

Determinación de un ciclo de conducción eficiente para la ciudad de Esmeraldas

Ing. Freddy Orlando Colcha Guashpa
focolcha@istluisstello.edu.ec
Docente Instituto Superior Tecnológico
Luis Tello
<https://orcid.org/0000-0002-4246-6533>

Ing. Andrés Estuardo Mero Parrales
aemero@istluisstello.edu.ec
Docente Instituto Superior Tecnológico
Luis Tello
Esmeraldas – Ecuador

Ing. Walter Vinicio Palacios Quiroz
wvpalacios@istluisstello.edu.ec
Docente Instituto Superior Tecnológico
Luis Tello
Esmeraldas – Ecuador

Ing. Vladimir Wilfrido Guachá Ibarra
vwguacha@istluisstello.edu.ec
Docente Instituto Superior Tecnológico
Luis Tello
Esmeraldas – Ecuador

RESUMEN

Se determinó un ciclo de conducción eficiente en función del aprovechamiento del consumo de combustible en la ciudad de Esmeralda, utilizando un vehículo Optra 1,8 con gasolina extra de 85 octanos. Para ello fue necesario adaptar un sistema de alimentación externo de combustible para calcular el consumo de combustible, se aplicó el protocolo de conducción eficiente, se seleccionó tres rutas de tránsito rápido, se utilizó GPS Vizualizer para trazar la ruta y generar el perfil de elevación. Para la adquisición de datos cada segundo, se empleó el método directo y la técnica On Board, mediante un interfaz OBD II y la aplicación TORQUE PRO para móvil, estos datos son tratados en Excel para obtener la curva de ciclo de conducción. Mediante el método estadístico de promedios ponderados se determinó la ruta 1 que va por el centro de la ciudad, desde el sector de las Palmas hasta Vuelta Larga, como el ciclo de conducción eficiente, obteniendo una velocidad promedio de 36,2 Km/h, en una trayectoria de 15Km, durante 1750s, valores representativos de la Norma FTP-75.

Palabras clave: ciclo de conducción; eficiente; consumo; OBD II.

Determination of an efficient driving cycle for the city of Esmeraldas

ABSTRACT

An efficient driving cycle was determined in terms of fuel consumption in the city of Esmeralda, using an Optra 1.8 vehicle with 85 octanes of extra gasoline. For this purpose, it was necessary to adopt an external fuel supply system to calculate fuel consumption, the efficient driving protocol was applied, three fast transit routes were selected, GPS Visualizer was used to plotting the route and generate the elevation profile. For the acquisition of data every second, the direct method and the On-Board technique were used, utilizing an OBD II interface and the TORQUE PRO application for cell phones; these data are processed in Excel to obtain the driving cycle curve. Utilizing the statistical method of weighted averages, route 1 which goes through the center of the city, from the sector of Las Palmas to Vuelta Larga, was determined as the efficient driving cycle, obtaining an average speed of 36.2 Km/h, in a trajectory of 15Km, during 1750s, representative values of the FTP-75 Standard.

Keywords: *driving cycle; efficient; consumption; OBD II.*

Artículo recibido 15 febrero 2023

Aceptado para publicación: 15 marzo 2023

INTRODUCCIÓN

Actualmente, las emisiones de los automóviles representan la mayor parte de la contaminación global. La mejor manera de monitorear las emisiones es tener información sobre la composición, las emisiones por kilómetro recorrido, el consumo de combustible por galón utilizado. Por esta razón surge la necesidad de definir un ciclo de conducción eficiente en función del aprovechamiento de combustible, esto permitirá conocer el comportamiento de un vehículo a gasolina liviano, proporcionando así un registro único de velocidad frente al tiempo.

Hasta la fecha, en la ciudad de Esmeraldas no existen estudios relacionados con ciclos de conducción, los resultados de esta investigación permitirán sentar una base de investigación para futuros proyectos de eficiencia energética y movilidad, para el sector de la automoción, en la ciudad de Esmeraldas, así como estimar el consumo de combustible, empleando un método de conducción eficiente.

