



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECANICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“ELABORACION DE UN ALGORITMO PARA LA  
CONSTRUCCION DE CICLOS DE CONDUCCION.”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTOR:**

**JOSE MANUEL PLAZA GUERRERO**

Riobamba – Ecuador

2021



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECANICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“ELABORACION DE UN ALGORITMO PARA LA  
CONSTRUCCION DE CICLOS DE CONDUCCION.”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTOR: JOSE MANUEL PLAZA GUERRERO**

**DIRECTOR: Ing. PAUL ALEJANDRO MONTUFAR PAZ**

Riobamba – Ecuador

2021

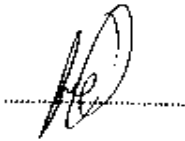
© 2021, José Manuel Plaza Guerrero.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, JOSE MANUEL PLAZA GUERRERO, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 25 de noviembre de 2021


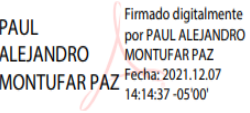

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'JP', written over a horizontal dashed line.

**José Manuel Plaza Guerrero**

Cedula de Identidad: 080333116-4

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: el Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **“ELABORACION DE UN ALGORITMO PARA LA CONSTRUCCION DE CICLOS DE CONDUCCION”**; realizado por el señor: **JOSE MANUEL PLAZA GUERRERO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 JUAN CARLOS ROCHA HOYOS	2021-11-25
Ing. Paul Alejandro Montufar paz <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR</b>	 PAUL ALEJANDRO MONTUFAR PAZ	2021-11-25
Ing. Johnny Marcelo Pancha Ramos <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 JOHNNY MARCELO PANCHA RAMOS	2021-11-25

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación, representa el trabajo y sacrificio de varios años de estudio y está dedicado principalmente a Dios por brindarme toda la fuerza y sabiduría necesarias para poder afrontar los momentos difíciles en todas las etapas de la carrera y salir triunfante en todos, y por darme valentía para poder alcanzar este objetivo tan anhelado.

A mis padres y hermanos quienes me han demostrado que con esfuerzo y sacrificio se puede lograr los objetivos, y mis amigos con quienes compartí gratos momentos durante mi formación académica.

**José Manuel Plaza Guerrero**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi sincero agradecimiento a mis padres quienes desde pequeño me guiaron por un buen camino y me inculcaron educación y valores para ser una persona de bien; A mis hermanos quienes han sido un pilar fundamental en esta etapa de formación académica.

A la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO, por brindarme todas las facilidades, para la presentación del presente trabajo de titulación, así también a las autoridades de la Facultad de Mecánica y de la Carrera de Ingeniería Automotriz, a los cuales hago efusivo mi más sincero agradecimiento por brindar las facilidades y apoyo durante este proceso de formación académica.

**José Manuel Plaza Guerrero**

## TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
INDICE DE GRAFICOS.....	x
INDICE DE ANEXOS .....	xi
RESUMEN .....	xii
SUMMARY .....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	1
JUSTIFICACIÓN .....	2
PROBLEMA .....	2
OBJETIVOS.....	2
OBJETIVO GENERAL .....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
HIPOTESIS.....	3

## CAPITULO I

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1. ESTADO DEL ARTE .....	3
1.1. Ciclo de conducción.....	3
1.2. Tipos de ciclos de conducción .....	3
1.2.1. Ciclos de conducción estacionarios.....	3
1.2.2. Ciclos de conducción transitorios .....	4
1.3. Ciclo de conducción en el mundo .....	4
1.4. Ciclo de conducción en ecuador .....	5
1.5. Potencia específica vehicular (VSP).....	7

## CAPITULO II

### MARCO METODOLÓGICO

2. DISEÑO METODOLÓGICO .....	7
2.1. Tipo de investigación.....	7
2.2. Recolección de datos.....	8
2.2.1. Datos del vehículo .....	8



2.2.2.	<i>Datos obtenidos del vehículo</i> .....	9
2.3.	<b>Obtención del Ciclo de Conducción</b> .....	9
2.3.1.	<i>Selección de los Parámetros Característicos y Criterios de Evaluación</i> .....	9
2.3.2.	<i>Metodología VSPBMT</i> .....	10
2.3.3.	<i>Ecuaciones para la obtención de VSP</i> .....	11
2.4.	<b>Procesamiento de datos</b> .....	13
2.4.1.	<i>Importar Librerías</i> .....	14
2.4.2.	<i>Importar Base de Datos</i> .....	15
2.4.3.	<i>Condiciones de Inicialización</i> .....	15
2.4.4.	<i>Calcular los CPs de la muestra</i> .....	15
2.4.5.	<i>Micro Viajes y Probabilidades</i> .....	16
2.4.6.	<i>Selección Cuasi aleatoria de los Micro Trips basados en Probabilidad</i> .....	16
2.4.7.	<i>Calcular los CP del Ciclo candidato</i> .....	17
2.4.8.	<i>El error relativo de los criterios de evaluación es menor al 5%</i> .....	17
2.4.9.	<i>Ciclo de Conducción</i> .....	17
2.4.10.	<i>Selección del Ciclo de Conducción más Representativo</i> .....	18
2.4.11.	<i>Calcular los CPs del Ciclo Representativo</i> .....	18

### **CAPITULO III**

#### **MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSION**

3.	<b>RESULTADOS</b> .....	19
3.1.	<b>Análisis de los CPs promedio de cada ciclo</b> .....	19
3.1.1.	<i>Metodología EBMT</i> .....	20
3.1.2.	<i>Metodología VSPBTM</i> .....	21
3.1.3.	<i>Prueba de Hipótesis</i> .....	22
3.2.	<b>Análisis de los errores relativos promedio de cada ciclo</b> .....	24
3.2.1.	<i>Prueba de Hipótesis</i> .....	24
3.2.2.	<i>Discusión</i> .....	25

**CONCLUSIONES**.....28

**RECOMENDACIONES**.....29

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Datos del vehículo .....	8
<b>Tabla 2-2:</b>	Parte de los datos recolectados.....	9
<b>Tabla 3-2:</b>	Descripción de los parámetros característicos.....	10
<b>Tabla 4-2:</b>	Criterios de evaluación .....	10
<b>Tabla 1-3:</b>	CPs promedio de cada ciclo .....	19
<b>Tabla 2-3:</b>	CPs de los diez ciclos EBMT y la muestra.....	20
<b>Tabla 3-3:</b>	CPs de los diez ciclos VSPBMT y la muestra.....	21
<b>Tabla 4-3:</b>	Análisis de varianza de los CPs promedio de cada método.....	23
<b>Tabla 5-3:</b>	Prueba de Tukey a los CPs promedio de cada método .....	23
<b>Tabla 6-3:</b>	Errores promedio de cada ciclo.....	24
<b>Tabla 7-3:</b>	Análisis de varianza de los errores promedio de cada ciclo .....	24
<b>Tabla 8-3:</b>	Prueba de Tukey a los errores promedio de cada ciclo .....	25
<b>Tabla 9-3:</b>	Error relativo de cada método .....	26

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Parámetros característicos. ....	7
<b>Figura 1-2:</b>	Datos relacionados a la investigación previa. ....	8
<b>Figura 2-2:</b>	Diagrama de flujo de la metodología VSPBMT. ....	11
<b>Figura 3-2:</b>	Fuerzas que se oponen al movimiento. ....	12
<b>Figura 4-2:</b>	Diagrama de flujo para la obtención del ciclo de conducción. ....	14
<b>Figura 5-2:</b>	Importación de las librerías. ....	14
<b>Figura 6-2:</b>	Importación de los datos. ....	15
<b>Figura 7-2:</b>	Condiciones de inicio. ....	15
<b>Figura 8-2:</b>	Muestra de los CPs. ....	16
<b>Figura 9-2:</b>	Probabilidad de cada micro viaje. ....	16
<b>Figura 10-2:</b>	Selección de los micros viajes. ....	16
<b>Figura 11-2:</b>	CPs del ciclo candidato. ....	17
<b>Figura 12-2:</b>	Criterios de evaluación. ....	17
<b>Figura 13-2:</b>	Almacenamiento de los ciclos candidatos. ....	18
<b>Figura 14-2:</b>	Selección del ciclo de conducción representativo. ....	18
<b>Figura 15-2:</b>	CPs del ciclo de conducción representativo. ....	18

## INDICE DE GRAFICOS

<b>Grafico 1-1:</b>	Ciclo de conducción estacionario.....	4
<b>Grafico 2-1:</b>	Ciclo de conducción transitorio. ....	4
<b>Grafico 3-1:</b>	Ciclo de conducción para ciudad. ....	5
<b>Grafico 4-1:</b>	Ciclo de conducción para carretera. ....	6
<b>Grafico 5-1:</b>	Ciclo de conducción combinado. ....	6
<b>Grafico 1-3:</b>	CPs EBMT.....	21
<b>Grafico 2-3:</b>	CPs VSPBMT.....	22
<b>Grafico 3-3:</b>	Promedios CPs individuales.....	23
<b>Grafico 4-3:</b>	Promedios errores relativos individuales. ....	25
<b>Grafico 5-3:</b>	Promedio de errores relativos de los CPs EBMT. ....	26
<b>Grafico 6-3:</b>	Promedio de errores relativos de los CPs VSPBMT. ....	27

## **INDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** VALORES DE LOS ERRORES (%) EBMT.

**ANEXO B:** VALORES DE LOS ERRORES (%) VSPBMT.

**ANEXO C:** REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS ERRORES RELATIVOS PROMEDIO  
. (%) DE CADA CICLO.

**ANEXO D:** CICLOS DE CONDUCCIÓN OBTENIDOS CON LA METODOLOGÍA  
. EBMT.

**ANEXO E:** CICLOS DE CONDUCCIÓN OBTENIDOS CON LA METODOLOGÍA  
. VSPBMT.

## RESUMEN

En esta investigación se propone obtener ciclos de conducción mediante la utilización de un algoritmo escrito en Python desarrollado en el IDE spyder; Estableciendo una nueva metodología VSPBMT (Velocidad Especifica Vehicular Basada en Micro Viajes) para la obtención de los ciclos de conducción, la cual consiste en dividir una base de datos (se censan los valores establecidos cada segundo durante los viajes) en micro viajes, se utilizó cuatro parámetros como criterios de evaluación del ciclo: Velocidad promedio, aceleración promedio positiva, porcentaje de tiempo en ralentí y potencia especifica vehicular. Este último parámetro se calculó mediante la sumatoria de las fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo, multiplicado por la velocidad y dividido para el peso del vehículo; este parámetro es calculado para cada segundo de todo el viaje. Esta nueva metodología VSPBMT será compara con la metodología EBMT (Energía Basada en Micro Viajes), la cual ha sido desarrollada en una investigación previa realizada en el Tecnológico de Monterrey. Lugo de filtrar correctamente los datos obtenidos de la investigación previa, se realizó el análisis de estos datos mediante las dos metodologías (algoritmo); para lo cual se recomienda realizar mil iteraciones en cada muestra para obtener resultados más exactos. Se tomaron diez muestras (ciclos y parámetros característicos) con cada metodología y se realizó un análisis estadístico (Anova, Varianza, Fisher) comparando las medias de los diez ciclos de cada método y obteniendo resultados que demuestran la similitud de ambos métodos; asegurando así la efectividad de la metodología VSPBMT para la obtención de ciclos de conducción representativos para una determinada ciudad o región. Sin embargo se demostró que con la metodología EBMT se obtienen ciclos de conducción más exactos, debido a que se genera un error relativamente menor a diferencia de la metodología VSPBMT.

**Palabras clave:** <ALGORITMO>, <CICLO DE CONDUCCIÓN>, <POTENCIA ESPECÍFICA VEHICULAR>, <ENERGIA>, <VELOCIDAD>, <ACELERACION>, <TIEMPO>, <RALENTÍ>



Firmado electrónicamente por:  
**HOLGER GERMAN  
RAMOS UVIDIA**

0259-DBRA-UPT-2022

2022-02-14

## SUMMARY

In the present investigation it is proposed to obtain driving cycles through the use of an algorithm written in Python developed in the IDE spyder; establishing a new methodology VSPBMT (Specific Vehicular Speed Based on Micro Trips) to obtain driving cycles, which consists of dividing a database (the values established every second during trips are recorded) in micro trips, it was used four parameters as cycle evaluation criteria: average speed, positive average acceleration, idle time percentage and vehicle specific power. This last parameter was calculated by adding the forces that oppose the movement of the vehicle, multiplied by the speed and divided by the weight of the vehicle; this parameter is calculated for each second of the entire trip. This new VSPBMT methodology will be compared with the EBMT methodology (Energy Based on Micro Trips), which has been developed in a previous research carried out at the Tecnológico de Monterrey. After correctly filtering the data obtained from the previous investigation, the analysis of these data was carried out using the two methodologies (algorithm); for which it is recommended to carry out a thousand iterations in each sample to obtain more exact results. Ten samples (cycles and characteristic parameters) were taken with each methodology and a statistical analysis (Anova, Variance, Fisher) was performed comparing the means of the ten cycles of each method and obtaining results that demonstrate the similarity of both methods; thus ensuring the effectiveness of the VSPBMT methodology for obtaining representative driving cycles for a given city or region. However, it was shown that with the EBMT methodology, more accurate driving cycles are obtained, due to the fact that a relatively smaller error is generated, unlike the VSPBMT methodology.

**Keywords:** <DRIVING CYCLES> <VEHICULAR SPECIFIC POWER> <ENERGY BASED ON MICRO TRAVEL> <ANOVA ANALYSIS> <AVERAGE ACCELERATION>.

LUIS  
FRANCISCO  
MANTILLA  
CABRERA

Firmado  
digitalmente por  
LUIS FRANCISCO  
MANTILLA CABRERA  
Fecha: 2022.02.21  
00:52:31 -05'00'

## INTRODUCCIÓN

Los ciclos de conducción se reflejan a través de graficas de velocidad y tiempo, que representan el comportamiento del manejo típico dentro de una localidad determinada, tomando en consideración el tipo de tráfico, distancia, tipo de vía, entre otros (Perez Llanos & Quito Sinchi, 2018). Un ciclo de conducción se define como un conjunto de secuencias de tiempos y velocidades, que provienen de información estadísticamente representativa, de un área en estudio previamente determinada (Davalos Figueroa, 2017). Los ciclos de conducción se utilizan para llevar a cabo la estimación de emisiones de contaminantes atmosféricos (Restrepo, Carranza, & Tibaquirá, 2007), bajo procedimientos que involucran su programación en un sistema de medición de gases de escape con dinamómetro de chasis. Por esta razón, si se desea obtener una buena estimación de emisiones, es fundamental que los ciclos de conducción representen las condiciones de circulación reales de los vehículos. Las características relacionadas a la forma como se conduce un vehículo quedan definidas por el concepto de “dinámica de conducción”. Este concepto incluye elementos como la cantidad y duración de las paradas que se efectúan, la velocidad y aceleración promedio del recorrido, la cantidad de tiempo en que el vehículo está detenido y en movimiento, y los distintos niveles de aceleración y velocidad que el conductor produce al conducir. En general, las formas de conducir vehículos varían tremendamente, y dependen de un sinnúmero de factores. Los modos de conducción son un fenómeno complejo, influenciado entre otras variables por el tipo de calle, el tipo de conductor, y el horario del día. Existe evidencia de diferencias significativas en las emisiones asociadas a diferentes modos de conducción. Para vehículos de pasajeros, diferentes modos de conducción se asocian con diferentes niveles de intensidad de operación del vehículo, los cuales modifican las emisiones debido al cambio en los valores de aceleración instantánea que significan (Oses & Rojas, 2019).



## **JUSTIFICACIÓN**

La presente investigación busca establecer una comparativa en la forma de obtener un ciclo de conducción representativo, utilizando el método de energía (EBMT), y el método de potencia específica vehicular (VSPBMT) (Araya Csaszar, 2008).

En Ecuador las entidades encargadas de utilizar ciclos de conducción para la homologación de vehículos son: la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) (ANT, 2020) y el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INE) (INEN, 2017). Así mediante el establecimiento y aplicación de normas se establece la utilización de ciclos internacionales para normalizar y homologar los vehículos. Al no tener registro de la actividad de conducción de vehículos a nivel local, es necesario la utilización de ciclos extranjeros.

## **PROBLEMA**

No existen ciclos de conducción capaces de representar de manera típica la forma y regularidad de conducir de un vehículo en la ciudad de Riobamba. Los análisis que se han realizado en otras localidades son procesos con parámetros comunes que según el criterio de expertos no se consideran los más adecuados para representar ciclos de la localidad; haciendo mención a los factores como la distribución del tránsito y altura, disponen que se deba realizar un estudio correspondiente (algoritmo) para establecer el ciclo de conducción más adecuado.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Reproducir el proceso de obtención de ciclo de conducción de forma automatizada, utilizando VSP (Potencia Específica Vehicular) como nuevo parámetro de evaluación en lugar del consumo.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recolectar datos (archivo de Excel con datos obtenidos de una investigación previa, realizada en el tecnológico de Monterrey).
- Selección del IDE más adecuado para desarrollar y ejecutar el algoritmo escrito en el lenguaje de programación Python.
- Analizar los datos obtenidos por el vehículo (archivo de Excel).
- Realizar el análisis estadístico.

- Comprobar la efectividad que existe al utilizar la nueva metodología.

## **HIPOTESIS**

### *Hipótesis nula (Ho):*

El ciclo de conducción obtenido mediante micro viajes basados en energía (EBMT) no es relativamente diferente al obtenido mediante micro viajes basados en Potencia Especifica Vehicular (VSPBMT).

### *Hipótesis alternativa (Hi):*

El ciclo de conducción obtenido mediante micro viajes basados en energía (EBMT) es relativamente diferente al obtenido mediante micro viajes basados en Potencia Especifica Vehicular (VSPBMT).

