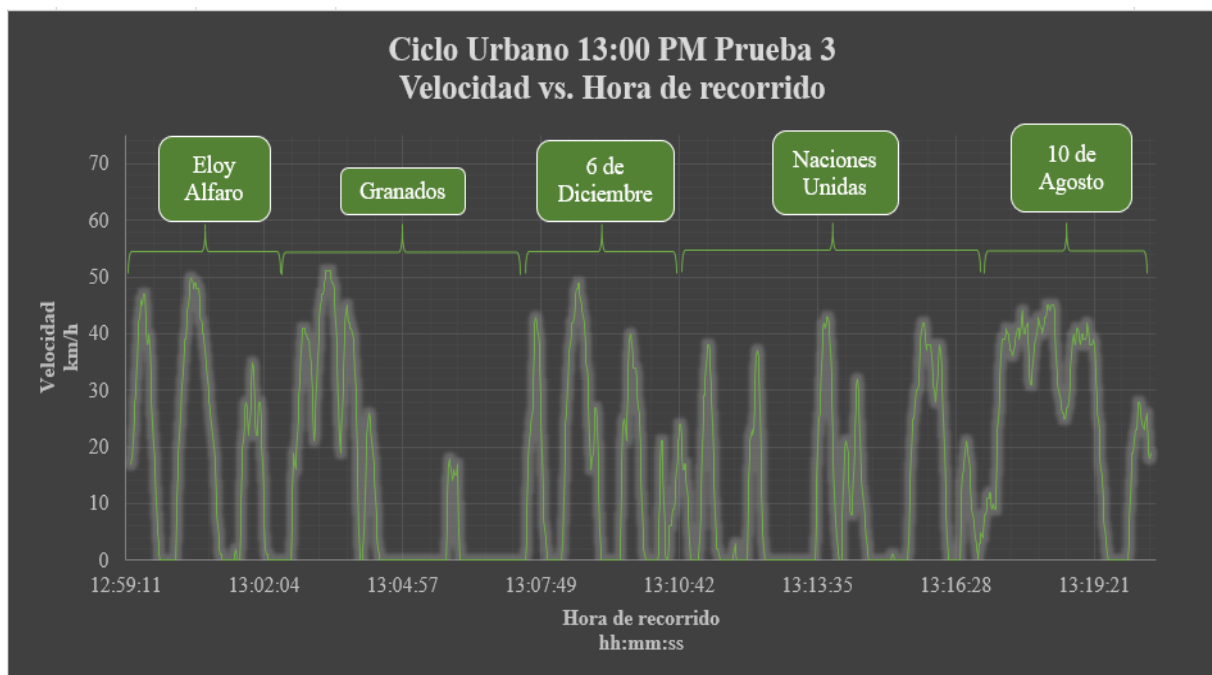


DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Anexo E-5. Prueba 2 del ciclo urbano en el mediodía (13h00).

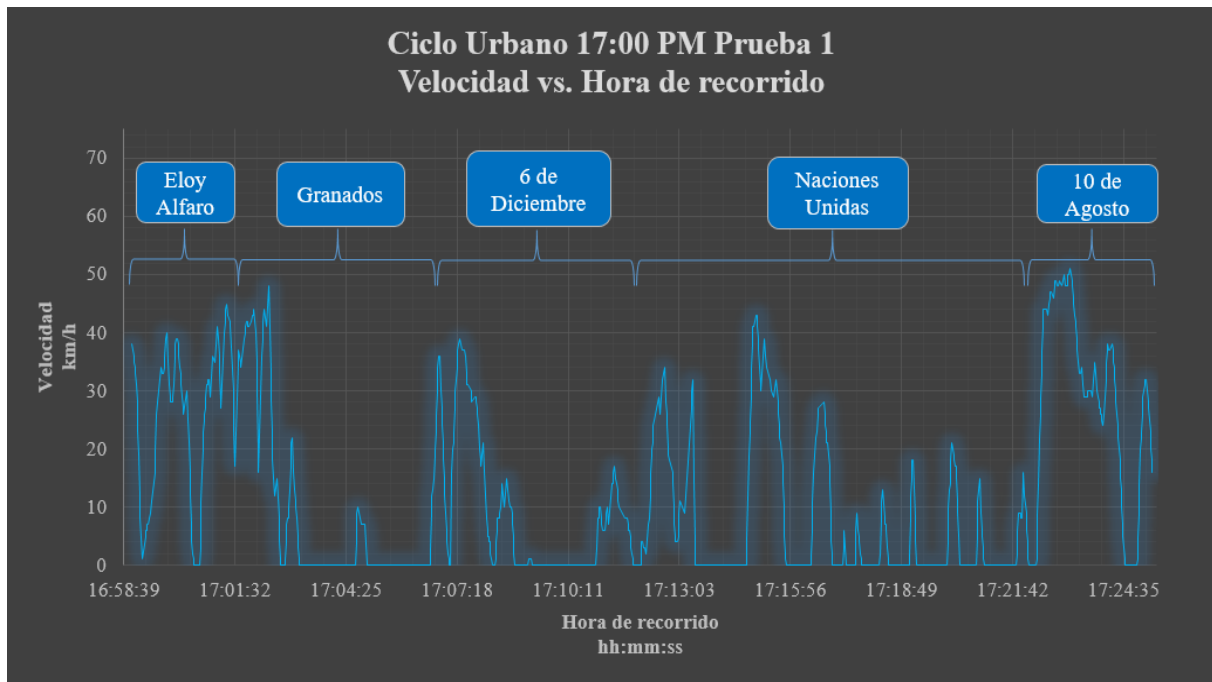


Anexo E-6. Prueba 3 del ciclo urbano en el mediodía (13h00).

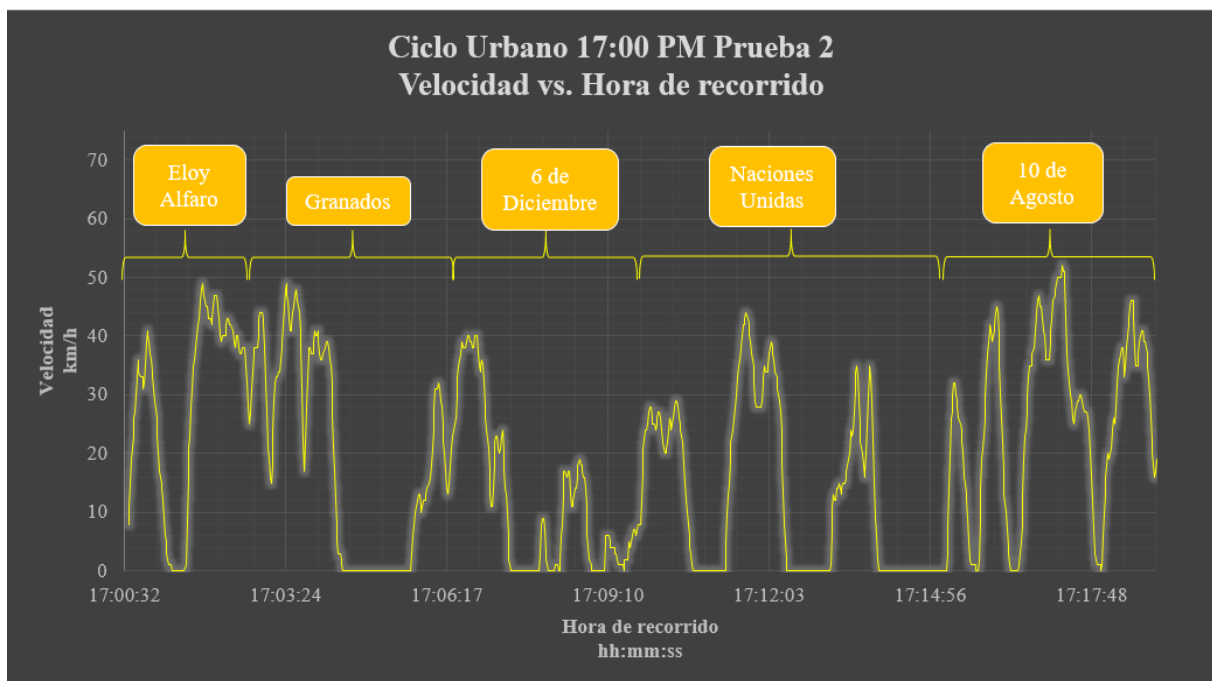


DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO- ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Anexo E-7. Prueba 1 del ciclo urbano en la tarde (17h00).

