



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

ANÁLISIS DEL CICLO DE CONDUCCIÓN EN EL CANTÓN RUMIÑAHUI

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

**AUTORES: DIEGO FERNANDO CHICAIZA TORRES
STEVEN RONALDO DUCHI ANILOA**

TUTOR: CARLOS DAVID ÁLVAREZ BASANTES

Quito - Ecuador
2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Diego Fernando Chicaiza Torres con documento de identificación N° 1751363399 y Steven Ronaldo Duchi Aniloa con documento de identificación N° 1724683741 manifestamos que:

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

Quito, 11 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Diego Fernando Chicaiza Torres
1751363399



Steven Ronaldo Duchi Aniloa
1724683741

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

Nosotros, Diego Fernando Chicaiza Torres con documento de identificación N° 1751363399 y Steven Ronaldo Duchi Aniloa con documento de identificación N° 1724683741 expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Análisis del ciclo de conducción en el cantón Rumiñahui” el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Automotrices, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Quito, 11 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Diego Fernando Chicaiza Torres
1751363399



Steven Ronaldo Duchi Aniloa
1724683741

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Carlos David Álvarez Basantes con documento de identificación No. 0604240796 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS DEL CICLO DE CONDUCCIÓN EN EL CANTÓN RUMIÑAHUI, realizado por Diego Fernando Chicaiza Torres con documento de identificación N° 1751363399 y por Steven Ronaldo Duchi Aniloa con documento de identificación N° 1724683741, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción: Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 11 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Ing. Carlos David Álvarez Basantes, MI.

0604240796

DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente proyecto principalmente a mis padres y familia, quienes han sido un pilar fundamental para mi vida tanto personal como en mi formación profesional, también a todas aquellas personas que me han brindado impulso moral para poder tener la determinación de poder seguir adelante a pesar de las eventualidades y desdichas de la vida.

Diego Fernando Chicaiza Torres

Dedico el presente proyecto a Dios y a mis padres quienes han sido los personajes principales en todos mis logros que he obtenido, recibiendo de ellos un apoyo incondicional, dándome el ejemplo a seguir de una buena persona, también a mis hermanos y familiares el cual me supieron alentar para conseguir este objetivo.

Steven Ronaldo Duchi Aniloa

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradezco a mi madre por darme la vida y todo el cariño que me ha formado como un hombre de bien y responsable, a mi padre por brindarme todo el apoyo incondicional sobre todas las cosas en especial en mi formación como profesional siendo siempre un ejemplo para mí, a todos aquellos docentes que han sido grandes mentores y personas, a mis compañeros y amigos por todas aquellas grandes experiencias vividas dentro y fuera de las aulas. Sobre todo, al tutor del presente proyecto que me brindo todas las facilidades y aclaraciones precisas para la realización y culminación de este.

Diego Fernando Chicaiza Torres

Agradezco a Dios por darme la salud, la sabiduría y el conocimiento en este camino, a mis padres por darme el apoyo incondicional en mi vida personal y estudiantil por darme una formación para afrontar a la sociedad, a mis hermanos, a los docentes con los que e cursado mi vida universitaria impartiendo valores y conocimientos que me han ayudado con este logro y en especial al docente Ing. Carlos Álvarez tutor del presente proyecto por ayudarme a esclarecer y concluir este proyecto.

Steven Ronaldo Duchi Aniloa

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
PROBLEMA	13
Objetivo General.....	15
Objetivos Específicos.	15
Marco teórico.....	16
Ciclos de conducción.....	16
Tipos de ciclos de conducción.....	16
Ciclos de conducción y el desempeño energético	17
Ciclo de conducción implementado en Europa (NEDC).....	18
El Ciclo de conducción representativo FTP	19
Patrón de conducción metodología ARTEMIS	20
Patrón de conducción japonés JC08	21
Ciclo de conducción WLTP	22
CAPÍTULO 1	23
ESTRATEGIA PARA LA DETERMINACIÓN DEL CICLO DE CONDUCCIÓN	23
1.1. Metodología para adquirir patrones de manejo	24
1.1.1. Estrategia SAPD “Speed Acceleration Probability Distribution”.....	24
1.1.2. Estrategia SAFD “Speed Acceleration Frequency Distribution”	25
1.1.3. Estrategia VSP “Vehicle specific power”	26
1.1.4. Estrategia de Micro – Trip	30
1.2. Parámetros característicos.....	31
1.2.1. Selección de parámetros característicos para el diseño del patrón de manejo	31
1.2.2. Ecuaciones precursoras para la obtención de los parámetros característicos	32
1.3. Estilos de conducción	34
1.3.1. La conducción Riesgosa	34
1.3.2. La conducción Agresiva	34
1.3.3. La conducción Ansiosa	35
1.3.4. La conducción Inatenta	35
CAPÍTULO 2	37
PLANTEAMIENTO DE RUTAS ADECUADAS PARA LA CAMPAÑA DE MUESTREO	37

2.1.	Área limítrofe del Cantón Rumiñahui.....	37
2.1.1.	<i>Delimitación del Cantón Rumiñahui</i>	38
2.1.2.	<i>Red vial del Cantón Rumiñahui</i>	40
2.1.3.	<i>Método para la selección de rutas</i>	40
CAPÍTULO 3		42
INSTRUMENTACIÓN DE LOS VEHICULOS DE PRUEBA PARA LA TOMA DE DATOS Y RUTAS.....		42
3.1.	Dispositivos electrónicos para la campaña de muestreo.....	42
3.3.1.	<i>Torque Pro</i>	42
3.1.1.	<i>ELM 327</i>	43
3.1.2.	<i>Google Earth</i>	45
3.1.3.	<i>Excel</i>	46
3.2.	Vehículos de prueba y análisis de rutas	46
3.2.1.	<i>Vehículo de prueba 1</i>	47
3.2.2.	<i>Vehículo de prueba 2</i>	48
3.2.3.	<i>Vehículo de prueba 3</i>	50
3.2.4.	<i>Vehículo de prueba 4:</i>	51
3.2.5.	<i>Vehículo de prueba 5:</i>	52
3.2.6.	<i>Vehículo de prueba 6:</i>	53
3.3.	Recorrido total de los vehículos de prueba.....	54
3.3.1.	<i>Vías de mayor incidencia en el Cantón Rumiñahui</i>	54
CAPÍTULO 4		56
ANÁLISIS DE LOS DATOS RECOGIDOS A PARTIR DE LA CAMPAÑA DE MUESTREO EN EL CANTÓN RUMIÑAHUI PARA DETERMINAR EL PATRON DE CONDUCCION REPRESENTATIVO.....		56
4.1.	SAFD	56
4.2.	SAPD	58
4.3.	VSP	60
4.4.	Ciclo de conducción del cantón Rumiñahui	61
CONCLUSIONES.....		64
RECOMENDACIONES		66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.		67
ANEXOS.....		70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclos de conducción EUROPEO.	18
Figura 2: Patrones de conducción FTP.	19
Figura 3: Ciclo de conducción ARTEMIS.	20
Figura 4: Ciclo de conducción Japonés JC08.	21
Figura 5: Distribución de probabilidades de velocidad y aceleración de un viaje dentro del Cantón Rumiñahui.	24
Figura 6: Diagrama de frecuencias de velocidad y aceleración de un viaje dentro del Cantón Rumiñahui.	26
Figura 7: Potencia específica del vehículo (VSP) de un viaje dentro del Cantón Rumiñahui.	27
Figura 8: D.C.L. de las fuerzas dinámicas sobre un vehículo.	28
Figura 9: Gráfica del ciclo de conducción mediante Micro-Trips de un viaje dentro del Cantón Rumiñahui.	30
Figura 10: Algoritmo para construir ciclos de conducción por estrategia Micro-Trips.	32
Figura 11: Cantón Rumiñahui.	39
Figura 12: Mapeo Rutas en el Cantón Rumiñahui.	40
Figura 13: Aplicación Móvil Torque.	43
Figura 14: Parámetros Característicos (CP's).	43
Figura 15: Dispositivo ELM 327.	44
Figura 16: Ubicación entrada OBD-II.	44
Figura 17: Icono Google Earth Pro.	45
Figura 18: Mapeo Cantón Rumiñahui.	45
Figura 19: Excel - Base de datos.	46
Figura 20: Vehículo de prueba 1.	47
Figura 21: Vehículo de prueba 2.	48
Figura 22: Vehículo de prueba 3.	50
Figura 23: Vehículo de prueba 4.	51
Figura 24: Vehículo de prueba 5.	52
Figura 25: Vehículo de prueba 6.	53
Figura 26: Patrón característico del Cantón Rumiñahui metodología SAFD.	58
Figura 27: Patrón representativo del Cantón Rumiñahui metodología SAPD.	59
Figura 28: Gráfico de dispersión de velocidades metodología VSP.	61
Figura 29: Ciclo de conducción representativo del Cantón Rumiñahui.	63
Figura 30: Prueba 1 SAPD.	70
Figura 31: Prueba 2 SAFD viaje 3 Chevrolet Aveo.	70
Figura 32: Análisis VSP Hyundai Tucson viaje 15.	71
Figura 33: Ciclo de conducción candidato 1.	71
Figura 34: Ciclo de conducción candidato 2.	72
Figura 35: Ciclo de conducción candidato 3.	72
Figura 36: Ciclo de conducción Representativo Cantón Rumiñahui.	73
Figura 37: Viaje #20.	73
Figura 38: Viaje # 14.	74
Figura 39: Viaje # 1.	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ecuaciones precursoras VSP.....	29
Tabla 2: Lista de Parámetros Característicos determinados.....	32
Tabla 3: Delimitación Cantón Rumiñahui.....	38
Tabla 4: Límites Cantón Rumiñahui.....	39
Tabla 5: Características de viaje.....	41
Tabla 6: Ficha Técnica Ford.....	47
Tabla 7: Recorrido del vehículo de prueba 1 “Ford”.....	48
Tabla 8: Ficha Técnica Tucson.....	49
Tabla 9: Recorrido del vehículo de prueba 2 “Tucson”.....	49
Tabla 10: Ficha Técnica Sail 1.....	50
Tabla 11: Recorrido del vehículo de prueba 3 “Sail 1”.....	50
Tabla 12: Ficha Técnica Jetta.....	51
Tabla 13: Recorrido del vehículo de prueba 4 “Jetta”.....	51
Tabla 14: Ficha Técnica Sail 2.....	52
Tabla 15: Recorrido del vehículo de prueba 5 “Sail 2”.....	52
Tabla 16: Ficha Técnica Aveo.....	53
Tabla 17: Recorrido del vehículo de prueba 6 “Aveo”.....	53
Tabla 18: Recorrido Total.....	54
Tabla 19: Vías de mayor incidencia.....	54
Tabla 20: Parámetros para la construcción de SAFD.....	57
Tabla 21: Bines de aceleración vs Bines de velocidad para SAFD.....	57
Tabla 22: Bines de velocidad y aceleración para SAPD.....	59
Tabla 23: Velocidad vs VSP En el Cantón Rumiñahui.....	60
Tabla 24: Análisis Micro-Trips para el diseño del ciclo de conducción del Cantón Rumiñahui.....	62

RESUMEN

La finalidad primordial es determinar el Patrón de Manejo representativo del cantón Rumiñahui mediante la aplicación del método de micro viajes obtenidos por conductores regulares que transitan por el cantón Rumiñahui en vehículos categorizados como M1. Es necesario realizar una investigación profunda y entender cómo obtener un patrón de manejo representativo, donde se encontró información relevante de procesos estandarizados ya que se han realizado en diferentes partes del mundo.

Mediante el estudio de estos procedimientos se ha obtenido datos como, por ejemplo: emisiones de gases nocivos de los motores, incluyendo anhídrido carbónico (CO₂), hidrocarburos no combustionados (HC), anhídrido carbonoso (CO) y óxido de nitrógeno (NO_x), también se mide la eficiencia en el aprovechamiento de combustible y el comportamiento de los conductores durante jornadas normales de movilidad como también el desempeño de los vehículos ya que los mismos están sometidos a diferentes parámetros de funcionamiento durante ciclos de conducción.

Tomando en cuenta la movilidad cotidiana de los residentes del cantón Rumiñahui se han determinado las rutas que describen el patrón de conducción, que atraviesan por gran parte del mapa vial de dicho cantón en sentido este - oeste, norte - sur y viceversa, en horas de mucho flujo vehicular como también en horas de menor flujo vehicular.

Al considerar las rutas relevantes del cantón Rumiñahui se analizaron los parámetros característicos para construir el ciclo de conducción como lo son: tiempo de conducción, tiempo en ralentí, número de paradas, velocidad mínima, velocidad máxima, el promedio de la velocidad, distancia de recorrido, incremento de velocidad positiva, disminución de velocidad, incremento de velocidad promedio, media de consumo del hidrocarburo combustionado en L / 100 Km y carga de motor como también datos de posición obtenidos por el GPS. A partir de estos parámetros se pudo obtener el ciclo de conducción representativo del Cantón Rumiñahui y el promedio del consumo de combustible en las rutas significativas evaluadas.

Palabras Claves: Ciclo de conducción, consumo de combustible, emisiones, GPS, micro viajes.

ABSTRACT

The primary purpose is to determine the representative driving pattern of Rumiñahui canton through the application of the Micro-Trips method obtained by regular drivers who transit through Rumiñahui canton in M1 vehicles. It is necessary to conduct an in-depth investigation and understand how to obtain a representative driving pattern, where relevant information about standardized processes was found, as they have been carried out in different parts of the world.

By studying these procedures, data has been obtained, such as harmful emissions from engines, including carbon dioxide (CO₂), unburned hydrocarbons (HC), carbon monoxide (CO), and nitrogen oxide (NO_x). The fuel efficiency and driver behavior during normal mobility journeys are also measured, as well as the performance of vehicles, as they are subjected to different operating parameters during driving cycles.

Taking into account the daily mobility of the residents of Rumiñahui canton, the routes that describe the driving pattern have been determined, which traverse a large part of the road map of the canton in an east-west, north-south, and vice versa direction, during high and low traffic flow hours.

When considering the relevant routes of Rumiñahui canton, characteristic parameters were analyzed to construct the driving cycle, such as driving time, idle time, number of stops, minimum speed, maximum speed, average speed, distance traveled, positive speed increment, speed reduction, average speed increment, average fuel consumption in liters per 100 kilometers, engine load, as well as position data obtained by GPS. Based on these parameters, the representative driving cycle of Canton Rumiñahui and the average fuel consumption on the evaluated significant routes could be obtained.

Keywords: Driving cycle, fuel consumption, emissions, GPS, Micro-Trips.

INTRODUCCIÓN

Los ciclos de conducción son patrones específicos de conducción que se han diseñado para determinar el comportamiento de un vehículo o varios en diferentes condiciones de manejo, se utilizan comúnmente para determinar la eficiencia de los vehículos, emisiones y consumos de combustible. (Espimbera Morales, 2018).

En el Capítulo I se definirá la estrategia con el fin de identificar el patrón de conducción representativo más apropiado para ser aplicado en el Cantón Rumiñahui para lo cual se considerará la definición de conceptos principales, tipos de ciclos de conducción que han servido para el progreso de sistemas para la regulación de emisiones perjudiciales de los motores como también evaluar la manera de conducción de los usuarios y el análisis del ciclo representativo más significativos en el planeta y se tomará en cuenta algunos de los patrones de conducción que se han desarrollado en Ecuador para poder analizar la metodología de Micro-Trips, mientras que en el Capítulo II se realizará una investigación de la geografía del cantón Rumiñahui para analizar la estrategia que se aplicará para poder cubrir gran parte de dicho cantón, tomando en cuenta los sectores de más tráfico vehicular principalmente en horas pico para obtener datos como la velocidad y el tiempo, directamente del vehículo de prueba.

En el Capítulo III se especificará la elección de instrumentos de medición adecuados para el equipamiento a bordo de los vehículos de prueba, donde los datos que se obtendrán por medio del puerto DLC del vehículo con un instrumento OBD para la lectura de estos como también un instrumento de medición GPS con la aplicación del dispositivo, también se podrá analizar inclinaciones importantes de la calzada.

En el Capítulo IV se realizará el estudio de los datos recogidos ya que, a partir de estos se han obtenido muestras reales de velocidades, aceleraciones y tiempos de los vehículos de prueba, se buscará un sustento de causa – efecto donde se analizarán las varianzas de los datos. Con los antecedentes recopilados se realizarán gráficas de velocidad versus tiempo resultante, esta metodología Micro-Trips ayudará a construir el patrón de manejo representativo, que ayuda al análisis en condiciones reales del funcionamiento del vehículo y las características de manejo de las personas que circulan en el Cantón Rumiñahui.

PROBLEMA

Los ciclos de conducción o graficas características de una locación en específico, surgen como una necesidad en el área automotriz y como una alternativa eficiente para poder determinar algunas normativas en pro del ambientalismo con el tema de emisiones. “Desde los principios de los años 60s los vehículos han sido sometidos a pruebas para verificar el cumplimiento de los modelos de emisión usando pruebas estandarizadas conocidas como ciclos de prueba o ciclos de conducción” (Giakoumis, 2017). Con el fin de englobar a todos los vehículos se han aplicado ciclos de conducción ya que este método permite establecer métricas que pueden ser utilizadas para estimar el comportamiento de los vehículos automotores bajo diferentes regímenes de trabajo, estos ciclos de conducción pueden hacerse en un laboratorio con un dinamómetro de chasis o también evaluando el comportamiento de los conductores sobre la calzada.

Existen estudios previos de estos ciclos de conducción que han podido concluir tanto el comportamiento de los conductores, el tráfico en las vías principales de las urbes, así como también graficas de velocidad versus tiempo y tablas donde se puede apreciar los diferentes índices de emisiones, algunas estimaciones del consumo real de combustible inclusive se han realizado estudios de ciclos de conducción para poder determinar una movilidad eficiente que a base de las gráficas características del lugar de estudio, se proponen vehículos que sean los adecuados para la zona de estudio y que los mismos no sean sobredimensionados para por ejemplo la movilidad en la ciudad.

Un estudio que caracterice los ciclos de conducción en el cantón Rumiñahui permitirá establecer de forma efectiva las relaciones sobre las conductas de manejo con base a ciclos de conducción, con la cual se podría determinar el comportamiento de los conductores en las principales rutas de conducción en horas pico desde y hacia el Cantón Rumiñahui. Adicionalmente, también se podría determinar las rutas de segundo orden y en carretera que los conductores prefieren tomar para acortar tiempos de conducción hacia sus respectivos destinos.

Resulta crucial examinar el comportamiento de los conductores en vías principales ya que gran parte de las personas utilizan las mismas para realizar sus viajes cotidianos ya sea por facilidad o por temas de distancias, entonces el análisis de ciclos de conducción en las vías

principales nos reflejara parámetros de conducción como velocidades y aceleraciones mínimas y máximas entre otros, que describen el tipo de conducción que aplica cada conductor sobre la calzada a base de los viajes que realizan durante su jornada diaria de movilidad.