Varios países en el mundo, como Colombia, Chile, Costa Rica, México, Estados Unidos de América, Brasil, España, Australia entre otros, han optado por establecer su propio ciclo de conducción de acuerdo a sus condiciones de operación, características sociales, económicas y geográficas, características del vehículo (diferentes tecnología), diferentes habilidades de conducción por conductor, topología y condiciones ambientales. En el Ecuador ciudades como Quito, Cuenca, Riobamba y Santo Domingo han realizado la construcción de un ciclo de conducción focalizado, utilizando el ciclo de ensayo FTP 75.

En esta investigación se utilizará el ciclo de ensayo FTP 75, que según DieselNet, 2011 el ciclo se deriva del FTP 72, añadiendo una tercera fase de 505 s, y el arranque se realiza en frío, la tercera fase comienza después de detener el motor durante 10 minutos. Así, todo el ciclo FTP 75 consta de cuatro fases:

1. Fase de arranque en frío (temperatura ambiente 20 – 30° C) de 0 – 505 s.
2. Fase estabilizada, 506 – 1372 s.
3. Es espera en caliente (mínimo 540 s, máximo 660 s).
4. Fase de arranque en caliente, 0 – 505 s.

Aplicando la FTP 75, para la construcción del ciclo de conducción se considera como variables, el tiempo total transcurrido (s), número de paradas, velocidad media (Km/h), velocidad máxima (Km/h), distancia recorrida (m).

Como primer paso se requiere la selección de rutas en la ciudad, para la adquisición de datos se empleará una interfaz OBD II que se conectará al puerto DLC del vehículo, el tratamiento de datos se realizarán en el programa Excel, para la obtención del ciclo de conducción, el consumo de combustible se calculará mediante la norma DIN 70030-1, para finalizar, mediante promedios ponderados se determinará el ciclo de conducción eficiente.

METODOLOGÍA

Metodología para Construcción del Ciclo.

Para la construcción del ciclo de conducción se empleará el método directo, consiste en seleccionar un recorrido de tráfico real representativo de las curvas experimentales obtenidas bajo diferentes condiciones de circulación de un lugar específico (Borja Pintos, 2011). Un ejemplo de este tipo de metodología es el ciclo de conducción FTP 75.

Para la recolección de datos experimentales de las variables representativas se emplea la técnica On-Board, esta técnica consiste en equipar un automotor con instrumentación para recolectar información de parámetros reales de funcionamiento, este tipo de instrumentos pueden ser Datalogger, GPS, escáner automotrices, sensores, o algún otro equipo (Huertas, García, & Díaz, 2004), para este proyecto se utilizó una interfaz de escáner automotriz OBD II, y la aplicación Torque Pro, conectado al DLC del vehículo.

Método de selección de rutas

Según Valdez A., 2004 existen varios criterios para la selección de rutas como: rutas representativas, tipo de vía, mayor o menor flujo vehicular, grados de saturación entre otro. De las rutas seleccionadas dependerá el ciclo de conducción obtenido. Borja P., 2011 indica que existen ciclos e conducción que incorporan series de tráfico fluido y congestionado o combinadas. Y otras donde incorporan estudios de ciclos en ciudad, carretera y combinados, es decir según el tipo de vía, sea calle o avenida. (Quinchimbla F. & Solís J., 2017).

Se considera tres rutas representativas que van desde el sector norte (Las Palmas), hasta el sur de la ciudad (La Y de Vuelta larga), denominadas: Ruta 1 Centro de la ciudad, Ruta 2 Vía Los puentes, Ruta 3 Vía Carlos Concha, siendo estas rutas de mayor tránsito vehicular en las horas pico, horario entre las 12:00 y 15:00 horas, los ciclos son combinados en ciudad y carretera.

Método de Conducción Eficiente

De acuerdo con el informe tecnológico propuesto por (Edilberto, 2020) menciona las instrucciones que se deben seguir para aplicar una conducción eficiente: los cambios de marcha deben hacerse entre 2000 y 2500 rpm, circular en marchas largas y a bajas revoluciones, usar la primera marcha sólo para poner en movimiento el vehículo, evitar acelerones y frenazos, desacelerar con el freno motor, detener el auto utilizando sólo el freno y no utilizar el punto muerto cuando se frena, en las paradas no escalar todas las marchas sino mantener la marcha puesta hasta pisar embrague y detenerse y por último descender las pendientes en marcha.