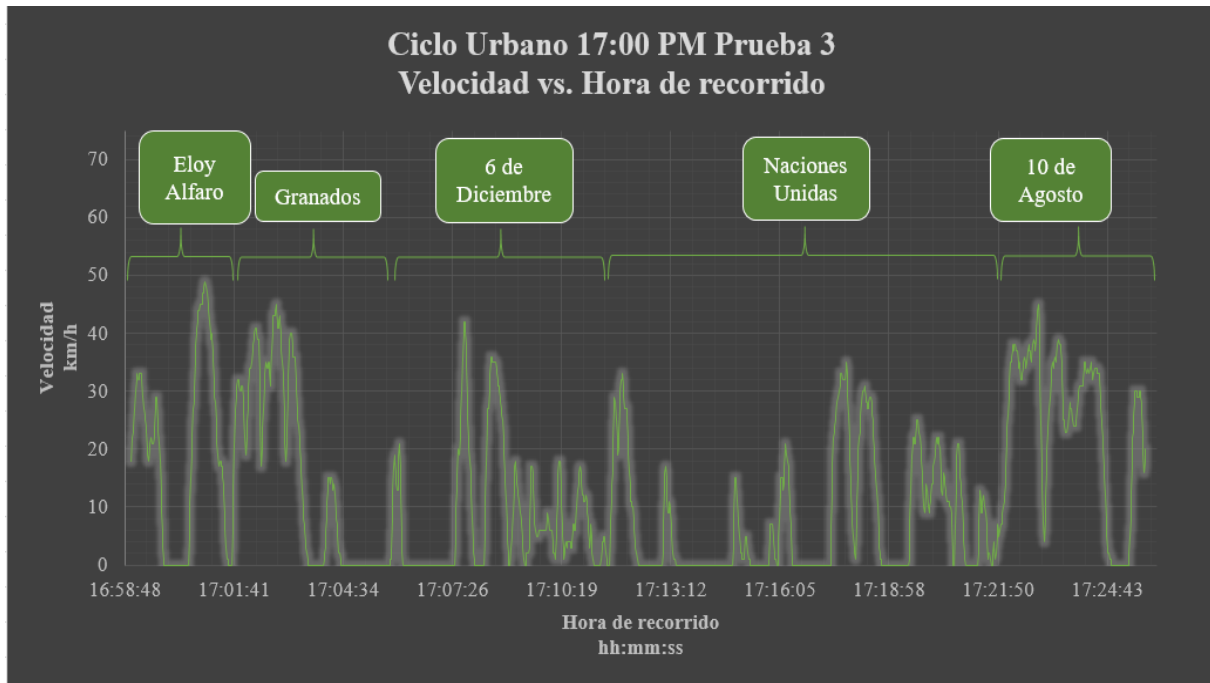


Anexo E-8. Prueba 2 del ciclo urbano en la tarde (17h00).

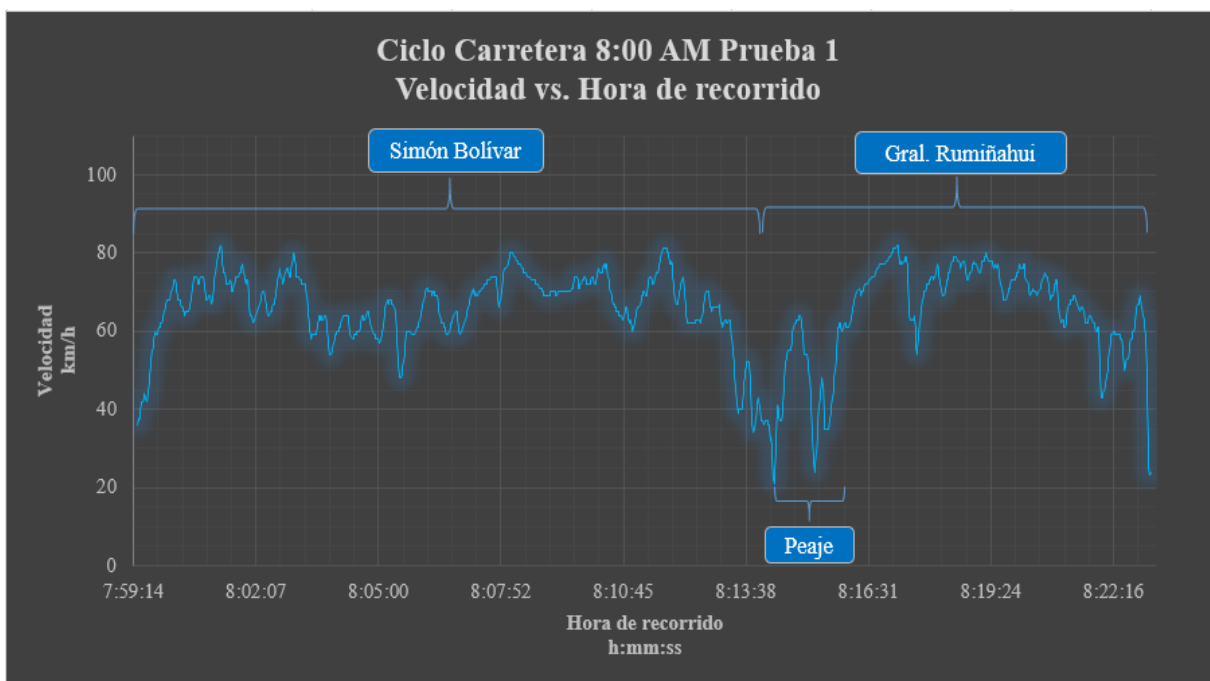


DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Anexo E-9. Prueba 3 del ciclo urbano en la tarde (17h00).

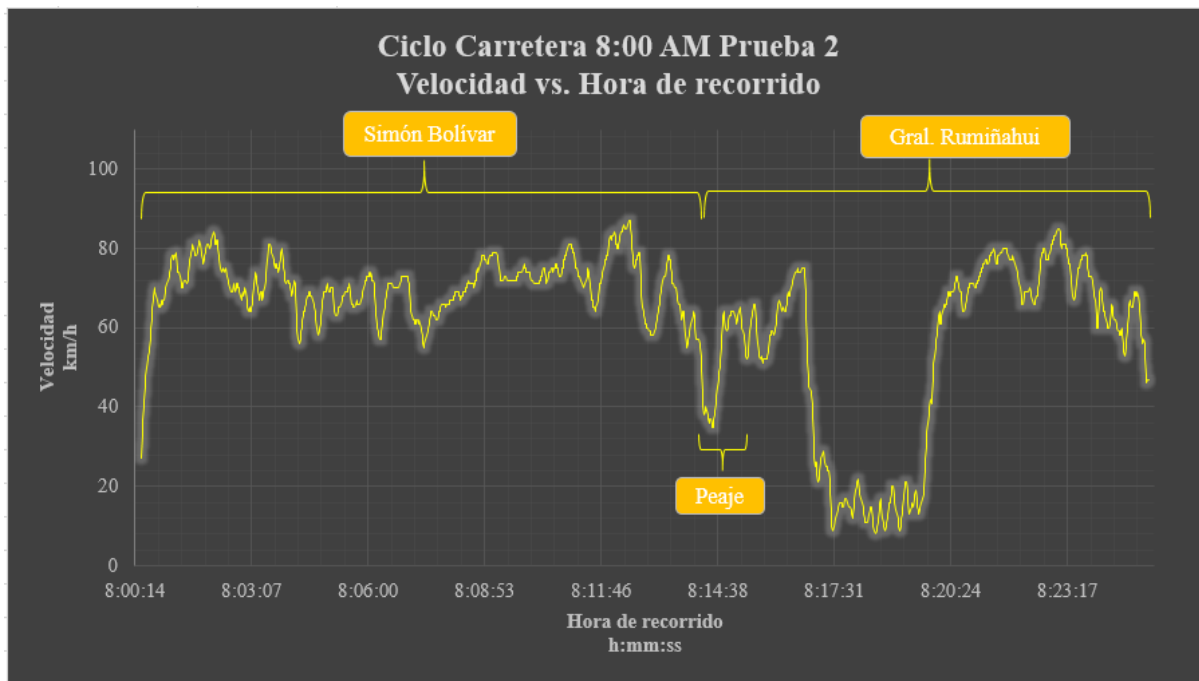


Anexo E-10. Prueba 1 del ciclo carretera en la mañana (8h00).

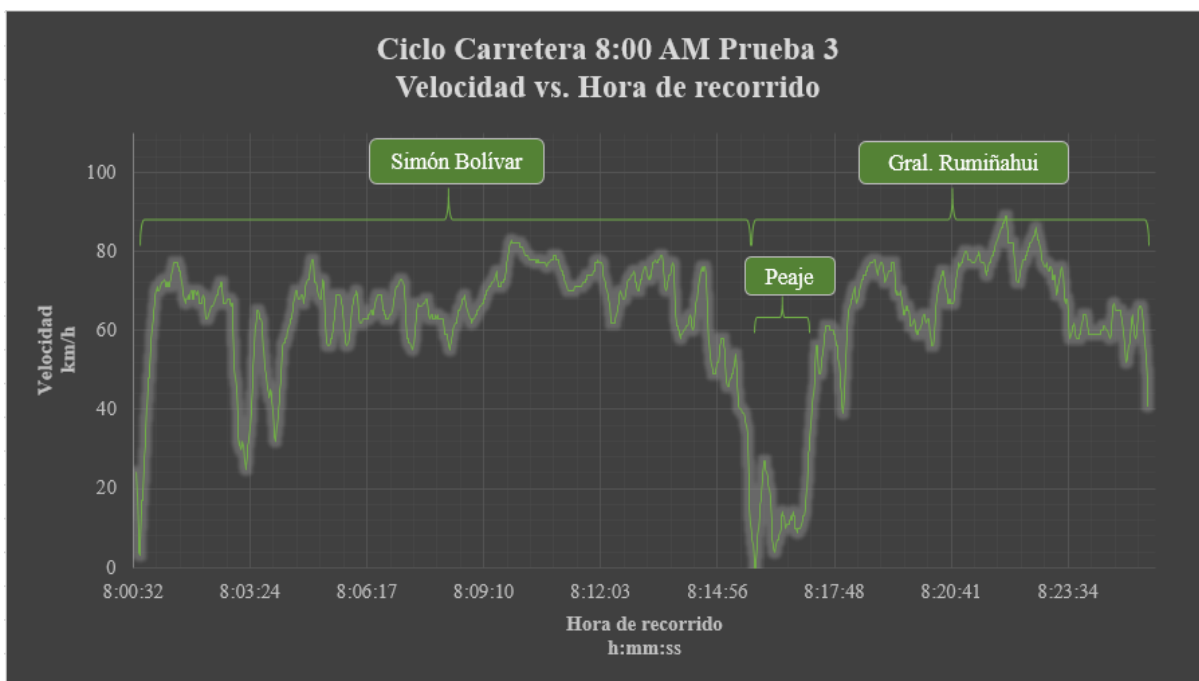


DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Anexo E-11. Prueba 2 del ciclo carretera en la mañana (8h00).