## **CAPITULO I**

### **MARCO TEÓRICO REFERENCIAL**

#### **1. ESTADO DEL ARTE**

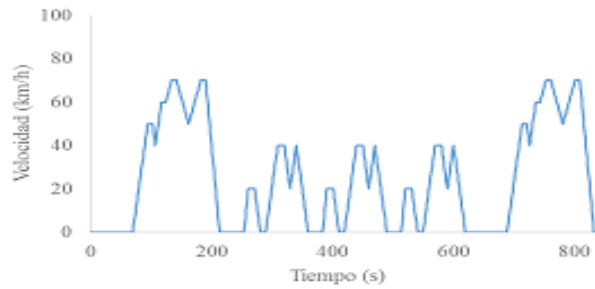
##### **1.1. Ciclo de conducción**

Un ciclo de conducción representa un conjunto de datos de velocidad con respecto al tiempo; tomados generalmente a una frecuencia de 1Hz, es decir un dato por segundo. Se utiliza principalmente para analizar el consumo de combustible y las emisiones de gases contaminantes (Martínez, 2014).

##### **1.2. Tipos de ciclos de conducción**

###### ***1.2.1. Ciclos de conducción estacionarios***

Tienen como característica de construcción del ciclo, lapsos de velocidades y aceleraciones constantes en la totalidad de su perfil de velocidad y tiempo. Se utilizan para representar condiciones de manejo determinadas en laboratorio con dinamómetros de prueba.

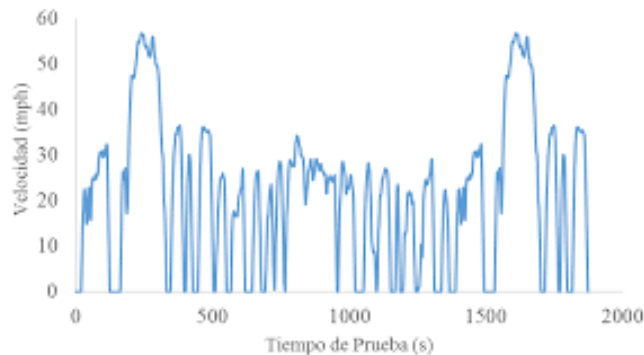


**Gráfico 1-1:** Ciclo de conducción estacionario.

**Fuente:** (Davalos Figueroa, 2017).

### 1.2.2. Ciclos de conducción transitorios

Tienen como característica la variación de velocidad en cada instante de tiempo. Son mediciones reales de manejo urbano, donde se producen aceleraciones y picos de velocidad a lo largo del ciclo.



**Gráfico 2-1:** Ciclo de conducción transitorio.

**Fuente:** (Davalos Figueroa, 2017).

### 1.3. Ciclo de conducción en el mundo

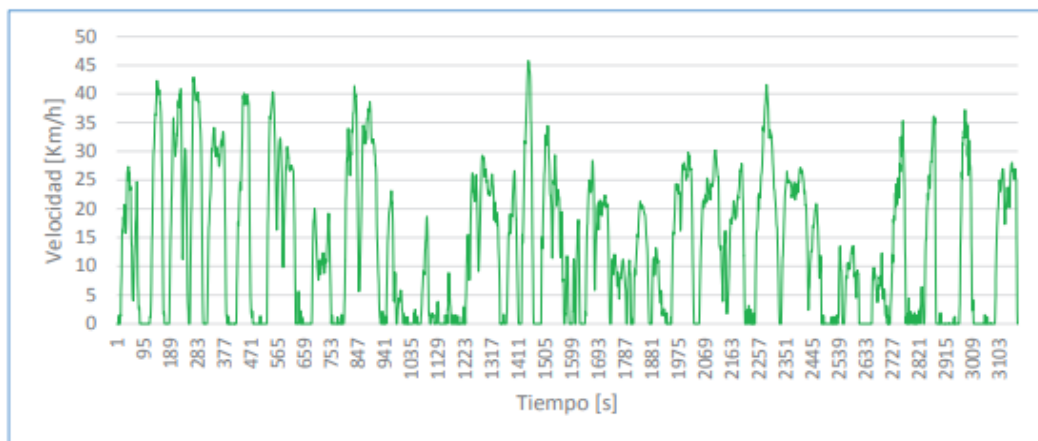
A continuación se presentan los ciclos de conducción más utilizados a nivel mundial (Barlow, Latham, Mccrae, & Boulter, 2009).

- Ciclos legislativos de la Unión Europea.
- Ciclos de los Estados Unidos de América.
- Ciclos Legislativos Japoneses.
- Ciclos de la WSL (Warren Spring Laboratory).
- Ciclos de conducción ARTEMIS.
- Ciclos de conducción EMPA.

- Ciclos de conducción handbook.
- Ciclos de conducción MODERM-IM.
- Ciclos de conducción INRETS.
- Ciclos cortos (arranque en frio) INRETS.
- Ciclos de conducción MoDEM.
- ARTEMIS WP3141.
- MODEM Hy-zen para auto de pasajeros.
- LDV\_PVU Ciclos de conducción para automóviles de uso profesional.
- Ciclos MTC.
- Ciclos TUG.
- Ciclos TRRL.
- TRL M25.
- Ciclo de bus BP.
- Bus TNO.

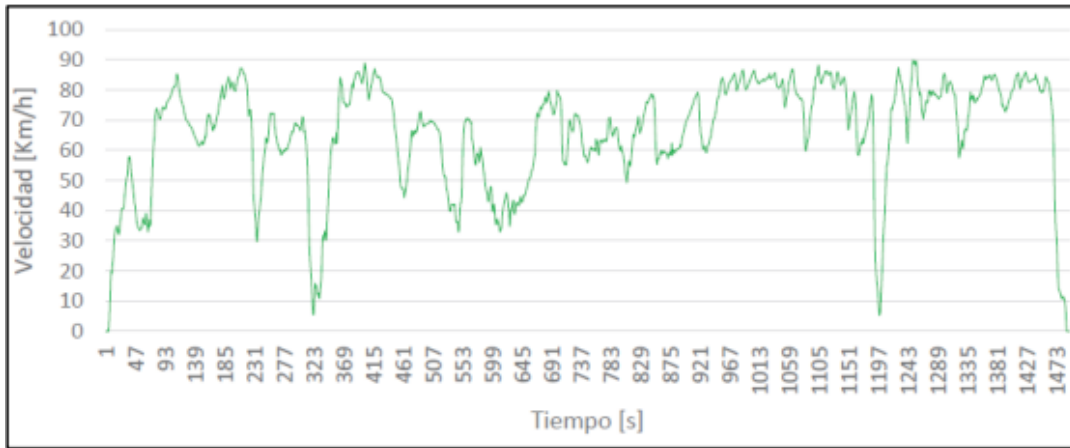
#### 1.4. Ciclo de conducción en ecuador

Ciclo de conducción en el Distrito Metropolitano de Quito



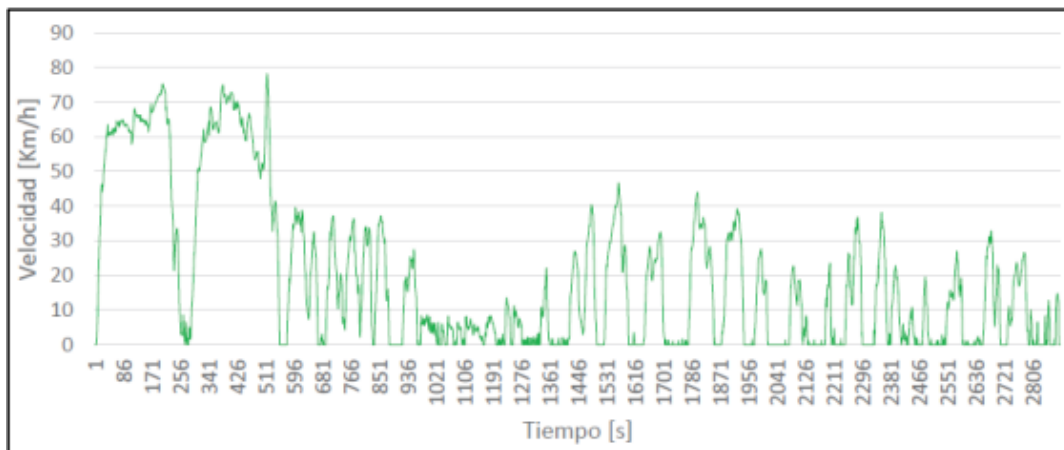
**Gráfico 3-1:** Ciclo de conducción para ciudad.

**Fuente:** (Quinchimbla Pisuña & Solis Santamaria, 2017).



**Grafico 4-1:** Ciclo de conducción para carretera.

**Fuente:** (Quinchimbla Pisuña & Solis Santamaria, 2017).



**Grafico 5-1:** Ciclo de conducción combinado.

**Fuente:** (Quinchimbla Pisuña & Solis Santamaria, 2017).

**Parámetros obtenidos de los ciclos**

<b>Parámetros</b>	<b>Ciudad</b>	<b>Carretera</b>	<b>Combinado</b>
Tiempo total transcurrido (s)	3169	1493	2889
Número de paradas	58	2	63
Tiempo ralenti (s)	1060	10	960
Velocidad máxima (km/h)	45,77	89,91	78,32
Velocidad promedio(km/h)	13,26	65,98	19,18

Continua,

Tiempo con aceleración (s)	1266	791	1036
Aceleración positiva máxima ( $m/s^2$ )	1,89	2,08	1,45
Aceleración promedio positiva ( $m/s^2$ )	0,348	0,357	0,403
Distancia recorrida (m)	11914	27463	15673

**Figura 1-1:** Parámetros característicos.

**Fuente:** (Quinchimbla Pisuña & Solis Santamaria, 2017).

### 1.5. Potencia específica vehicular (VSP)

La metodología VSP consiste en un balance simplificado de todas las fuerzas aplicadas en el vehículo durante su conducción, permitiendo obtener una estimación de la potencia por unidad de masa del vehículo en cada instante. Así, la VSP es función de la velocidad y de la aceleración del vehículo, así como de la pendiente y se expresa en kilovatios (kW) (Caballero Morales, 2011).

La potencia específica del vehículo traduce cuantitativamente los parámetros característicos de un modo de conducción instantáneo a niveles de demanda energética del motor (Jimenez Gonzalez, 2019).

## CAPITULO II

### MARCO METODOLÓGICO

## 2. DISEÑO METODOLÓGICO

### 2.1. Tipo de investigación

#### Cuantitativa

La presente investigación es de tipo cuantitativa, ya que se fundamenta en la recopilación de datos y se vale del uso de herramientas matemáticas, estadísticas e informáticas para medirlos. Esto permite hacer conclusiones generalizadas que pueden ser proyectadas en el tiempo.

## 2.2. Recolección de datos

Los datos utilizados en la presente investigación, son tomados de una investigación previa realizada en el Tecnológico de Monterrey; la cual tiene como tema: Driving cycles that reproduce driving patterns, energy consumptions and tailpipe emissions (Quirama, Giraldo, Huertas, & Jaller, 2020).

### 2.2.1. Datos del vehículo

#### **Análisis mecánico y energético de un vehículo pesado**

**Realizado por:** M. Sc. Michael Daniel Giraldo Galindo

M. Sc. Luis Felipe Quirama Londoño

**Asesorado por:** D. Sc. José Ignacio Huertas Cardozo

**Fecha:** Noviembre 2017

**Grupo:** Grupo de enfoque en Energía y Cambio Climático

**Lugar:** Tecnológico de Monterrey - Campus Monterrey

**Objetivo:** Obtener el Specific Fuel Consumption para cada ciclo de conducción

**Observaciones:** Caja modificada según tesis Daniel Cordero

Lastre simulado de 2100 kg con tanques de agua en todos los trayectos

El conductor fue Fabián Mercado

Fuente de los datos es de ECOSTART

Unidad es la 193



**Figura 1-2:** Datos relacionados a la investigación previa.

**Fuente:** (Quirama, Giraldo, Huertas, & Jaller, 2020).

**Tabla 1-2:** Datos del vehículo.

Característica	Valor	Unidad
Masa	16595	[Kg]
Área frontal	8,47	[m <sup>2</sup> ]
Cd	0,64	[-]
fr	0,006	[-]
T ambiente	20	[°C]
P ambiente	80	[KPa]
R aire	0,287	[KJ/Kg.K]
Rho air	0,952	[Kg/m <sup>3</sup> ]
Gravedad	9,81	[m/s <sup>2</sup> ]
Rho diésel	820	[Kg/m <sup>3</sup> ]
LHV diésel	43400	[KJ/kg]
Efi Th	0,3	[-]
Efic C	1	[-]
Efic M	0,9	[-]
Efic V	0,9	[-]
R dinámico	0,552324	[m]
RPM Max	2100	[RPM]

**Fuente:** (Quirama, Giraldo, Huertas, & Jaller, 2020).

**Realizado por:** Plaza J. 2021.

### 2.2.2. Datos obtenidos del vehículo

**Tabla 2-2:** Parte de los datos recolectados.

No. of trip	LoS	Time [s]	RPM	Speed [m/s]	Accleration [m/s <sup>2</sup> ]	Distance [m]
1	1	5239	935,027309	6,482777778	-1,122222222	6,482777778
1	1	5240	790,346289	4,9475	-1,535277778	4,9475
1	1	5241	816,966216	3,588055556	-1,359444444	3,588055556
1	1	5242	830,214463	2,491666667	-1,096388889	2,491666667
1	1	5243	821,404221	1,454166667	-1,0375	1,454166667
1	1	5244	792,778347	0,894444444	-0,559722222	0,894444444
1	1	5245	789,107036	0,908888889	0,014444444	0,908888889
1	1	5246	792,254237	1,041388889	0,1325	1,041388889
1	1	5247	767,10989	1,363888889	0,3225	1,363888889
1	1	5248	946,073353	1,950555556	0,586666667	1,950555556
1	1	5249	1150,643713	2,576666667	0,626111111	2,576666667
1	1	5250	1085,044367	2,810277778	0,233611111	2,810277778
1	1	5251	967,62662	2,561666667	-0,248611111	2,561666667
1	1	5252	877,447927	2,298333333	-0,263333333	2,298333333
1	1	5253	890,203016	2,216944444	-0,081388889	2,216944444
1	1	5254	1134,945414	2,498333333	0,281388889	2,498333333
1	1	5255	1458,589712	3,275555556	0,777222222	3,275555556

Fuente: (Quirama, Giraldo, Huertas, & Jaller, 2020).

Realizado por: Plaza J. 2021.

## 2.3. Obtención del Ciclo de Conducción

### 2.3.1. Selección de los Parámetros Característicos y Criterios de Evaluación

Estos parámetros son seleccionados de acuerdo a la metodología EBMT (Quirama, Giraldo, Huertas, & Jaller, 2020); la cual para esta investigación ha sido modificada de tal forma que el Consumo Específico de Combustible (SFC) es reemplazado por la Potencia Especifica Vehicular. Dando así una nueva metodología para la obtención del ciclo de conducción denominada VSPBMT (Potencia Especifica Vehicular Basada en Micro Viaje).



**Tabla 3-2:** Descripción de los parámetros característicos.

<b>Parámetros</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>
Velocidades	Speed Max	Velocidad máxima	m/s
	Speed ave*	Velocidad promedio	m/s
	SD Speed	Sd_Velocidad	m/s
Aceleraciones	a+ max	Aceleración positiva máxima	m/s <sup>2</sup>
	a- max	Aceleración negativa máxima	m/s <sup>2</sup>
	a+ ave*	Aceleración promedio positiva	m/s <sup>2</sup>
	a- ave	Aceleración promedio negativa	m/s <sup>2</sup>
	SD a+	Desviación de aceleración positiva	m/s <sup>2</sup>
	SD a-	Desviación de aceleración negativa	m/s <sup>2</sup>
Tiempos	% idling	% tiempo en ralentí	%
	% a+	% tiempo acel pos	%
	% a-	% tiempo acel neg	%
	% cruising	% tiempo crucero	%
Potencias	VSPp+	Potencia promedio pos	kW
	VSPp-	Potencia promedio neg	kW

Realizado por: Plaza J. 2021.

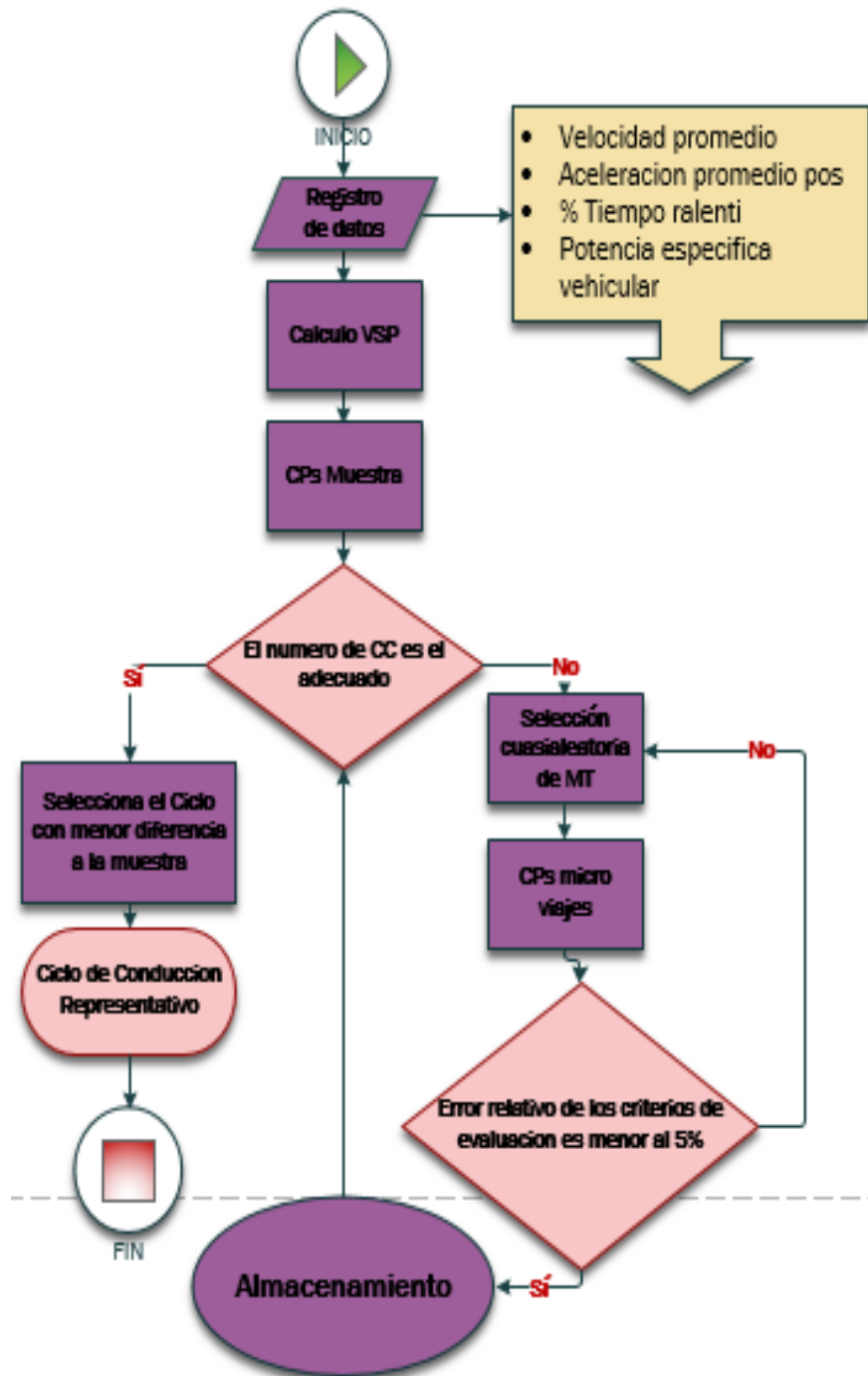
**Tabla 4-2:** Criterios de evaluación.