Instrumentación del Vehículo

En esta investigación se emplea el vehículo Chevrolet Optra 1.8, DOHC 16 V, aspiración natural a gasolina, transmisión manual, distribución por banda, sistema de inyección indirecta, combustible Eco-País de 87 Octanos, neumáticos 185/60/R15, presión de neumáticos de 32 PSI, A/C activado, se debe adaptar un cánister para la alimentación del combustible que permita determinar con exactitud el consumo de combustible.

Adquisición y Procesamiento de Datos

De acuerdo con la investigación realizada por (Solis, 2017) menciona la metodología para determinar ciclos de conducción representativa, por promedios ponderados, su aplicación se registra en países como: Colombia, México, Australia, Francia, y Estados Unidos, se aplica la siguiente ecuación:

Ecuación 1: Ecuación de valor de promedio ponderado

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

Donde:

Y: valor del promedio ponderado

W_i: Peso de la ponderación del parámetro i.

P_{ij}: Valor del parámetro i, para la curva experimental j.

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

$\frac{|P_{ij} - \bar{P}|}{P}$: Desviación respecto a la media en términos adimensionales

Los datos se tomaron de una forma continua para conocer el comportamiento del vehículo en las condiciones reales de trabajo, el equipo debe capturar segundo a segundo los parámetros de tiempo total transcurrido (s), velocidad (Km/h), distancia recorrida (m), altura de elevación (msnm), latitud y longitud (grados).

El procesamiento de datos se realizó en una hoja de cálculo de Excel, los parámetros de ponderación para el análisis se consideró la velocidad promedio, velocidad máxima, tiempo en ralentí, número de paradas, tiempo total recorrido, distancia recorrida y consumo de combustible.

Estimación de Consumo de Combustible

Para estimar el consumo de combustible, se consideró lo que menciona (Human, 2020) en su información recopilada, que la norma DIN 70030-1, determina el consumo de combustible en automóviles, establece la medición gravimétrica para obtener la cantidad de masa o volumen de combustible consumido.

Ecuación 2: Consumo de combustible

$$c = \frac{m * 100}{pr * s}$$

Donde:

C: consumo de combustible (litro/ 100km)

m: masa de combustible consumido (kg)

pr: Densidad del combustible (kg / litro)

s: Distancia recorrida (km)

Gonzales, 2005 indica que los factores que afectan el consumo de combustible son: patrón de manejo, resistencia al rodamiento, resistencia al arrastre, la tecnología del motor, tipo de combustible, desplazamiento o cilindrada, relación de compresión, sistema de distribución, válvulas por cilindro, presencia de turbocompresor o intercooler y el tipo de motor (encendido por chispa y encendido por compresión).

Para monitorear el consumo fue necesario instalar un recipiente externo de alimentación de combustible, calibrado a 4500 gramos con divisiones cada 20 gramos, se utilizó una pila de 3 bares de presión, esta línea de combustible se conectó directamente al riel de inyectores.

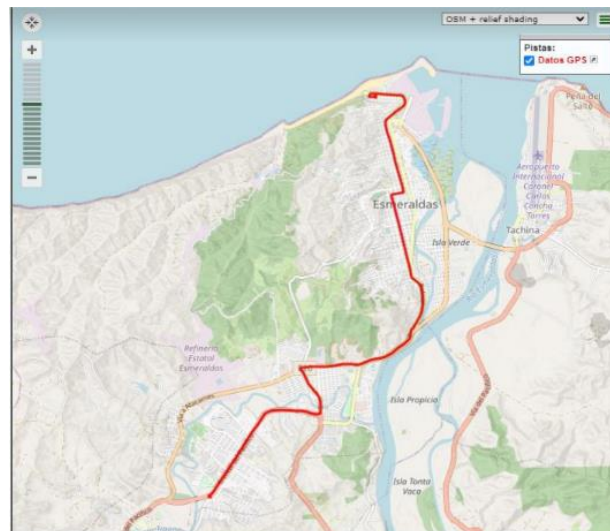
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ruta seleccionada