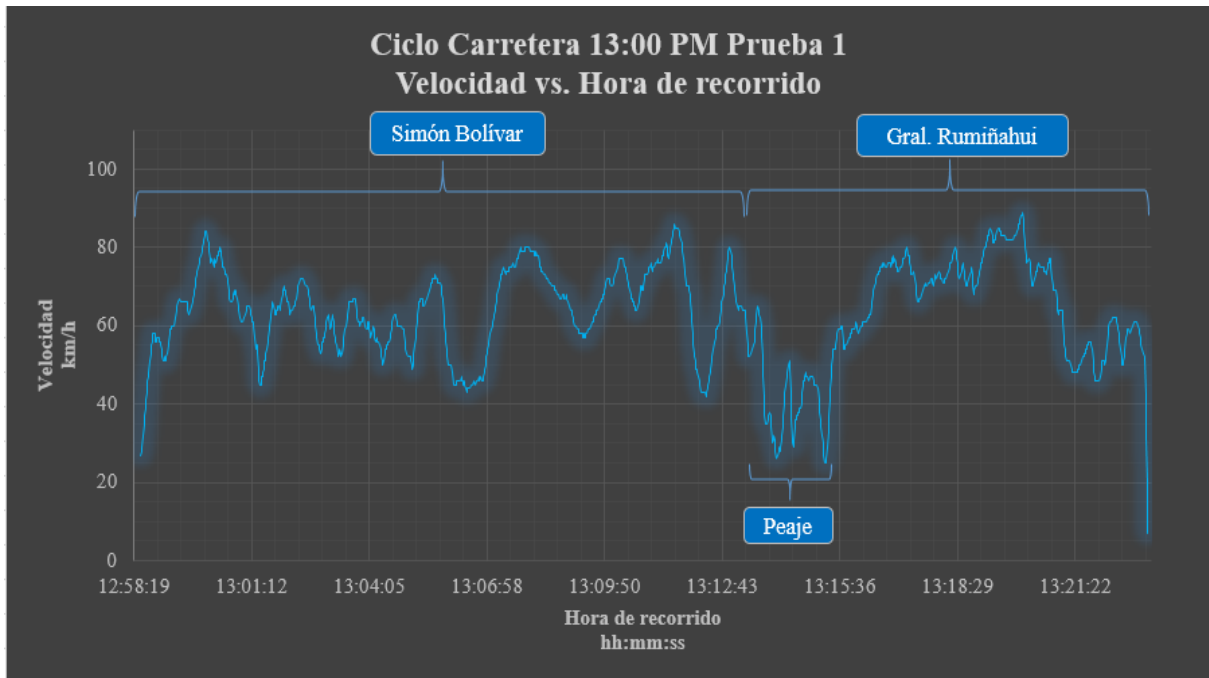


Anexo E-12. Prueba 3 del ciclo carretera en la mañana (8h00).

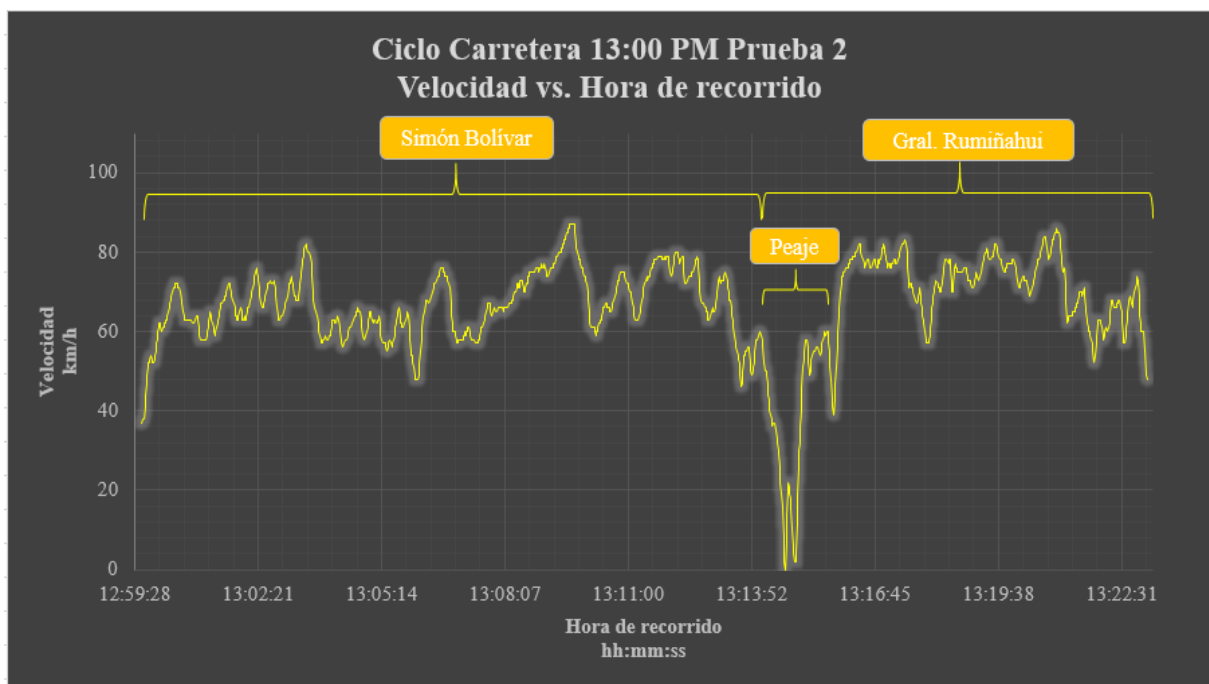


DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Anexo E-13. Prueba 1 del ciclo carretera en el mediodía (13h00).

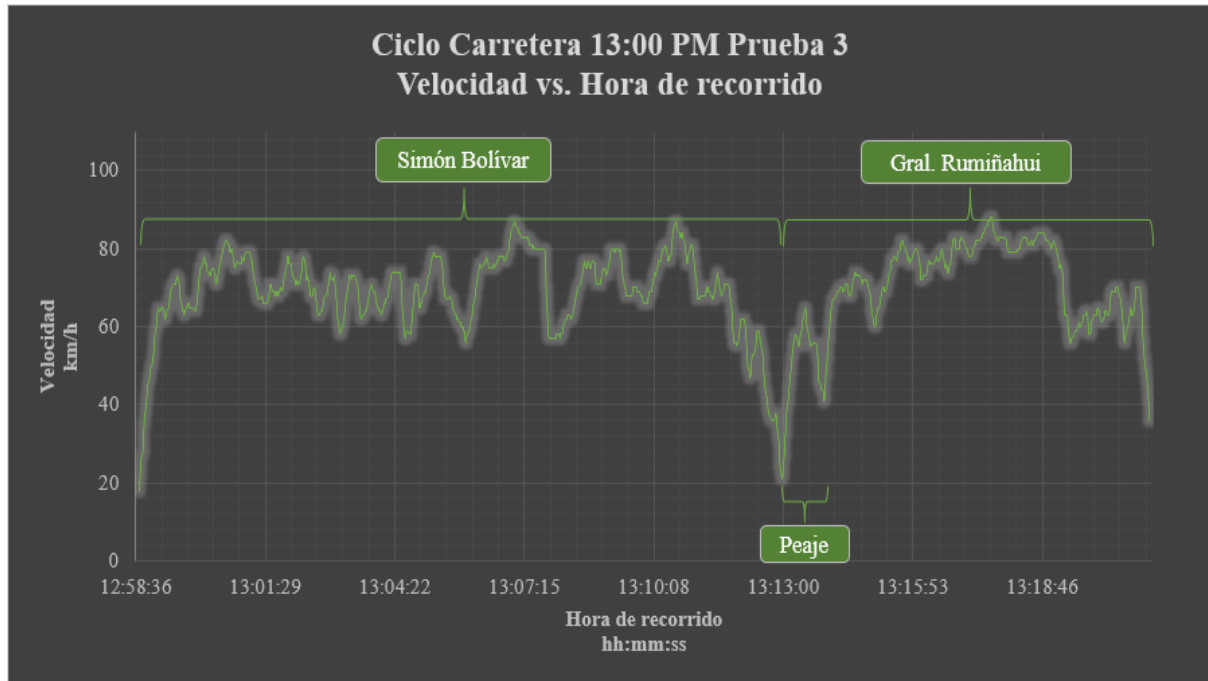


Anexo E-14. Prueba 2 del ciclo carretera en el mediodía (13h00).