El comportamiento de los conductores desempeña un papel crucial en el análisis del patrón de manejo real ya que es un factor fundamental para el tema de concientización vial, como también emisiones contaminantes y es la razón por la cual se han realizado diferentes estudios donde existe un gran parque automotor como es el caso de Japón y el estudio de ciclos de conducción llamado JC08 o NEDC en el caso de Europa como también el análisis de ciclos FTP en América del Norte.

La realización del análisis de ciclos de conducción en el cantón Rumiñahui ayudará a entender el comportamiento de los conductores durante jornadas normales de movilidad como también el desempeño de los vehículos ya que los mismos están sometidos a diferentes parámetros de funcionamiento durante ciclos de conducción por lo que es importante analizar estos datos para la realización de una gráfica resultante donde los parámetros de velocidad, aceleración y tiempo son significantes para el presente proyecto.

Dentro del cantón Rumiñahui no se han realizado trabajos relacionados con el análisis ciclos de conducción y es importante la realización de este análisis ya que la movilidad dentro de dicho cantón es imprescindible ya que la población también va a seguir incrementando, el parque automotor también crece y muchas empresas, fabricas, negocios y viviendas abren sus patrimonios en el cantón Rumiñahui por lo que la movilidad es crucial para las personas que lo habitan o que se trasladan hacia el mismo.

Delimitación del problema.

Como se ha mencionado con anterioridad a principios de la década de los 60s, se han empezado a estandarizar varios tipos de estrategias para conseguir diseñar ciclos de conducción que surgieron como una necesidad para corroborar el cumplimiento de las normas de emisiones nocivas, en la actualidad se utilizan los ciclos de conducción para evaluar la conducta de los conductores en diferentes ciudades y urbes en la mayor parte del mundo. El análisis de ciclos de conducción busca beneficiar a los habitantes y conductores regulares que residan o circulen dentro del cantón Rumiñahui, ya que a partir del análisis del

presente proyecto se determinara algunas características principales obtenidas por el ciclo de conducción, como por ejemplo el consumo energético y se determina el rendimiento de los vehículos para que los conductores puedan optar por un vehículo adecuados a sus patrones de conducción, por otra parte las entidades públicas encargadas de la movilidad del cantón Rumiñahui, ya que a base de datos obtenida a diferentes horas y con diferentes rutas se podrá determinar los sitios con más flujo vehicular y por ende con más contaminación por emisiones nocivas.

Los interesados en el tema como puede ser la comunidad estudiantil, puesto que con base al análisis del presente proyecto podrá desarrollar un nuevo estudio de ciclos de conducción a base de otra metodología como por ejemplo la simulación de Monte Carlo que quiere decir que es una técnica utilizada en la estadística y en la ingeniería para modelar sistemas complejos o aleatorios y analizar su comportamiento haciendo uso del registro de datos en los ciclos de conducción.

Objetivo General.

Analizar el ciclo de conducción en el cantón Rumiñahui.

Objetivos Específicos.

- Definir la estrategia para la determinación del ciclo de conducción adecuado que se aplicará en el estudio para el cantón Rumiñahui.
- Establecer rutas adecuadas para el muestreo del ciclo de conducción que abarquen las zonas de mayor tránsito vehicular dentro del cantón Rumiñahui.
- Realizar la instrumentación de los vehículos de prueba y toma de datos.
- Analizar los datos recogidos a partir del muestreo dentro del cantón Rumiñahui para la determinación del ciclo de conducción.

Marco teórico

Ciclos de conducción.

Son una herramienta de estudio en donde se obtienen datos de velocidad versus tiempo en un ciclo de conducción normal dentro de un distrito o ruta donde las variables dependientes del objetivo de las muestras es el conductor ya que la manera de conducir varía de persona en persona ya sea por la experticia o por razones de economía, comodidad o eficiencia. “Los ciclos de conducción describen a la perfección el comportamiento de los usuarios detrás del volante el vehículo, dentro de un distrito tanto como en zonas urbanas como interurbanas por medio del estudio de las muestras a distintas velocidades en un determinado tiempo”. (Astudillo Bravo , 2016). Estos valores que se obtienen con la experimentación de varios conductores podrán arrojar un ciclo de conducción combinado que se define para una zona en específico ya que independientemente del modo de conducción que se aplique a una misma ruta o varias, siempre habrá factores fijos como por ejemplo tráfico leve o fuerte en horas pico, desperfectos en la calzada o elementos de seguridad vial como por ejemplo semáforos o rompe velocidades.

El estudio de los datos obtenidos por las diferentes muestras dará como solución un gráfico que se obtendrá de los datos de la velocidad y el tiempo bajo estas condiciones se pueden determinar varios resultados que den solución a la gráfica de los ciclos de conducción tales como por ejemplo; Emisiones nocivas en horas pico, uso del carburante durante el trayecto de la ruta o la demanda de la población donde se aplique el análisis para la implementación de mejoras o ventajas en vehículos o alternativas para la aplicación de agilidad vial en ciertos casos.

Tipos de ciclos de conducción

Estos se llevan a cabo desde hace mucho tiempo en ciudades donde el campo automotor está ampliamente saturado para poder realizar estudios para homologación donde el tema central en este enfoque es la reducción de emisiones como lo ha venido haciendo la Sociedad en Europa, también el Organismo que Protege el Medio Ambiente en América del Norte como de igual manera varios gobiernos del mundo.

Dichas organizaciones son colaboradoras con empresas del campo automotriz y también asociaciones de la misma índole, como la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE), donde se han podido establecer varios procedimientos y pruebas para medir la cantidad de emisiones nocivas. “La velocidad en conjunto con la temperatura de funcionamiento del motor son elementos primordiales ya que los mismos determinaran el porcentaje de carburante combustionado, por lo tanto, las emisiones nocivas perjudiciales que producen como resultado” (Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaria , 2017).

Como se ha explicado anteriormente los ciclos de conducción se han estudiado hace mucho tiempo y se han ido desarrollando también, y se los puede estudiar como patrones de ciclos de conducción ya definidos y utilizar como fundamento para la investigación de un nuevo ciclo de conducción teniendo en cuenta factores como la dinámica y características que posee el vehículo y el modo de conducción de los usuarios, estos ciclos de conducción se los puede englobar a grandes rasgos en dos objetivos específicos teniendo en cuenta su objetivo principal de estudio:

- Para la determinación del desempeño energético de un vehículo.
- Para la representación de condiciones reales en un ciclo de conducción.

Ciclos de conducción y el desempeño energético

Estos ciclos de conducir se lo los realiza mayoritariamente para homologaciones de los automotores, donde se miden parámetros específicos con lo son el nivel de emisiones nocivas perjudiciales contaminantes, así como también la eficiencia específica del hidrocarburo.

Este estudio de ciclos de homologación se trata de simular ciclos de conducción reales, pero dentro de un laboratorio con instrumentos de medición específicos, donde los valores de velocidad y tiempo son requisitos para obtener la gráfica de patrones de conducción que se los crea mediante una combinación de velocidades distintas durante tiempos específicos, esta experimentación se la realiza sobre un banco dinamométrico de chasis.

Hoy en día se puede enumerar una gran variedad de periodos de conducción para la normalización y cada uno se caracteriza por que varían dependiendo de la región donde se haya aplicado el estudio, sobre todo en las regiones donde la producción de vehículos es

muy significativa. “Cada gran productor de vehículos ha desarrollado diferentes técnicas para realizar el análisis y la estimación del desempeño energético como también ambiental”. (Espimbera Morales, 2018)

Sucesivamente, se expondrán los ciclos de manejo ampliamente utilizados para estandarizar los automotores por entidades encargadas de fabricar vehículos:

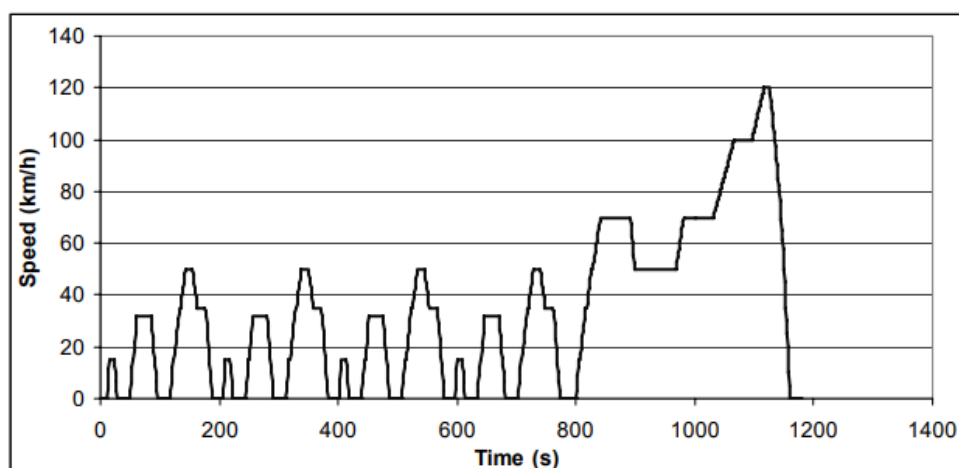
Ciclo de conducción implementado en Europa (NEDC)

Mejor conocido como “New European Driving Cycle NEDC” se desarrolló con el propósito de examinar los grados de emisiones nocivas generadas por los motores a combustión, análisis de consumo del carburante y en este ciclo de manejo no se incluye vehículos comerciales ni camiones ligeros.

Este ciclo de conducción se lo realiza sin tomar en cuenta el ciclo de ralentí del motor, el mismo que se pondrá el arranque en condiciones frías y las mediciones pertinentes se inicia de inmediato, esta ha sido una de las modificaciones más significativas que se han realizado a partir del año 2000 con la aplicación más presente de la inyección electrónica.

El procedimiento de ciclos de conducción a partir del arranque en condiciones frías modificadas se le ha denominado (NEDC) a parte esta estrategia normalizada se la utiliza para obtener valores de emisiones de CO₂. (Abdul Rahman y otros, 2015).

Figura 1: Ciclos de conducción EUROPEO.



Autores: (Barlow y otros, 2009).

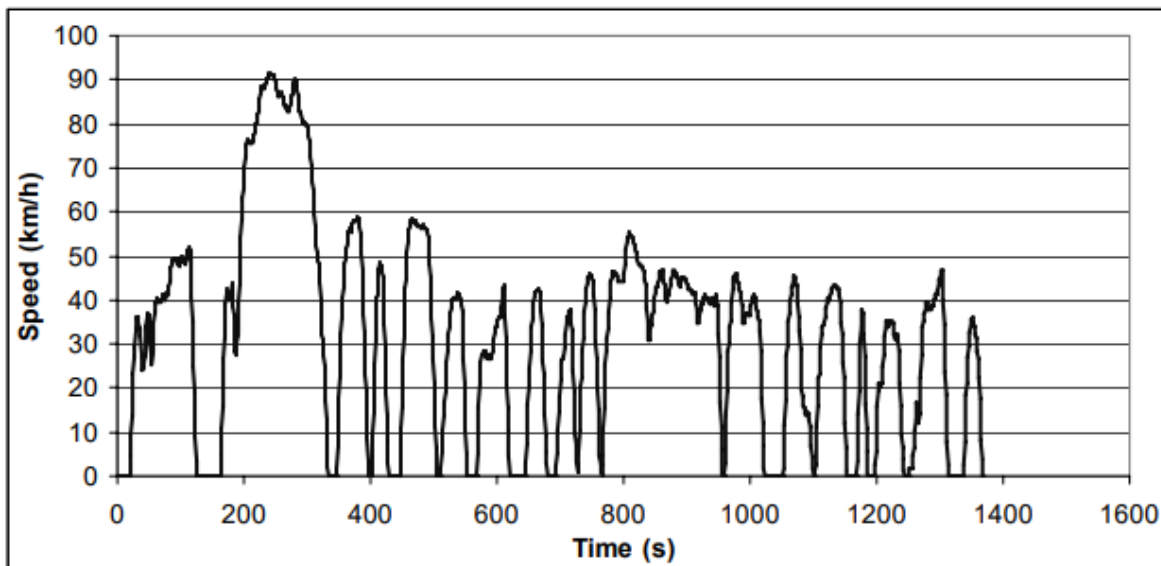
El Ciclo de conducción representativo FTP

El ciclo FTP (Federal Test Procedure) es utilizado en Estados Unidos para medir el rendimiento en el uso de combustible y las emisiones nocivas contaminantes en automotores ligeros (automóviles y camionetas) en condiciones de conducción simuladas en laboratorio. El ciclo FTP fue iniciado por la Institución gubernamental encargada de salvaguardar y conservar el entorno ambiental en América del Norte.

El ciclo FTP se compone de dos partes: el ciclo urbano y el ciclo en carretera. El ciclo urbano simula una conducción en ciudad con velocidades promedio de hasta 30 km/h. El ciclo en carretera simula una conducción en carretera con velocidades promedio de hasta 90 km/h (Pérez Llanos & Quito Sinchi, 2018).

Durante la prueba del ciclo FTP, se realizan pruebas que miden las emisiones nocivas después de la combustión del hidrocarburo del automotor de prueba, incluyendo emisiones nocivas al medio ambiente como el anhídrido carbónico (CO₂), hidrocarburos no combustionados (HC), anhídrido carbonoso (CO) y óxido de nítrico (NO_x) y también se mide la eficiencia en el consumo de combustible.

Figura 2: Patrones de conducción FTP.



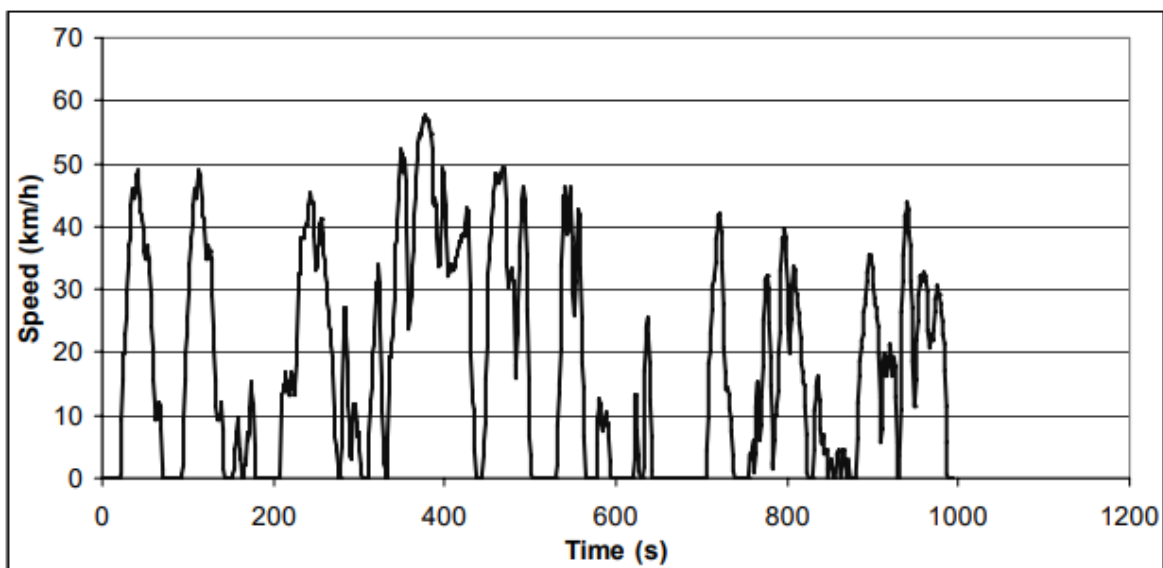
Autores: (Barlow y otros, 2009).

Patrón de conducción metodología ARTEMIS

El ciclo ARTEMIS "Advanced Regional Traffic Emissions Modeling and Inventory Study" este es utilizado para estimar las emisiones contaminantes de los automotores durante condiciones de conducción realistas. Fue desarrollado por la (EPA) en los Estados Unidos como parte de un esfuerzo ya que mejora la precisión de las estimaciones de emisiones de vehículos.

Este ciclo de conducción incluye distintas condiciones de manejo, comúnmente la conducción urbana, en carretera y en autopista. También tiene en cuenta factores como la aceleración, la desaceleración, la velocidad promedio y la duración del viaje. Este ciclo también ayuda a los fabricantes de automóviles y a los reguladores para el desarrollo eficiente de los automotores y una mayor gestión de las emisiones nocivas contaminantes. El ciclo de conducción ARTEMIS ha sido utilizado en diferentes sitios alrededor del mundo como una herramienta para evaluar y comparar las emisiones de vehículos. (González, 2005).

Figura 3: Ciclo de conducción ARTEMIS.



Autores: (Barlow y otros, 2009).

Patrón de conducción japonés JC08

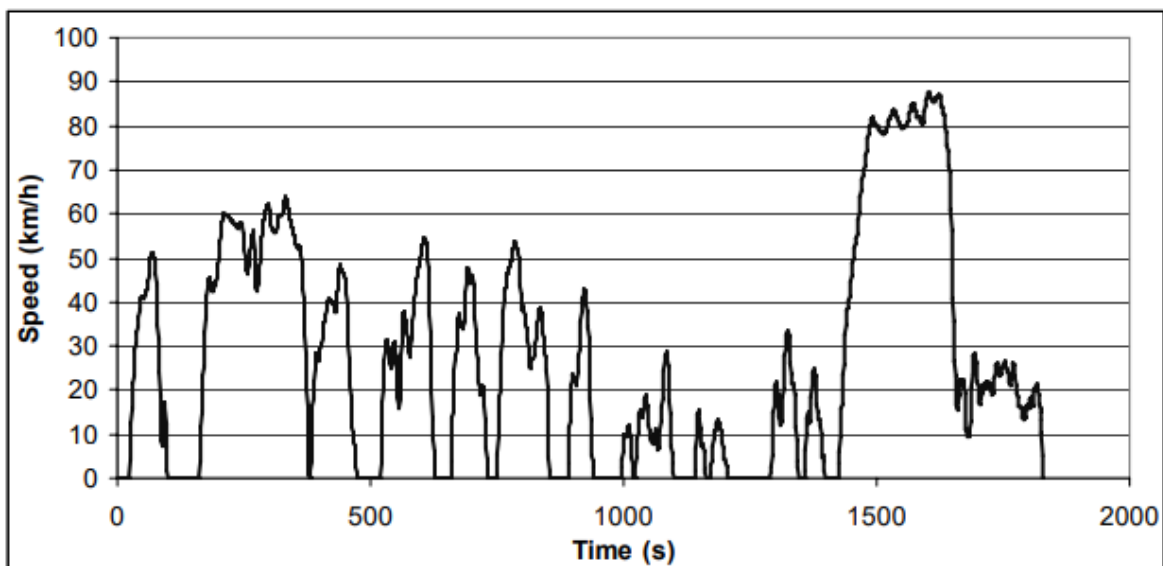
El ciclo JC08 ha sido estandarizado para medir consumo de combustibles como también las emisiones nocivas de los vehículos en Japón. Este ciclo de conducción es conocido como JC08, que significa "Japanese Cycle 2008", y se ha utilizado desde 2008.