<b>Criterios</b>	<b>Unidades</b>
Velocidad Promedio	m/s
Aceleración Promedio Positiva	m/s <sup>2</sup>
% Tiempo en Ralentí	%
Potencia Especifica Vehicular	kW

Realizado por: Plaza J. 2021.

### 2.3.2. Metodología VSPBMT

Para la presente investigación se utiliza el método llamado Energy Based Micro-Trip (EBMT), este método fue planteado por un grupo de investigación de la universidad Tecnológica de Pereira integrado por Luis F. Quirama, Miguel Giraldo, José I. Huertas, Miguel Jaller, la finalidad de este método es la de construir ciclos de conducción los cuales representen patrones de conducción locales (Quirama, Giraldo, Huertas, & Jaller, 2020). El método se basa en el manejo de micro viajes, sin embargo, se planea agregar un paso adicional el cual consiste en calcular la Potencia Especifica Vehicular (VSP) de cada viaje para ser almacenado como un vector (mVSP), el cual se implementa en el desarrollo del algoritmo.

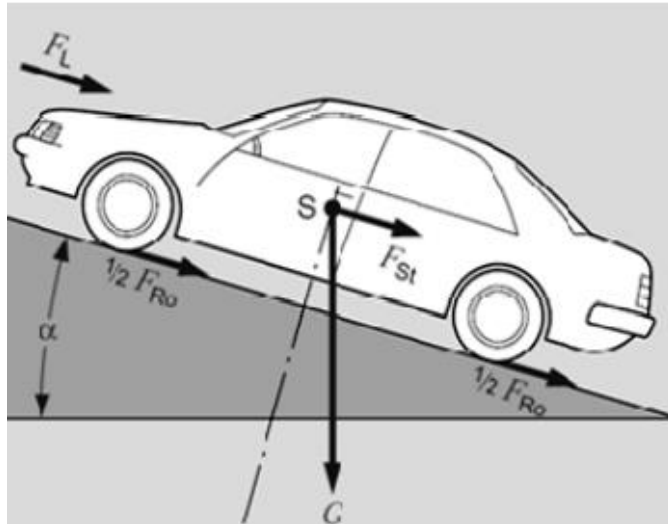


**Figura 2-2:** Diagrama de flujo de la metodología VSPBMT.

Realizado por: Plaza J. 2021.

### 2.3.3. Ecuaciones para la obtención de VSP

El cálculo de la fuerza en la rueda del vehículo se realiza mediante la sumatoria de cuatro fuerzas que se oponen al movimiento, estas son: Resistencia Aerodinámica, Resistencia de Inercia, Resistencia por Pendiente y Resistencia de rodadura (Astudillo Bravo, 2016).



**Figura 3-2:** Fuerzas que se oponen al movimiento.

Fuente: (Dietsche, 2005).

A continuación se detallan las fórmulas de las fuerzas que se oponen al movimiento:

$$F_x = R_a + R_i + R_p + R_r \quad (\text{Ec.1})$$

Donde:

$F_x$  = Fuerza en la rueda (N)

$R_a$  = Resistencia Aerodinámica (N)

$R_i$  = Resistencia de Inercia (N)

$R_p$  = Resistencia por Pendiente (N)

$R_r$  = Resistencia de rodadura (N)

$$R_a = \frac{A \times d \times C_d \times v \left(\frac{m}{s}\right)^2}{2} \quad (\text{Ec.2})$$

Donde:

$R_a$  = Resistencia Aerodinámica (N)

$A$  = Área frontal del vehículo (m<sup>2</sup>)

$d$  = Densidad del aire (kg/m<sup>3</sup>)

$C_d$  = Coeficiente Aerodinámico

$v$ (m/s) = Velocidad del vehículo (m/s)

$$R_i = M \times a \quad (\text{Ec.3})$$

Donde:

Ri = Resistencia de Inercia (N)

M = masa del vehículo (kg)

a = Aceleración del vehículo (m/s<sup>2</sup>)

$$Rg = M \times g \times \sin(\emptyset) \quad (\text{Ec.4})$$

Donde:

Rg = Resistencia por Pendiente (N)

M = Masa del vehículo (kg)

g = Gravedad (m/s<sup>2</sup>)

$\emptyset$  = Pendiente (Rad)

$$Rr = M \times g \times fr \quad (\text{Ec.5})$$

Donde:

Rr = Resistencia de Rodadura (N)

M = Masa del vehículo (kg)

g = Gravedad (m/s<sup>2</sup>)

fr = Coeficiente de Fricción

$$VSP = \frac{(Rx).(V)}{M} \quad (\text{Ec.6})$$

Donde:

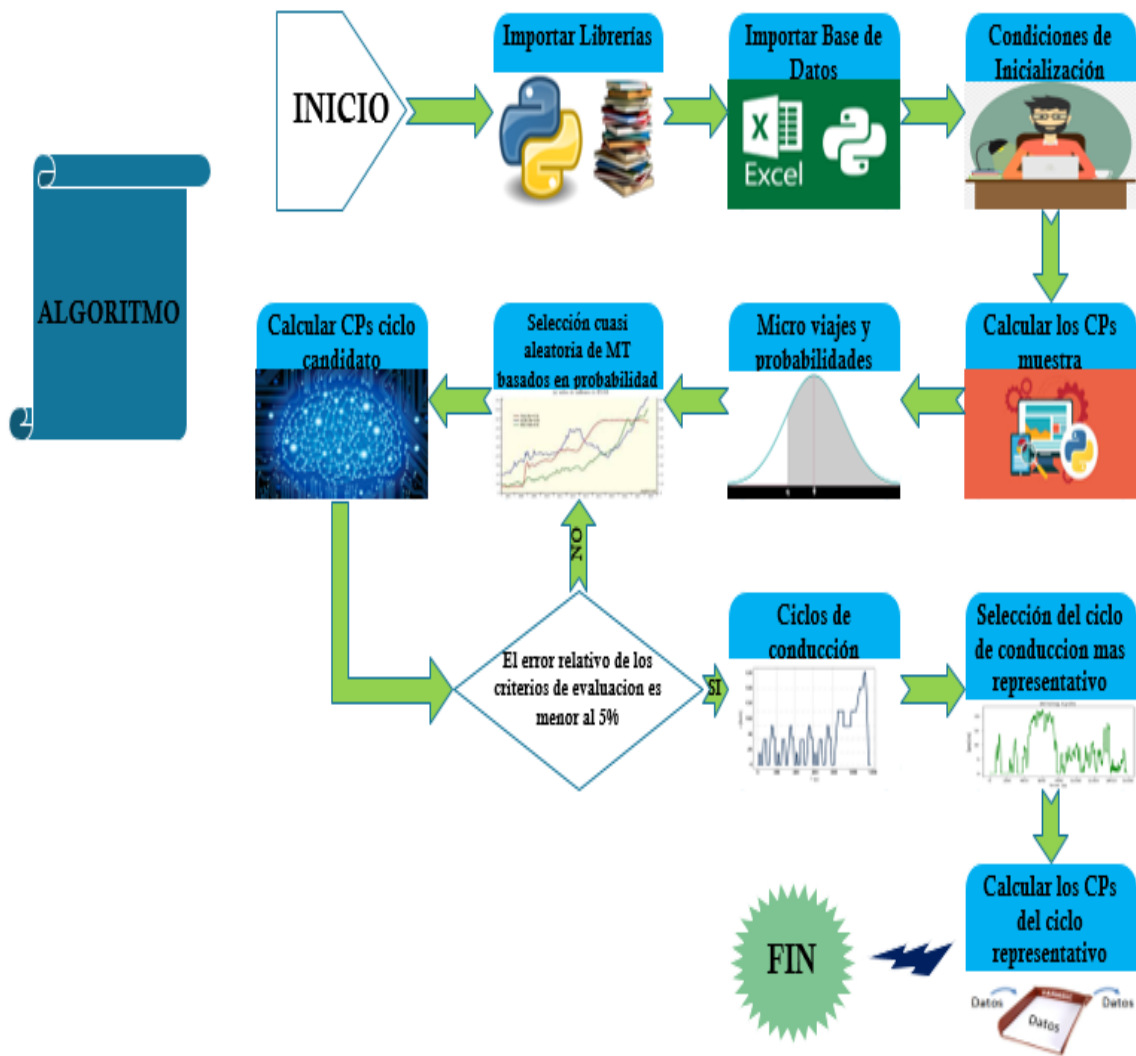
VSP = Potencia especifica vehicular (kW)

v = Velocidad del vehículo (m/s)

M = Masa del vehículo (kg)

## 2.4. Procesamiento de datos

El siguiente diagrama de flujo muestra cómo se obtiene un ciclo de conducción de acuerdo al número de iteraciones (número de ciclos candidatos) que se defina, cabe recalcar que mientras más iteraciones, mayor será la probabilidad de encontrar un ciclo de conducción con diferencia mínima respecto a los parámetros de la muestra, pero esto también conlleva a que el tiempo estimado de espera aumente (Quirama, Giraldo, Huertas, & Jaller, 2020).



**Figura 4-2:** Diagrama de flujo para la obtención del ciclo de conducción.

Realizado por: Plaza J. 2021.

### 2.4.1. Importar Librerías

El primer paso a realizar para la elaboración del algoritmo es importación de las librerías, las cuales servirán para el desarrollo del mismo.

```

10 import random
11 import numpy as np
12 import pandas as pd
13 import matplotlib.pyplot as plt
14 import math
15 from time import time
16 from statistics import mean, stdev, median

```

**Figura 5-2:** Importación de las librerías.

Realizado por: Plaza J. 2021.

### 2.4.2. Importar Base de Datos

Se importa la base de datos del archivo de Excel (raw data pems Toluca), se selecciona la hoja urban 1 del libro.

```
18 xlsx=pd.ExcelFile('raw data pems toluca.xlsx')
19 trips=xlsx.parse('Urban 1')
```

**Figura 6-2:** Importación de los datos.

Realizado por: Plaza J. 2021.

### 2.4.3. Condiciones de Inicialización

Se establecen los valores de los parámetros y de las constantes, las cuales son utilizadas para el cálculo de las diferentes variables del proceso (VSP, velocidades, tiempos, etc.).

```
25 num_iter = 1000
26 tiempo=1200
27 velidmin=0.01
28 apref=0.14
29 anref=-0.14
30 rpmmmin=750
31 er=0.05
32 A=8.47
33 d=1.2
34 Cd=0.64
35 M=16595
36 g=9.8
37 fr=0.006
```

**Figura 7-2:** Condiciones de inicio.

Realizado por: Plaza J. 2021.

### 2.4.4. Calcular los CPs de la muestra

Se calculan los parámetros característicos de la muestra, mismos que se obtienen al analizar todos los viajes respectivamente.

```

288 velmaxmtra = median(mvelmaxmtra)
289 velpmtra = median(mvelpmtra)
290 velsdmtra = median(mvelsdmtra)
291
292 acelmaxmtrap = median(macelmaxmtrap)
293 acelpmtrap = median(macelpmtrap)
294 acelsdmtrap = median(macelsdmtrap)
295
296 acelmaxmtran = median(macelmaxmtran)
297 acelpmtran = median(macelpmtran)
298 acelsdmtran = median(macelsdmtran)
299
300 peridletra = median(mperidle)
301 peracelmtrap = median(mperacelp)
302 peracelmtran = median(mperaceln)
303 percrucomtra = median(mpercrucom)
304

```

**Figura 8-2:** Muestra de los CPs.

Realizado por: Plaza J. 2021.

#### 2.4.5. Micro Viajes y Probabilidades

Se calculan los micro viajes (viajes separados en nueve grupos, para esta base de datos en particular) y la probabilidad de cada uno.

```

277 proba=[]
278 for aa in range (0,int(max(trips['Micro-trip']+1))):
279
280     posc=(trips['Micro-trip']==aa)[trips['Micro-trip']==aa]
281     mic=len(posc)/lbd # total de datos

```

**Figura 9-2:** Probabilidad de cada micro viaje.

Realizado por: Plaza J. 2021.

#### 2.4.6. Selección Cuasi aleatoria de los Micro Trips basados en Probabilidad

Se selecciona cada Micro Viaje basado en la Probabilidad de aceptación que tenga el mismo.

```

412     while u==0: # control del ciclo generado
413
414         while len_DC<tiempo: #control sobre el tiempo del ciclo
415
416             prob = trips['Probabilidad'].dropna()#probabilidad de cada microviaje
417             prob=np.cumsum(prob)#probabilidad acumulada
418             r_px=random.uniform(0,1)#número aleatorio entre 0 y 1
419             number_microv=((r_px<prob).tolist()).index(1)#índice del primer valor
420             mv_selec=(r_px<prob)[r_px<prob].tolist()#microviajes seleccionados
421             len_micros = len(mv_selec)#número de microviajes seleccionados que
422             r_u=random.randint(0,len_micros-1)#número aleatorio; número de microviajes
423
424             microvv = ((trips['Micro-trip']==r_u)[trips['Micro-trip']==r_u]).ir
425
426             micro_trip_DC = trips.loc[microvv,'Speed [m/s]']#valores de velocidad
427             micro_trip_a = trips.loc[microvv,'Acceleration [m/s2]']#valores de aceleración
428             micro_trip_fr = trips.loc[microvv,'Fuel cons. [L/s]']#valores de consumo
429             distancias=trips.loc[microvv,'Distance [m]']
430             micro_sele.append(r_u)#vector con microviajes seleccionados
431             DC.extend(micro_trip_DC)
432             #RPM.extend(micro_trip_rpm)
433             a.extend(micro_trip_a)
434             FR.extend(micro_trip_fr)
435             dist_viaje.extend(distancias)
436

```

**Figura 10-2:** Selección de los micros viajes.

Realizado por: Plaza J. 2021.

#### 2.4.7. Calcular los CP del Ciclo candidato

Se calculan los parámetros característicos del ciclo candidato, mismos que se obtienen de analizar todos los micro viajes respectivamente.

```
445 #CP's DEL CICLO CANDIDATO
446 #CP's relacionados con la velocidad
447 velmaxCDC = max(DC)
448 velpCDC = mean(DC)
449 velstdCDC = stdev(DC)
450
451 #selección de aceleraciones +
452 accelxCDCp = np.array(a)[np.array(a)>=apref]
453
454 #CP's relacionados con la aceleración +
455 accelmaxCDCp = max(accelxCDCp)
456 accelpCDCp = mean(accelxCDCp)
457 accelstdCDCp = stdev(accelxCDCp)
```

Figura 11-2: CPs del ciclo candidato.

Realizado por: Plaza J. 2021.

#### 2.4.8. El error relativo de los criterios de evaluación es menor al 5%

En este punto se aplica el criterio de evaluación para el cual se utilizan las cuatro variables calculadas de la muestra y las cuatro del ciclo candidato (velocidad promedio, aceleración promedio positiva, porcentaje de tiempo en ralentí y potencia específica vehicular). Si el error es menor al 5%, se ejecuta el siguiente paso (2.4.9); caso contrario, se vuelve al paso anterior (2.4.6).

```
527
528 #EVALUACIÓN DEL CICLO CANDIDATO
529 if (abs(PSVpmtrap-PotpPSVCDCp)/PSVpmtrap>er) or (abs(velpmtra-velpCDC)/velpmtra>er) or
530
```

Figura 12-2: Criterios de evaluación.

Realizado por: Plaza J. 2021.

#### 2.4.9. Ciclo de Conducción

Una vez aplicado el criterio de evaluación, se obtiene el ciclo de conducción candidato. El número de ciclos candidatos está establecido por el número de iteraciones que se realicen (`num_iter = 1000`), de los cuales se elige el que tenga menor diferencia con la muestra.



```

590
591     M_len[0,oo] = len_DC #matriz que guarda la longitud d
592
593
594     M_DC.append(DC) #velocidad del ciclo candidato
595     M_a.append(a) #aceleración del ciclo candidato
596     M_FR.append(FR) #consumo del ciclo candidato
597     M_len_DC.append(T_CDC)#tiempo del ciclo
598     M_Micro_Sele.append(micro_sele)#micorviajes seleccion
599     M_RPM.append(RPM)
600     M_dist.append(dist viaje)

```

**Figura 13-2:** Almacenamiento de los ciclos candidatos.

Realizado por: Plaza J. 2021.