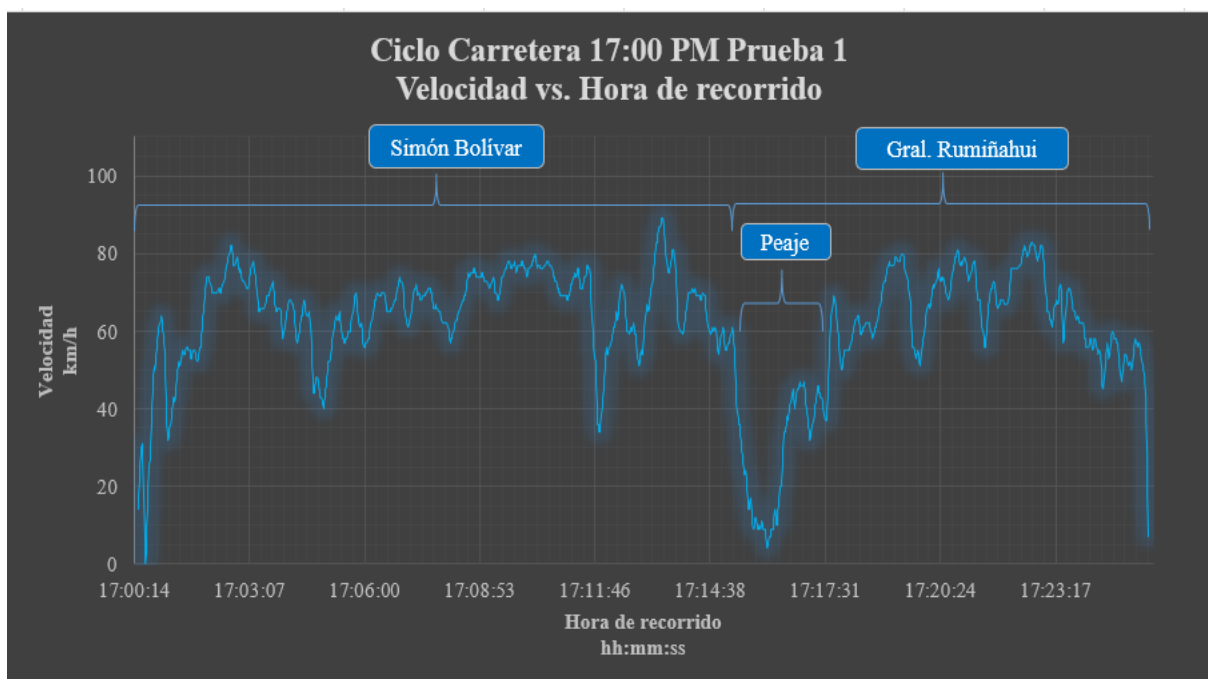


DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Anexo E-15. Prueba 3 del ciclo carretera en el mediodía (13h00).

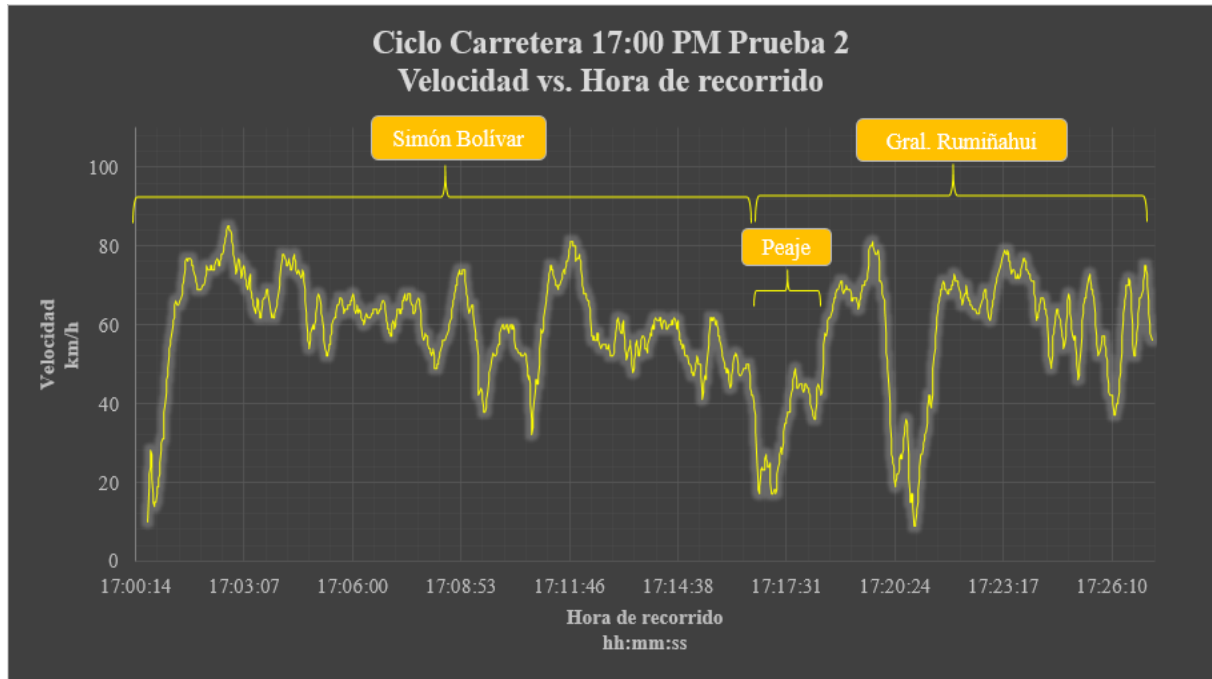


Anexo E-16. Prueba 1 del ciclo carretera en la tarde (17h00).

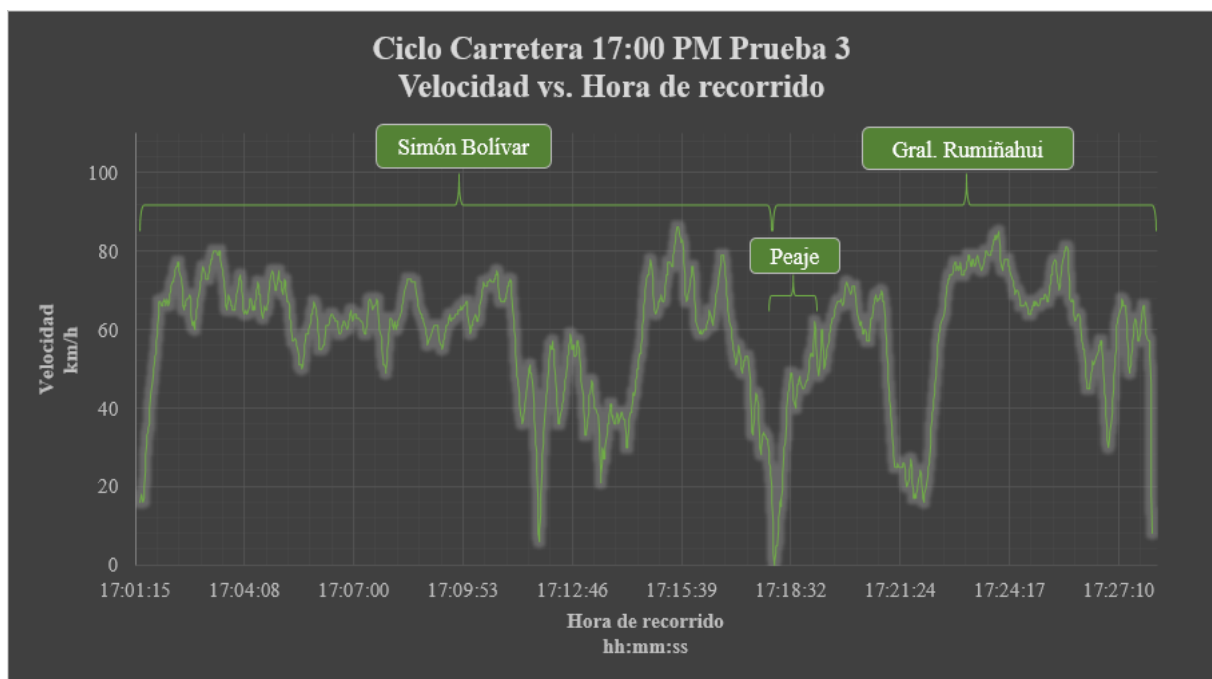


DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Anexo E-17. Prueba 2 del ciclo carretera en la tarde (17h00).