El ciclo de conducción japonés JC08 consta de cuatro etapas diferentes: la primera etapa de arranque, aceleración, desaceleración y una etapa de cruce constante. Durante cada fase, se establecerán límites de velocidad y se simularán diferentes condiciones de conducción, incluyendo la conducción urbana y en carretera.

El ciclo de conducción japonés JC08 se ha desarrollado para mostrar con mayor exactitud los entornos de manejo japones que el patrón de conducción europeo (Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaria , 2017).

En 2016, el gobierno japonés convirtió un nuevo ciclo de conducción llamado JC08 Mode-2, que se considera más realista y refleja mejor las condiciones de conducción reales. Además, Japón también ha adoptado el ciclo de prueba utilizado en la organización Europa, para armonizar los estándares de prueba de emisiones contaminantes como también el consumo de hidrocarburos aplicable para todo el mundo.

Figura 4: Ciclo de conducción Japonés JC08.



Autores: (Barlow y otros, 2009).

Ciclo de conducción WLTP

El "Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure" (WLTP) es un ciclo de pruebas estandarizado utilizado a nivel global para valorar las emisiones nocivas contaminantes de los vehículos como también el consumo de carburante en los automotores a escala global. Fue desarrollado por la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas y se utiliza para la homologación de los automotores. (Montufar Paz y otros, 2021).

El patrón de manejo WLTP consta de cuatro fases diferentes: una fase de baja velocidad, media velocidad, alta velocidad y una de extra alta velocidad. Durante cada fase, se establecerán límites de velocidad y se simularán diferentes condiciones de conducción, incluyendo la conducción urbana y en carretera.

El ciclo de conducción WLTP es realista y se refleja mejor las condiciones de conducción reales que los ciclos de prueba anteriores, como por ejemplo el ciclo NEDC. Además, se ha desarrollado para ser más riguroso, incluyendo la aceleración más rápida y las velocidades más altas. Los resultados del ciclo de conducción WLTP se utilizan para evaluar y comparar las emisiones de anhídrido carbónico (CO₂) como también la eficiencia de carburante en los automotores, y son importantes para regular las emisiones contaminantes en los vehículos y la reducción de estas.

CAPÍTULO 1

ESTRATEGIA PARA LA DETERMINACIÓN DEL CICLO DE CONDUCCIÓN

Existen estudios previos sobre los patrones de manejo, realizados en el Distrito Metropolitano de Quito ubicado en la provincia de Pichincha-Ecuador, Se propuso como meta la creación de un enfoque para examinar las emisiones perjudiciales contaminantes de NO_x, HC, CO₂ y CO, así como el consumo de carburante durante la operación que se origina del parque automotor en el área metropolitana de Quito. El estudio realizado llegó a concluir que el consumo en la ciudad es mayor a 11.30 L/100 Km, en contraste al patrón de conducción combinada 9.80 L/100 Km y en autopista 7.53 L/100 Km, con un total de 72 viajes, un recorrido de 1325.84km y 59 horas de manejo. (Molina Puma, 2006).

En otro estudio, los patrones de conducción en la localidad de Santo Domingo, el estudio realizado de los patrones de conducción mediante una metodología determinada como Micro – Trip con el cual construyeron los ciclos de conducción con rutas trazadas para determinar los parámetros característicos en la ciudad de Santo Domingo de la República Ecuador. El análisis desarrollado en la localidad determinó que el método utilizado evalúa patrones de manejo y es importante utilizar una muestra más amplia para obtener una mayor confiabilidad de datos.

Otro estudio realizado, en la provincia de Cuenca, la campaña de muestreo se realizó por el método directo que consta en realizar un manejo convencional utilizando el enfoque del vehículo libre en las redes de vías de tránsito en la Ciudad, lo que mostrará el comportamiento real de los conductores al enfrentarse al tráfico urbano. Se recopilaron varios parámetros, como tiempo, velocidad y posición, durante un total de 1242 km recorridos en 38.9 horas de conducción. Utilizando estos parámetros, se realizó una comparación con los ciclos desarrollados en los Estados Unidos (FTP 72 y FTP 75) como también los ciclos desarrollados en Europa (ECE + EUDC 15 y NEDEC), descubriendo similitudes en todos los aspectos medidos.

1.1. Metodología para adquirir patrones de manejo

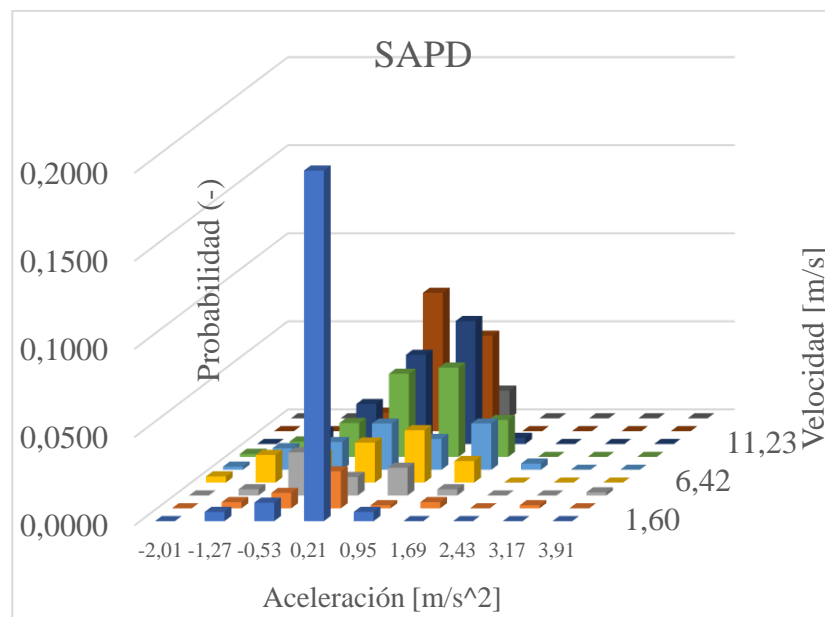
Para la recopilación de patrones de manejo existen varios métodos para poder aplicar y llegar a gráficos específicos que expliquen parámetros característicos que se obtienen por los patrones de conducción, por lo tanto, posteriormente se presentan procedimientos habituales para alcanzar dicho objetivo, haciendo énfasis en la estrategia de Micro-Trips.

1.1.1. Estrategia SAPD “Speed Acceleration Probability Distribution”

La estrategia SAPD es una herramienta que representa el comportamiento de conducción a base de datos recogidos durante un periodo de tiempo, “El SAPD representa la posibilidad de que ciertos datos capturados durante la conducción ocurran dentro de rangos específicos de aceleración y velocidad” (Navarro Quintero & Garcia Jaimes , 2021). En la figura 5 se puede observar un ejemplo del análisis estadístico que se utiliza comúnmente para poder medir la magnitud y la frecuencia de las variaciones de los parámetros característicos de velocidad y aceleración de un vehículo.

La grafica de SAPD muestra una gráfica de distribución de la velocidad contra la aceleración de un vehículo durante un recorrido cotidiano.

Figura 5: Distribución de probabilidades de velocidad y aceleración de un viaje dentro del Cantón Rumiñahui.



Autores: D. Chicaiza, S. Duchi

Este análisis se utiliza para poder realizar una evaluación de gases emitidos después de la combustión de los vehículos donde el mismo es sometido a ciclos cotidianos de conducción donde las paradas y arranques son datos fundamentales para el estudio de SAPD un ejemplo de esta estrategia es en los estudios sobre ciclos de manejo NEDC o el ciclo FTP mencionados anteriormente.

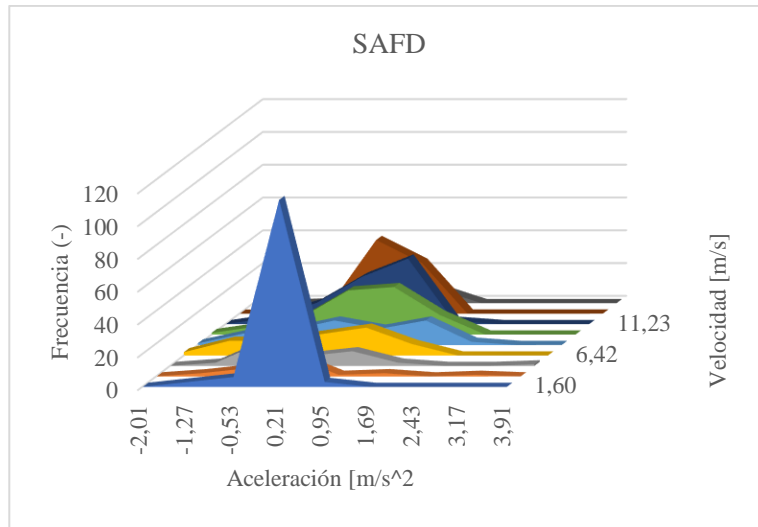
La distribución de la aceleración y velocidad resultante en un gráfico se utiliza para evaluar además la eficacia de los sistemas de regularización de emisiones nocivas de los automotores de prueba en circunstancias típicas de trabajo en la conducción urbana como en carretera.

1.1.2. Estrategia SAFD “Speed Acceleration Frequency Distribution”

La estrategia SAFD como su nombre lo indica describe un patrón de conducción con diagramas de frecuencia de velocidad y aceleración con la finalidad de poder validar el diseño de ciclos de manejo.

Se trata de una metodología para examinar información de manera precisa y sistemática “Por medio de la probabilidad o la frecuencia en que los datos obtenidos por la conducción sucedan sobre la aceleración y la velocidad” (Molina Martinez & Acuña Olivar, 2022). Donde se utiliza estudios de aceleración y desaceleración de vehículos bajo condiciones normales de trabajo en rutas cotidianas de la urbe o carretera, estos datos se recogen por un periodo determinado de tiempo para la veracidad de las gráficas SAFD, en la figura 6 se puede apreciarla representación gráfica de la distribución de frecuencias, las velocidades y aceleración de un viaje de prueba.

Figura 6: Diagrama de frecuencias de velocidad y aceleración de un viaje dentro del Cantón Rumiñahui.



Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

La estrategia SAFD proporciona información sobre frecuencia y magnitud de los cambios de velocidad y aceleración, este análisis también es usado para evaluar rendimiento de combustible de los vehículos de prueba.

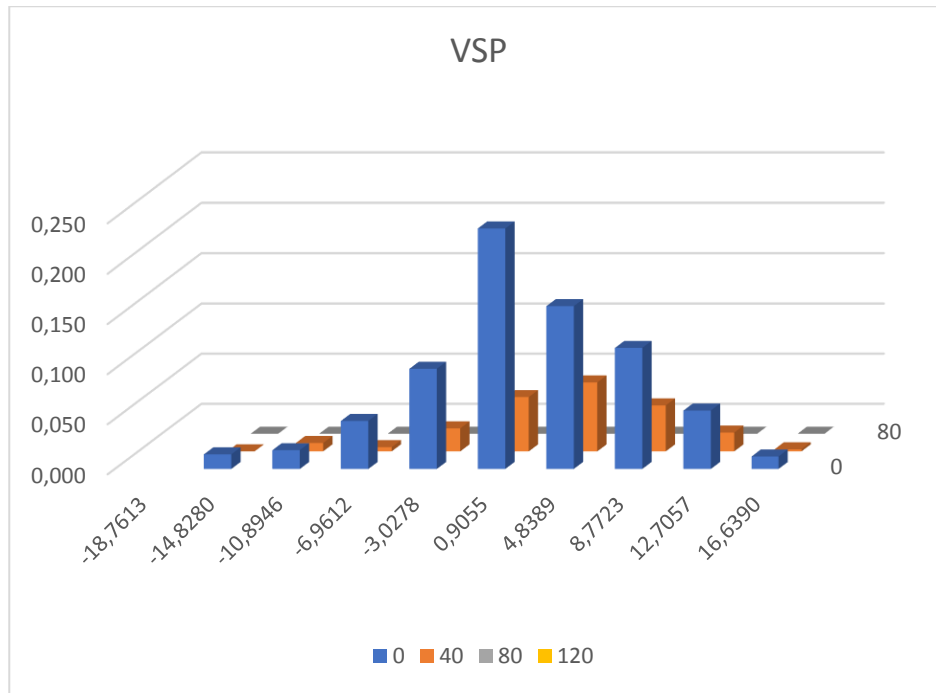
El gráfico o diagrama SAFD muestra un patrón de conducción de una urbe o carretera donde la distribución de la gráfica se verá afectada directamente por la frecuencia de las velocidades donde a su vez e indirectamente asemeja a la red de carreteras y el impacto de flujo de tráfico en el área analizada y la implementación del SAFD.

1.1.3. Estrategia VSP “Vehicle specific power”

La estrategia VSP del automotor se determina como la potencia inmediata sobre la masa total del automóvil. Se expresa mediante la relación entre la potencia y la masa del objeto. “La potencia en tiempo real producida por el motor a combustión se emplea para superar tanto la fuerza de resistencia en la superficie de la calzada como también la resistencia del aire al que está sometido el automotor en condiciones de funcionamiento para aumentar las energías cinética y potencial de este”. (Navarro Quintero & Garcia Jaimes , 2021).

En la figura 7 se ha realizado la aplicación de la metodología VSP para en recorrido habitual de un conductor en una ruta de la red vial del Cantón Rumiñahui donde se puede denotar una distribución de velocidades de 0 a 80 [km/h] en donde la mayor distribución de datos se encuentra alojada entre los 0-40 [km/h].

Figura 7: Potencia específica del vehículo (VSP) de un viaje dentro del Cantón Rumiñahui.



Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Esta potencia se calcula multiplicando la velocidad por una aceleración equivalente que tiene en cuenta el ángulo de inclinación de la calzada, la fuerza de fricción en la superficie de rodadura, junto con un factor asociado a la resistencia de aire, el cual aumenta de manera proporcional al cubo de la velocidad actual.

Formula:

$$VSP = v * [\alpha * (1 + \epsilon_i) + g * pendiente + g * C_R] + \frac{1}{2} P_a \frac{C_{D \cdot A}}{m} (v + v_w)^2 * v \quad (1)$$

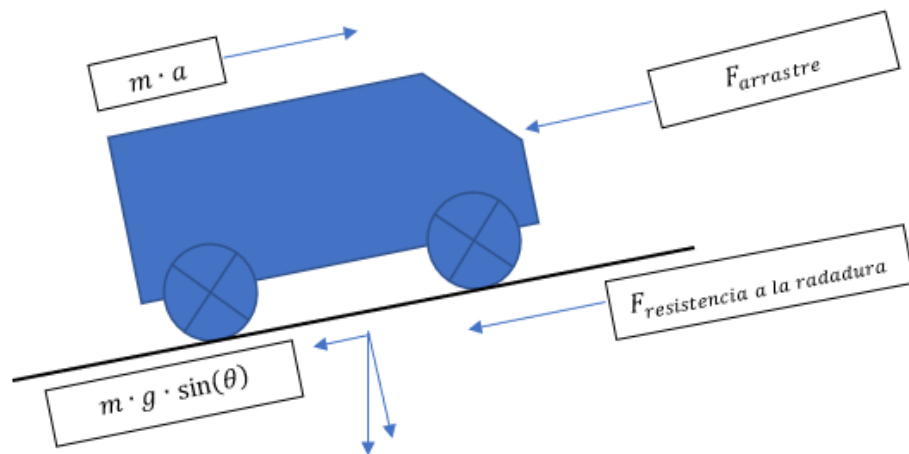
Donde:

- v = velocidad instantánea de la marcha del automotor.

- a = aceleración instantánea del automotor.
- m = masa completa del automóvil.
- ϵ_i = masa de traslación equivalente.
- h = altura del vehículo.
- g = gravedad.
- C_R = fricción al desplazamiento.
- C_D = coeficiente de resistencia al flujo de aire.
- Pendiente.
- V_w = velocidad del viento monitoreado m/s .
- A = área frontal del automóvil.
- P_a = masa volumétrica del aire.

A partir del estudio de la dinámica del automóvil, se puede explicar la ecuación mencionada previamente, Tomando en cuenta que la potencia se establece como el producto de la velocidad por la fuerza. Además, el VSP (potencia específica del vehículo) se define como la relación del cociente entre potencia específica por masa. Se presenta a continuación, en la figura 8 el esquema de cuerpo libre de un automotor con el fin de tener una mejor visualización de las fuerzas que inciden sobre él. (Navarro Quintero & Garcia Jaimes , 2021).

Figura 8: D.C.L. de las fuerzas dinámicas sobre un vehículo.



Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

$$VSP = \frac{Potencia}{masa} \left[\frac{Kw}{t} \right] \quad (2)$$

Donde:

$$Potencia = F_x \cdot v \quad (3)$$

Entonces:

$$F_x = F_D + R_x + R_g + R_i \quad (4)$$

Tabla 1: Ecuaciones precursoras VSP.

Descripción	Ecuación	eq
Resistencia inercia	$R_i = m \cdot a$	(5)
Resistencia pendiente	$R_g = m \cdot g \cdot \text{sen}(\theta)$	(6)
Resistencia rodadura	$R_x = m \cdot g \cdot C_R \cdot \text{cos}(\theta)$	(7)
Fuerza de arrastre	$F_d = F_d + R_x + R_g + R_i$	(8)
Fuerza rodadura	$F_x = \frac{1}{2} C_D \cdot A \cdot \rho \cdot v^2 + m \cdot g \cdot C_R \cdot \text{cos}(\theta) + m \cdot g \cdot \text{sen}(\theta) + m \cdot a$	(9)
Potencia rueda	$P_x = m \cdot a \cdot v + m \cdot g \cdot v (C_R \cdot \text{cos}(\theta) + \text{sen}(\theta)) + \left(\frac{1}{2} C_D \cdot A \cdot \rho_a \cdot v^2 \right) \cdot v$	(10)
	$VSP = a \cdot v + g \cdot v (\text{sen}(\theta) + C_R \text{cos}(\theta)) + \frac{1}{2} P_a \cdot \frac{C_D \cdot A}{m} \cdot v^3 \left[\frac{kw}{t} \right]$	(11)

Autores: (Navarro Quintero & Garcia Jaimes , 2021).

1.1.4. Estrategia de Micro – Trip

Los Micro-Trips o micro viajes en el diseño de patrones de conducción hace referencia a generar trayectos cortos y repetitivos que son efectuados para analizar y optimizar el desempeño de los vehículos con respecto a su consumo de combustible, emisiones y su eficiencia energética. Los Micro-Trips son recorridos específicos diseñados para simular condiciones de conducción típicas durante un tiempo determinado. En la figura 9 se puede apreciar el patrón de conducción de un viaje realizado en Cantón Rumiñahui donde se puede denotar la dispersión de velocidades en un segmento de tiempo de 1200 segundos donde la velocidad máxima para este patrón es de 68 [km/h].