#### 2.4.10. Selección del Ciclo de Conducción más Representativo

Se selecciona el ciclo de conducción que posea el índice menor (diferencia de cada ciclo candidato respecto a la muestra).

```

607 #seleccina el índice del CCR (el de menor diferencia)
608 pos=DiffCiclos.tolist().index(min(DiffCiclos.tolist()))
609
610 Time = M_len[0,pos]#selecciona en tiempo del CCR de la m
611 DC_RDC = M_DC[pos]#selecciona las velocidades del CCR de
612 a_RDC = M_a[pos]#selecciona las aceleraciones del CCR de
613 FR_RDC= M_FR[pos]#selecciona el consumo del CCR de la ma
614 RPM_RDC = M_RPM[pos]
615 micro_sele_RDC = M_Micro_Sele[pos]#microviajes seleccion
616 Dist_RDC=M_dist[pos]

```

**Figura 14-2:** Selección del ciclo de conducción representativo.

Realizado por: Plaza J. 2021.

#### 2.4.11. Calcular los CPs del Ciclo Representativo

Se calculan los parámetros característicos del ciclo de conducción representativo, mismos que se obtienen al seleccionar el ciclo que tenga menor diferencia respecto a la muestra.

```

625 # In[11]CP's del CCR:
626 #CP's relacionados con la velocidad
627 velmaxRDC = max(DC_RDC)
628 velpRDC = mean(DC_RDC)
629 velsdRDC = stdev(DC_RDC)
630
631 #selección de aceleraciones +
632 accelxRDCp = np.array(a_RDC)[np.array(a_RDC)>=apref]
633
634 #CP's relacionados con la aceleración +
635 accelmaxRDCp = max(accelxRDCp)
636 accelpRDCp = mean(accelxRDCp)
637 accelstdRDCp = stdev(accelxRDCp)

```

**Figura 15-2:** CPs del ciclo de conducción representativo.

Realizado por: Plaza J. 2021.

## CAPITULO III

### MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3. RESULTADOS

##### 3.1. Análisis de los CPs promedio de cada ciclo

Para realizar el análisis de los datos obtenidos mediante las dos metodologías (EBMT y VSPBMT), se utiliza Excel y Minitab.

En la Tabla 1-3 se muestran los promedios de los Parámetros Característicos de cada Ciclo (10 ciclos). No se tomaron en cuenta los parámetros característicos de la muestra. Estos datos son utilizados posteriormente para el análisis de varianza y el método de Tukey (Minitab).

**Tabla 1-3:** CPs promedio de cada ciclo.

PROMEDIO CPs		
No. Parámetro	EBMT	VSPBMT
1	22,14147222	22,12805556
2	7,522274414	7,285527903
3	6,934886934	6,965590978
4	1,351805556	1,358777778
5	0,462682227	0,462566693
6	0,242004626	0,240827952
7	-1,95608333	-2,045138889
8	-0,493034	-0,485184404
9	0,348064915	0,348619725
10	15,16052313	15,21612856
11	32,14367577	31,82595101
12	29,47738605	30,20796542
13	23,21841506	22,74995501
14	8,966905366	4,364446576
15	0,376369901	-3,158113886

Realizado por: Plaza J. 2021.

### 3.1.1. Metodología EBMT

En la tabla 2-3 se muestran los valores de los Parámetros Característicos de los diez Ciclos incluidos los de la muestra.

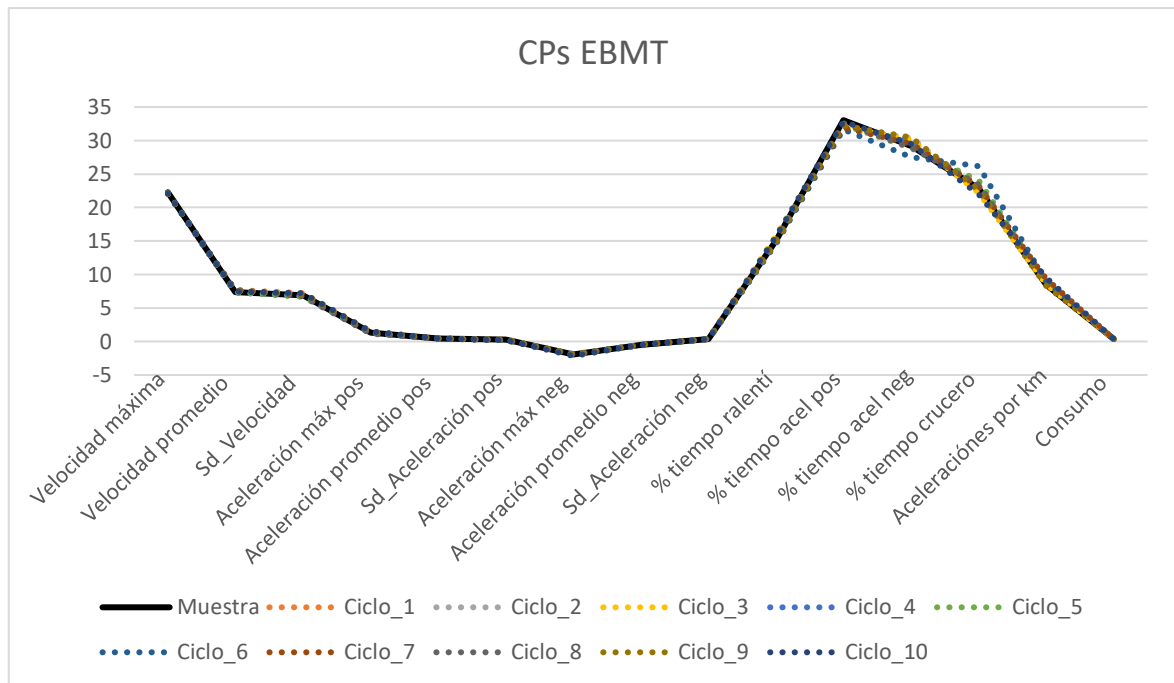
**Tabla 2-3:** CPs de los diez ciclos EBMT y la muestra.

VALORES	Muestra	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10
Velocidad máx	22,262	22,128	22,128	22,128	22,128	22,128	22,262	22,128	22,128	22,128	22,128
Velocidad prom	7,362	7,705	7,393	7,630	7,303	7,373	7,598	7,540	7,688	7,539	7,454
Sd_Velocidad	6,853	7,181	6,854	7,034	6,763	6,622	6,943	7,054	6,708	7,020	7,171
Acel máx pos	1,311	1,369	1,369	1,369	1,264	1,310	1,444	1,369	1,136	1,444	1,444
Acel prom pos	0,460	0,473	0,479	0,473	0,459	0,460	0,447	0,456	0,454	0,470	0,457
Sd_Acel pos	0,247	0,246	0,248	0,242	0,237	0,241	0,242	0,238	0,230	0,253	0,243
Acel máx neg	-1,938	-1,938	-1,938	-1,938	-1,938	-1,938	-1,891	-1,938	-1,938	-1,938	-2,163
Acel prom neg	-0,516	-0,479	-0,480	-0,511	-0,482	-0,510	-0,492	-0,487	-0,491	-0,494	-0,504
Sd_Acel neg	0,362	0,341	0,320	0,344	0,327	0,366	0,355	0,347	0,351	0,348	0,383
% tiempo ralenti	15,076	15,033	15,532	15,797	14,648	14,775	14,697	15,432	15,170	14,799	15,722
% tiempo acel pos	33,028	32,099	31,763	31,818	32,213	32,372	31,641	31,933	32,570	32,227	32,801
% tiempo acel neg	29,162	29,557	30,363	30,179	29,994	28,829	27,490	29,488	28,916	30,429	29,529
% tiempo crucero	22,832	23,312	22,342	22,206	23,145	24,024	26,172	23,147	23,344	22,545	21,947
Acel por km	8,495	9,049	9,299	8,594	9,117	8,797	8,998	9,321	8,617	8,348	9,530
Consumo	0,383	0,378	0,392	0,384	0,387	0,373	0,366	0,365	0,370	0,366	0,383

Realizado por: Plaza J. 2021.

El grafico 1-3 muestra la comparación entre la muestra y los diez ciclos obtenidos; Donde la línea llena de color negro es la representación de los Parámetros de la muestra, mientras que las demás líneas de puntos de colores variados son la representación de los parámetros de cada uno de los diez ciclos obtenidos.

Mediante la gráfica se observa que existen variaciones considerables de CPs (% tiempo de aceleración positiva, % tiempo de aceleración negativa y % tiempo crucero) de cada ciclo con respecto a la muestra.



**Grafico 1-3: CPs EBMT.**

Realizado por: Plaza J. 2021.

### 3.1.2. Metodología VSPBTM

En la tabla 3-3 se muestran los valores de los Parámetros Característicos de los diez Ciclos incluidos los de la muestra.

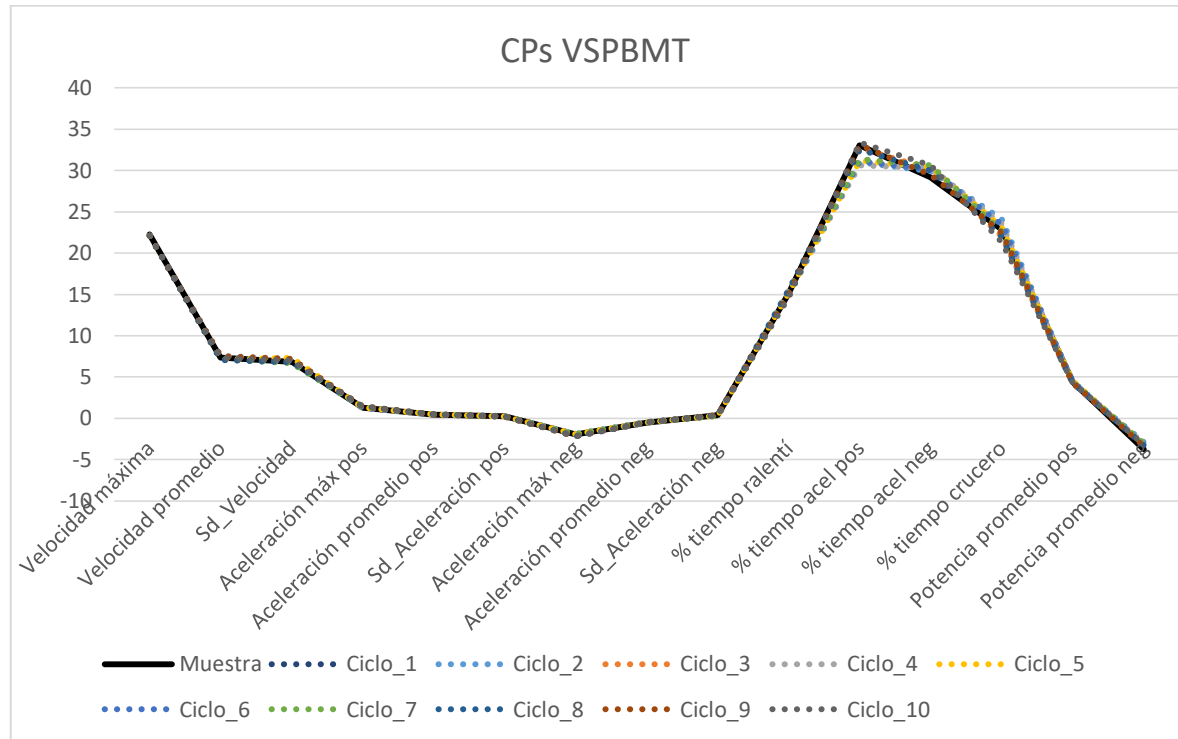
**Tabla 3-3: CPs de los diez ciclos VSPBMT y la muestra.**

VALORES	Muestra	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10
Velocidad máx	22,262	22,128	22,128	22,128	22,128	22,128	22,128	22,128	22,128	22,128	22,128
Velocidad prom	7,362	7,119	7,407	7,155	7,553	7,153	7,406	7,174	7,062	7,528	7,298
Sd_Velocidad	6,853	6,731	6,983	6,875	7,160	7,340	6,884	6,696	6,784	7,198	7,004
Acel máx pos	1,311	1,345	1,264	1,444	1,247	1,311	1,311	1,369	1,426	1,426	1,444
Acel prom pos	0,460	0,460	0,446	0,461	0,462	0,468	0,477	0,469	0,461	0,455	0,467
Sd_Acel pos	0,247	0,240	0,235	0,242	0,245	0,247	0,248	0,232	0,236	0,238	0,244
Acel máx neg	-1,938	-1,938	-1,938	-2,163	-1,938	-1,938	-2,108	-1,938	-2,163	-2,163	-2,163
Acel prom neg	-0,516	-0,468	-0,453	-0,495	-0,460	-0,491	-0,486	-0,472	-0,513	-0,509	-0,505
Sd_Acel neg	0,362	0,341	0,320	0,366	0,315	0,344	0,353	0,310	0,378	0,385	0,374
% tiempo ralenti	15,076	15,389	15,004	15,120	15,554	15,223	15,293	15,375	15,553	15,004	14,647
% tiempo acel pos	33,028	31,349	30,983	32,651	30,619	31,174	31,117	31,375	32,519	33,090	33,383
% tiempo acel neg	29,162	30,462	29,932	30,181	30,293	30,445	30,120	30,625	29,949	29,440	30,632
% tiempo crucero	22,832	22,799	24,081	22,048	23,534	23,158	23,471	22,625	21,979	22,466	21,338
Potencia prom pos	4,407	4,303	4,254	4,199	4,394	4,559	4,468	4,410	4,312	4,377	4,369
Potencia prom neg	-3,727	-3,126	-2,875	-3,173	-3,061	-3,201	-3,287	-3,038	-3,248	-3,370	-3,203

Realizado por: Plaza J. 2021.

El gráfico 2-3 muestra la comparación entre la muestra y los diez ciclos obtenidos; Donde la línea llena de color negro es la representación de los Parámetros de la muestra, mientras que las demás líneas de puntos de colores variados son la representación de los parámetros de cada uno de los diez ciclos obtenidos.

Mediante la gráfica se observa que existen variaciones considerables de CPs (% tiempo de aceleración positiva, % tiempo de aceleración negativa) de cada ciclo con respecto a la muestra.



**Gráfico 2-3:** CPs VSPBMT.

Realizado por: Plaza J. 2021.

### 3.1.3. Prueba de Hipótesis

Mediante el software Minitab se realiza el análisis de varianza y Tukey (ANOVA), con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

*Hipótesis Nula:*

La media de los promedios de los valores de los CPs obtenidos mediante el método EBMT es igual al promedio de los valores obtenidos mediante método VSPBMT.

*Hipótesis Alternativa:*

No todas las medias son iguales.

### Varianza

Se propuso igualdad de varianzas para el análisis

**Tabla 4-3:** Análisis de varianza de los CPs promedio de cada metodología.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	2,37	2,370	0,02	0,898
Error	28	3975,40	141,979		
Total	29	3977,77			

Realizado por: Plaza J. 2021.

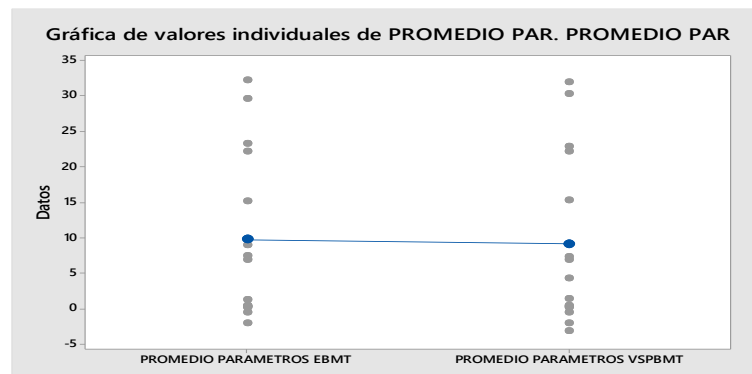
### Análisis Tukey

**Tabla 5-3.** Prueba de Tukey a los CPs promedio de cada metodología.

Factor	N	Media	Agrupación
PROMEDIO PARAMETROS EBMT	15	9,73	A
PROMEDIO PARAMETROS VSPBMT	15	9,16	A

Realizado por: Plaza J. 2021.

La tabla 4-3 muestra los datos respectivos del análisis considerando los dos métodos (EBMT y VSPBMT) con varianzas iguales, los cuales son : valor de la fuente, grados de libertad, suma de cuadrados ajustado, Cuadrados medios ajustado, estadístico de Fisher48 y valor de probabilidad respectivamente (Minitab, 2019), este último dato es el que define la regla de decisión la cual dice que “si la probabilidad  $p = 0,898$  es mayor que el nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , no rechazamos la hipótesis nula”; y ya que esta condición es verdadera, entonces no se rechaza la hipótesis nula. En la tabla 5-3 se especifican las medias de los métodos, las cuales están agrupadas con la misma letra (A), y según el criterio de Tukey las medias que están agrupadas con la misma letra no presentan diferencia significativa; lo cual reafirma la aceptación de la hipótesis nula.



**Gráfico 3-3:** Promedios CPs individuales.

Realizado por: Plaza J. 2021.

El gráfico 3-3 muestra las dos medias de los promedios de cada método, donde se puede apreciar que estas son relativamente similares.

### 3.2. Análisis de los errores relativos promedio de cada ciclo

Para realizar el análisis de los datos obtenidos mediante las dos metodologías (EBMT y VSPBMT), se utiliza Excel y Minitab.

**Tabla 6-3:** Errores promedio de cada ciclo.

Método	Error1	Error_2	Error3	Error4	Error5	Error6	Error7	Error8	Error9	Error10
EBMT	0,0297	0,0357	0,0252	0,0298	0,0170	0,0437	0,0313	0,0308	0,0294	0,0407
VSPBMT	0,0372	0,0530	0,0402	0,0486	0,0347	0,0330	0,0479	0,0410	0,0362	0,0425

Realizado por: Plaza J. 2021.