Se seleccionaron tres rutas tomando en cuenta el índice de tráfico, número de paradas por semáforo, hora pico del medio día (14:00h). Esta ruta desde el balneario Las Palmas al norte de la ciudad, hasta el sector de la Y de Vuelta Larga; el recorrido específico comenzó por la Avenida del Pacifico, hasta incorporarse con la Avenida Libertad, luego subir por la calle Juan Montalvo hasta la calle Eloy Alfaro, se sigue por la avenida Cristóbal Colon para incorporarse con la Avenida Simón Plata Torres llegando hasta el BIMOT 13 para seguir por la Avenida Jaime Hurtado, hasta el redondel de Codesa en el mismo curso nos desplazamos hasta el redondel El León para seguir la ruta por la Calle Troncal del Pacifico hasta el sector de la Y de Vuelta Larga.

Figura 1

Ruta 1, recorrido por el centro de la ciudad.



Nota: Se definen rutas por GPS (GPS Visualizer, 2021)

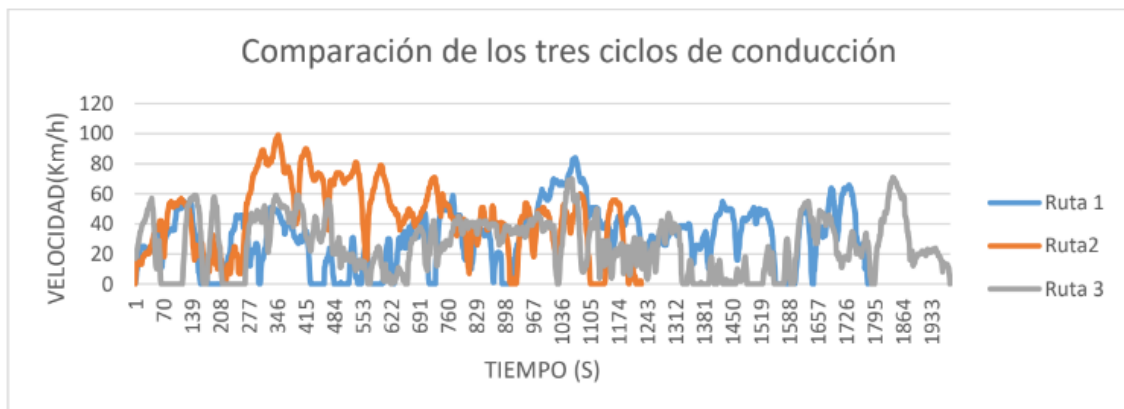
Construcción del Ciclo.

Para la obtención del ciclo de conducción se empleará el método directo (Danilo, 2017), aplicando una conducción eficiente (Edilberto, 2020). Con este procedimiento de conducción se identificó que se aprovecha el rendimiento del combustible pero no se aprovecha todo el torque y potencia del vehículo, ya que no se supera las 3000 rpm para realizar un cambio de marcha.

Los recorridos realizados en las tres rutas definidas de la ciudad de Esmeraldas, se llevaron a cabo a las 12:00 a 14:00, consideradas hora pico, con la finalidad de capturar el comportamiento vehicular, en rutas de flujo rápido, en diferentes días para contrastar la mejor ruta en función del aprovechamiento del combustible, en la figura 2 se muestra las tres rutas.

Figura 2

Contraste de los tres ciclos de conducción



De acuerdo con la investigación realizada por (Solis, 2017) menciona la metodología para determinar ciclos de conducción representativa, por promedios ponderados, su aplicación se registra en países como: Colombia, México, Australia, Francia, y Estados Unidos

Tabla 1

Parámetros del Ciclo de Conducción Combinado

Parámetro	Ponderación
Velocidad Promedio	1,00
Velocidad Máxima	0,25
Tiempo en ralentí	0,75
Número de paradas	0,25
Tiempo total de recorrido	1,00
Distancia recorrida	1,00
Consumo de combustible	1,00
Total	5,25

Una vez definido los parámetros con su respectiva ponderación se emplea la ecuación uno para calcular el valor de Y, para facilitar el procedimiento se hace uso de la hoja de cálculo de Excel, el procedimiento se muestra a continuación.