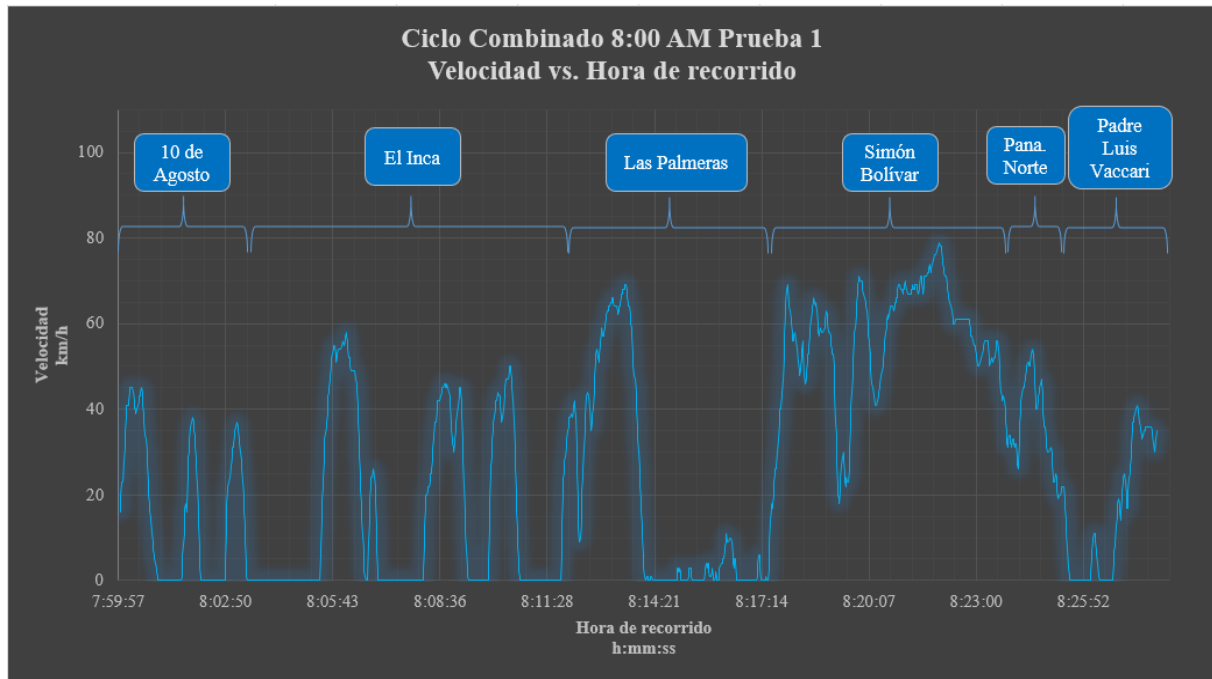


Anexo E-18. Prueba 3 del ciclo carretera en la tarde (17h00).

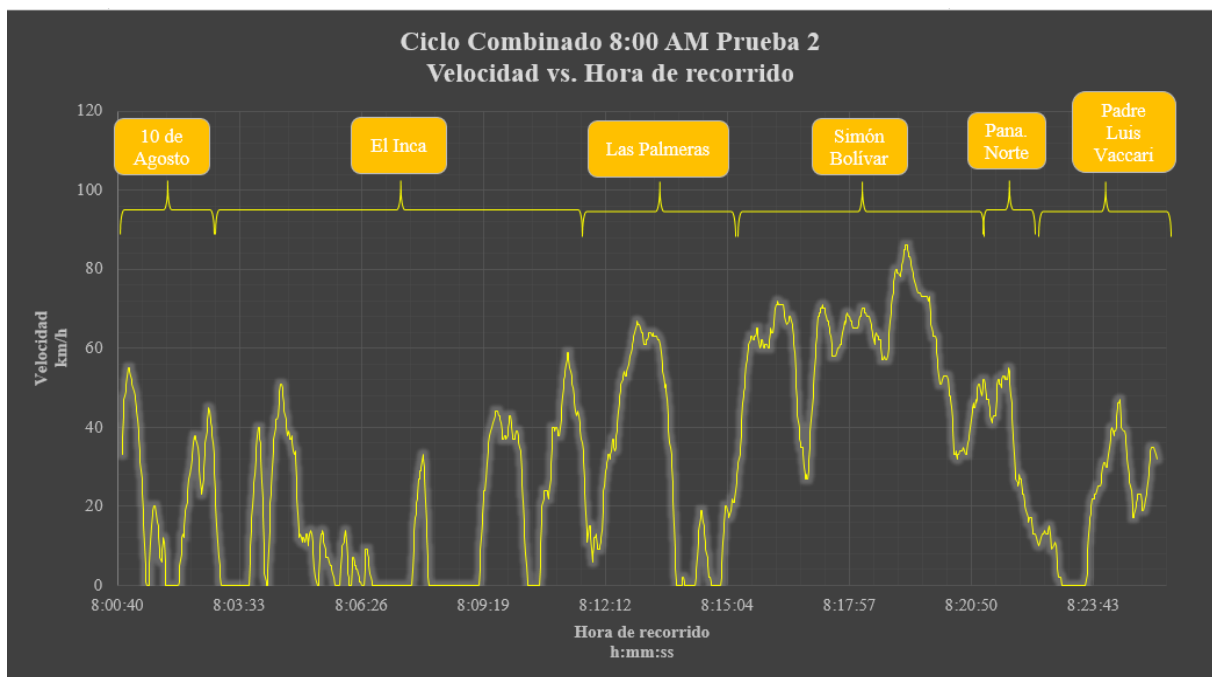


DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Anexo E-19. Prueba 1 del ciclo combinado en la mañana (8h00).

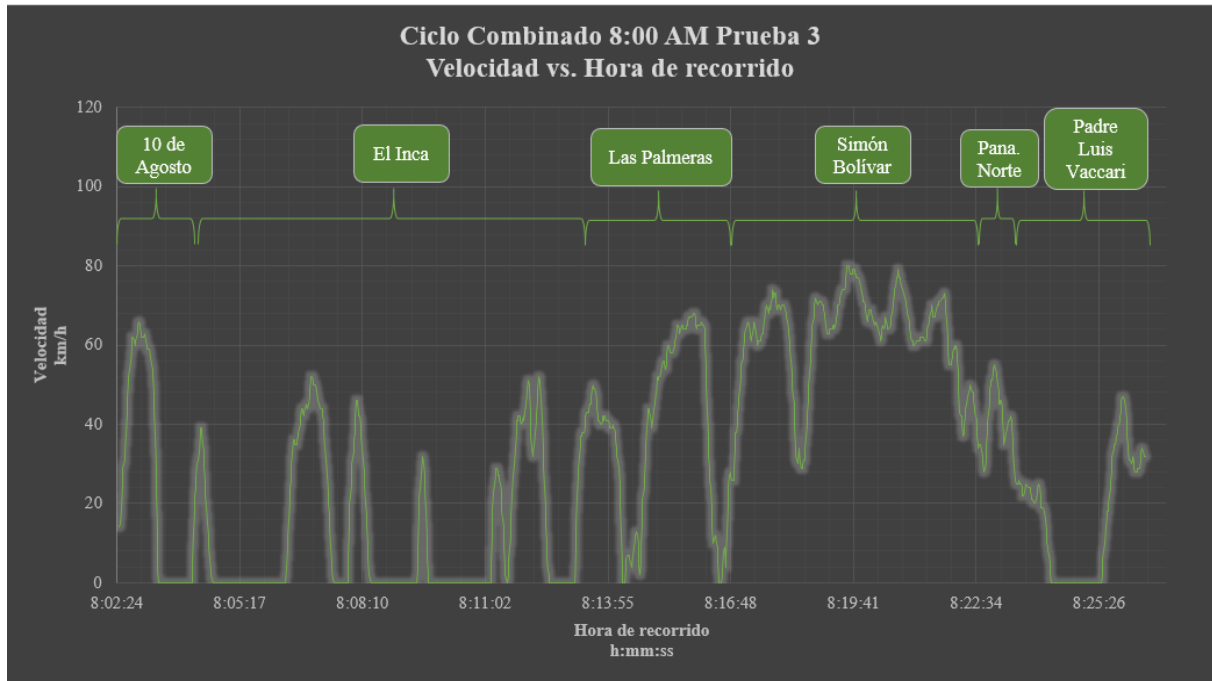


Anexo E-20. Prueba 2 del ciclo combinado en la mañana (8h00).

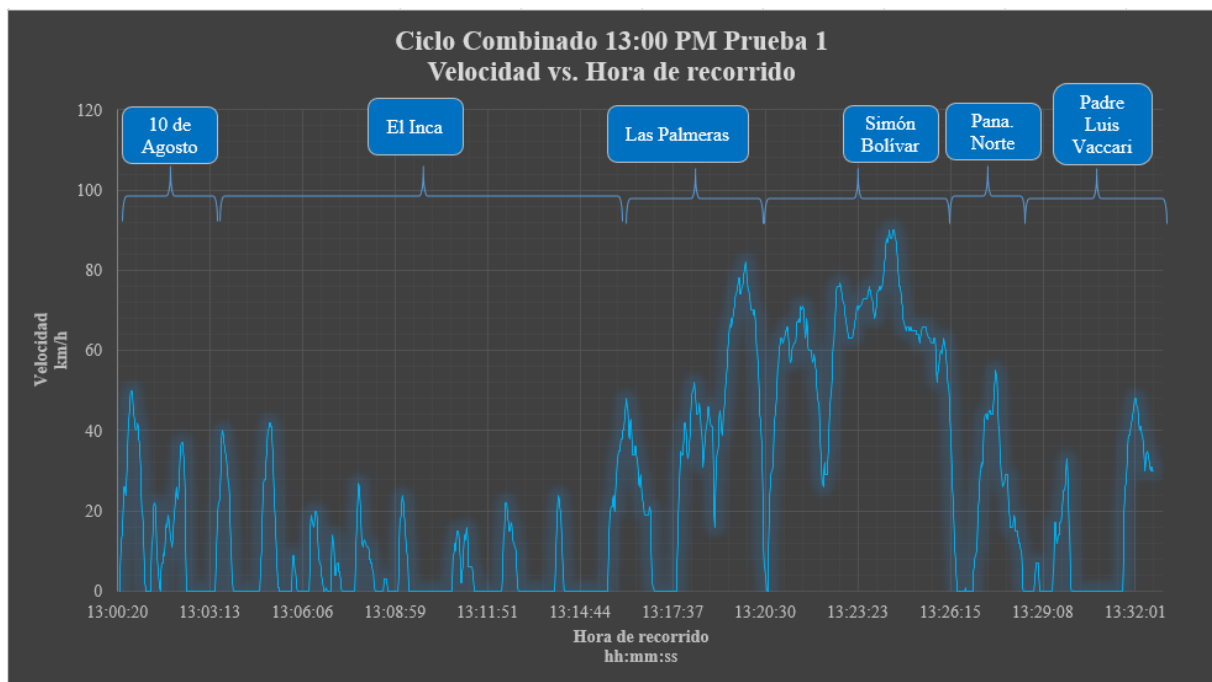


DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Anexo E-21. Prueba 3 del ciclo combinado en la mañana (8h00).