Figura 9 Gráfica del ciclo de conducción mediante Micro-Trips de un viaje dentro del Cantón Rumiñahui.



Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Se crea Micro-Trips para simular condiciones de conducción urbana, carretera o autopista, con diferentes parámetros característicos (CP) como la velocidad, aceleración, desaceleración, aceleración general, tiempo en ralentí. Las características de los viajes cortos es que permiten recolectar información pertinente en un periodo de tiempo más corto y controlado, lo que facilita el estudio y el contraste de los datos almacenados.

1.2. Parámetros característicos

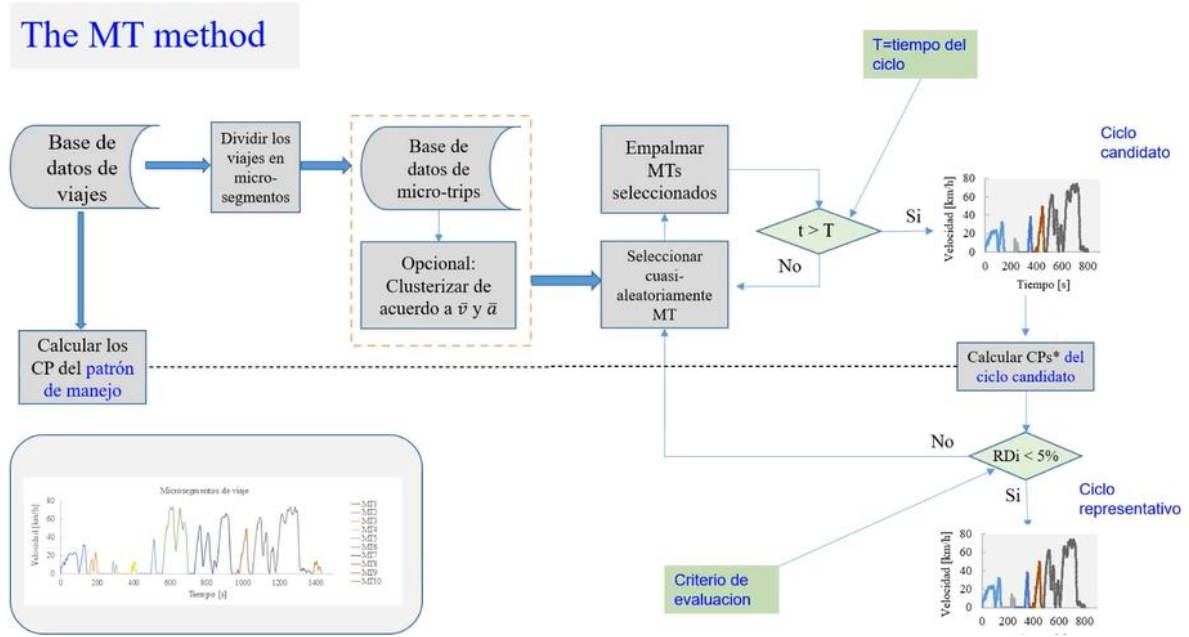
1.2.1. Selección de parámetros característicos para el diseño del patrón de manejo

Es importante considerar que, para obtener una gráfica de ciclos de conducción confiable, se requiera de varios parámetros característicos o Cp's y tomando en cuenta estudios previos y mencionados anteriormente se muestra en el siguiente subtema, con los Cp's seleccionados para el presente proyecto, cada parámetro se explica con su correspondiente ecuación.

Los parámetros característicos son medidas estadísticamente analizadas y basadas en los datos de tiempo y velocidad donde se obtendrá un patrón de conducción de donde se aplique el análisis como de igual manera los gráficos de SAFD, SAPD, VSP ya mencionados anteriormente.

Para la selección de Cp's se ha tomado en cuenta un algoritmo expresado a continuación en la figura 10 que permite la correcta utilización de los antecedentes obtenidos para el diseño del patrón de manejo debido a que es imprescindible seguir un orden para poder ser eficientes en cuanto a la segmentación de los antecedentes recolectados por la campaña de muestreo en los registros. “Aunque no se establece de manera explícita, los patrones de conducción se describen también como un conjunto de parámetros característicos que también se los conoce como valores de rendimiento” (Huertas y otros, 2019). Por lo tanto, la selección de parámetros característicos de manera ordenada es crucial para el correcto planteamiento de los ciclos de manejo.

Figura 10: Algoritmo para construir ciclos de conducción por estrategia Micro-Trips.



Fuente: (Huertas y otros, 2019).

1.2.2. Ecuaciones precursoras para la obtención de los parámetros característicos

Es importante mencionar el fundamento matemático para entender de donde y como se calculan los CP. Para la obtención de los trayectos de manejo por lo cual en la tabla 2 se enumeran los más fundamentales para el desarrollo del patrón de conducción en el Cantón Rumiñahui, entendiendo el fundamento teórico de los mismos se puede comprender la aplicabilidad dentro del proceso de establecimiento del ciclo y la confianza de la gráfica representativa.

Tabla 2: Lista de Parámetros Característicos determinados.

CP	Descripción	Ecuación	Ec
Distancia	Distancia total	$d = (t_2 - t_1) \frac{v_1}{3,6} + \sum_{i=2}^n (t_i - t_{i-1}) \frac{v_1}{3,6}$	(12)
Tiempo	Tiempo total	$T_{total} = t_2 - t_1 + \sum_{i=2}^n (t_i - t_{i-1})$	(13)
	Tiempo en crucero	$T_{crucero} = T_{total} - T_{acc} - T_{des} - T_{det}$	(14)
	Tiempo de aceleración	$T_{acc} = \begin{cases} t_2 - t_1 (a_1 > acc_límite) \\ 0 & (else) \end{cases} + \sum_{i=2}^n \left\{ \begin{matrix} t_i - t_{i-1} (a_1 > acc_límite) \\ 0 & (else) \end{matrix} \right\}$	(15)
	Tiempo de desaceleración	$T_{des} = \begin{cases} t_2 - t_1 (a_1 < acc_límite) \\ 0 & (else) \end{cases} + \sum_{i=2}^n \left\{ \begin{matrix} t_i - t_{i-1} (a_1 < acc_límite) \\ 0 & (else) \end{matrix} \right\}$	(16)

	Tiempo detenido	$T_{det} = \left\{ \begin{array}{l} t_2 - t_1 (v_1 = 0 \wedge a_1 = 0) \\ 0 \quad (else) \end{array} \right\} + \sum_{i=z}^n \left\{ \begin{array}{l} t_i - t_{i-1} (v_1 = 0 \wedge a_1 = 0) \\ 0 \quad (else) \end{array} \right\}$	(17)
	% Tiempo crucero	$\%crucero = 100 - T_{acc} - T_{des} - T_{det}$	(18)
	% Tiempo aceleración	$\%aceleración = \frac{T_{acc}}{T_{total}} \times 100$	(19)
	% Tiempo desaceleración	$\%desaceleración = \frac{T_{des}}{T_{total}} \times 100$	(20)
	% Tiempo ralenti	$\%ralenti = \frac{T_{det}}{T_{total}} \times 100$	(21)
Velocidad	Media de velocidad	$V_{prom} = \frac{d}{T_{total}}$	(22)
	Desviación estándar de la velocidad	$\sigma_v = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n v_i^2}$	(23)
Aceleración	Aceleración promedio	$ac_{prom} = \left(\sum_{i=1}^n \left\{ \begin{array}{l} 1(a_1 > 0) \\ 0 \quad (else) \end{array} \right\} \right)^{-1} \sum_{i=1}^n \left\{ \begin{array}{l} 1(a_1 > 0) \\ 0 \quad (else) \end{array} \right\}$	(24)
	Desaceleración media	$\sigma_{des} = \sqrt{\frac{1}{n_{acc}-1} \sum_{i=1}^n \left\{ \begin{array}{l} a_i^2 (a_1 > 0) \\ 0 \quad (else) \end{array} \right\}}, \text{ donde } n_{acc} = \sum_{i=1}^n \left\{ \begin{array}{l} 1(a_1 > 0) \\ 0 \quad (else) \end{array} \right\}$	(25)
	Dispersión de la aceleración	$acc_{prom} = \left(\sum_{i=1}^n \left\{ \begin{array}{l} 1(a_1 < 0) \\ 0 \quad (else) \end{array} \right\} \right)^{-1} \sum_{i=1}^n \left\{ \begin{array}{l} 1(a_1 < 0) \\ 0 \quad (else) \end{array} \right\}$	(26)
	Conteo de aceleraciones	$acc_n = \sum_{i=1}^n \left\{ \begin{array}{l} 1(a_i > acc_{límite}^{a_{i-1}} \leq acc_{límite}) \\ 0 \quad (else) \end{array} \right\}$	(27)
Dinámicas	Energía cinética positiva	$PKE = \frac{1}{d} \sum_{i=2}^n \left\{ \begin{array}{l} v_i^2 - v_{i-1}^2 (v_1 > v_{i-1}) \\ 0 \quad (else) \end{array} \right\}$	(28)
	Potencia específica del vehículo	$VSP = \sum_{i=1}^n v_i (1,1 \times a_i + 9,81 + 0,132) + 3,02 \times 10^{-4} (v_i + v_w)^2 v_i$	(29)
Consumo de combustible	Consumo específico de combustible	$SFC = \frac{\sum_i IFC_i}{d}$	(30)

Autores: (Barlow y otros, 2009).

1.3. Estilos de conducción

Los estilos de manejo se caracterizan por forma que un automovilista controla y dirige un automotor en la red vial de un lugar en específico. Consiste en una combinación de hábitos, comportamientos y actitudes que determinan la forma en que se realiza la operación del automóvil. Los diferentes estilos de manejo de una persona pueden tener un impacto en la seguridad, la eficiencia y la experiencia general de conducir.

El estilo de conducción abarca varios aspectos, como la velocidad a la que se conduce, la forma en que se acelera y se frena, la manera en que se toman las curvas, la distancia que se conserva con otros automóviles, el uso adecuado de las señales de giro y los espejos retrovisores, así como el respeto a las normas de tránsito.

Cada conductor puede tener un estilo de conducción único, el cual puede estar influenciado por diversos factores, como la personalidad, la experiencia al volante, el entorno vial en el que se conduce y las preferencias individuales. Varios automovilistas pueden adoptar un modo de manejo más intenso y arriesgado, mientras que otros pueden preferir un enfoque más cauteloso y defensivo.

1.3.1. La conducción Riesgosa

La conducción riesgosa es un comportamiento imprudente y peligroso al volante que compromete la seguridad de los conductores, transeúntes, ocupantes, entre otros que hacen uso de las vías públicas.

Incluye acciones temerarias como el exceso del límite velocidad estipulada por la entidad de tránsito, la conducción bajo los efectos de sustancias estupefacientes, el uso irresponsable del teléfono móvil, el no cumplimiento de las normas de legislativas de tránsito aumenta la probabilidad de accidentes y lesiones graves, comprender las causas y consecuencias de este comportamiento es fundamental.

1.3.2. La conducción Agresiva

La conducción agresiva se caracteriza por comportamientos hostiles y temerarios al volante, que representan un riesgo para la seguridad vial. Incluye acciones como adelantar de forma imprudente, cambiar de carril bruscamente sin señalizar, acosar a otros

conductores, sobrepasar el límite máximo de velocidad y desobedecer la normativa de tránsito. Esta forma de conducción crea un ambiente peligroso en las vías, aumentando la probabilidad de accidentes graves y poniendo en peligro a conductores, pasajeros y peatones. Además, afecta negativamente la convivencia vial, generando tensiones y conflictos entre los usuarios de la carretera.

Es esencial abordar este problema mediante educación vial, concientización y la aplicación de sanciones apropiadas, con el objetivo de promover una conducción responsable, segura y respetuosa.

1.3.3. La conducción Ansiosa

La conducción ansiosa se refiere a un estado emocional y mental en el cual el conductor experimenta altos niveles de ansiedad, tensión y estrés mientras está conduciendo. Este tipo de conducción se caracteriza por una preocupación excesiva, una constante anticipación de peligros y dificultad para relajarse y concentrarse en la tarea de conducir.

Los conductores ansiosos pueden exhibir comportamientos como frenar bruscamente, mantener distancias excesivas, evitar ciertas situaciones de tráfico o reaccionar de manera exagerada ante estímulos inofensivos.

La conducción ansiosa puede ser perjudicial, ya que afecta negativamente la capacidad de reaccionar ante una eventualidad en la ruta, aumentando así el riesgo de accidentes.

1.3.4. La conducción Inatenta

La conducción inatenta es cuando el conductor no presta suficiente atención a la carretera y se distrae con otras actividades o estímulos. Se caracteriza por la falta de atención en la conducción, lo que puede resultar en respuestas tardías o inadecuadas ante situaciones imprevistas.

Los conductores inatentos tienden a participar en acciones como el uso del teléfono móvil, comer, maquillarse, manipular dispositivos electrónicos u otras actividades que desvían su atención de la conducción.

La conducción inatenta representa un gran riesgo, ya que atenúa la facultad de reacción y intensifica la eventualidad de accidentes. Es importante abordar este problema a través de la

concienciación sobre los peligros de la conducción distraída, fomentando conductas responsables y estableciendo regulaciones que prohíban o limiten las distracciones al volante.

CAPÍTULO 2

PLANTEAMIENTO DE RUTAS ADECUADAS PARA LA CAMPAÑA DE MUESTREO

El planteamiento y la delimitación del área de estudio es imprescindible para el estudio del ciclo de manejo representativo considerando especialmente las características geográficas, el estado de las vías y el tráfico habitual del Cantón Rumiñahui, para lo cual se ha investigado el mapeo oficial de dicho cantón otorgado por las autoridades siendo la última actualización el año 2023 por la emergencia de una posible erupción del volcán Cotopaxi.

También se explicará la metodología que se aplicó en el proceso de investigación de la delimitación del Cantón Rumiñahui, la campaña de muestreo y el posterior análisis de los resultados.

2.1. Metodología de la investigación

La metodología de la investigación que se utilizó en el presente proyecto técnico para la determinación de las rutas se utilizó una metodología descriptiva ya que a base de la delimitación del Cantón Rumiñahui presentados a continuación en este capítulo se obtiene una visión general y una comprensión de la red vial, además en el apartado 2.1.3. se utiliza una metodología explicativa ya que con base a la tabla propuesta en la tabla 5 se expone una serie de parámetros fundamentados en la normativa euro 6.

Para la campaña de muestreo se utilizó una metodología experimental ya que se empleó con el propósito de establecer relaciones de causa y efecto entre las variables de las muestras de velocidad, aceleración y tiempo.

Para el análisis de datos y la construcción del ciclo de conducción se utilizó una metodología cuantitativa ya que esta herramienta permite obtener resultados medibles y generalizables para establecer las graficas pertinentes para el presente proyecto técnico.

2.2. Área limítrofe del Cantón Rumiñahui

El área limítrofe del Cantón Rumiñahui se conforma oficialmente por seis parroquias que en su totalidad suma un área de 139.28 Km² en la tabla 2. Se especifica la extensión de

cada parroquia, su ubicación se encuentra al sureste de la provincia de la capital ecuatoriana donde alrededor de 106548 personas habitan dicho cantón.

Tabla 3: Delimitación Cantón Rumiñahui.

Parroquia	Extensión [Km ²]
Sangolquí	50.42
Rumipamba	42.25
Cotogchoa	35,35
San Rafael	2,54
San Pedro de Taboada	5,10
Fajardo	3,6
Total	139.28

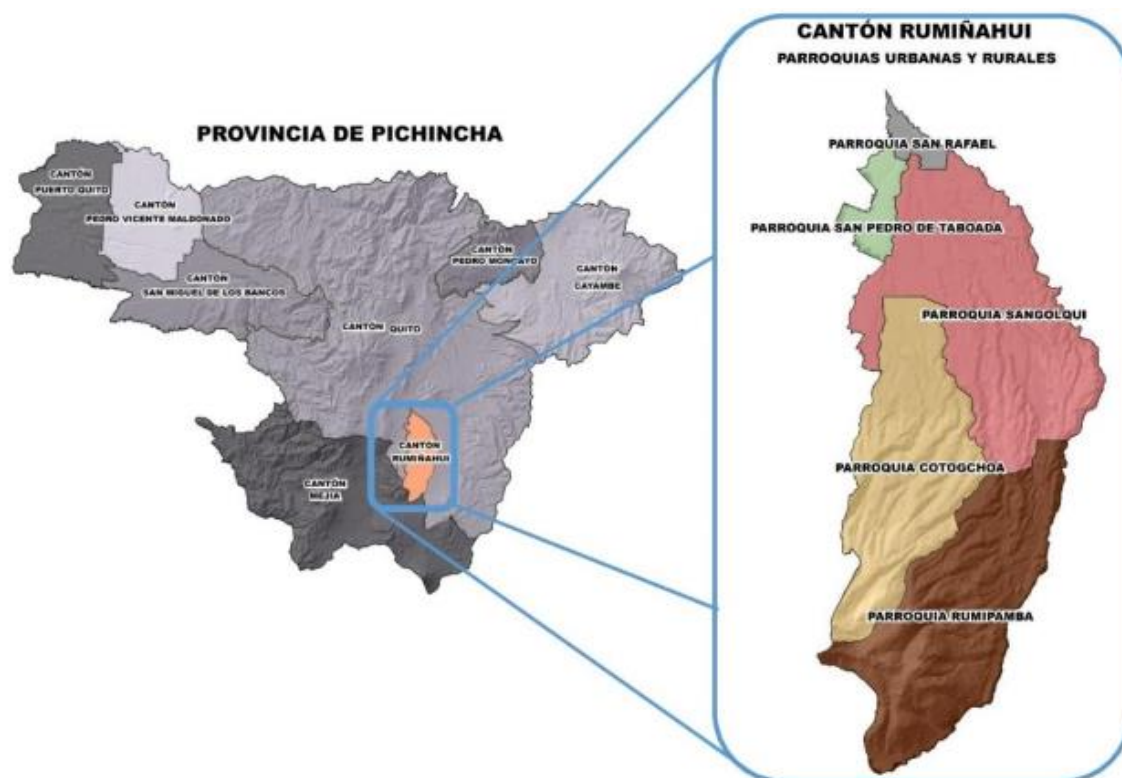
Fuente: Municipio de Rumiñahui.

La extensión del Cantón Rumiñahui se constituyó el 31 de mayo de 1938 cambiando su categoría a Cantón propiamente dicho mediante el Decreto N. 169. “Uno de los 8 cantones que abarca la provincia de Pichincha es Rumiñahui situada en la parte septentrional del país.” (Jumbo Cruz , 2018).