Tabla 2.

Cálculo de Promedios ponderados

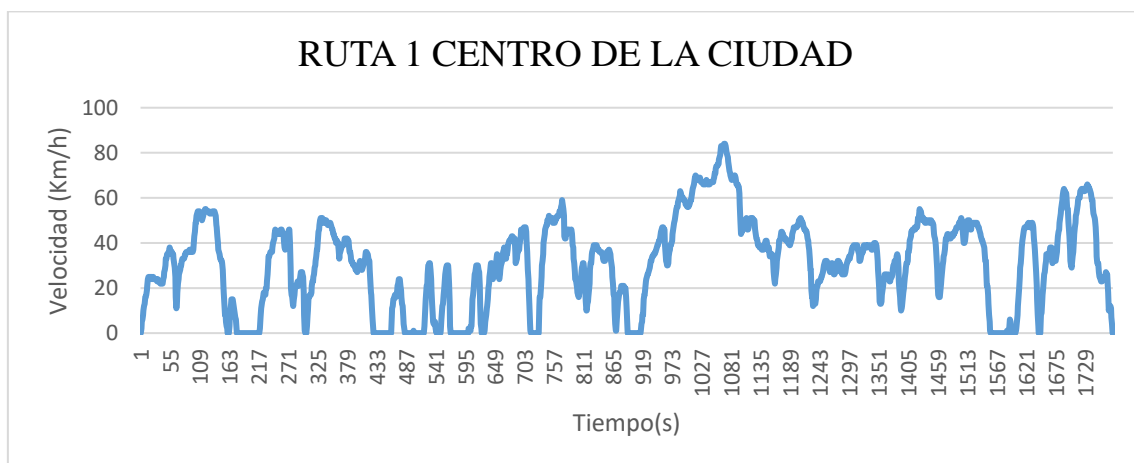
Ruta		Vel. Promedio (Km/h)	Vel. Max (Km/h)	Tiempo en ralentí (rpm)	Número de paradas	Tiempo total de recorrido (s)	Distancia recorrida (m)	Consumo de combustible (l/100km)	PROMEDIO
R1- Centro	Y1	7,46E-03	3,75E-04	2,19E-02	1,04E-02	5,22E-03	5,99E-03	1,77E-02	0,069
R2- Puentes	Y2	4,45E-02	8,06E-03	8,52E-02	2,98E-02	4,69E-02	5,85E-04	1,14E-02	0,226
R3- Carlos Concha	Y3	3,71E-02	7,69E-03	6,33E-02	1,93E-02	4,16E-02	6,57E-03	6,30E-03	0,182

Nota: mediante los datos obtenidos en las rutas se plantea el mejor ciclo de conducción en función del aprovechamiento del combustible, la curva experimental con menor valor de Y (0.069) la cual pertenece a la ruta 1, se determinó como el ciclo de conducción eficiente.

De acuerdo con los datos obtenidos se genera la curva experimental del ciclo de conducción.

Figura 3.