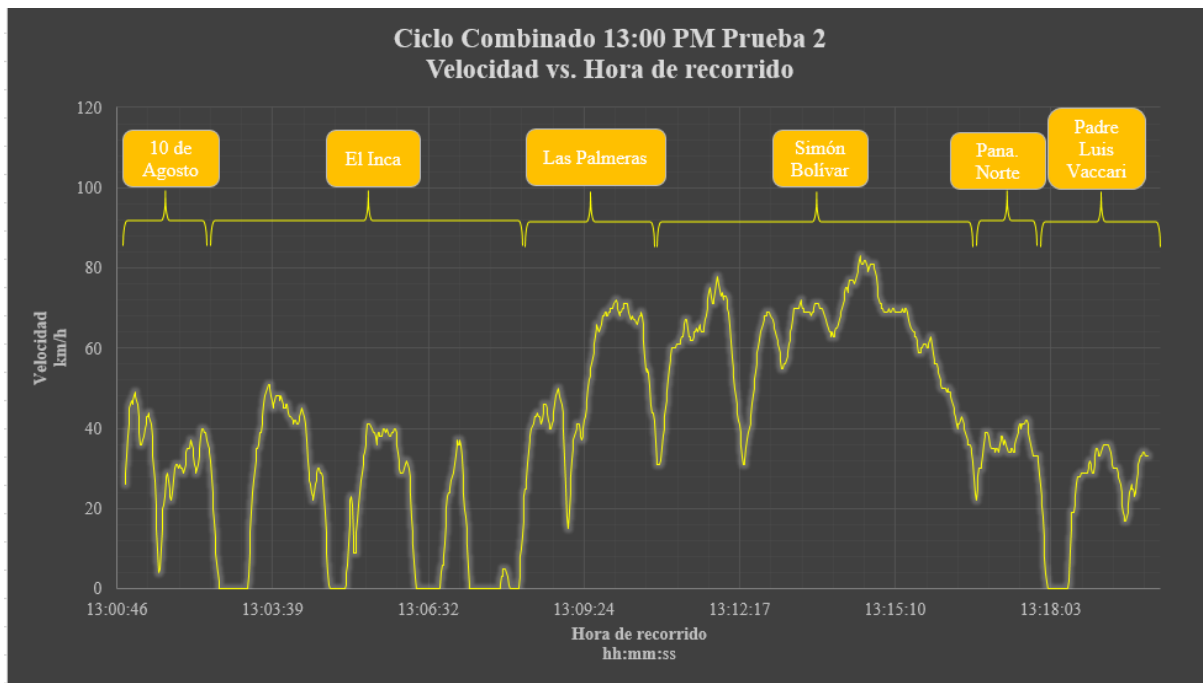


Anexo E-22. Prueba 1 del ciclo combinado en el mediodía (13h00).

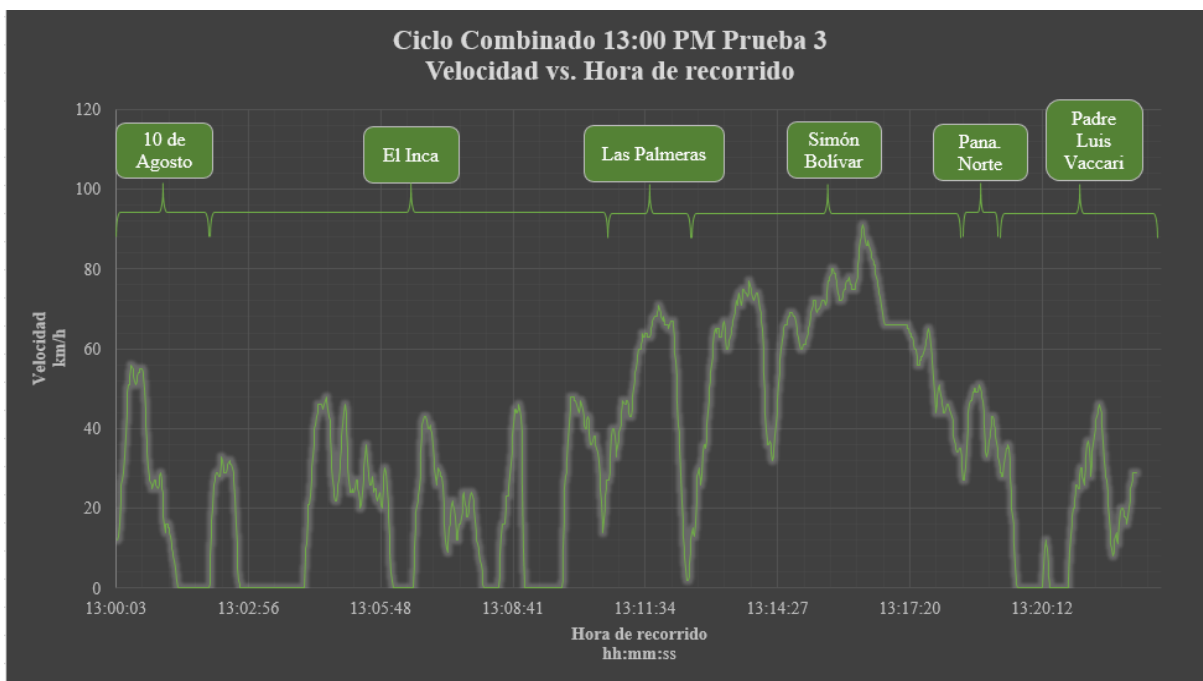


DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Anexo E-23. Prueba 2 del ciclo combinado en el mediodía (13h00).

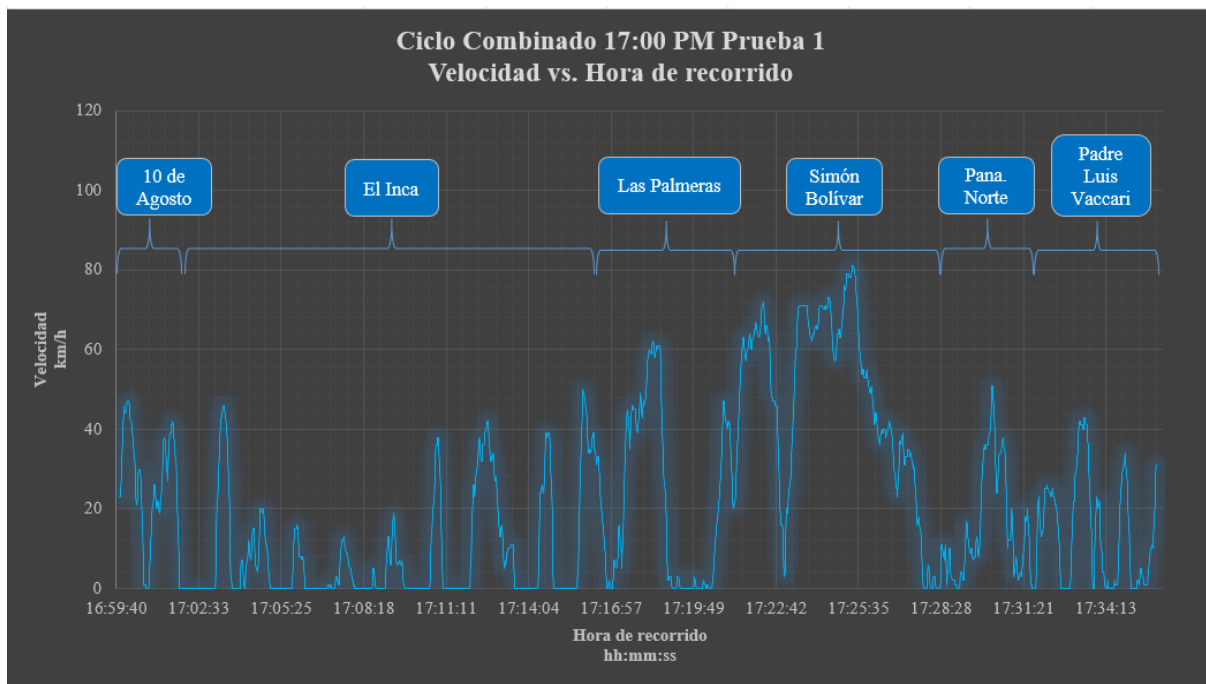


Anexo E-24. Prueba 3 del ciclo combinado en el mediodía (13h00).