En la Tabla 6-3 se muestran los promedios de los Errores relativos de cada Ciclo (10 ciclos). No se tomaron en cuenta los parámetros característicos de la muestra. Estos datos son utilizados posteriormente para el análisis de varianza y el método de Tukey (Minitab).

#### 3.2.1. Prueba de Hipótesis

*Hipótesis Nula:*

La media de los promedios de los errores de cada ciclo obtenido mediante el método EBMT es igual al promedio de los valores obtenidos mediante método VSPBMT.

*Hipótesis Alterna:*

No todas las medias son iguales.

#### Varianza

Se propuso igualdad de varianzas para el análisis.

**Tabla 7-3:** Análisis de varianza de los errores promedio de cada ciclo.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	0,000512	0,000512	10,19	0,005
Error	18	0,000904	0,000050		
Total	19	0,001416			

Realizado por: Plaza J. 2021.

## Análisis Tukey

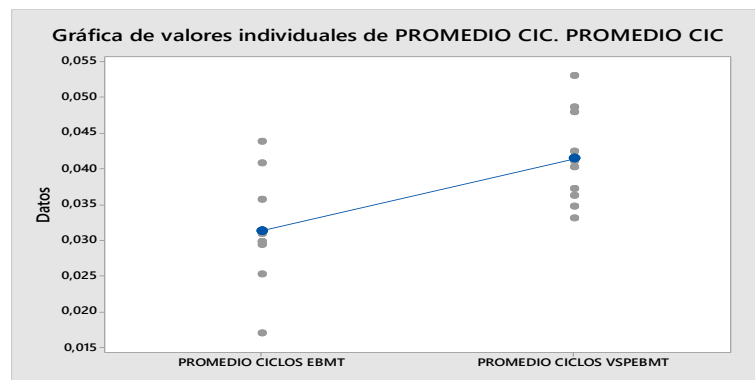
**Tabla 8-3.** Prueba de Tukey a los errores promedio de cada ciclo.

Factor	N	Media	Agrupación
PROMEDIO CICLOS VSPEBMT	10	0,04144	A
PROMEDIO CICLOS EBMT	10	0,03133	B

Realizado por: Plaza J. 2021.

La tabla 7-3 muestra los datos respectivos del análisis considerando los dos métodos (EBMT y VSPBMT) con varianzas iguales, los cuales son : valor de la fuente, grados de libertad, suma de cuadrados ajustado, Cuadrados medios ajustado, estadístico de Fisher<sup>48</sup> y valor de probabilidad respectivamente, este último dato es el que define la regla de decisión la cual dice que “si la probabilidad  $p = 0,005$  es mayor que el nivel de significancia  $\alpha = 0.05$  no rechazamos la hipótesis nula”; y ya que esta condición es falsa, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

En la tabla 8-3 se especifican las medias de los métodos, las cuales están agrupadas con las diferentes letras (A y B), y según el criterio de Tukey las medias que están agrupadas con diferentes letras presentan diferencia significativa; lo cual reafirma la aceptación de la hipótesis alterna.



**Gráfico 4-3:** Promedios errores relativos individuales.

Realizado por: Plaza J. 2021.

El gráfico 4-3 muestra las dos medias de los promedios de cada método, donde se puede apreciar que estas son relativamente diferentes.

### 3.2.2. Discusión

Una vez realizados todos los cálculos pertinentes, se puede apreciar que los valores de las medias de los CPs de cada metodología son relativamente iguales, por lo tanto se acepta la hipótesis de investigación (hipótesis nula), demostrando de esta manera que la utilización de la metodología



VSPBMT (Potencia Especifica Vehicular Basada en Micro Viajes) es efectiva y aplicable para la obtención de ciclos de conducción basados en micro viajes.

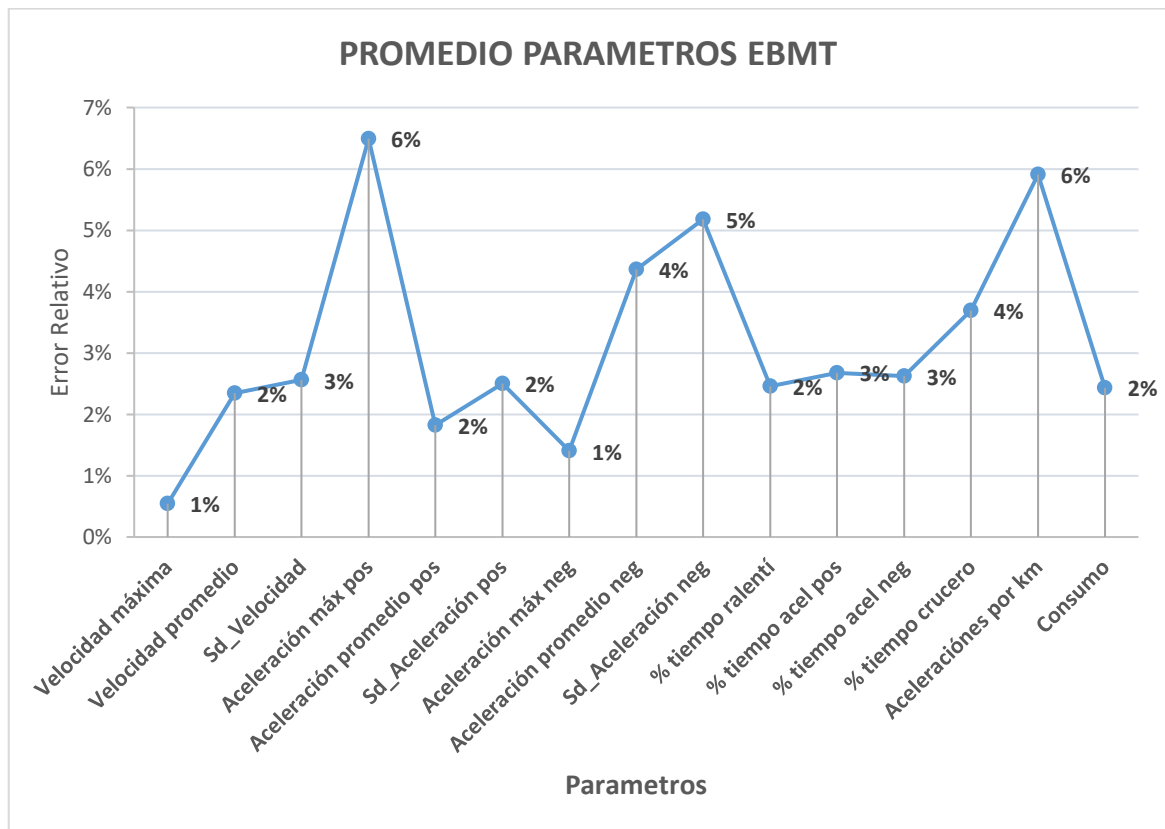
Sin embargo al momento de elegir una metodología en particular, se realiza un análisis de los errores generados en cada una; eligiendo la metodología que menor error genere.

**Tabla 9-3:** Error relativo promedio de cada método.

Método	% Error
<b>VSPBMT</b>	<b>4%</b>
<b>EBMT</b>	<b>3%</b>

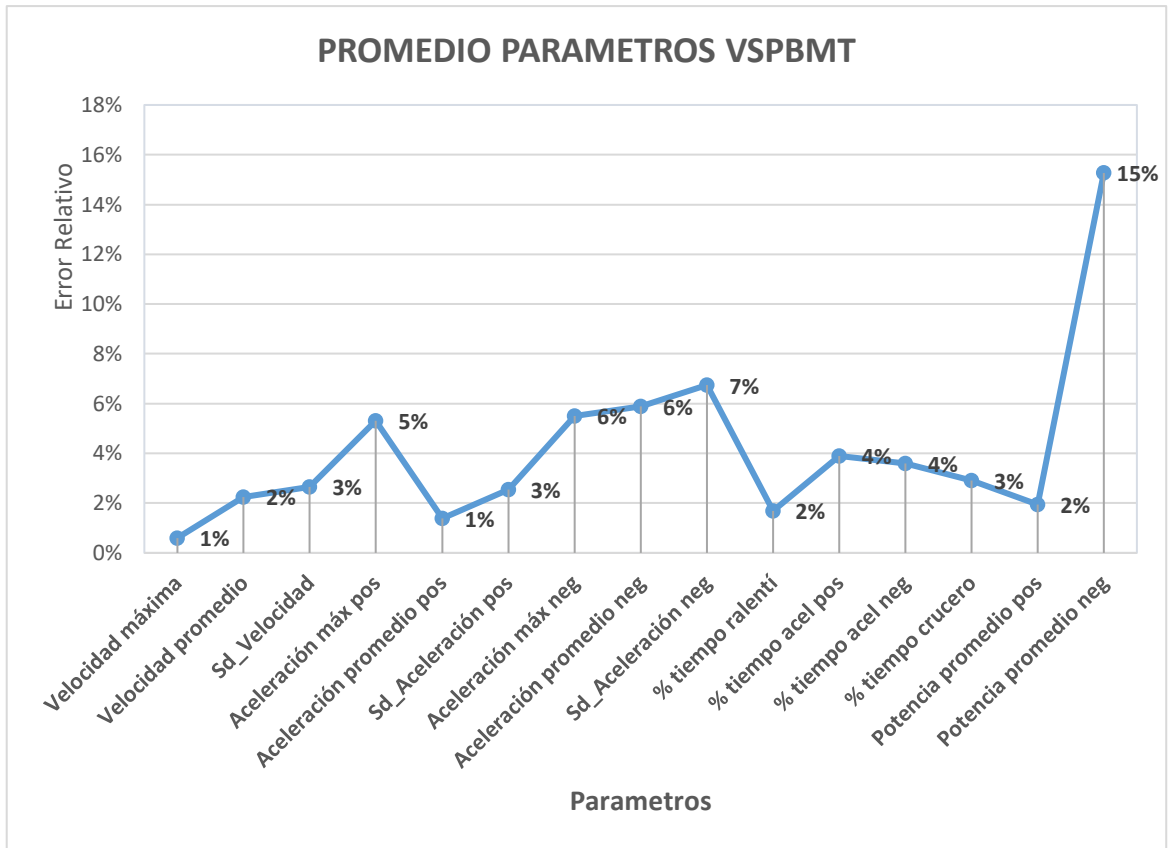
Realizado por: Plaza J. 2021.

La tabla 9-3 muestra el porcentaje de error relativo de la media de cada método; se observa que el método VSPBMT presenta un error más alto en el cálculo de los CPs de cada ciclo.



**Gráfico 5-3:** Promedio de errores relativos de los CPs EBMT.

Realizado por: Plaza J. 2021.



**Grafico 6-3:** Promedio de errores relativos de los CPs VSPBMT.

**Realizado por:** Plaza J. 2021.

Se observa que los errores de los mismos CPs de cada método son similares, sin embargo en la metodología VSPBMT se observa que se están generando errores considerables en el cálculo del CP de Potencia promedio negativa en cada ciclo obtenido.

## CONCLUSIONES

- Luego de realizar el análisis de los datos aplicando las dos metodologías (EBMT y VSPBMT), se logra obtener ciclos de conducción efectivos y de forma automática, con un nivel de confianza alto.
- Se realiza el análisis estadístico donde se compara los resultados de ambas metodologías, comprobando que las medias de las diez muestras de cada metodología son relativamente iguales, demostrando así que ambas metodologías son aplicables para la obtención de ciclos de conducción a partir de una base de datos.
- Se demuestra que con la metodología EBMT se obtienen ciclos de conducción más exactos, ya que se genera un error relativamente menor a la metodología VSPBMT;
- Se concluye así que la metodología EBMT es más efectiva.

## RECOMENDACIONES

- Seleccionar rutas adecuadas para obtener ciclos más representativos de una ciudad o localidad.
- Filtrar correctamente los datos (base de datos en Excel) obtenidos por el Instrumento de medición (GPS, Quinta Rueda, etc.); ya que se pueden presentar errores en la ejecución del algoritmo, si este importa datos con incoherencias como pueden ser: celdas vacías, valores no numéricos, caracteres, etc.
- Si se cuenta con una base de datos grande; es preferible eliminar las filas que contengan celdas con incoherencias. Caso contrario, si se cuenta con una base de datos pequeña; es preferible corregir las celdas defectuosas para evitar errores y obtener resultados más exactos
- Elegir un IDE de Python que tenga una interfaz de usuario simple y concisa, para que el programador interactúe y desarrolle el algoritmo sin inconvenientes.
- Realizar un mínimo de mil iteraciones para obtener resultados más exactos.
- Se debe colocar la mayor cantidad de decimales posibles en las constantes, para calcular las variables necesarias en Python de forma más exacta.

## BIBLIOGRAFÍA

**ANT.** *Agencia Nacional de Transito*, 2020.

**ARAYA, A.** Metodología de cálculo de emisiones vehiculares basada en modos de conducción y potencia específica vehicular [En línea]. Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile, 2018. pp. 5. [Consulta: 2021-02-22]. Disponible en: [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103120/araya\\_ac.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103120/araya_ac.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

**ASTUDILLO, B.** Obtención de ciclos de conducción para la flota de buses urbanos del cantón Cuenca. Universidad del Azuay. Cuenca. Ecuador. 2016.

**BARLOW, T; & LATHAM, S; & MCCRAE, I; & BOULTER, P.** *A referene book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emisions.* [En línea]. 3. T. L.-D. Transport, 2009. [Consulta: 10 Febrero 2021]. Disponible en: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/4247/ppr-354.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/4247/ppr-354.pdf)

**CABALLERO, M.** Analisis de emisiones de vehiculos livianos segun los ciclos de conduccion especificos para la region metropolitana. Universidad de Chile. Santiago de Chile. 2011.

**DAVALOS, D.** Obtencion de un ciclo tipico de conduccion para los vehiculos de la union de taxistas del Azuay. Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador, 2017.

**DIETSCHKE, K.** *Manual de la tecnica del automovil.* 4. Alemania: Reverte, 2005.

**INEN.** Ecuatoriana nte inen 2204.

**JIMENEZ, E.** Evaluacion y simulacion de las bujias a efecto del uso de etanol en la gasolina en motores de inyeccion [En línea]. UISEK, Quito, Ecuador 2019. [Consulta: 2 Marzo 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/3323>

**MARTINEZ, J.** “Desarrollo de un ciclo de conduccion en sustitucion del NEDC”. *Library.* (2018), (España).

**MINITAB.** *Soporte de minitab* [blog]. 2019. [Consulta: 14 septiembre 2010]. Disponible en: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/doe/how-to/mixtures/analyze-mixture-design/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/analysis-of-variance-table/>

**OSSES, M; & ROJAS, D.** Determinacion experimental de ciclos de conduccion de vehiculos livianos para la ciudad de Santiago [En línea]. Universidad de Chile, Santiago, Chile, 2019. [Consulta: 6 Abril 2021]. Disponible en: <https://sochitran.cl/static/upload/archivos/sochitran/4186/12/1461708649.pdf>

**PEREZ, P; & QUITO, C.** Determinacion de los ciclos de conduccion de un vehiculo categoria M1 para la ciudad de Cuenca [En línea]. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador,

2018. [Consulta: 24 Mayo 2021]. Disponible en:  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15032/1/UPS-CT007421.pdf>

**QUINCHIMBLA, F.** Desarrollo de ciclos de conducción en ciudad, carretera y combinado para evaluar el rendimiento real de combustible de un vehículo con motor de ciclo Otto en el distrito metropolitano de Quito. Escuela Politécnica Nacional. Quito. Ecuador. 2017.

**QUIRAMA, L; & GIRALDO, M; & HUERTAS, J; & JALLER, M.** "Driving cycles that reproduce driving patterns, energy consumptions and tailpipe emissions". ScienceDirect [en línea], 2020, (México) 82. [Consulta: 15 enero 2021]. ISSN 102294. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361920919312507?via%3Dihub>

**RESTREPO, A; & CARRANZA, Y; & TABAQUIRA, J.** " Diseño y aplicación de una metodología para determinar ciclos de conducción vehicular en la ciudad de Pereira". *Pucp*, vol. 8, nº 534 (2007), (Colombia).

## ANEXOS

### Anexo A: Valores de los Errores Relativos (%) EBMT.

EBMT											
PARAMETROS	Error_1	Error_2	Error_3	Error_4	Error_5	Error_6	Error_7	Error_8	Error_9	Error_10	PROMEDIO PARAMETROS
Velocidad máxima	1%	1%	1%	1%	1%	0%	1%	1%	1%	1%	1%
Velocidad promedio	5%	0%	4%	1%	0%	3%	2%	4%	2%	1%	2%
Sd_Velocidad	5%	0%	3%	1%	3%	1%	3%	2%	2%	5%	3%
Aceleración máx pos	4%	4%	4%	4%	0%	10%	4%	13%	10%	10%	6%
Aceleración promedio pos	3%	4%	3%	0%	0%	3%	1%	1%	2%	1%	2%
Sd_Aceleración pos	0%	0%	2%	4%	2%	2%	4%	7%	3%	2%	2%
Aceleración máx neg	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	12%	1%
Aceleración promedio neg	7%	7%	1%	6%	1%	5%	5%	5%	4%	2%	4%
Sd_Aceleración neg	6%	12%	5%	10%	1%	2%	4%	3%	4%	6%	5%
% tiempo ralenti	0%	3%	5%	3%	2%	3%	2%	1%	2%	4%	2%
% tiempo acel pos	3%	4%	4%	2%	2%	4%	3%	1%	2%	1%	3%
% tiempo acel neg	1%	4%	3%	3%	1%	6%	1%	1%	4%	1%	3%
% tiempo crucero	2%	2%	3%	1%	5%	15%	1%	2%	1%	4%	4%
Aceleraciones por km	7%	9%	1%	7%	4%	6%	10%	1%	2%	12%	6%
Consumo	1%	3%	0%	1%	3%	4%	5%	3%	4%	0%	2%
<b>PROMEDIO CICLOS</b>	<b>2,97%</b>	<b>3,57%</b>	<b>2,52%</b>	<b>2,98%</b>	<b>1,70%</b>	<b>4,37%</b>	<b>3,13%</b>	<b>3,08%</b>	<b>2,94%</b>	<b>4,07%</b>	

Realizado por: Plaza J. 2021.