2.1.1. Delimitación del Cantón Rumiñahui

El Distrito de Rumiñahui se delimita por ocho sectores colindantes siendo los mismos dos cantones, dos parroquias, tres ríos y un cerro propiamente nombrados en la tabla 3.

Figura 11: Cantón Rumiñahui.



Fuente: <https://ruminahui.gob.ec/ruminahui/>.

Tabla 4: Límites Cantón Rumiñahui.

Norte	Sur	Este	Oeste
Río San Pedro	Cerro Pasochoa	Parroquias de Pintag y Alangasi	Río San Pedro
Distrito Metropolitano de Quito	Cantón Mejía	Río Pita	Parroquias de Conocoto y Amaguaña

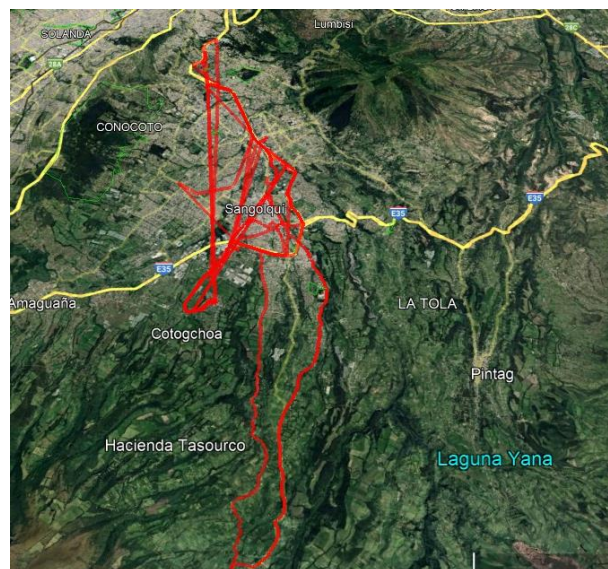
Fuente: <https://ruminahui.gob.ec/ruminahui/>

2.1.2. Red vial del Cantón Rumiñahui

La red vial del Cantón Rumiñahui se conforma con una red vial urbana y rural que conectan las seis parroquias en su interior y por donde circulan miles de transeúntes sea en vehículos privados como también público y es por ello el fin de nuestra investigación para el análisis de los ciclos de conducción del mencionado cantón.

A continuación, en el gráfico 12, se muestra la red vial principal del cantón Rumiñahui de cuáles han sido fundamentales y se han tomado en cuenta para la campaña de muestreo para la construcción de las gráficas representativas y mostradas en el capítulo 4 del presente documento.

Figura 12: Mapeo Rutas en el Cantón Rumiñahui.



Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

2.1.3. Método para la selección de rutas

En la tabla 4 se ha tomado en cuenta los requerimientos para realizar la toma de datos dentro del cantón Rumiñahui para el análisis de ciclos de conducción. “El enfoque ha sido formulado por la entidad holandesa dedicada a la Investigación Científica (TNO) para acatar las regulaciones euro 6 con fundamento a las Emisiones bajo parámetros de conducción real (RDE)”. (Hooftman y otros, 2018).

Tabla 5: Características de viaje.

Características de Viaje		
Velocidad Promedio	Urbana	15 a 40 km/h
	Rural	60 a 90 km/h
	Autopista	> 90 km/h
Distancia	Urbana	> 16 km
	Rural	> 16 km
	Autopista	> 16 km
Composición de Viaje	Urbana	29% - 44% del total de distancia
	Rural	23% - 43% del total de distancia
	Autopista	23% - 43% del total de distancia
Duración Total de Viajes		90 - 120 minutos

Fuente: (Hooftman y otros, 2018).

La tabla anteriormente mostrada ha servido como referencia para la campaña de muestreo en el presente proyecto técnico para poder obtener la gráfica del ciclo representativo del cantón Rumiñahui con parámetros reales de conducción.

CAPÍTULO 3

INSTRUMENTACIÓN DE LOS VEHICULOS DE PRUEBA PARA LA TOMA DE DATOS Y RUTAS

El principal objetivo del presente proyecto técnico es lograr obtener el ciclo de conducción representativo del Cantón Rumiñahui por lo que es importante que la campaña de muestreo se realice bajo condiciones habituales de conducción, recogiendo datos en tiempo real de los vehículos de prueba donde se utilizara dispositivos capaces de tomar datos en tiempo real directamente de la computadora del vehículo y por medio de una aplicación también poder determinar parámetros de ubicación y trayectos.

3.1. Dispositivos electrónicos para la campaña de muestreo

Se otorgó a los conductores la libertad de circular sin restricciones por el Cantón Rumiñahui, sin establecer rutas u horarios específicos para la campaña de muestreo de datos. Varios automovilistas siguieron sus recorridos habituales diarios, como por ejemplo la ruta que toman para ir a su lugar de trabajo, mientras que otros conductores tenían rutas que variaban constantemente.

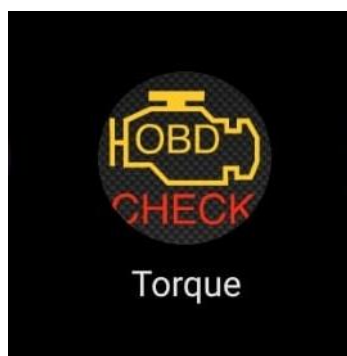
Se hizo imprescindible proporcionar formación a los conductores en cuanto al uso de la app Torque Pro y la herramienta OBD II. Con este fin, se llevó a cabo una sesión informativa y se llevaron a cabo pruebas prácticas para explicar el correcto uso de la app móvil, la guía de sincronización conjunto al OBD II y los automotores, y en última instancia el almacenaje de datos.

A continuación, se describe los elementos electrónicos y los softwares que se utilizaron para la recolección, para la creación de la base de datos como también una plantilla en Excel para el análisis de datos.

3.3.1. *Torque Pro*

Torque es una app para dispositivos móviles desarrollada específicamente para el monitoreo y diagnóstico de vehículos. Esta aplicación se utiliza principalmente en dispositivos Android y se conecta a la herramienta de diagnóstico a OBD-II conjunto al ELM 327 de un automóvil mediante un adaptador Bluetooth.

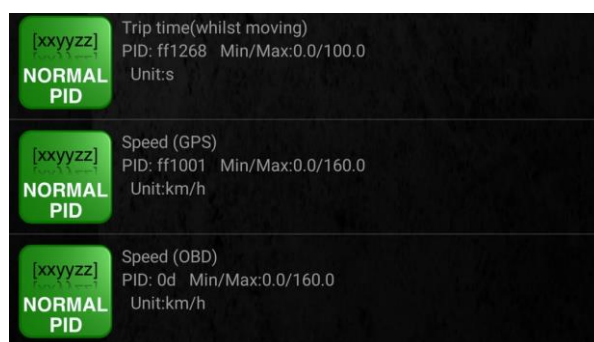
Figura 13: Aplicación Móvil Torque.



Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

En el presente proyecto, mediante la aplicación Torque Pro se seleccionaron los parámetros característicos para la toma de datos y registrar los mismos en forma de gráficos, ya que esta aplicación tiene como propósito principal es brindar datos en tiempo real acerca del desempeño, condiciones del automotor y eficiencia. Al conectarse al puerto OBD-II del vehículo, la aplicación tiene la capacidad de leer y mostrar una amplia gama de datos. En la gráfica 14, se evidencia los parámetros característicos elegidos para la toma de datos.

Figura 14: Parámetros Característicos (CP's).



Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

3.1.1. ELM 327

El dispositivo ELM 237 se utilizó para conectar el sistema informático a bordo de los vehículos de prueba, a un dispositivo externo como una computadora o un smartphone. Permitiendo acceder y extraer la información de los parámetros seleccionados para la campaña de muestreo. El ELM 327 es caracterizado por utilizar el estándar OBD II que es un protocolo estandarizado utilizado por los vehículos.

Figura 15: Dispositivo ELM 327.



Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Generalmente ubicado en la cabina del vehículo cerca del volante como se muestra en la gráfica 16, se estableció la conexión con la aplicación móvil Torque Pro, para obtener acceso a los datos seleccionados del sistema.

Figura 16: Ubicación entrada OBD-II.

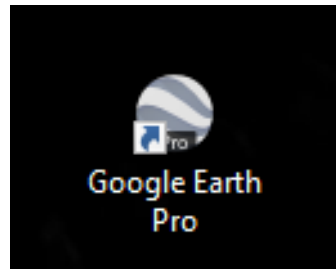


Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

3.1.2. Google Earth

Es una herramienta de mapas y visualización en 3D que posibilita la exploración global desde cualquier ubicación mediante el uso de imágenes satelitales y datos geospaciales. También brinda características como la importación de datos desde aplicaciones exteriores, la medición y trasado, Visualizaciones en 3D, entre otras.

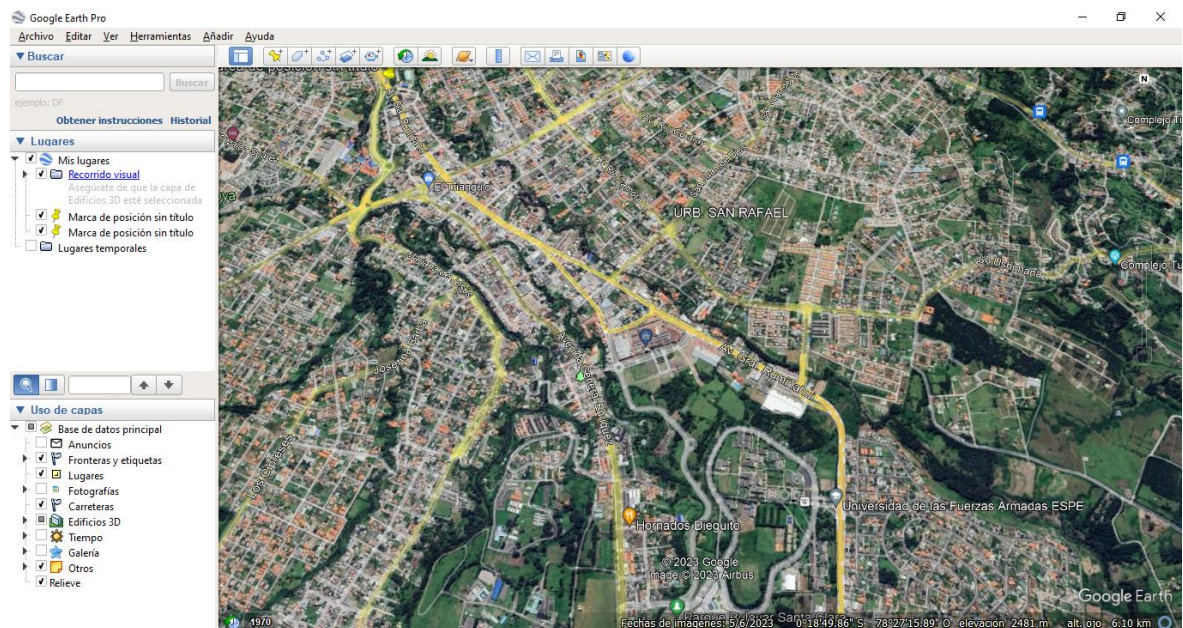
Figura 17: Icono Google Earth Pro.



Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Con el software Google Earth Pro se pudo delimitar el área que abarca el cantón Rumiñahui, también se exporto las coordenadas de la aplicación Torque Pro del GPS y con la ayuda del software se reconstruyeron las rutas trazadas por los vehículos de prueba durante toda la campaña de recolección de datos.

Figura 18: Mapeo Cantón Rumiñahui.



Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

3.1.3. Excel

Excel ofrece una interfaz de usuario intuitiva y una amplia variedad de funciones y herramientas que posibilitan la creación y manipulación de hojas de cálculo. Se creó la interfaz de almacenaje de datos para el posterior análisis y el diseño de los CP's, SAFD y SAPD, VSP, Micro Trips y gráficas.

Figura 19: Excel - Base de datos.

Tiempo [s]	Velocidad [Km/h]	Viajes #	Aceleración [m/s ²]	Tiempo [s]	Velocidad [Km/h]	Velocidad [m/s]	Aceleración [m/s ²]
1	0	1	0	1	0	0	0
2	1	0	1	2	0	0	0
3	2	0	1	3	0	0	0
4	3	0	1	4	0	0	0
5	4	0	1	5	0	0	0
6	5	0	1	6	0	0	0
7	6	0	1	7	0,511428	0,14206333	0,14206333
8	7	0,511428	1	8	0,82829094	0,23008082	0,08801748
9	8	0,82829094	1	9	1,29709995	0,36030554	0,13022473
10	9	1,29709995	1	10	1,85855901	0,51626639	0,15596085
11	10	1,85855901	1	11	2,18098092	0,60582803	0,08956164
12	11	2,18098092	1	12	2,31624985	0,64340274	0,0375747
13	12	2,31624985	1	13	2,32551479	0,64597633	0,00257359
14	13	2,32551479	1	14	2,44966602	0,68046278	0,03448645
15	14	2,44966602	1	15	2,64423108	0,73450863	0,05404585
16	15	2,64423108	1	16	2,71464491	0,75406803	0,01955594
17	16	2,71464491	1	17	2,73873401	0,76075945	0,00669142
18	17	2,73873401	1	18	2,40519381	0,66810939	-0,09265001
19	18	2,40519381	1	19	2,15133286	0,59759246	-0,07051899
20	19	2,15133286	1	20	1,98270988	0,55075274	-0,04683997
21	20	1,98270988	1	21	2,54416895	0,7067136	0,15596085
22	21	2,54416895	1	22	3,40396094	0,94554471	0,23883111
23	22	3,40396094	1	23	4,46387672	1,23996576	0,29442105
24	23	4,46387672	1	24	5,54232311	1,5395342	0,29956844
25	24	5,54232311	1	25	6,33911276	1,76086466	0,22133046
26	25	6,33911276	1				

Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

3.2. Vehículos de prueba y análisis de rutas

Es importante que la obtención de los datos para el fin del presente proyecto técnico sea bajo parámetros reales de conducción, con diferentes conductores como también vehículos de prueba para poder determinar el modo de conducción dentro del cantón Rumiñahui para lo cual se ha instrumentado 6 vehículos de prueba cuyas características dinámicas estarán descritas a continuación. Con estos vehículos de prueba se ha podido recoger información real de traslados comunes de cada conductor por medio del puerto DLC y con la instrumentación mencionada anteriormente, recogiendo un total de 300 micro viajes durante un mes.

3.2.1. Vehículo de prueba 1

Figura 20: Vehículo de prueba 1.



Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Tabla 6: Ficha Técnica Ford.

Marca	Ford	Potencia del motor eléctrico	94 [HP] @ 5000 [Rpm]	Longitud total	4437 [mm]
Modelo	Escape Híbrido	Torque del motor eléctrico	206.08 [Nm] @4250 [Rpm]	Distancia entre ejes	2619 [mm]
Año	2010	Motor eléctrico	Batería (NiM) de 330 volts	Ancho del vehículo (con retrovisores)	2065 [mm]
Transmisión	eCVT	Potencia del motor eléctrico	94 [HP] @ 5000 [Rpm]	Distancia entre ruedas delanteras	1800 [mm]
Tracción	4WD	Torque del motor	206.08 [Nm] @4250 [Rpm]	Altura	1820 [mm]

		eléctric o	
Motor a combustión	2.5L ciclo Atkinson 4 cilindros en línea	Potenci a específi ca del sistema	177 [HP]
Potencia del motor a combustión	177 [HP] @ 6000 [Rpm]	Área frontal	3.48 [m ²]
Torque del motor a combustión	184.40 [Nm] @ 4500[Rpm]	Peso	1720 [kg]
Motor eléctrico	Batería (NiM) de 330 volts		

Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Tabla 7: Recorrido del vehículo de prueba 1 “Ford”.

	Vía Rural	Vía urbana	Autopista
Velocidad Promedio	5.37 [km/h]	22.80 [km/h]	46.24 [km/h]
Tiempo	41.61 [min]	77.72 [min]	28.01 [min]
Distancia	15.4 [km]	30.42 [km]	21.58 [km]

Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

3.2.2. Vehículo de prueba 2

Figura 21 Vehículo de prueba 2.



Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Tabla 8: Ficha Técnica Tucson.

Marca	Hyundai	Potencia del motor a combustión	155 [HP] @ 6200 [Rpm]	Distancia entre ejes	2670 [mm]
Modelo	Tucson	Torque del motor a combustión	196.13 [Nm] @ 4000[Rpm]	Ancho del vehículo	1850 [mm]
Año	2018	Área frontal	2.1508 [m ²]	Distancia entre ruedas delanteras	1708 [mm]
Transmisión	Manual 6 velocidades	Peso	1470 [kg]		
Tracción	2WD	Longitud total	4475 [mm]		
Motor a combustión	2.0L DOHC (CVVT) 4 cilindros en línea	Altura	1655 [mm]		

Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Tabla 9: Recorrido del vehículo de prueba 2 “Tucson”.

	Vía Rural	Vía urbana	Autopista
Velocidad promedio	2.16 [km/h]	20.82 [km/h]	50.15 [km/h]
Tiempo	38.3 [min]	77.11 [min]	10.16 [min]
Distancia	17.85 [km]	31.39 [km]	28 [km]

Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

3.2.3. Vehículo de prueba 3

Figura 22: Vehículo de prueba 3.



Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Tabla 10: Ficha Técnica Sail 1.

Marca	Chevrolet	Potencia del motor a combustión	109 [HP] @ 6000 [Rpm]	Distancia entre ejes	2500 [mm]
Modelo	SAIL 1S STD	Torque del motor a combustión	141 [Nm] @ 4000[Rpm]	Ancho del vehículo	1735 [mm]
Año	2020	Área frontal	1.77 [m ²]	Distancia entre ruedas delanteras	1630 [mm]
Transmisión	Manual 5 velocidades	Peso	1485 [kg]		
Tracción	FWD	Longitud total	4300 [mm]		
Motor a combustión	1.5L DOHC 4 cilindros en línea	Altura	1504 [mm]		

Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Tabla 11: Recorrido del vehículo de prueba 3 “Sail 1”.

	Vía Rural	Vía urbana	Autopista
Velocidad promedio	-	18.97 [km/h]	37.99 [km/h]
Tiempo	-	54.59 [min]	17.91 [min]
Distancia	-	20.19 [km]	11.73 [km]

Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

3.2.4. Vehículo de prueba 4:

Figura 23: Vehículo de prueba 4.



Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Tabla 12: Ficha Técnica Jetta.