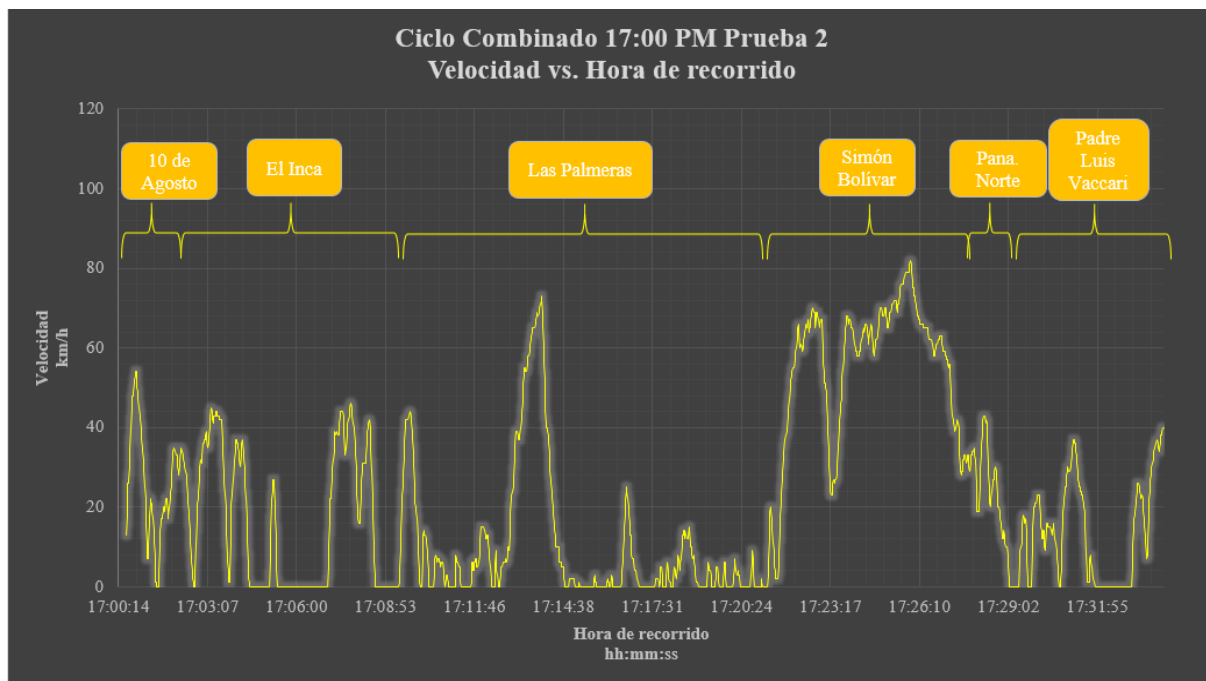


DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO- ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Anexo E-25. Prueba 1 del ciclo combinado en la tarde (17h00).

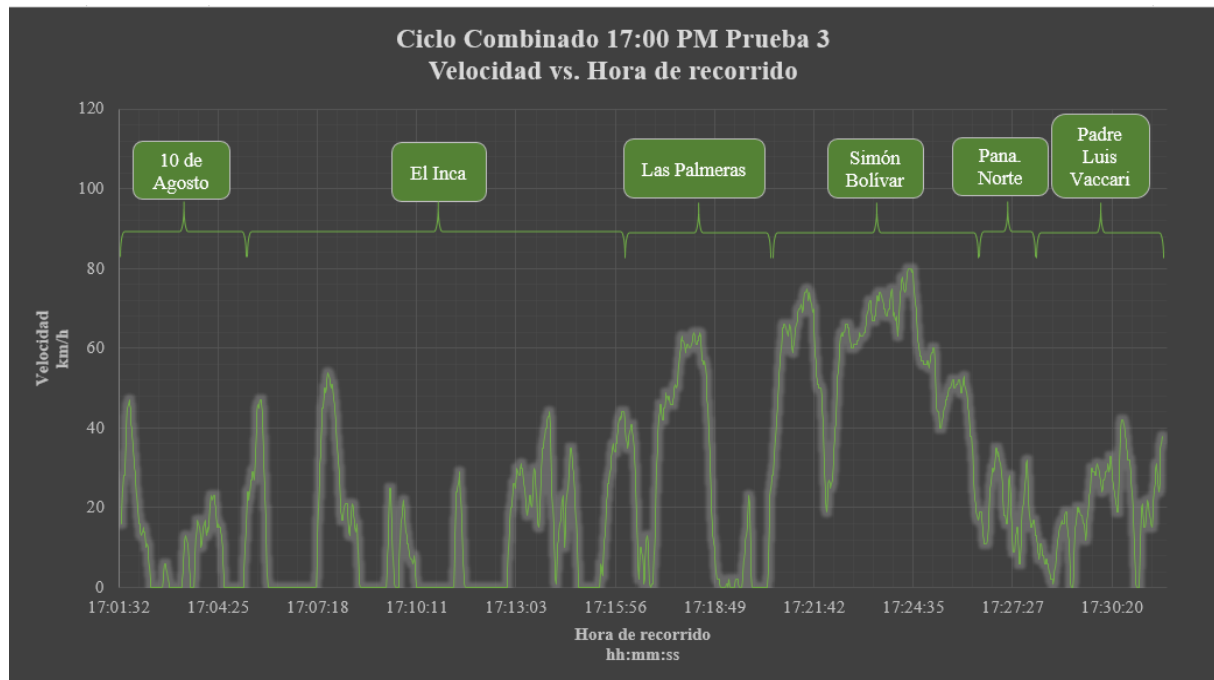


Anexo E-26. Prueba 2 del ciclo combinado en la tarde (17h00).



DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Anexo E-27. Prueba 3 del ciclo combinado en la tarde (17h00).



DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

ANEXO F

Anexo F-1. Datos de los ciclos

Ciclo	N° de Prueba	Configuración	Velocidad Máx. (km/h)	Velocidad Prom. (km/h)	Aceleración Positiva Máx. (g)	Aceleración Positiva Prom. (g)	Distancia recorrida (km)	Paradas Totales	Tiempo de recorrido (s)	Combustible consumido (L)	Tiempo Ralentí [s]	Tiempo Aceleración Positiva [s]
Urbano	1	Mañana	51	5,53	0,2491	0,06445	5,532	20	1305	0,7719	447	323
		Mediodía	49	15,17	0,1438	0,05554	5,585	16	1193	0,7366	474	372
		Tarde	51	10,48	0,1610	0,04984	5,505	20	1588	0,8503	876	390
	2	Mañana	48	22,61	0,1494	0,04415	5,620	8	887	0,6125	229	379
		Mediodía	52	21,94	0,1505	0,05091	5,605	9	921	0,6267	220	340
		Tarde	52	18,31	0,1517	0,04651	5,607	13	1102	0,6706	312	409
	3	Mañana	56	21,52	0,1519	0,05583	5,532	12	926	0,7445	241	360
		Mediodía	51	15,82	0,1617	0,06162	5,597	21	1274	0,8278	495	397
		Tarde	49	12,40	0,1701	0,04878	5,529	20	1606	0,8873	590	444
Carretera	1	Mañana	82	65,27	0,1173	0,02071	25,938	0	1430	1,6954	0	580
		Mediodía	89	63,14	0,0948	0,02134	25,942	0	1479	1,6268	0	732
		Tarde	89	61,50	0,1482	0,02779	25,933	1	1516	1,6843	1	802
	2	Mañana	87	62,63	0,0921	0,02391	25,955	0	1494	1,7437	0	610
		Mediodía	87	66,35	0,1614	0,02291	25,962	1	1409	1,7065	1	751
		Tarde	85	58,39	0,1511	0,02757	25,948	0	1599	1,7686	0	817
	3	Mañana	89	62,68	0,1135	0,02497	25,957	1	1496	1,7443	1	777
		Mediodía	88	69,31	0,0936	0,02290	25,956	0	1348	1,5748	0	689
		Tarde	86	58,32	0,1292	0,02904	25,932	1	1600	1,8365	0	874

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Anexo F-1 (Cont.)