Ciclo de conducción eficiente



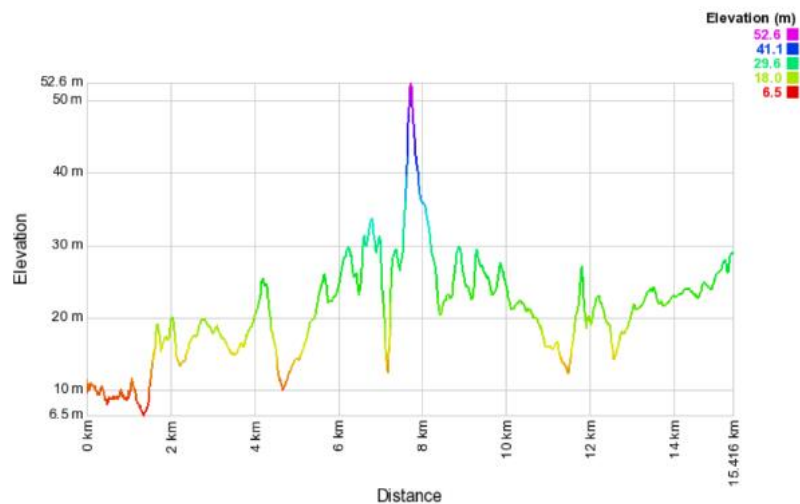
Nota: Los resultados indican un ciclo de conducción combinado para la ciudad de Esmeraldas.

El contraste del ciclo de conducción obtenido para la ciudad de Esmeraldas y la norma FTP-75 se evidencia una similitud que no sobrepasa el 4,67% de diferencia entre estos dos ciclos.

Tabla 3*Contraste de parámetros de ciclos de conducción*

Parámetro	Ciclo eficiente Esmeraldas	Normas / FTP-75	Diferencia%
Distancia	15,42 km	17,77 Km	13 %
Duración	1750 s	1877 s	7%
Velocidad promedio	36,2 Km/h	34,12 km/h	-6%
		PROMEDIO	4,67%

Se presenta la gráfica de distancia recorrida según la geografía donde se realizó el estudio para la determinación del ciclo de conducción ideal.

Figura 4*Perfil de Elevación Ruta 1*

Nota: Mediante la página web GPS Visualizer se obtiene el perfil de elevación del ciclo de conducción eficiente.

Consumo de combustible

Se presentan los valores comparativos obtenidos en las tres rutas mediante la interfaz OBD II y el contraste con la Normativa DIN 70030-1 reflejando el mejor trayecto por el centro de la ciudad con 9,51 litros/100km con un margen de error de un 7% a diferencia de las otras dos rutas, de la misma manera se compara con la ficha técnica del vehículo como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4*Comparación de Consumo de Combustible*

Rutas definidas	Interfaz OBD II litros/100Km	Norma DIN 70030-1 litros/100Km	Error %	Ficha técnica litros/100Km
Centro de la ciudad	9,15	9,51	7	11,8
Los puentes	10,91	10,74	8	11,8
Vía Carlos Conchas	10,20	10,83	8	11,8

Nota: El consumo de combustible es mejor que el presentado en la ficha técnica, ya que al realizar una conducción eficiente no se aprovecha el torque y potencia total del motor.

CONCLUSIONES

Los ciclos de conducción han sido empleados para la evaluación de consumo de combustible y emisiones por varios países como Chile, Colombia, México, Estados Unidos, España y más países, por esta razón es importante que estos ciclos se ajusten al comportamiento real del vehículo circulando por rutas urbanas fijas de la ciudad en estudio, así mismo permite determinar qué tipo de conducción presenta la ciudad.

Este artículo asume la metodología más empleada en estudios ya realizados para la construcción del ciclo de conducción eficiente aplicado a un vehículo liviano, sin embargo si se puede aplicar a otros tipos de vehículos como motocicletas, camionetas y buses, esta metodología integra el consumo eficiente del combustible, rutas definidas, datos de operación y construcción del ciclo los cuales han sido aplicados satisfactoriamente.

La investigación presentada servirá de línea base para futuros estudios de movilidad y transporte en la ciudad, se evidencia la reproducibilidad del estudio, es factible considerar nuevos parámetros y variables para obtener resultados que permitan contrastar con los resultados presentados en este estudio, la variable del tráfico vehicular incide en el consumo de combustible, por ende en las emisiones que generen.

El ciclo de conducción eficiente fue validado mediante pruebas en tres rutas establecidas reales con diferentes condiciones de tráfico, por lo tanto este estudio es estadísticamente repetible y reproducible, además de tener resultados muy semejantes a los establecidos por la norma FTP-75.