Marca	Volkswagen	Potencia del motor a combustión	115 [HP] @ 5200 [Rpm]	Distancia entre ejes	2513 [mm]
Modelo	Jetta Europa	Torque del motor a combustión	170 [Nm] @ 2400[Rpm]	Ancho del vehículo	1735 [mm]
Año	2009	Área frontal	1.44 [m ²]	Distancia entre ruedas delanteras	1613 [mm]
Transmisión	Manual 5 velocidades	Peso	1237 [kg]		
Tracción	FWD	Longitud total	4376 [mm]		
Motor a combustión	2.0L SOHC 4 cilindros en línea	Altura	1446 [mm]		

Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Tabla 13: Recorrido del vehículo de prueba 4 “Jetta”.

	Vía Rural	Vía urbana	Autopista
Velocidad promedio	-	23.99 [km/h]	40.57 [km/h]
Tiempo	-	38.35 [min]	33.80 [min]
Distancia	-	28.81 [km]	22.85 [km]

Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

3.2.5. Vehículo de prueba 5:

Figura 24 Vehículo de prueba 5.



Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Tabla 14: Ficha Técnica Sail 2.

Marca	Chevrolet	Potencia del motor a combustión	102 [HP] @ 6000 [Rpm]	Distancia entre ejes	2465 [mm]
Modelo	SAIL 4P TM AC	Torque del motor a combustión	129.74 [Nm] @ 4200[Rpm]	Ancho del vehículo	1690 [mm]
Año	2012	Área frontal	1.1672 [m ²]	Distancia entre ruedas delanteras	1630 [mm]
Transmisión	Manual 5 velocidades	Peso	1060 [kg]		
Tracción	FWD	Longitud total	4249 [mm]		
Motor a combustión	1.4L DOHC 4 cilindros en línea	Altura	1503 [mm]		

Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Tabla 15: Recorrido del vehículo de prueba 5 “Sail 2”.

	Vía Rural	Vía urbana	Autopista
Velocidad promedio	-	24.24 [km/h]	-
Tiempo	-	138.23 [min]	-
Distancia	-	59.22 [km]	-

Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

3.2.6. Vehículo de prueba 6:

Figura 25: Vehículo de prueba 6.



Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Tabla 16: Ficha Técnica Aveo.

Marca	Chevrolet	Potencia del motor a combustión	103 [HP] @ 6000 [Rpm]	Distancia entre ejes	[mm]
Modelo	Aveo Emotion	Torque del motor a combustión	145 [Nm] @ 3600 [Rpm]	Ancho del vehículo	1430 [mm]
Año	2010	Área frontal	1.77 [m ²]	Distancia entre ruedas delanteras	1630 [mm]
Transmisión	Manual 5 velocidades	Peso	1085 [kg]		
Tracción	FWD	Longitud total	4310 [mm]		
Motor a combustión	1.6L DOHC 4 cilindros en línea	Altura	1490 [mm]		

Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Tabla 17: Recorrido del vehículo de prueba 6 “Aveo”.

	Vía Rural	Vía urbana	Autopista
Velocidad promedio	-	23.49 [km/h]	-
Tiempo	-	92.23 [min]	-
Distancia	-	35.64 [km]	-

Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

3.3. Recorrido total de los vehículos de prueba

Tabla 18: Recorrido Total.

	Vía Rural	Vía urbana	Autopista
Velocidad promedio	6.45 [km/h]	22.21 [km/h]	43.73 [km/h]
Tiempo	79.91 [min]	477.73 [min]	89.88 [min]
Distancia	33.25 [km]	205.67 [km]	84.16 [km]

Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

3.3.1. Vías de mayor incidencia en el Cantón Rumiñahui

Tabla 19: Vías de mayor incidencia.

Parroquia	Vía	Extensión	Unidad
Sangolquí	Av. General Enríquez	0,65	[km]
	Av. Luis Cordero	1,50	[km]
	Av. Abdón Calderón	1,20	[km]
	Calle Bolívar	0,70	[km]
	Calle García Moreno	1,20	[km]
	Calle Montufar	0,55	[km]
	Calle Colombia	0,40	[km]
	Calle Pichincha	0,60	[km]
	Calle Olmedo	0,60	[km]
	Carretera Panamericana	3,50	[km]
	Av. De los Shyris	2,00	[km]
Rumipamba	Calle Francisco Cárdenas	1,48	[km]
	Av. Juan de Salinas	2,80	[km]
Cotogchoa	Calle Fernando Daquilema	1,50	[km]
	Av. General Enríquez	0,50	[km]
	Calle Julián Quito	1,90	[km]
San Rafael	Av. General Rumiñahui	3,00	[km]
	Av. General Enríquez	3,40	[km]
	Av. San Luis	0,50	[km]
	Calle Bulevar	2,40	[km]
	Calle la Concordia	0,65	[km]

	Calle Isla Pinzón	0,22	[km]
San Pedro de Taboada	Calle Panzaleo	1,40	[km]
	Av. San pedro de Taboada	2,60	[km]
	Calle los Ciprés	1,50	[km]
	Av. Puruhaes	1,00	[km]
	Av. El Inca	1,50	[km]
Fajardo	Av. Mariana De Jesús	0,40	[km]
	Calle Manuel Quiroga	0,90	[km]
	Av. Puruhaes	1,40	[km]
	Calle Cacha	0,40	[km]

Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE LOS DATOS RECOGIDOS A PARTIR DE LA CAMPAÑA DE MUESTREO EN EL CANTÓN RUMIÑAHUI PARA DETERMINAR EL PATRON DE CONDUCCION REPRESENTATIVO

En el presente capítulo se describirá el patrón representativo del cantón Rumiñahui a base de la campaña de muestreo, donde se han recogido datos de velocidad y tiempo a diferentes horas, diferentes vehículos y conductores donde se ha logrado determinar graficas representativas para cada método denotado a continuación con la aplicación de un análisis dinámico de los vehículos, tomando en cuenta factores como el modo de manejo, el clima, el coeficiente de fricción de la calzada, como también la influencia del tráfico dentro del cantón Rumiñahui.

A partir de las gráficas obtenidas y haciendo énfasis en el ciclo de conducción del cantón Rumiñahui por el método de Micro-Trips se identificará los parámetros característicos comparando el ciclo general versus el ciclo representativo el cual tendrá que estar en un margen de error de $\pm 5\%$ para poder ser el ciclo de conducción que caracterice el modo de manejo de los conductores en la mencionada área de estudio del presente proyecto.

4.1. SAFD

La figura 26 describe la distribución de frecuencias o probabilidad del conjunto de viajes que se ha realizado en el Cantón Rumiñahui donde se puede denotar la manera de conducción de los habitantes que circulan por la red vial del mismo donde se ha hecho un análisis de frecuencias con respecto a las aceleraciones de 33357 datos donde se obtuvo una aceleración máxima de $13.33 \text{ [m/s}^2\text{]}$ y un incremento de 1.975 donde la mayoría de los datos se encasillan en el parámetro de la suma de la aceleración mínima más el incremento ya mencionado encontrándose 32913 datos de aceleración entre el intervalo de -0.49 a $1.48 \text{ [m/s}^2\text{]}$ donde se puede apreciar de manera visual en la tabla 21.

Esta distribución de frecuencias se ha realizado tomando en cuenta los parámetros fundamentales de aceleración expuestos en la tabla 20.

Tabla 20: Parámetros para la construcción de SAFD.

Aceleración Máxima	Aceleración Mínima	Incremento
[m/s ²]	[m/s ²]	
13.33330019	-4.444433395	1.975303732

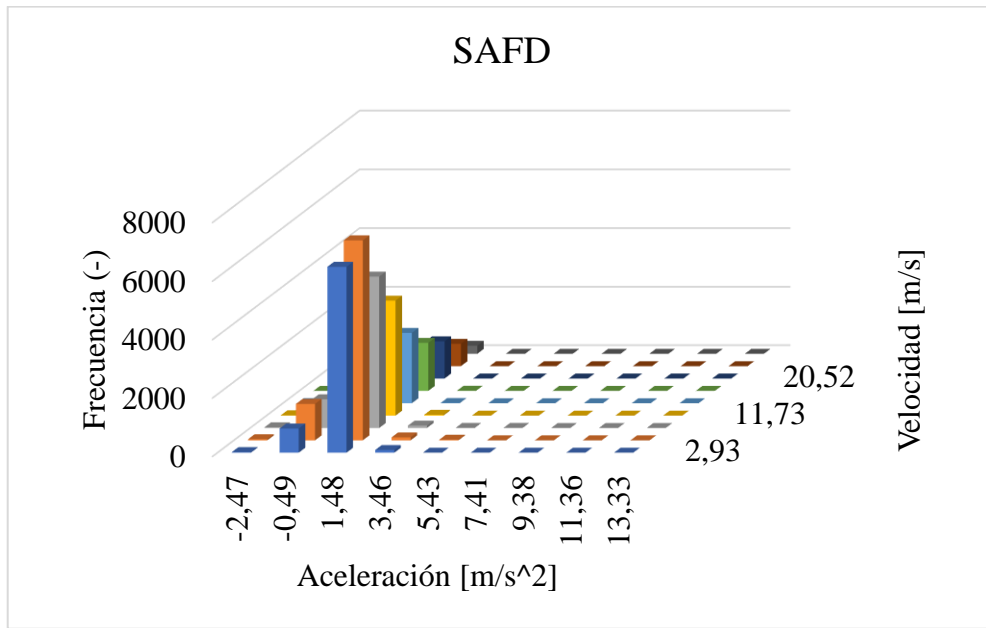
Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Tabla 21: Bines de aceleración vs Bines de velocidad para SAFD.

		Bines de Aceleración									
		-4.444433395	-2.47	-0.49	1.48	3.46	5.43	7.41	9.38	11.36	13.33
Bines de Velocidad	0.00										
	2.93	21	827	6363	91	0	0	0	0	0	
	5.86	40	1248	6840	101	21	0	0	0	0	
	8.80	24	984	5183	80	2	2	0	0	0	
	11.73	10	614	3938	29	0	0	1	0	0	
	14.66	5	244	2410	8	0	0	0	0	0	
	17.59	2	149	1645	4	0	0	0	0	0	
	20.52	1	97	1273	1	0	0	0	0	0	
	23.46	0	48	765	0	0	0	0	0	0	
	26.39	0	10	275	0	0	0	0	0	0	

Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Figura 26: Patrón característico del Cantón Rumiñahui metodología SAFD



Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

4.2. SAPD

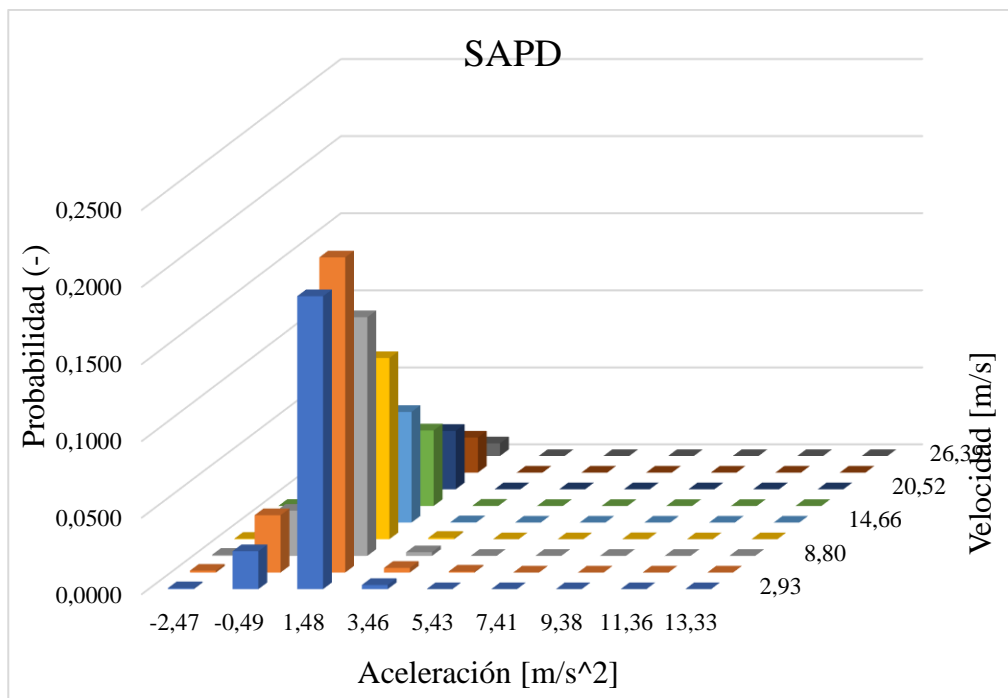
La figura 27 de la distribución de probabilidades que representa la manera de conducir de los habitantes del Cantón Rumiñahui de manera grafica donde los datos obtenidos bajo la campaña de datos se ha sometido a un cálculo de probabilidades de la distribución de aceleraciones y velocidades a partir de la construcción del SAFD expuesto anteriormente pero esta vez de manera estadística de probabilidades donde el total de todos los datos de la tabla 22 da una sumatoria de 1 o 100%, de esa forma corroborando la efectividad del método SAPD donde la mayor probabilidad de bins de aceleración y velocidad se encuentran en un rango de -0.49 a 1.48 [m/s²] donde la aceleración máxima ha sido de 13.33 [m/s²], una velocidad máxima de 26.39 [m/s] y el pico de probabilidad más significativo es de 0.2051 calculados a los 5.86 [m/s] y 1.48 [m/s²] con estos datos se ha medio l magnitud de la frecuencia de las variaciones de los parámetros característicos del Cantón Rumiñahui.

Tabla 22: Bines de velocidad y aceleración para SAPD

		Bines de Aceleración									
		-4.444433395	-2.47	-0.49	1.48	3.46	5.43	7.41	9.38	11.36	13.33
Bines de Velocidad	0										
	2.93	0.0006	0.0248	0.1908	0.0027	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	5.86	0.0012	0.0374	0.2051	0.0030	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	8.80	0.0007	0.0295	0.1554	0.0024	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	11.73	0.0003	0.0184	0.1181	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	14.66	0.0001	0.0073	0.0723	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	17.59	0.0001	0.0045	0.0493	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	20.52	0.0000	0.0029	0.0382	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	23.46	0.0000	0.0014	0.0229	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	26.39	0.0000	0.0003	0.0082	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Figura 27: Patrón representativo del Cantón Rumiñahui metodología SAPD.



Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

4.3. VSP

La Figura 28 muestra el comportamiento del vehículo de pruebas 2 durante sus recorridos cotidiano dentro del Cantón Rumiñahui donde se ha realizado el diseño del patrón característico bajo el método de VSP, evaluando características dinámicas del vehículo como el área frontal, masa, coeficiente de fricción, coeficiente de arrastre, gravedad, densidad del aire como también un promedio general del ángulo de inclinación de las rutas que ha recorrido el vehículo de prueba.

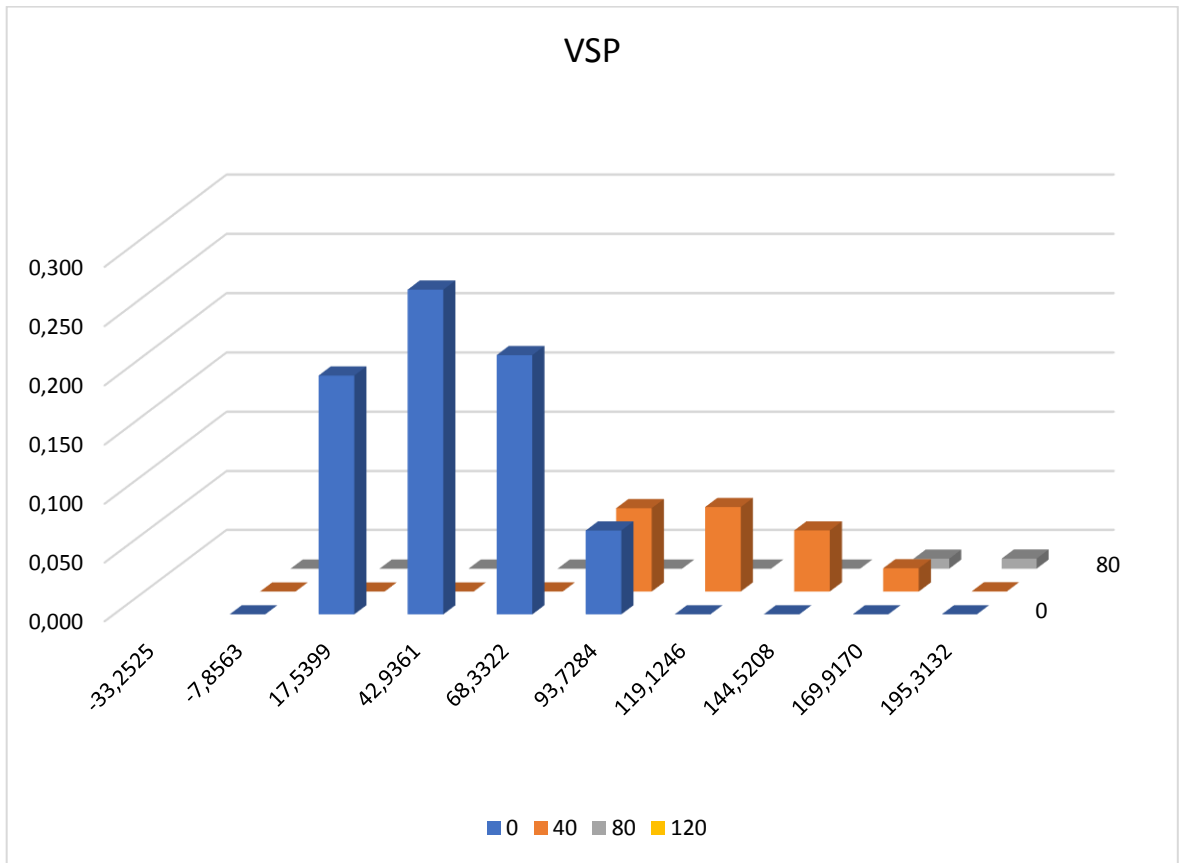
Bajo estos parámetros se realizó un análisis de potencia del vehículo para poder diseñar el patrón de manejo expuesto en la figura 28 para lo cual en la tabla 23 se denota la distribución estadística de VSP vs la velocidad distribuyéndose en mayor parte en un intervalo de 0 a 40 [km/h] lo que nos indica que dentro del Cantón Rumiñahui los conductores respetan los límites de velocidad y se puede mencionar que mantienen una conducción segura.

Tabla 23: Velocidad vs VSP En el Cantón Rumiñahui

		Velocidad Km/h			
		0	40	80	120
VSP	-33.2525				
	-7.8563	0.000	0.000	0	
	17.5399	0.202	0.000	0	
	42.9361	0.275	0.000	0	
	68.3322	0.220	0.000	0	
	93.7284	0.071	0.071	0	
	119.1246	0.000	0.072	0	
	144.5208	0.000	0.052	0	
	169.9170	0.000	0.020	0.008518807	
	195.3132	0.000	0.000	0.008578799	

Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Figura 28: Gráfico de dispersión de velocidades metodología VSP.



Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

4.4. Ciclo de conducción del cantón Rumiñahui

La figura 29 presenta el ciclo de conducción real representativo del Cantón Rumiñahui bajo la metodología de Micro-Trips en un intervalo de 20 minutos concatenando 1200 datos de velocidad y tiempo donde se ha podido determinar la forma de manejo de los conductores de dicho Cantón obteniendo así parámetros característicos de velocidad y aceleración con un margen de error del $\pm 5\%$ en cada uno de ellos, lo que demuestra la efectividad del método.

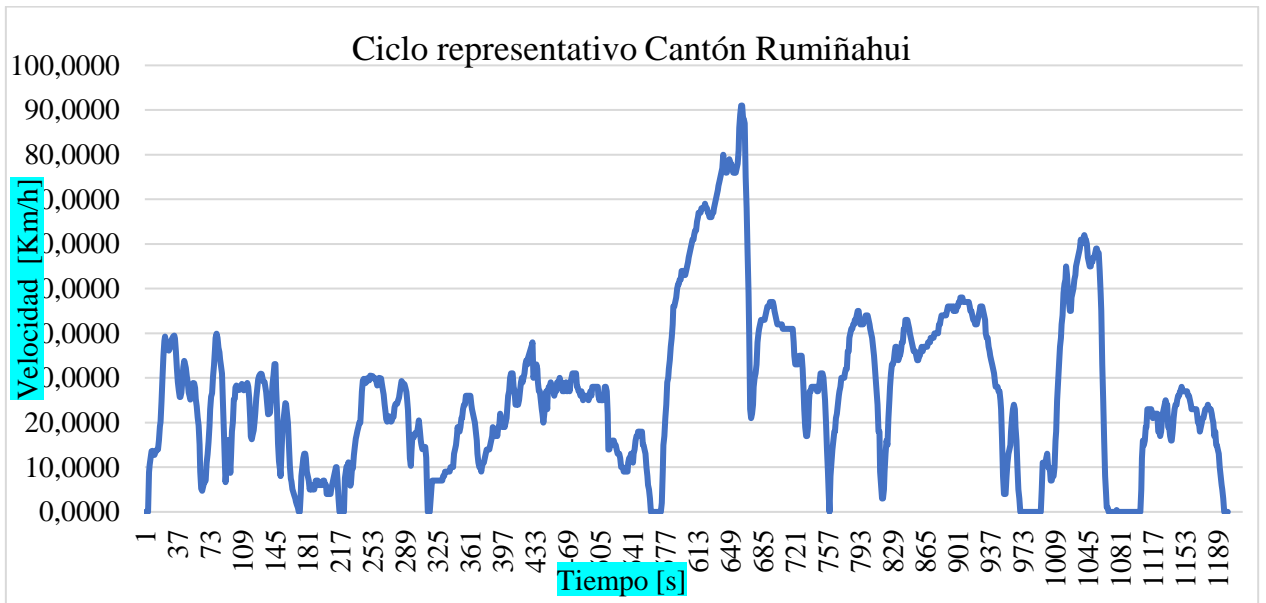
En la tabla 24 se realiza la comparativa del ciclo candidato contra los promedios de la base de datos Micro-Trips.

Tabla 24: Análisis Micro-Trips para el diseño del ciclo de conducción del Cantón Rumiñahui

Ciclo general	Ciclo candidato	
Velocidad promedio	Velocidad Promedio Ciclo Candidato	Diferencia relativa
[Km/h]	[Km/h]	[%]
26.85095583	26.72057194	0.49%
Velocidad Máxima	Velocidad Máxima	Diferencia relativa
[m/s]	[m/s]	[%]
26.38882329	25.27773359	4.21%
Aceleración Positiva	Aceleración Positiva	Diferencia relativa
[m/s ²]	[m/s ²]	[%]
0.24847	0.255773511	-2.939%
Aceleración Negativa	Aceleración Negativa	Diferencia relativa
[m/s ²]	[m/s ²]	[%]
-0.583736835	-0.580189918	0.61%
Aceleración promedio General	Aceleración promedio General	Diferencia relativa
[m/s ²]	[m/s ²]	[%]
1.111420485	0.524131293	4.827%
	Tiempo Ralentí	
	[s]	
	92	

Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Figura 29: Ciclo de conducción representativo del Cantón Rumiñahui.



Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

CONCLUSIONES

- Se utilizó la estrategia de Micro-Trips para el correcto diseño del ciclo de conducción del Cantón Rumiñahui, ya que esta permitió adecuarse de manera más asertiva al posterior análisis de parámetros característicos brindando un sin fin de ciclos candidatos que se pudieron ir descartando si los errores relativos no se encuentran en $\pm 5\%$.
- Se delimitó la extensión de la red vial del Cantón Rumiñahui para poder identificar las arterias principales ya que por estas vías coinciden la mayoría de viajes de la campaña de muestreo, además, se sociabilizó con los conductores una metodología estandarizada planteada por Hoffman en la tabla 5 sobre las características que se debería tratar de cumplir para la metodología de Micro-Trips en cuestión de velocidades y tiempos para la toma de datos, donde se pudo lograr cumplir con la propuesta en la zona urbana lo que posteriormente ayudó al correcto diseño del ciclo de conducción del Cantón Rumiñahui.
- Se instrumentó 6 vehículos de prueba con el dispositivo ELM 327 para campaña de muestreo donde se sugirió que los viajes sean lo más natural posible para poder determinar la forma de manejo de los conductores en el Cantón Rumiñahui, donde se obtuvo 32913 datos de velocidad y tiempo para posteriormente analizarlos haciendo una comparativa de los parámetros característicos generales como del ciclo candidato obteniendo errores relativos de $\pm 5\%$ dando a entender la veracidad que el ciclo candidato.
- Por medio de las estrategias SAPD, SAFD, VSP y Micro-Trips se concluye que, bajo los parámetros característicos del ciclo de conducción, gran parte de los conductores del Cantón Rumiñahui mantiene una dispersión de velocidades y aceleraciones en un intervalo de entre 0 a 40 [km/h] y aceleraciones entre un intervalo de -0.49 a 1.48 [m/s²] lo que quiere decir que en su mayoría se mantiene una conducción pasiva y por lo tanto por las características de la zona urbana como también una pendiente máxima de 8.656 grados y tomando en cuenta los vehículos que se han utilizado en la campaña de muestreo los más adecuados para el tipo de conducción urbana del Cantón Rumiñahui son los vehículos tipo sedan como Chevrolet Sail 1.5 [lt], Chevrolet Aveo 1.6 [lt] y similares en su gama, debido a que sus características dinámicas encajan bien con los parámetros característicos del patrón de conducción determinado en el presente proyecto, sin embargo se deberá realizar un estudio más generalizado para determinar una gama de vehículos apropiados para el estilo de conducción de la misma zona de estudio.

RECOMENDACIONES

- Para la campaña de muestreo es importante equipar los vehículos de prueba con un monitor de datos abordo compatible con la versión original de paga de la aplicación Torque Pro, ya que la misma no posee ninguna restricción al momento de la exportación de los parámetros escogidos para el ciclo de conducción y es imprescindible que el dispositivo móvil se encuentre encendido todo el tiempo para no generar errores en la toma de datos, también es importante detener la toma de datos una vez finalizado el viaje y cerrar la aplicación.
- Proporcionar una explicación clara sobre el uso de la aplicación Torque Pro en específico para iniciar y detener la toma de datos.
- Para el registro de la base de datos es importante al momento de exportar al Excel verificar que el separador de decimales sea compatible con la versión de Excel disponible caso contrario los datos exportados se generar sin separador de decimales.
- Los resultados del presente proyecto técnico pueden iniciar estudios comparativos con otros ciclos de conducción como por ejemplo el ciclo de conducción con el Distrito Metropolitano de Quito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

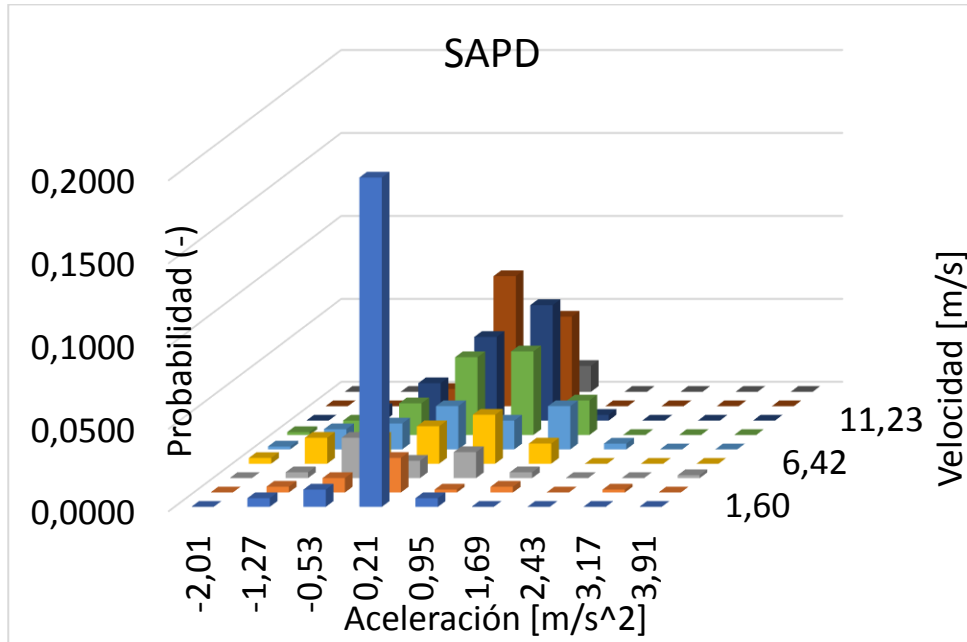
- Abdul Rahman, S., Atiq, W. H., & Norbakyan, J. (2015). *Development of a KL river driving cycle for PHERB powertrain*. Universiti Malaysia Terengganu.
- Aljaafreh, A., Alshabat, N., & Al-Din. (2012). *Driving style recognition using fuzzy logic*. International Conference on Vehicular Electronics and Safety.
- Astudillo Bravo, R. F. (2016). *Obtención de ciclos de conducción para la flota de buses urbanos del canton Cuenca*. Universidad del azuay.
- Barlow, T. J., Latham, S., McCrae, I. S., & Boulter, P. G. (2009). A reference book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emissions. En T. J. Barlow, S. Latham, I. S. McCrae, & P. G. Boulter, *A reference book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emissions* (pág. 17). TRL Limited.
- Cazorla Espinoza, Y. S. (2022). *Estimación de una Ruta Representativa para la Ciudad de Quito Según la Metodología del Ciclo de Emisiones Reales RDE*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Donateo, T., & Giovinazzi, M. (2017). Building a cycle for Real Driving Emissions. *Energy Procedia*. (126), 891–898.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.08.307>
- Espimbera Morales, D. D. (Enero de 2018). *Repositorio UTE*. Obtenido de Repositorio UTE:
https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/20099/1/9710_1.David%20Espimbera.pdf
- Gallus, J., Kirchner, U., Vogt, R., & Benter, T. (2017). Impact of driving style and road grade on gaseous exhaust emissions of passenger vehicles measured by a Portable Emission Measurement System (PEMS). *Transportation Research Part D: Transport and Environment*(52), 215-226.
- Geetha, & Subramani, C. (2019). Development of driving cycle under real world traffic conditions: A case study. *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, 9(6), 4798–4803.
<https://doi.org/10.11591/ijece.v9i6.pp4798-4803>.
- Ghatee, M., & Bejani, M. (2019). Convolutional neural network with adaptive regularization to classify driving styles on smartphones. *IEEE transactions on intelligent transportation systems*, 21(2), 543-552.
- Giakoumis, E. G. (2017). *Driving and Engine Cycles*. Springer International Publishing.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-49034-2>
- Giraldo, M., Huertas, J., Díaz, J., & Quirama, L. (2018). Driving cycles based on fuel consumption. *Energies*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/en11113064>
- González, 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*. Repositorio Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hooftman, N., Van Mierlo, J., Messagie, M., & Ceoosmans, T. (2018). *A review of the European Passenger Car Regulations - Real Driving Emissions Vs local air Quality* (Vol. 1). ResearchGate. <https://doi.org/1364.0321>
- Huertas, J. I., Quirama, I. F., Giraldo, M., & Diaz, J. (2019). *Comparison of Three Methods for Constructing Real Driving Cycles*. Tecnológico de Monterrey.
- Hurtado Gómez, A. (2014). *Desarrollo de Ciclos de Conducción para el Área Metropolitana Centro Occidente - AMCO*. Universidad Tecnológica de Pereira.

- Jardin, P., Moisisidis, I., Zetina, S., & Rinderknecht, S. (2020). «Rule-Based Driving Style Classification Using Acceleration Data Profiles. *23rd International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*.
- Jumbo Cruz, V. K. (2018). *Diagnóstico de vulnerabilidad social en el Cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha, mediante el uso de sistemas de información geográficas*. Universidad de las fuerzas armadas ESPE.
- Krysmón, S., Claßen, J., Sterlepper, S., Dorscheidt, F., & Pischinger, S. (2021). Real driving emission calibration—review of current validation methods against the background of future emission legislation. *In Applied Sciences*, 11. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app11125429>
- Mayakuntla, S. K., & Verma, A. (2018). A novel methodology for construction of driving cycles for Indian cities. *Transp. Res. Part D. Transp. Environ*, 65, 725–735. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.10.013>
- Molina Martínez, J. D., & Acuña Olivar, B. F. (2022). *Casificación de estilos de conducción en el área Metropolitana de Bucaramanga con monitoreo a bordo (OBSII) en condiciones reales de carretera*. Universidad Autónoma de Bucaramanga.
- Molina Puma, M. Á. (2006). *Desarrollo de un método para determinar factores de emisión en vehículos livianos a gasolina en la ciudad de Quito*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Mongkonlerdmanee, S., & Koetnuyom, S. (2019). “Development of a realistic driving cycle using time series clustering technique for buses: Thailand case study. 23(4), 49–65. <https://doi.org/10.4186/ej.2019.23.4.49>
- Montufar Paz, P. A., Huertas Cardoso, J. I., Cuisano Egusquiza, J. C., & Pérez Fiallos, J. F. (5 de Agosto de 2021). *Fundación Dialnet*. Obtenido de Fundación Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8383984>
- Montufar Paz, P. A., Huertas Cardoso, J. I., Cuisano Egusquiza, J. C., & Pérez Fiallos, J. F. (2021). *Desarrollo de un ciclo de conducción por micro viajes y obtención de los factores de emisión*. UNIRIOJA.
- Navarro Quintero, S. J., & García Jaimes, R. A. (2021). *Desarrollo de un ciclo de conducción bajo condiciones reales en el área metropolitana de Bucaramanga*. Universidad Autónoma de Bucaramanga.
- Nesamani, K., & Subramanian, K. (2005). *Impact of Real-World Driving Characteristics on Vehicular Emissions*. University of California.
- Nguyen, Y., Nghiem, T., Le, A., & Bui, N. (2019). Development of the typical driving cycle for buses in Hanoi, Vietnam. *J. Air Waste Manag. Assoc.*, 2019(4), 423-437. <https://doi.org/10.1080/10962247.2018.1543736>
- Pavlovic, J., Ciuffo, B., Fontaras, G., Valverde, V., & Marotta, A. (2018). *How much difference in type-approval CO2 emissions from passenger cars in Europe can be expected from changing to the new test procedure NEDEC vs. WLTP*. . Transportation Research. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.02.002>
- Pérez Llanos, P. S., & Quito Sinchi, C. O. (2018). *Determinación de los ciclos de conducción de un vehículo categoría M1 para la ciudad de Cuenca*. Repositorio Universidad Politecnica Salesiana.
- Quinchimbla Pisuña, F. E., & Solís Santamaria, J. M. (2017). *Desarrollo de ciclos de conducción en ciudad, carretera y cominado para evaluar el rendimiento real del combustible de un vehículo con motor de ciclo OTTO en el distrito metropolitano de Quito*. Escuela Politécnica Nacional.

- Restrepo, A., Tibanquira, J., & Carranza, Y. (2007). *Diseño y aplicación de una metodología para determinar ciclos de conducción vehicular en la ciudad de Pereira*. Scientia at Technica. <https://doi.org/229-234>
- Rodríguez Munive, M. E. (2021). *Desarrollo de ciclos de conducción en la ciudad de Quito-Ecuador para un vehículo categoría M1*. Universidad Internacional SEK.
- Sagberg, F., Selpi, Bianchi, G., & Engström, J. (2015). A Review of Research on Driving Styles and Road Safety. *Human Factors and Ergonomics Society*, 7(57), 1248-1275.
- Shi, Q., Liu, B., Guan, Q., He, L., & Qiu, D. (2020). A genetic ant colony algorithm-based driving cycle generation approach for testing driving range of battery electric vehicle. *Adv. Mech. Eng*, 12(1). <https://doi.org/10.1177/1687814019901054>.
- Sileghem, L., May, D., Favre, C., & Verhelst, S. (2014). *Analysis of vehicle emission measurements on the new WLTC, the NEDC and the CADC*. Transportation Research. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.07.008>
- Silva, I., & Naranjo, E. (2020). A systematic methodology to evaluate prediction models for driving style classification. *Sensors*, 20(6).
- Zhang Xiao, Z. D., & Jia Shen, J. M. (2012). A Synthesis of Methodologies and Practices for Developing Driving Cycles. *Energy Procedia*, 16, 1868-1873. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.01.286>

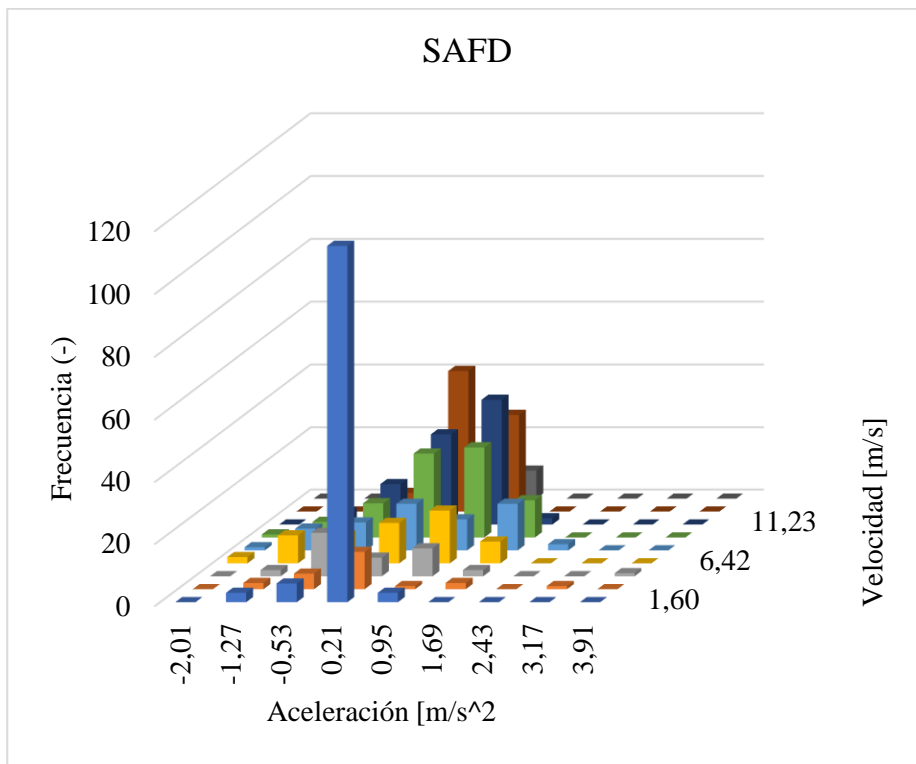
ANEXOS.