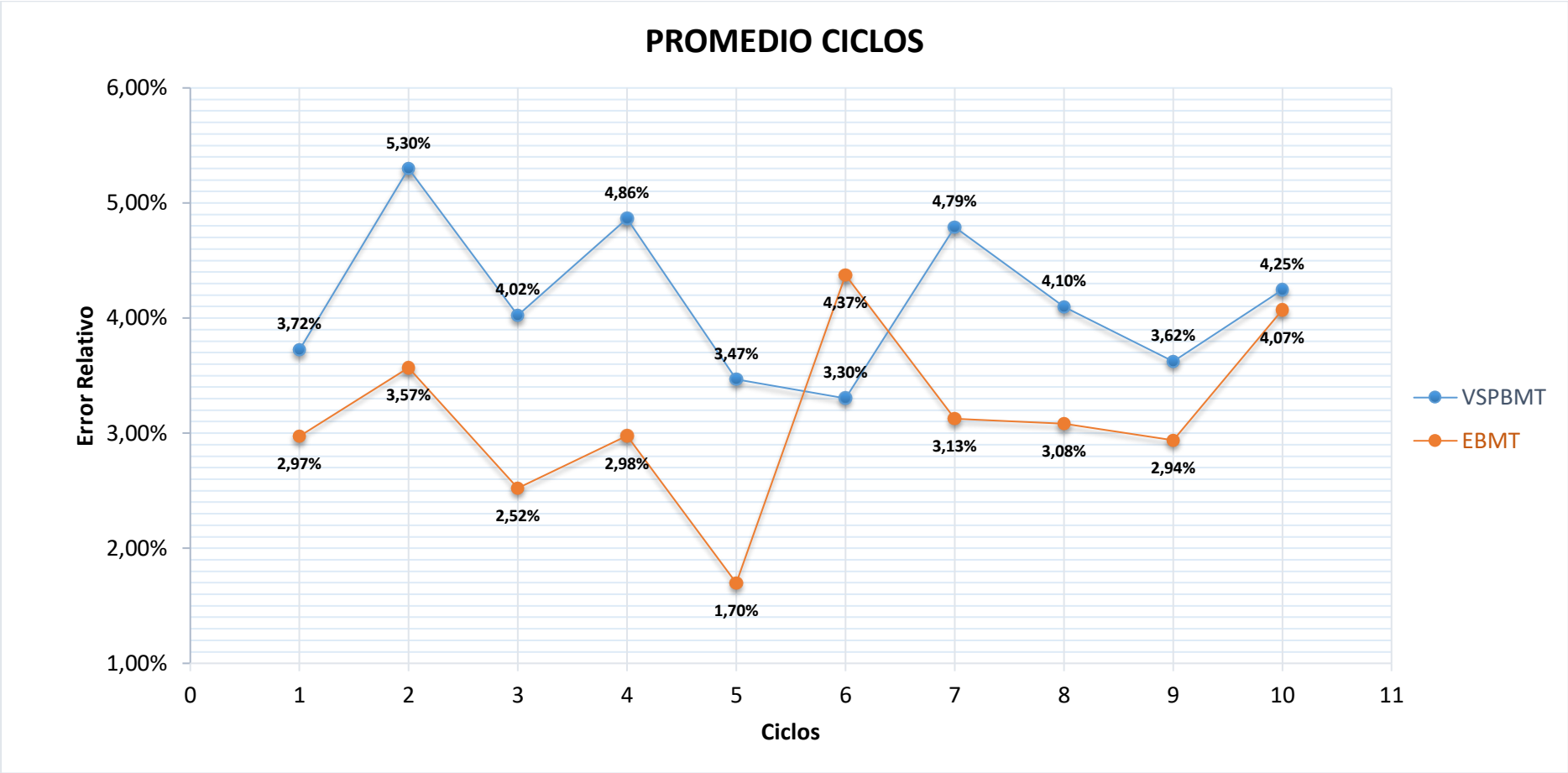
**Anexo B:** Valores de los Errores Relativos (%) VSPBMT.

VSPBMT											
PARAMETROS	Error_1	Error_2	Error_3	Error_4	Error_5	Error_6	Error_7	Error_8	Error_9	Error_10	PROMEDIO PARAMETROS
Velocidad máxima	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Velocidad promedio	3%	1%	3%	3%	3%	1%	3%	4%	2%	1%	2%
Sd_Velocidad	2%	2%	0%	4%	7%	0%	2%	1%	5%	2%	3%
Aceleración máx pos	3%	4%	10%	5%	0%	0%	4%	9%	9%	10%	5%
Aceleración promedio pos	0%	3%	0%	0%	2%	4%	2%	0%	1%	1%	1%
Sd_Aceleración pos	3%	5%	2%	1%	0%	1%	6%	4%	4%	1%	3%
Aceleración máx neg	0%	0%	12%	0%	0%	9%	0%	12%	12%	12%	6%
Aceleración promedio neg	9%	12%	4%	11%	5%	6%	8%	1%	1%	2%	6%
Sd_Aceleración neg	6%	12%	1%	13%	5%	3%	14%	4%	7%	3%	7%
% tiempo ralenti	2%	0%	0%	3%	1%	1%	2%	3%	0%	3%	2%
% tiempo acel pos	5%	6%	1%	7%	6%	6%	5%	2%	0%	1%	4%
% tiempo acel neg	4%	3%	3%	4%	4%	3%	5%	3%	1%	5%	4%
% tiempo crucero	0%	5%	3%	3%	1%	3%	1%	4%	2%	7%	3%
Potencia promedio pos	2%	3%	5%	0%	3%	1%	0%	2%	1%	1%	2%
Potencia promedio neg	16%	23%	15%	18%	14%	12%	18%	13%	10%	14%	15%
<b>PROMEDIO CICLOS</b>	<b>3,72%</b>	<b>5,30%</b>	<b>4,02%</b>	<b>4,86%</b>	<b>3,47%</b>	<b>3,30%</b>	<b>4,79%</b>	<b>4,10%</b>	<b>3,62%</b>	<b>4,25%</b>	

Realizado por: Plaza J. 2021.



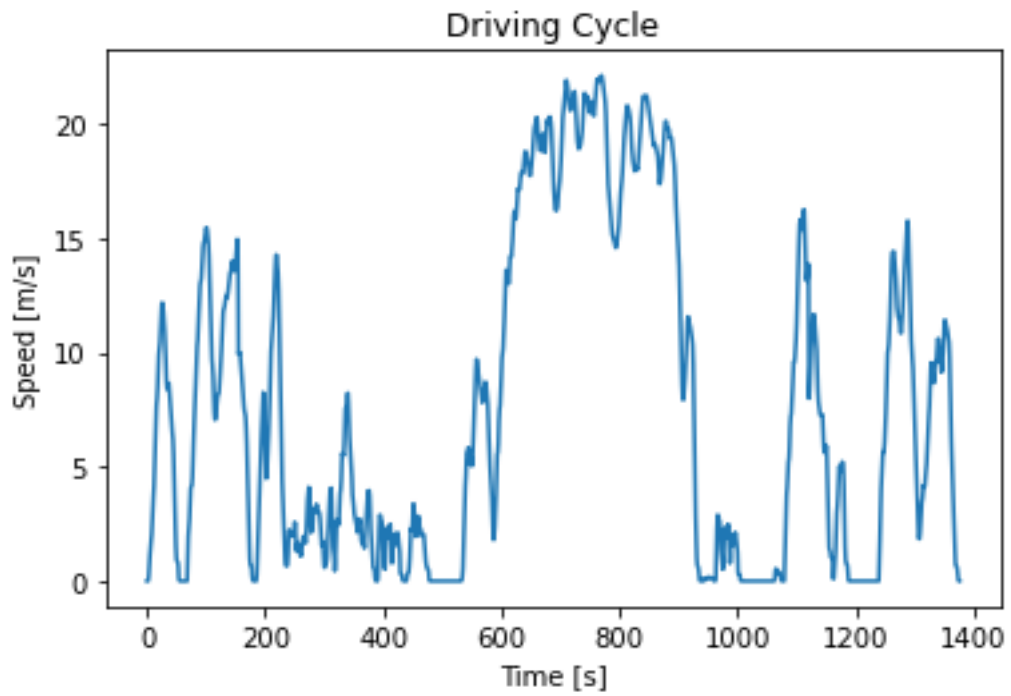
Anexo C: Representación gráfica de los errores relativos promedio (%) de cada ciclo.



Realizado por: Plaza J. 2021.

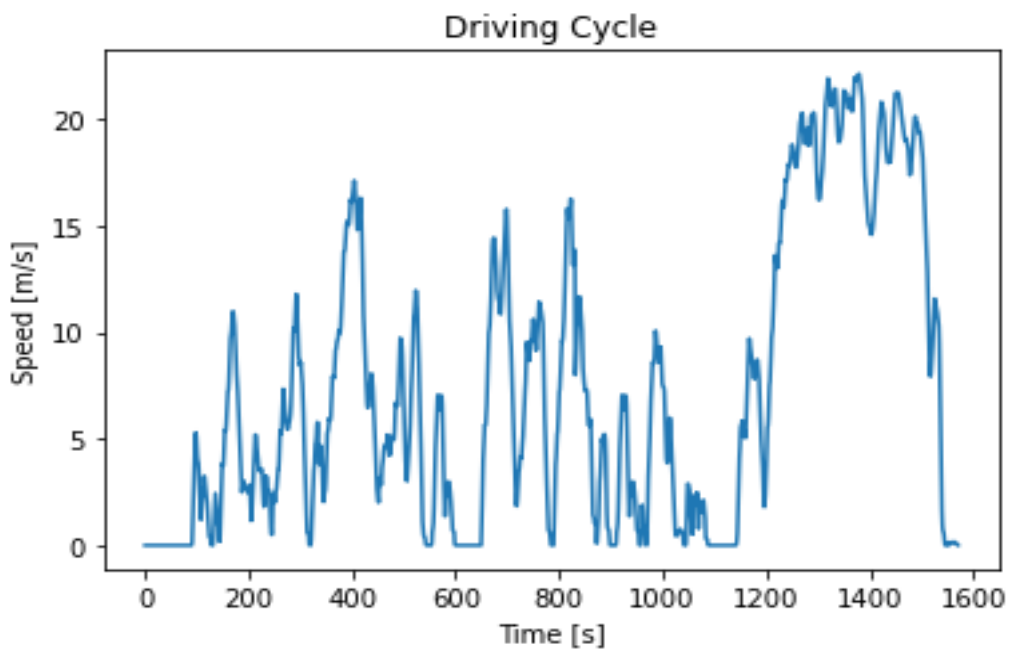
**Anexo D:** Ciclos de conducción obtenidos con la metodología EBMT.

Ciclo 1



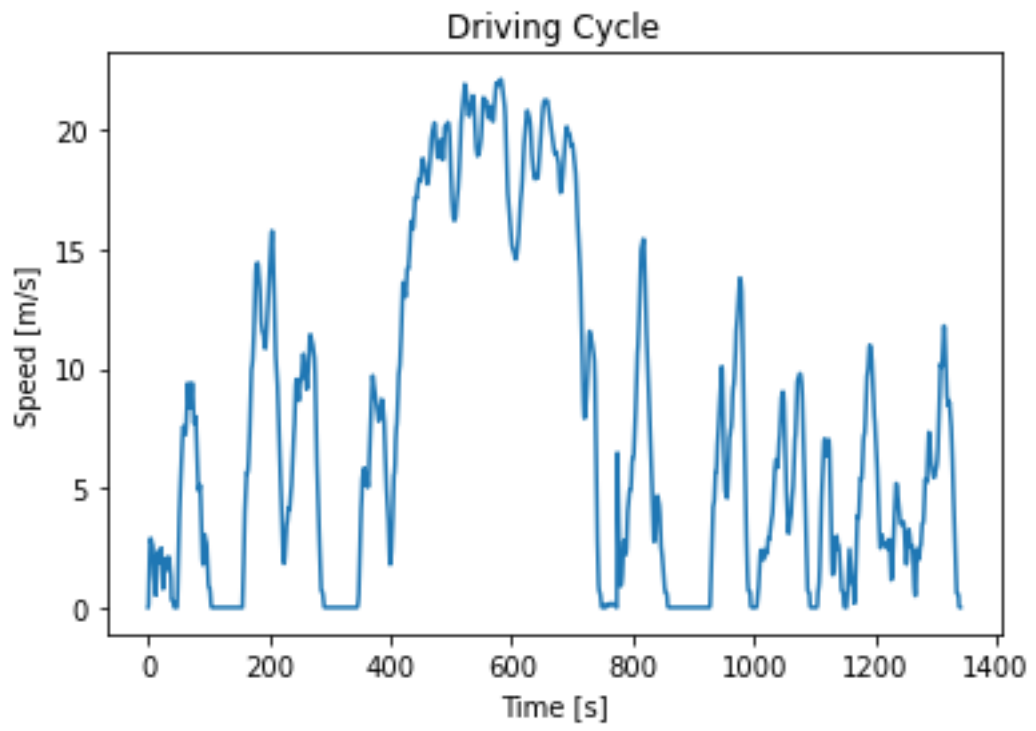
Realizado por: Plaza J. 2021.

Ciclo 2



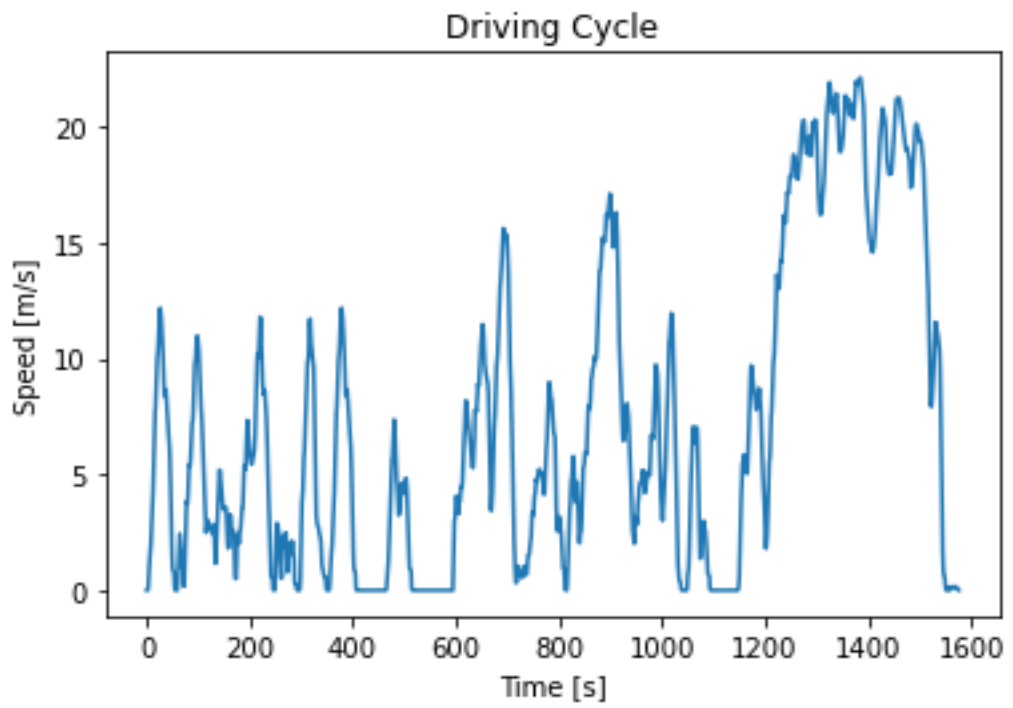
Realizado por: Plaza J. 2021.

Ciclo 3



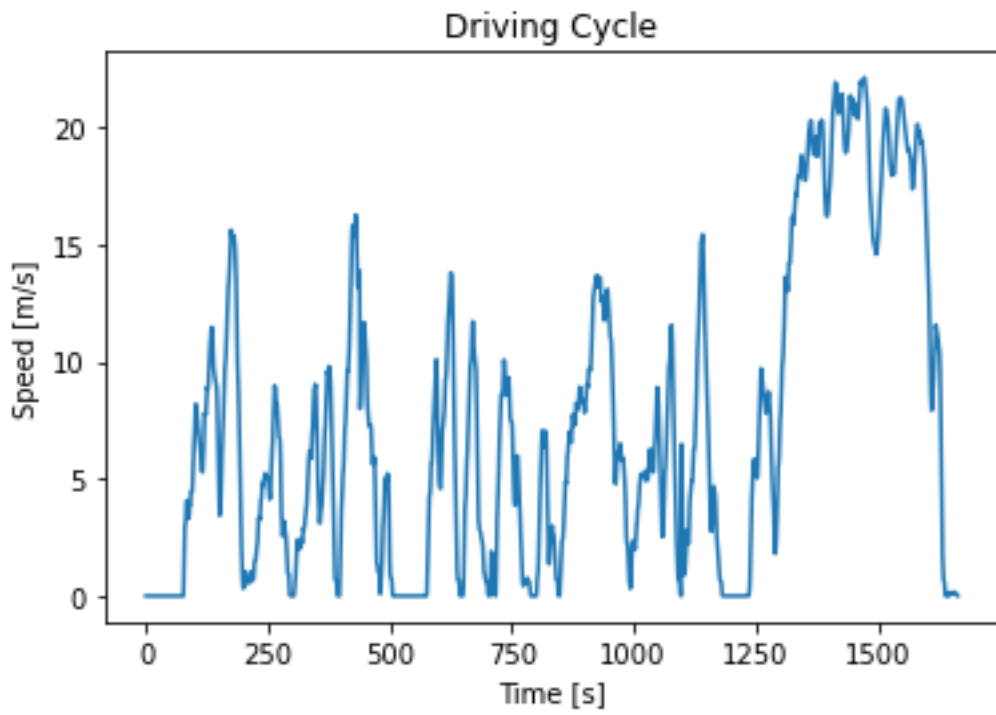
Realizado por: Plaza J. 2021.