LISTA DE REFERENCIAS

- Amoroso, P. J. U., & Verdugo, S. I. U. (2021). Aplicación del método de diferencias mínimas ponderadas para la obtención de un ciclo de conducción en una ruta urbana de un autobús. Caso de estudio: Azogues, Ecuador. *INCITEC (REVISTA INNOVACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA)*, 1(2), Art. 2. <https://doi.org/10.53632/incitec.v1i2.101>
- Anchutuña Llumiquinga, J. R. (2021). *Estudio del comportamiento de la temperatura en el flujo de los gases combustionados de un motor a gasolina en su sistema de escape mediante el ciclo de conducción PTEC-593*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16030>
- Basagoitia Vidal, J. S. (2020). *Determinación de una metodología de construcción de ciclo de conducción adecuada para Lima Metropolitana*. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15925>
- Calva Montoya, R. C., & Flores Díaz, A. E. (2020). *Obtención del ciclo de conducción urbano para la ciudad de Riobamba en horas pico y no pico mediante la recolección de datos de los factores de operación y consumo energético obtenido por un dispositivo OBD II*. [BachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13823>
- Cornejo Narváez, L. A., & Velásquez Morocho, D. F. (2020). *Determinación de ciclos termodinámicos en motores de encendido provocado de vehículos de categoría M1 en ciclos de conducción reales* [BachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18685>
- Cortez, E. (2019). Aportaciones al dimensionamiento y gestión de energía de un tren de potencia eléctrico híbrido para vehículos industriales con ciclos de conducción repetitivos y agresivos [Doctoral thesis, Universitat Politècnica de Catalunya]. En *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/175261>
- Dávalos Figueroa, D. S. (2017). *Obtención de un ciclo típico de conducción para los vehículos de la unión de taxistas del Azuay* [MasterThesis, Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7274>
- Lago Sari, R. (2019). *Evaluación numérica y experimental de la combustión RCCI: Prestaciones en ciclo de conducción, transferencia de calor y post tratamiento*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/129884>
- Licoa Avilés, J. D., & Ortega Cabrera, J. S. (2022). *Análisis del consumo de Combustible En Un Motor Diésel seis Cilindros Categoría M3 con variables controladas en un ciclo de conducción* [BachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23648>
- Montúfar Paz, P. A., Huertas Cardoso, J. I., Cuisano, J. C., & Pérez Fiallos, J. F. (2021). Desarrollo de un ciclo de conducción por micro viajes y obtención de los factores de emisión. *Dominio de las Ciencias*, 7(Extra 4), 147.

- 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* [BachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15032>
- Plaza Guerrero, J. M. (2021). *Elaboración de un algoritmo para la construcción de ciclos de conducción*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16011>
- Puebla Molina, D. E. (2021). *Evaluación del uso del aire acondicionado en vehículo Suzuki SZ en ciclos de conducción dinamométricos*. <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/4510>
- Redondo Puelles, F. (2018). *Diseño, implementación y validación experimental de un ciclo de conducción real (RDE) en una instalación de ensayo de motores térmicos de automoción*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/108424>
- Rodríguez Munive, M. E. (2021). *Desarrollo de ciclos de conducción en la ciudad de Quito-Ecuador para un vehículo categoría M1*. <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/4249>
- Rosas Zurita, J. A., & Trujillo Maldonado, Á. D. (2022). *Análisis de autonomía de batería y ciclos de conducción en un vehículo eléctrico urbano, en ciudades de altura*. [BachelorThesis]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12431>
- Rubio Pacheco, R. P. (2022). *Validación de datalogger en ciclos de conducción de vehículos categoría m1 en la ciudad de Quito- Ecuador*. <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/4888>
- Sarango Sánchez, B. J., & Benavides Prado, R. A. (2021). *Automatización de la construcción de un ciclo de conducción en base a la recolección de datos de funcionamiento del vehículo en tiempo real*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16021>
- Sevillano Cevallos, A. S., & Pastillo Angamarca, J. D. (2021). *Análisis del impacto ambiental en el uso del aire acondicionado en un vehículo bajo el ciclo de conducción de Riobamba*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/18000>