Figura 30: Prueba 1 SAPD



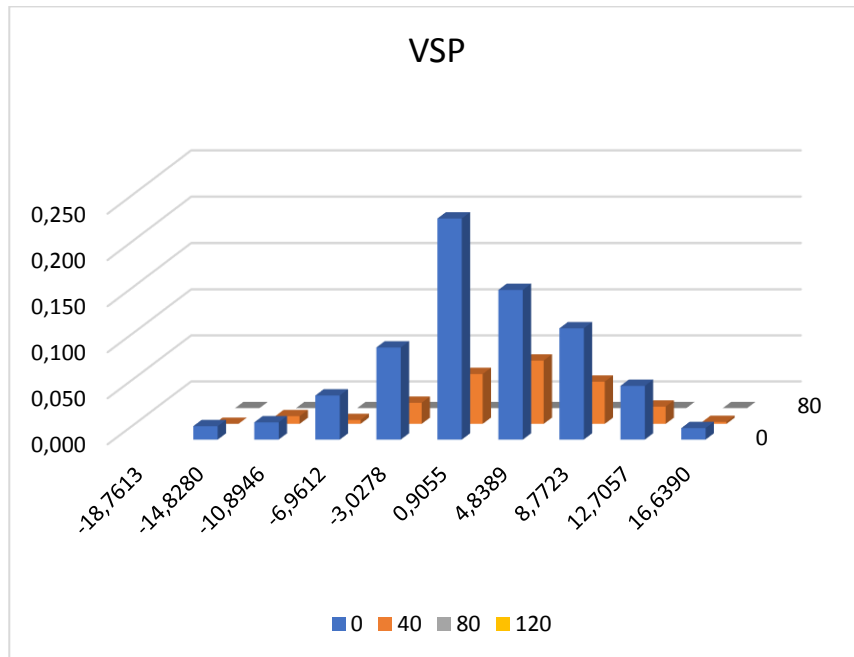
Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Figura 31: Prueba 2 SAFD viaje 3 Chevrolet Aveo



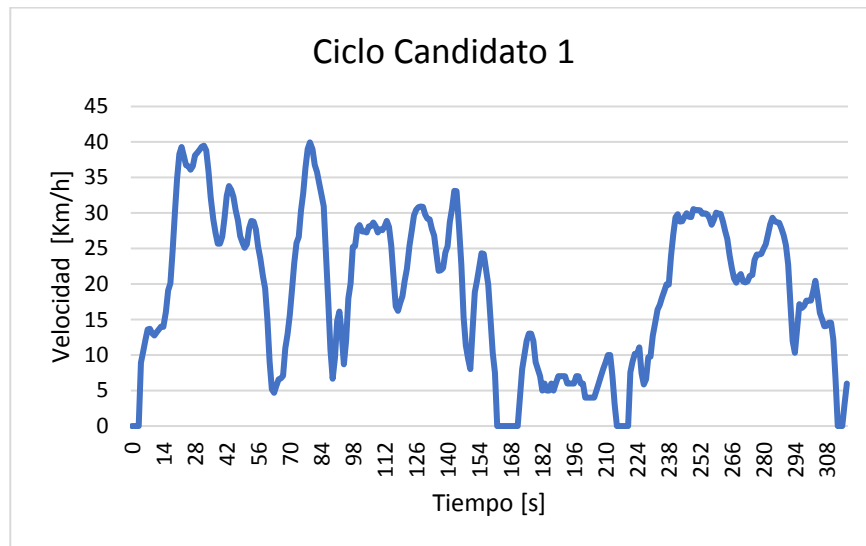
Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Figura 32: Análisis VSP Hyundai Tucson viaje 15



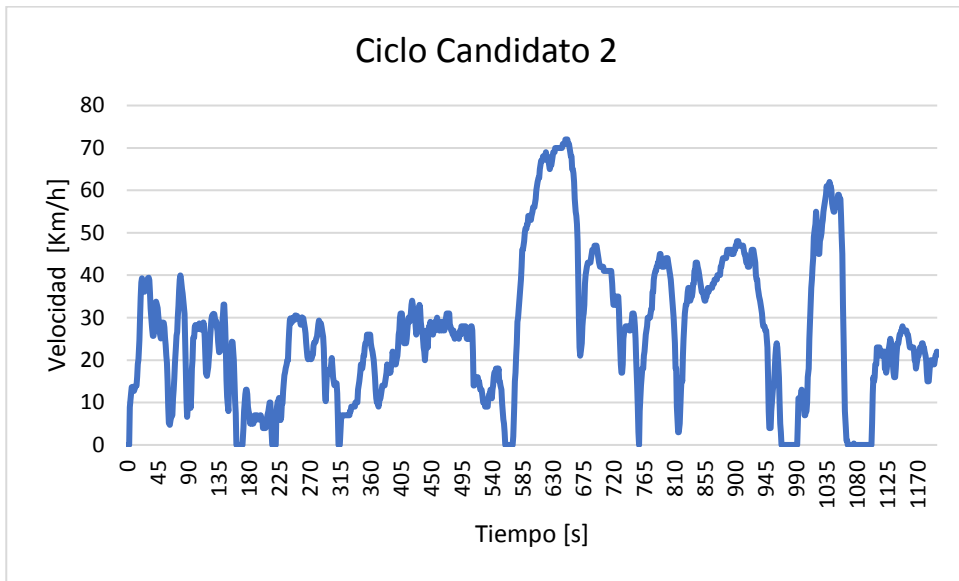
Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Figura 33: Ciclo de conducción candidato 1



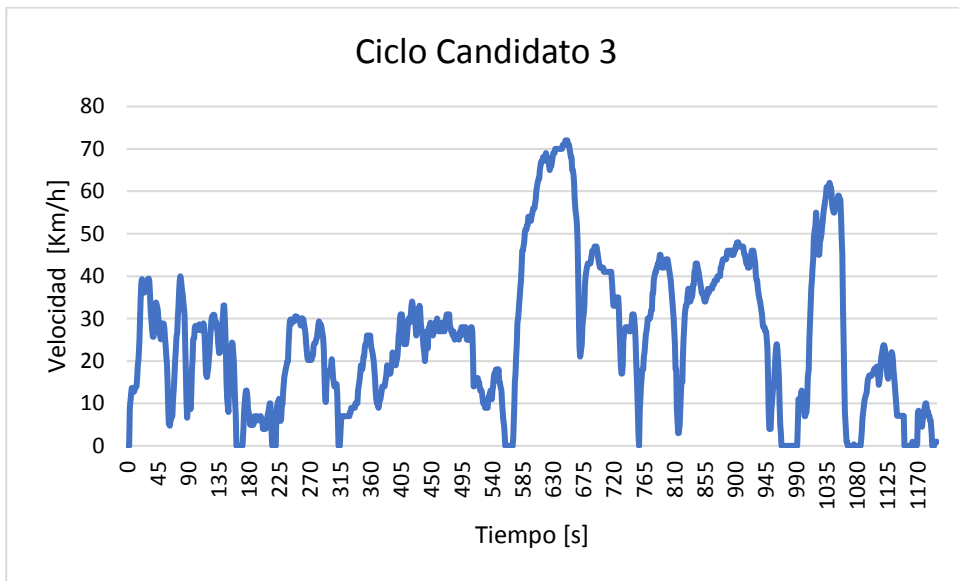
Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Figura 34: Ciclo de conducción candidato 2



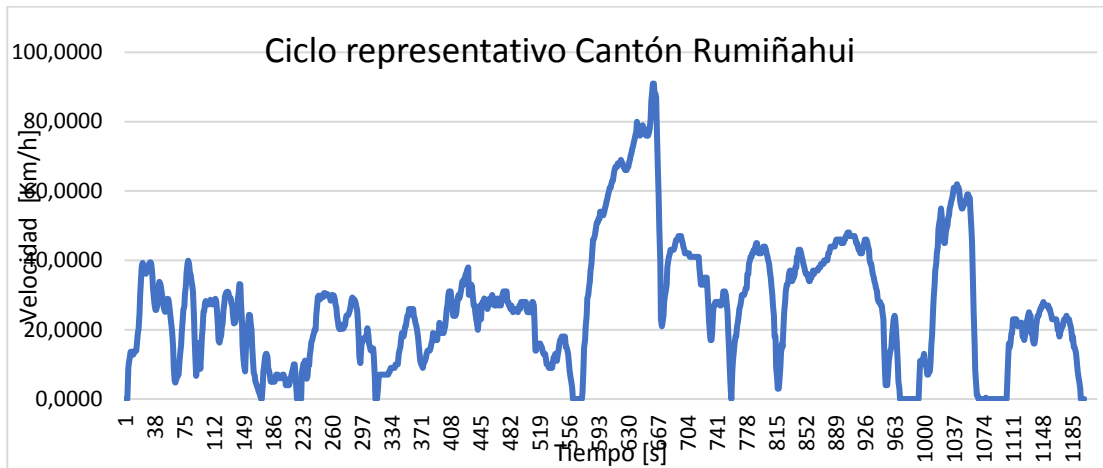
Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Figura 35: Ciclo de conducción candidato 3



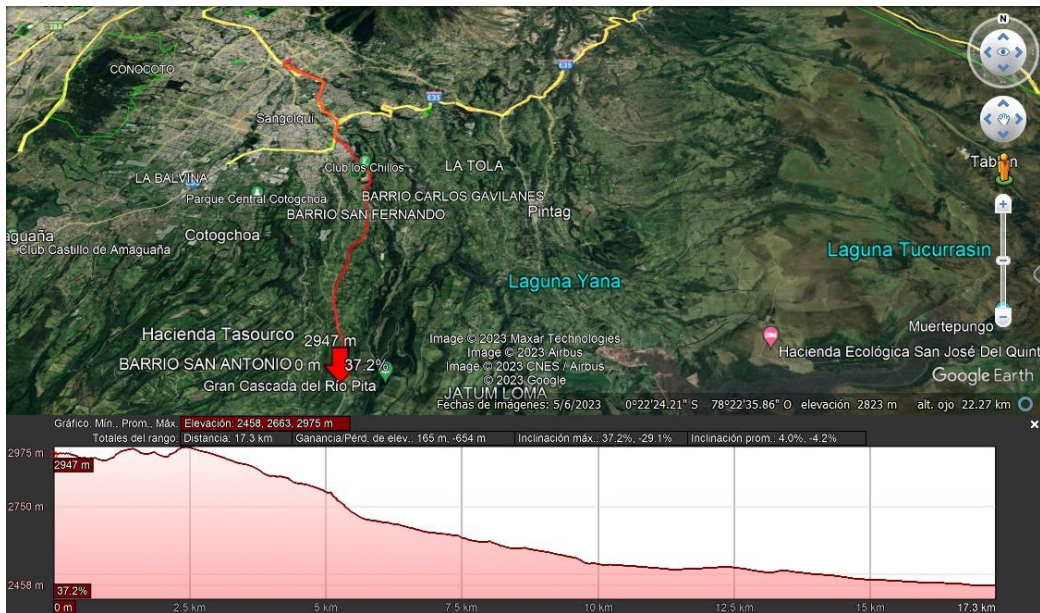
Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Figura 36: Ciclo de conducción Representativo Cantón Rumiñahui



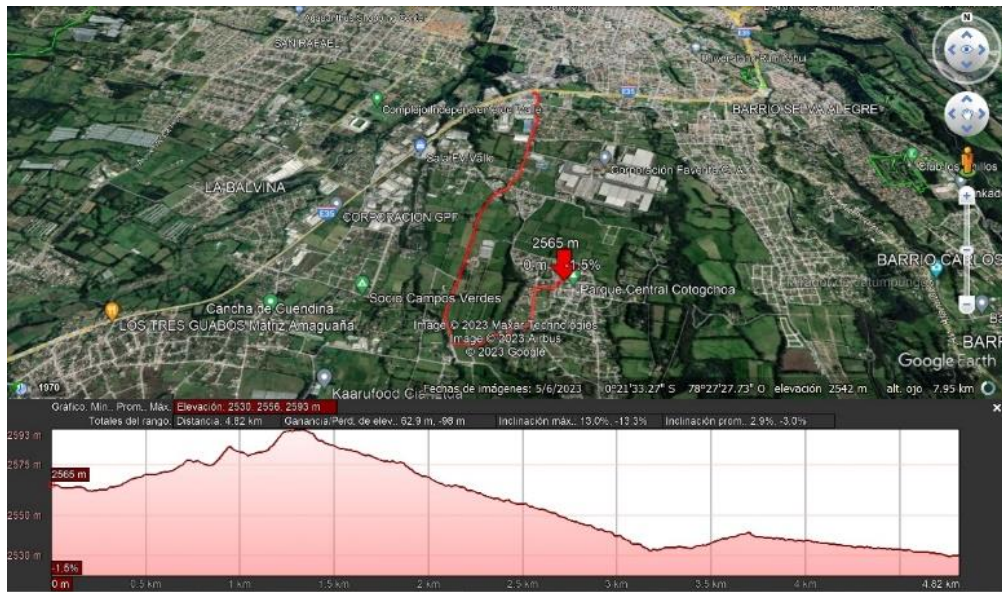
Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Figura 37 Viaje #20



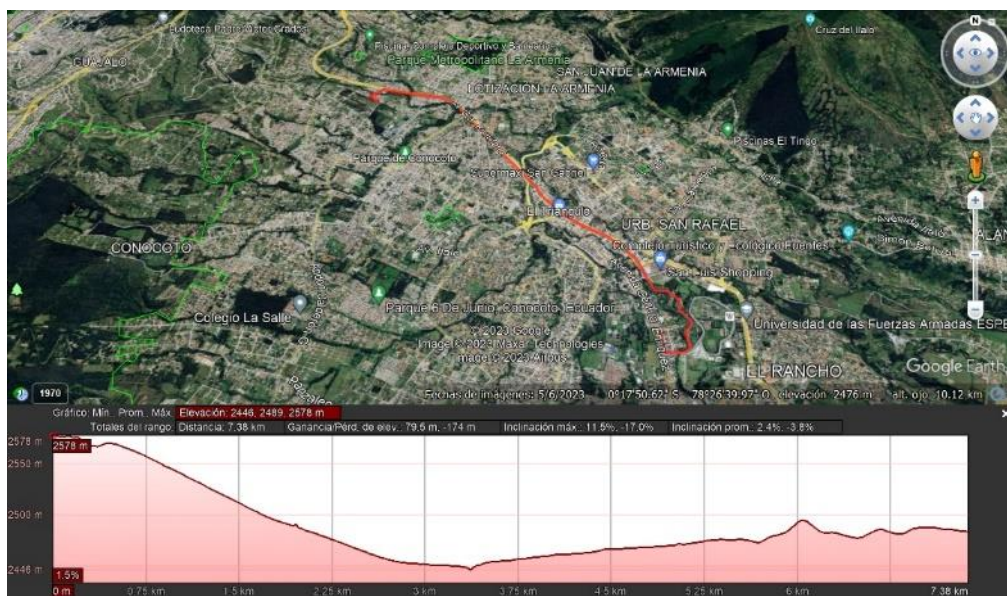
Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Figura: 38 Viaje # 14



Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Figura 39: Viaje # 1



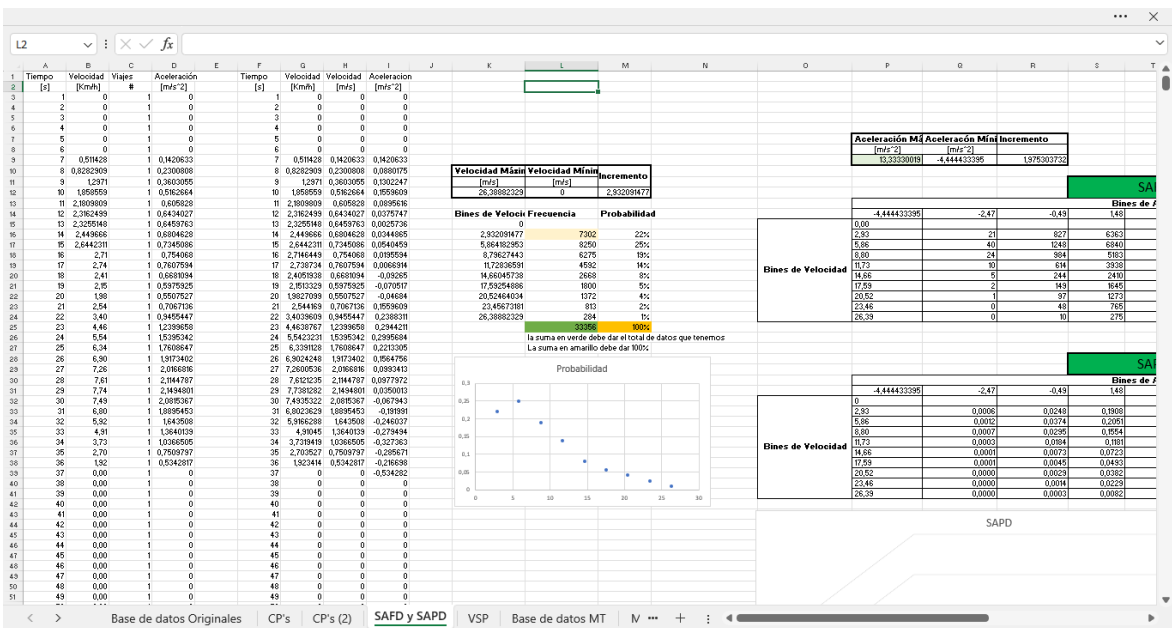
Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Figura 41: Muestra de base de datos en Excel.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a data table. The columns are labeled as follows: A: #Vlaje, B: Device, C: Location, D: Location, E: GPS Speed (Metros), F: Horizontal Distance, G: Altitude, H: Speed, I: CP's. The data rows contain numerical values for each of these categories, representing a series of measurements over time.

Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Figura 42: Muestra de hoja de cálculo SAFD y SAPD.



Autores: D. Chicaiza, S. Duchi.

Figura 43: Hoja de Cálculo Micro-Trips.