Ciclo 4



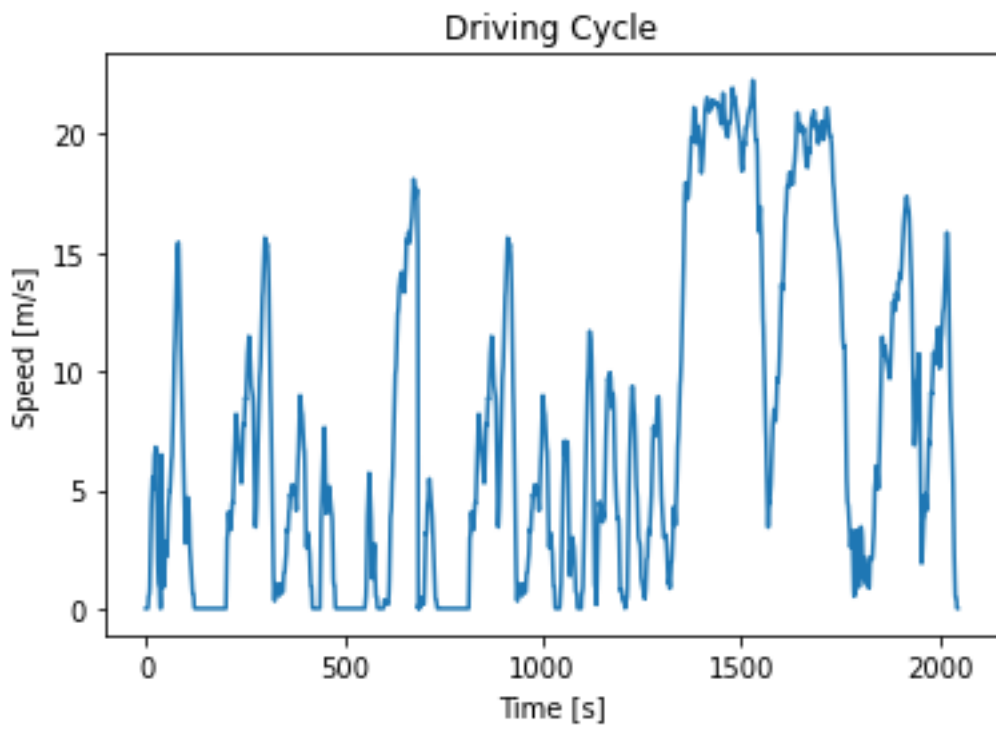
Realizado por: Plaza J. 2021.

Ciclo 5



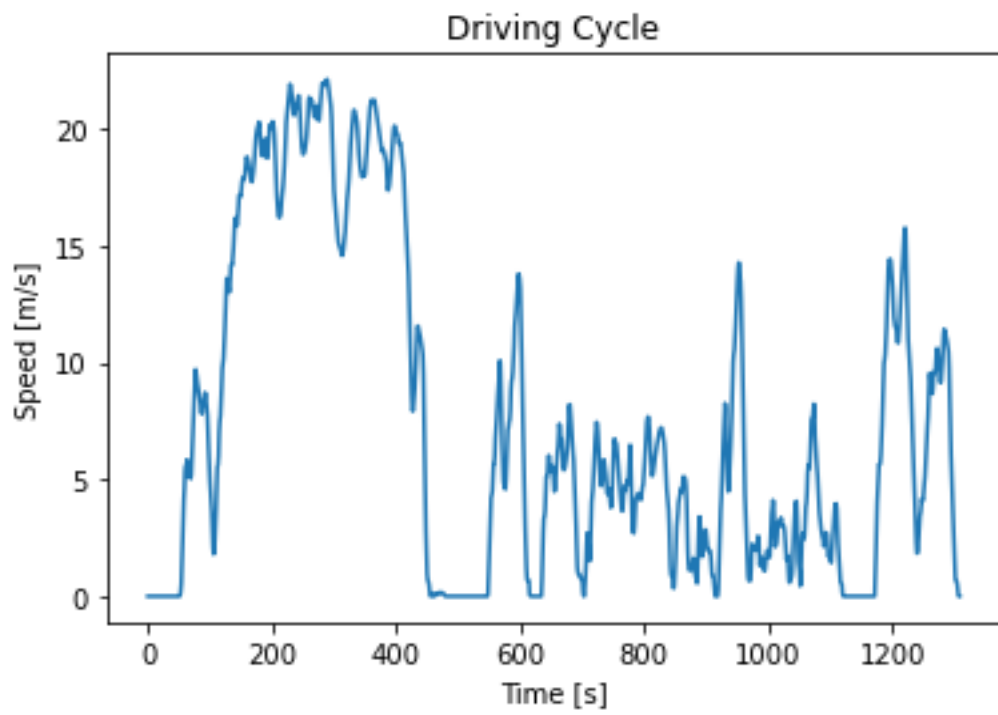
Realizado por: Plaza J. 2021.

Ciclo 6



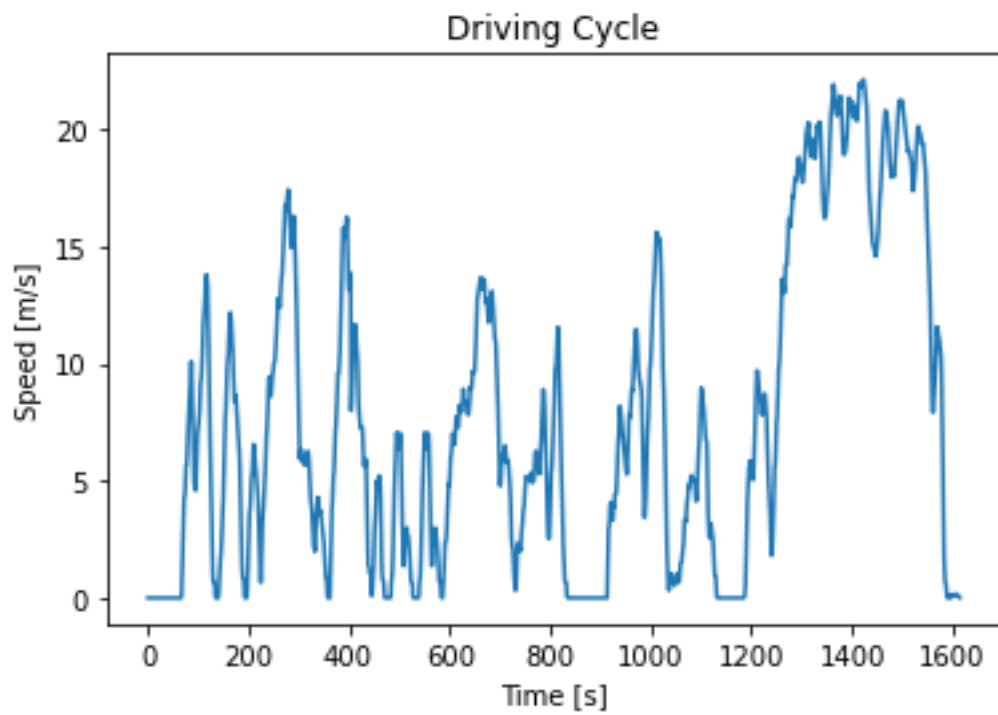
Realizado por: Plaza J. 2021.

### Ciclo 7



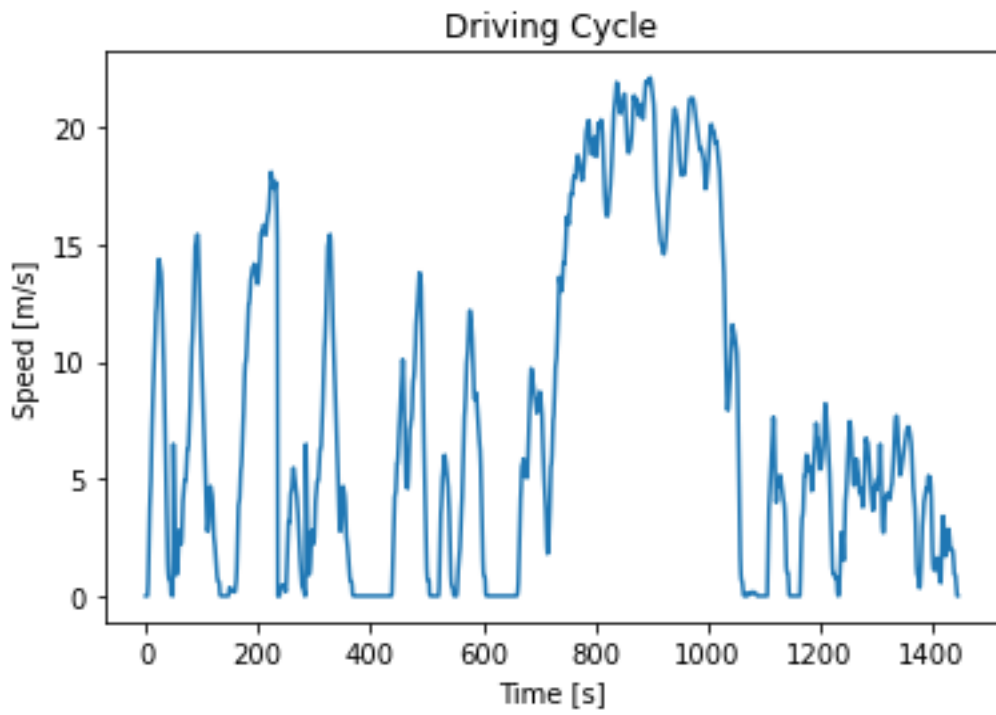
Realizado por: Plaza J. 2021.

### Ciclo 8



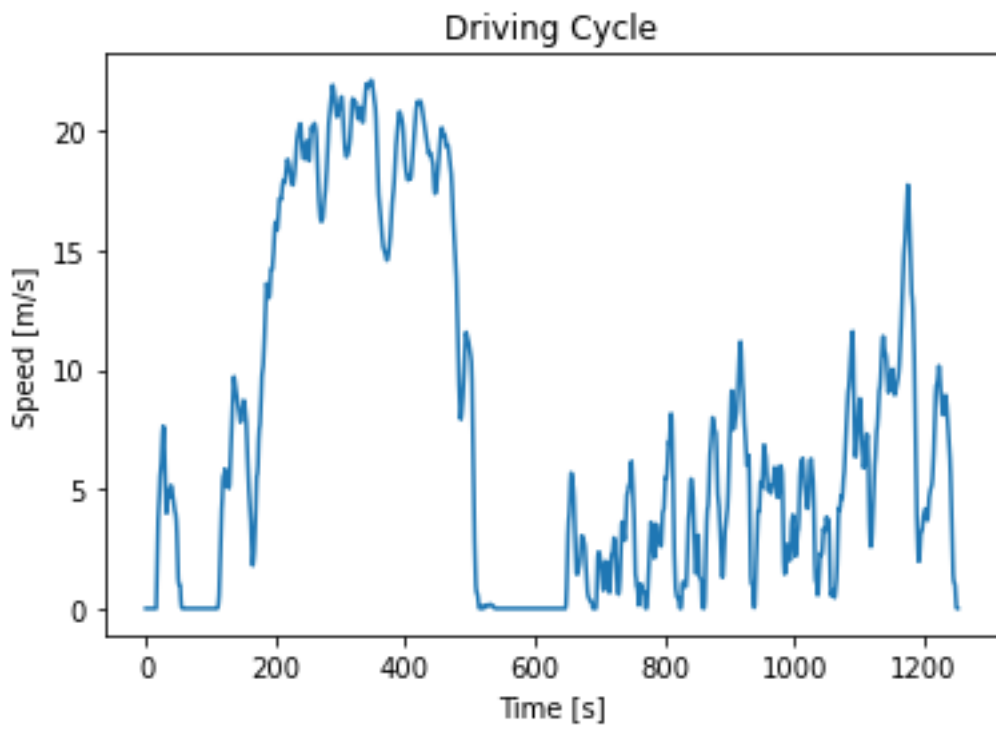
Realizado por: Plaza J. 2021.

Ciclo 9



Realizado por: Plaza J. 2021.

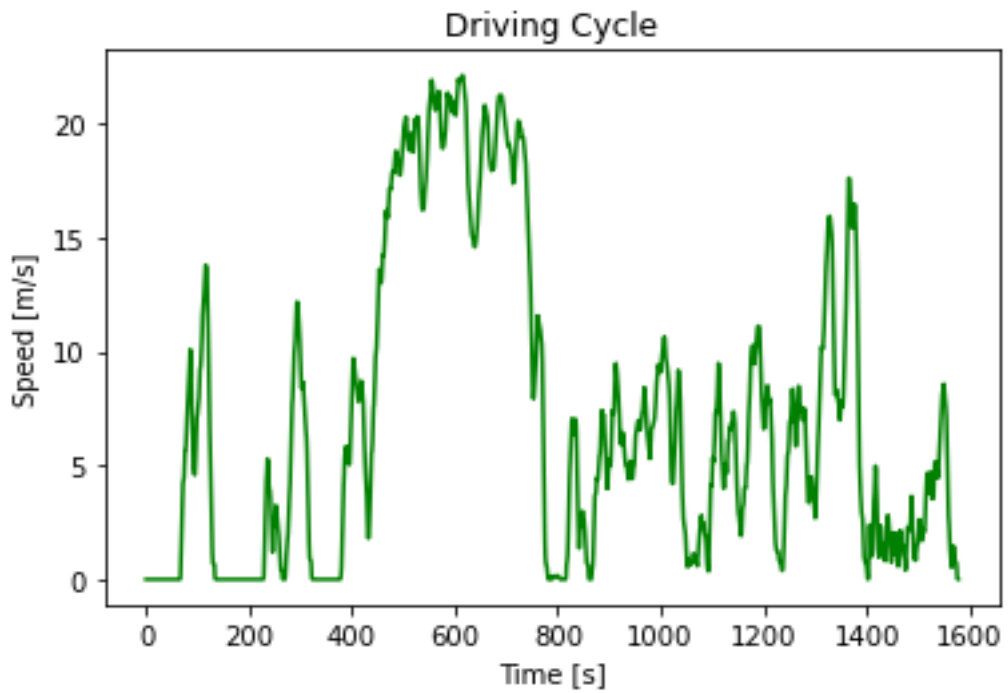
Ciclo 10



Realizado por: Plaza J. 2021.

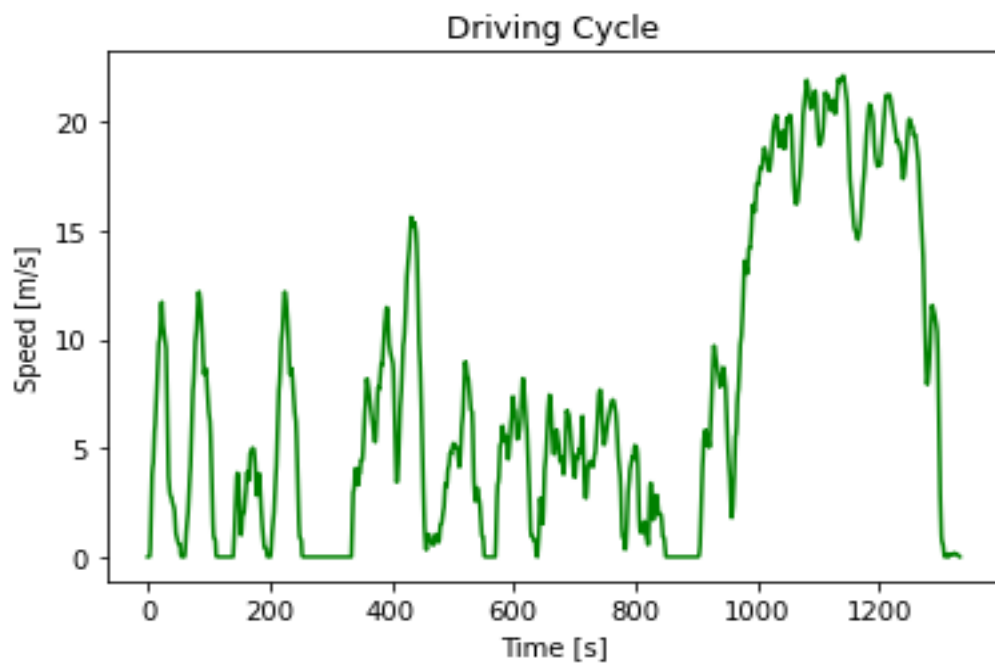
**Anexo E:** Ciclos de conducción obtenidos con la metodología VSPBMT.

Ciclo 1



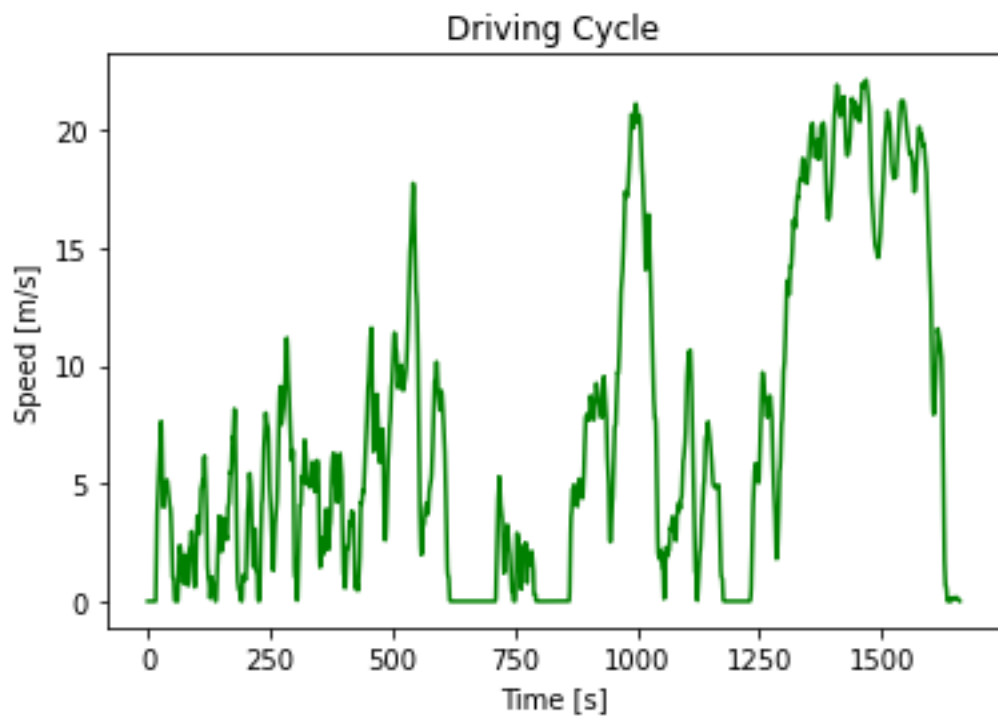
Realizado por: Plaza J. 2021.