Ciclo	N° de Prueba	Configuración	Velocidad Máx. (km/h)	Velocidad Prom. (km/h)	Aceleración Positiva Máx. (g)	Aceleración Positiva Prom. (g)	Distancia recorrida (km)	Paradas Totales	Tiempo de recorrido (s)	Combustible consumido (L)	Tiempo Ralentí [s]	Tiempo Aceleración Positiva [s]
Combinado	1	Mañana	79	26,32	0,1569	0,03948	12,212	19	1670	1,2293	551	602
		Mediodía	90	22,94	0,1578	0,04636	12,278	22	1930	1,3419	733	578
		Tarde	81	20,30	0,1745	0,04250	12,244	30	2173	1,3972	631	764
	2	Mañana	86	30,21	0,1372	0,04175	12,251	15	1467	1,1359	304	549
		Mediodía	83	38,91	0,1350	0,03689	12,293	33	1135	0,9681	145	497
		Tarde	82	22,16	0,1399	0,03849	12,297	33	2015	1,3175	572	726
	3	Mañana	80	30,60	0,1791	0,04587	12,229	10	1443	1,1834	443	512
		Mediodía	91	33,13	0,1682	0,04502	12,240	7	1331	1,1189	282	512
		Tarde	80	24,51	0,1779	0,04217	12,263	18	1812	1,3276	469	692

Anexo F-2. Datos del análisis de medios ponderados del ciclo urbano

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

		Velocidad Máx. (km/h)	Velocidad Prom. (km/h)	Aceleración Positiva Máx. (g)	Aceleración Positiva Prom. (g)	Distancia recorrida (km)	Paradas Totales	Tiempo de recorrido (s)	Combustible consumido (L)	Tiempo Ralentí [s]	Tiempo Aceleración Positiva [s]	Suma Total		
		W	0,25	1	0,75	1	0,25	1	1	0,75	1	8		
		\bar{P}_{urb}	51	15,98	0,16546	5,5681	15	1200	0,74757	432	379			
Urbano	1	Mañana	P _{ij}	51	5,53	0,24909	0,06445	5,5321	20	1305	0,77190	447	323	
			Y	0	0,08171	0,04739	0,02680	0,0008	0,00922	0,01091	0,00407	0,00336	0,01856	0,20282
	Mediodía	P _{ij}	49	15,17	0,14383	0,05554	5,5845	16	1193	0,73660	474	372		
		Y	0,00123	0,00633	0,01225	0,00581	0,0004	0,00112	0,00075	0,00183	0,00922	0,00242	0,04133	
	Tarde	P _{ij}	51	10,48	0,16095	0,04984	5,5050	20	1588	0,85033	876	390		
		Y	0	0,04304	0,00255	0,00760	0,0014	0,00922	0,04039	0,01718	0,09655	0,00351	0,22146	
	2	Mañana	P _{ij}	48	22,61	0,14935	0,04415	5,6200	8	887	0,61246	229	379	
			Y	0,00184	0,05192	0,00912	0,02102	0,0012	0,01506	0,03262	0,02259	0,04400	0,00011	0,19945
		Mediodía	P _{ij}	52	21,94	0,15050	0,05091	5,6049	9	921	0,62668	220	340	
			Y	0,00061	0,04664	0,00847	0,00508	0,0008	0,01304	0,02908	0,02021	0,04596	0,01296	0,18289
		Tarde	P _{ij}	52	18,31	0,15172	0,04651	5,6072	13	1102	0,67058	312	409	
			Y	0,00061	0,01829	0,00778	0,01545	0,0009	0,00495	0,01023	0,01287	0,02597	0,00978	0,10681
3	Mañana	P _{ij}	56	21,52	0,15189	0,05583	5,5324	12	926	0,74453	241	360		
		Y	0,00306	0,04339	0,00768	0,00650	0,0008	0,00697	0,02856	0,00051	0,04140	0,00637	0,14524	
	Mediodía	P _{ij}	51	15,82	0,16170	0,06162	5,5973	21	1274	0,82776	495	397		
		Y	0	0,00121	0,00213	0,02014	0,0007	0,01124	0,00768	0,01341	0,01378	0,00582	0,07607	
	Tarde	P _{ij}	49	12,40	0,17005	0,04878	5,5292	20	1606	0,88726	590	444		
		Y	0,00123	0,02796	0,00261	0,01010	0,0009	0,00922	0,04226	0,02336	0,03442	0,02131	0,17332	

Anexo F-3. Datos del análisis de medios ponderados del ciclo carretera

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

		Velocidad Máx. (km/h)	Velocidad Prom. (km/h)	Aceleración Positiva Máx. (g)	Aceleración Positiva Prom. (g)	Distancia recorrida (km)	Paradas Totales	Tiempo de recorrido (s)	Combustible consumido (L)	Tiempo Ralentí [s]	Tiempo Aceleración Positiva [s]	Suma Total		
		W	0,25	1	0,75	1	0,25	1	1	0,75	1	8		
		\bar{P}_{carr}	87	63,07	0,1224	25,947	0	1486	1,7217	0	737			
Carretera	1	Mañana	P _{ij}	82	65,27	0,1173	0,02071	25,938	0	1430	1,6954	0	580	
			Y	0,00176	0,00436	0,00387	0,01967	0,00004	0,03125	0,00468	0,00191	0,09375	0,02661	0,18791
		Mediodía	P _{ij}	89	63,14	0,0948	0,02134	25,942	0	1479	1,7409	0	732	
			Y	0,00076	0,00015	0,02112	0,01642	0,00002	0,03125	0,00056	0,00140	0,09375	0,00083	0,16626
		Tarde	P _{ij}	89	61,50	0,1482	0,0278	25,933	1	1516	1,6843	1	802	
			Y	0,00076	0,00310	0,01978	0,01638	0,00007	0,03906	0,00255	0,00271	0,18750	0,01104	0,28296
	2	Mañana	P _{ij}	87	62,63	0,0921	0,0239096	25,955	0	1494	1,7437	0	610	
			Y	0,00004	0,00085	0,02317	0,00337	0,00004	0,03125	0,00070	0,00160	0,09375	0,02152	0,17629
		Mediodía	P _{ij}	87	66,35	0,1614	0,0229130	25,962	1	1409	1,7065	1	751	
			Y	0,00004	0,00651	0,02991	0,00844	0,00007	0,03906	0,00645	0,00110	0,18750	0,00239	0,28149
		Tarde	P _{ij}	85	58,39	0,1511	0,02757	25,948	0	1599	1,7686	0	817	
			Y	0,00068	0,00927	0,02203	0,01527	0,00001	0,03125	0,00954	0,00341	0,09375	0,01359	0,19879
3	Mañana	P _{ij}	89	62,68	0,1135	0,0249728	25,957	1	1496	1,7443	1	777		
		Y	0,00076	0,00077	0,00677	0,00204	0,00005	0,03906	0,00087	0,00164	0,18750	0,00680	0,24626	
	Mediodía	P _{ij}	88	69,31	0,0936	0,0228951	25,956	0	1348	1,5748	0	689		
		Y	0,00040	0,01238	0,02204	0,00853	0,00004	0,03125	0,01158	0,01066	0,09375	0,00812	0,19876	
	Tarde	P _{ij}	86	58,32	0,1292	0,0290	25,932	1	1600	1,8365	1	874		
		Y	0,00032	0,00941	0,00524	0,02274	0,00007	0,03906	0,00962	0,00834	0,18750	0,02326	0,30556	

Anexo F-4. Datos del análisis de medios ponderados del ciclo combinado

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

		Velocidad Máx. (km/h)	Velocidad Prom. (km/h)	Aceleración Positiva Máx. (g)	Aceleración Positiva Prom. (g)	Distancia recorrida (km)	Paradas Totales	Tiempo de recorrido (s)	Combustible consumido (L)	Tiempo Ralentí [s]	Tiempo Aceleración Positiva [s]	Suma Total	
Combinado	W	0,25	1	0,75	1	1	0,25	1	1	0,75	1	8	
		\bar{P}_{carr}	84	27,68	0,1585	0	12,256	21	1664	1,2244	459	604	
	1	Mañana	P _{ij}	79	26,32	0,1569	0,03948	12,212	19	1670	1,2293	551	602
			Y	0,00170	0,00610	0,00092	0,00765	0,00046	0,00267	0,00045	0,00050	0,01882	0,00032
		Mediodía	P _{ij}	90	22,94	0,1578	0,04636	12,278	22	1930	1,3419	733	578
			Y	0,00241	0,02139	0,00042	0,01278	0,00022	0,00184	0,01998	0,01199	0,05600	0,00529
		Tarde	P _{ij}	81	20,30	0,1745	0,0425	12,244	30	2173	1,3972	631	764
			Y	0,00096	0,03330	0,00948	0,00132	0,00013	0,01387	0,03824	0,01763	0,03516	0,03323
	2	Mañana	P _{ij}	86	30,21	0,1372	0,0417454	12,251	15	1467	1,1359	304	549
			Y	0,00091	0,01143	0,01260	0,00093	0,00005	0,00869	0,01480	0,00904	0,03164	0,01130
		Mediodía	P _{ij}	83	38,91	0,1350	0,0368855	12,293	6	1135	0,9681	145	497
			Y	0,00021	0,05073	0,01389	0,01537	0,00037	0,02223	0,03974	0,02616	0,06413	0,02207
		Tarde	P _{ij}	82	22,16	0,1399	0,0385	12,297	33	2015	1,3175	572	726
			Y	0,00058	0,02492	0,01102	0,01061	0,00041	0,01838	0,02637	0,00950	0,02311	0,02536
	3	Mañana	P _{ij}	80	30,60	0,1791	0,0458653	12,229	10	1443	1,1834	443	512
			Y	0,00133	0,01322	0,01215	0,01132	0,00028	0,01621	0,01660	0,00419	0,00325	0,01896
		Mediodía	P _{ij}	91	33,13	0,1682	0,0450174	12,240	7	1331	1,1189	282	512
			Y	0,00278	0,02462	0,00574	0,00880	0,00017	0,02072	0,02502	0,01077	0,03614	0,01896
Tarde		P _{ij}	80	24,51	0,1779	0,0422	12,263	18	1812	1,3276	469	692	
		Y	0,00133	0,01429	0,01148	0,00033	0,00007	0,00418	0,01112	0,01054	0,00207	0,01832	0,07372

ANEXO G

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PARA UN VEHÍCULO CATEGORÍA M1

Anexo G. Comparación completa del consumo de combustible en los ciclos representativos