Ciclo 2



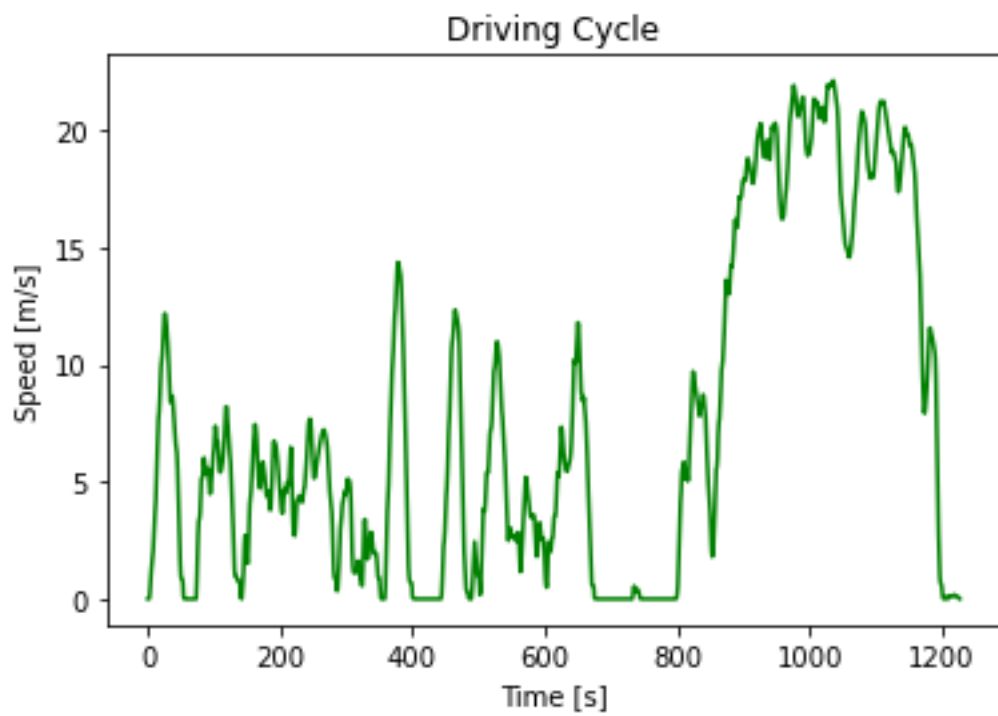
Realizado por: Plaza J. 2021.

Ciclo 3



Realizado por: Plaza J. 2021.

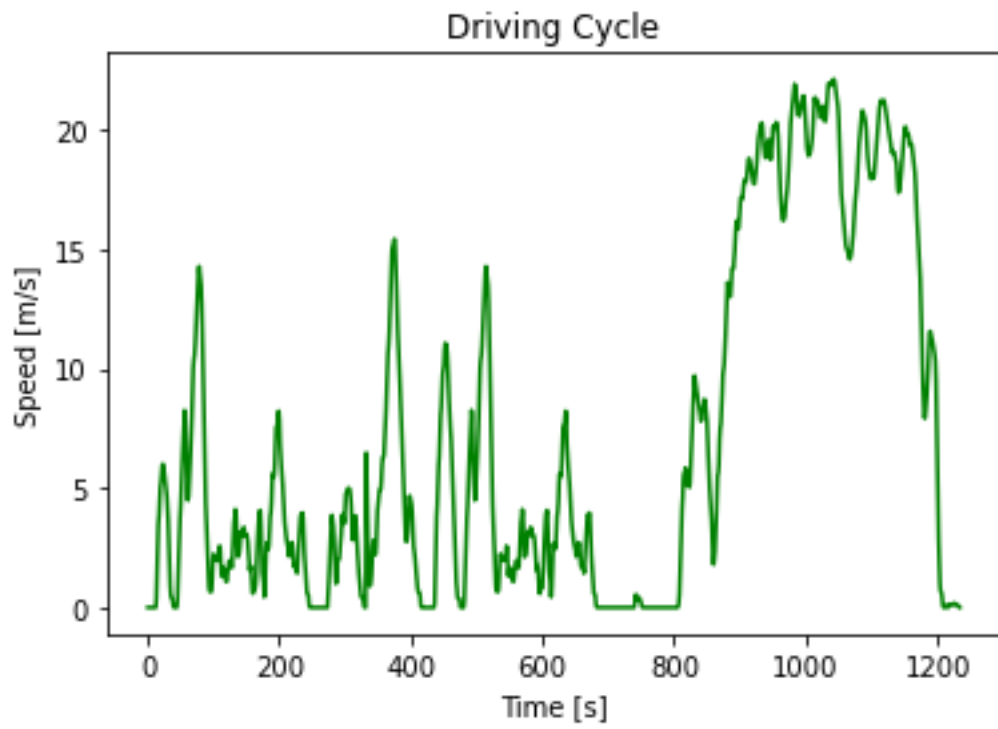
Ciclo 4



Realizado por: Plaza J. 2021.

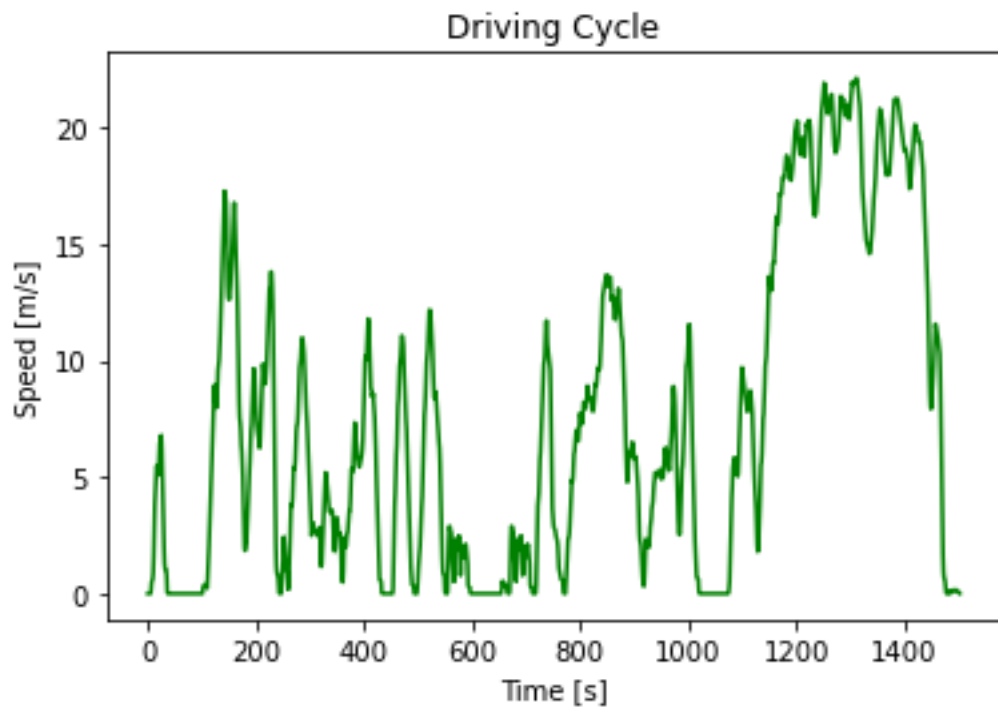


Ciclo 5



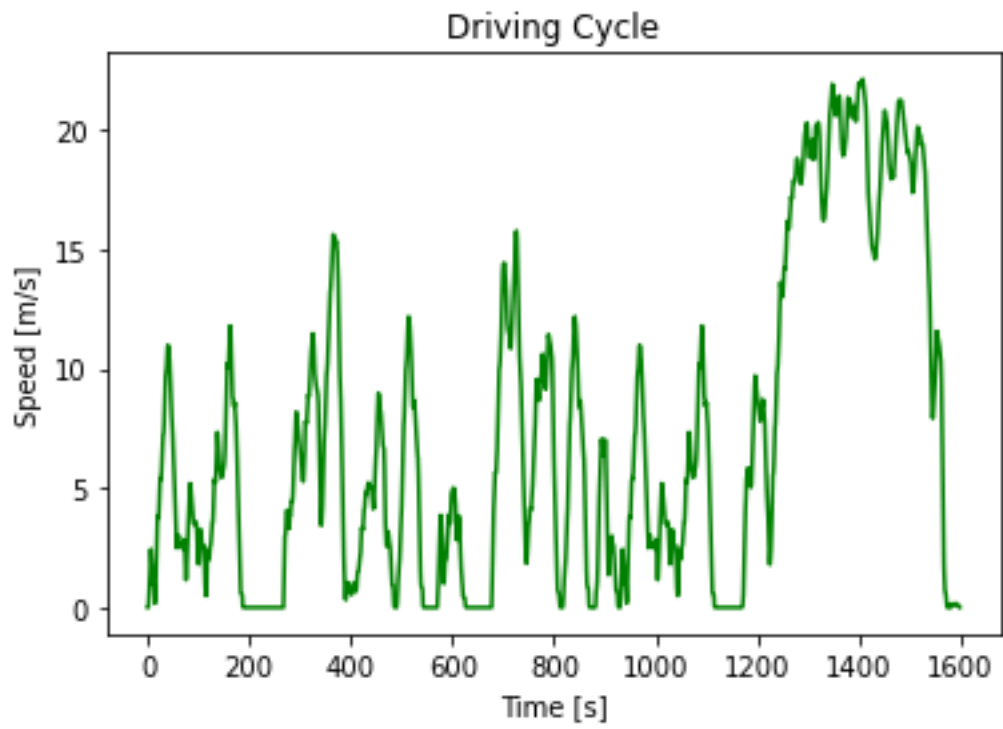
Realizado por: Plaza J. 2021.

Ciclo 6



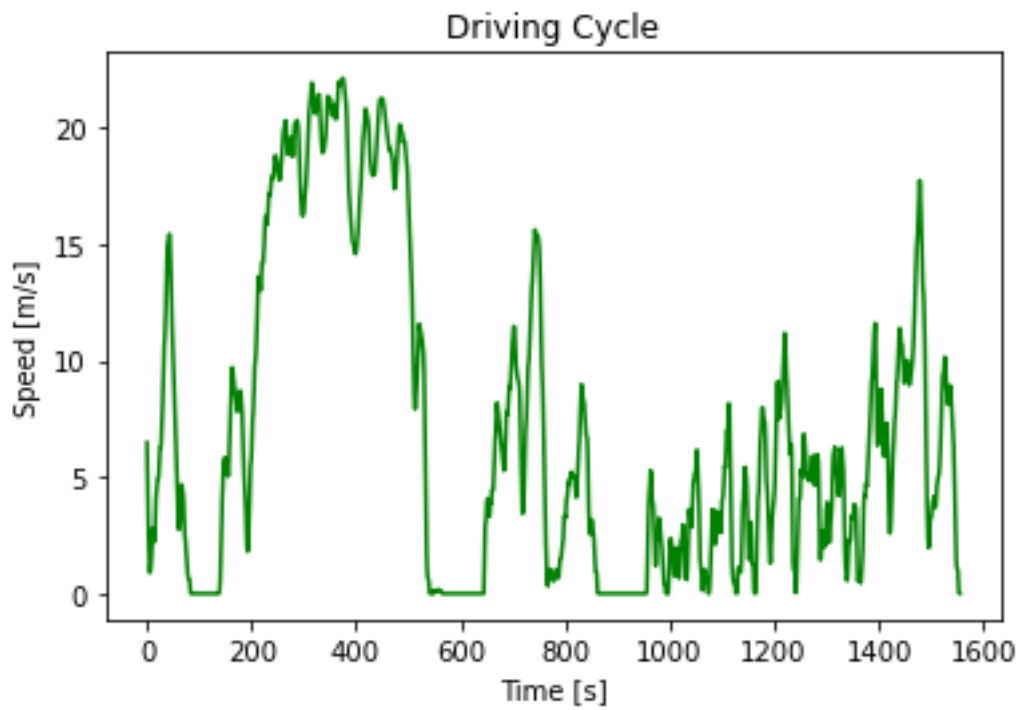
Realizado por: Plaza J. 2021.

Ciclo 7



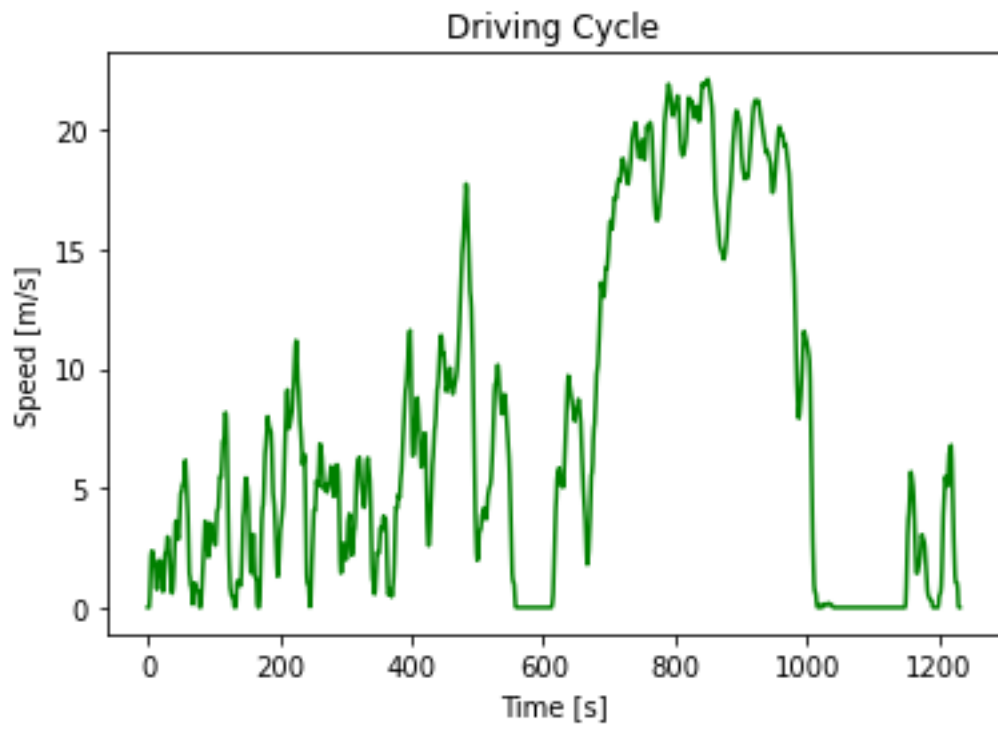
Realizado por: Plaza J. 2021.

Ciclo 8



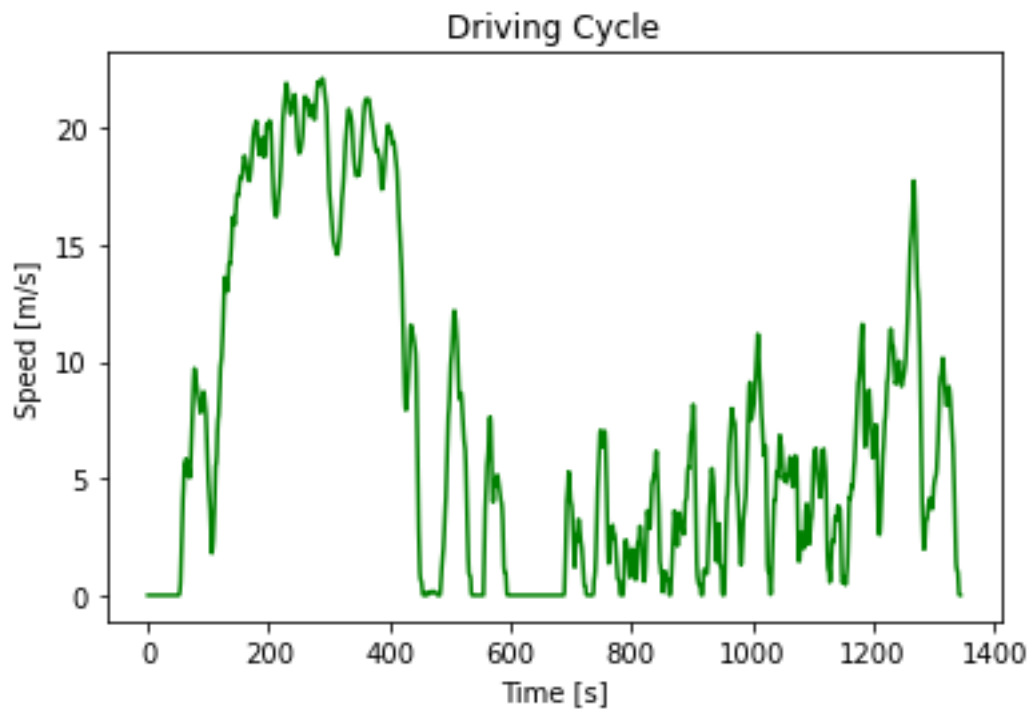
Realizado por: Plaza J. 2021.

Ciclo 9



Realizado por: Plaza J. 2021.

Ciclo 10



Realizado por: Plaza J. 2021.