

Ciclos de manejo para motocicletas en la Zona Metropolitana del Valle de México

Isaac Eli Guerrero Beltrán¹, Eduardo Cedillo Cornejo², Rogelio González Oropeza³

¹isaac.gb@outlook.es

²ecedilloc@iingen.unam.mx

³rog1950@gmail.com

^{1,2,3} UNICE (Unidad de Investigación y Control de Emisiones) Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

Resumen

Los ciclos de manejo o de conducción son una herramienta útil para evaluar emisiones contaminantes, desempeño de un vehículo en una zona o ciudad, o cuando se analiza la eficiencia energética de dichos vehículos y, para vehículos con motor térmico, el consumo de combustible. Hay una gran variedad de ciclos de manejo aplicados a camiones, autobuses, automóviles, motocicletas [1]. Estos ciclos de manejo representan la forma típica de manejo incluyendo condiciones de tránsito, vialidades, conductores, tecnología de los vehículos, y condiciones ambientales y meteorológicas [2].

El estudio que se presenta aquí fue desarrollado en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y se denominó MTCM (Motorcycle Test Cycle México) para representar al tránsito de motocicletas en la Zona Metropolitana del Valle de México. Los ciclos fueron construidos mediante el cálculo estadístico de una muestra representativa de la población total de motocicletas que circulan en la Ciudad de México, y principalmente con la síntesis de ciclos de conducción mediante análisis de micro viajes (también llamadas rutinas de manejo), siguiendo un método de 3 etapas: diseño, medición, síntesis [3]. La instrumentación utilizada para registrar cada segundo la velocidad del vehículo y pendiente del camino, además de las coordenadas por donde se desplaza dicho vehículo, se diseñó de forma que no fuese invasiva, fácil de colocar y práctica para descargar la información. Se comparó con otros ciclos de manejo de motocicletas en otros países, por ejemplo, con el ECE-R40, europeo y con el WMTC (World Motorcycle Test Cycle) que es el ciclo que han adoptado varios países y efectivamente, el nuestro tiene ciertas similitudes con los que se ha comparado.

Al revisar la literatura relacionada con el tema se pudo observar que el ciclo WMTC ha sido aceptado por varios países incluso de Asia [3], sin embargo, nuestro grupo de trabajo denominado UNICE (Unidad de Investigación y Control de Emisiones) sostiene que siempre es más acertado generar un ciclo de manejo en el área o ciudad donde se aplica, y analizar si hay similitud entre ambos ciclos. El ciclo mundial armonizado de pruebas de motocicletas tiene secciones en ciudad, en ambiente rural, así como en autopista, y aún así el nuestro tiene similitudes con él en sus partes urbana y extraurbana.

Palabras clave: ciclo de manejo, motocicletas, micro viajes.

Abstract

The driving cycles constitute a very useful tool [1] to evaluate polluting emissions and performance of vehicles in an area or a city, to analyze their energy efficiency and, in the case of vehicles with a thermal engine, fuel consumption. There are a wide variety of driving cycles applied to trucks, buses, cars, motorcycles, etc. These driv-

ing cycles represent the typical way of driving, including traffic conditions, road conditions, drivers, technological conditions of the vehicles, and environmental and meteorological conditions [2].

The study presented here was developed in the Metropolitan Area of Mexico City and was called MTCM (Motorcycle Test Cycle Mexico) to represent the traffic of motorcycles in the Metropolitan Area of the Valley of Mexico, these cycles being developed through the statistical calculation of a representative sample of the total population of motorcycles circulating in Mexico City, and applied a method synthesis of driving cycles [3] through micro-trips analysis, this is following a 3-stage method: design, measurement, synthesis. The instrumentation used to record the speed of the vehicle and the slope of the road every second, in addition to the coordinates where said vehicles are traveling, was designed in a way that was non-invasive, easy to place and practical for downloading the information. Our driving cycle was compared with other motorcycles driving cycles in other countries, for example with the ECE-R40, European and with the WMTC (World Motorcycle Test Cycle) which is the cycle that several countries have adopted and that, we have observed, they have certain similarities with those that have been compared.

When reviewing the literature related to the topic, it was observed that the WMTC cycle has been accepted by many countries [3] including Asia, however, our working group called UNICE (Research Unit and Emissions Control, by its acronym in Spanish) maintains that it always it's more accurate to generate a driving cycle obtained in the area or city where it is applied. The harmonized world motorcycle testing cycle has sections in the city, in rural environments as well as on the highway, and yet ours has similarities because the Metropolitan Zone of the Valley of Mexico covers stretches of highway, and some areas are almost rural.

Keywords: micro-trip; real-world-transit; driving-cycle; motorcycle.

1. Introducción

Un vehículo altamente versátil es la motocicleta, con una relación peso/potencia envidiable para otros vehículos, con alto rendimiento y una gama de precios y tamaños accesible a casi todos los bolsillos y casi todas las personas, pero por supuesto conducida con cierta madurez y responsabilidad. Esta última situación, sin embargo, no siempre es cumplida desgraciadamente y por ello su uso debe ser regulado, al igual que por los gases contaminantes que emite. Para controlar estas emisiones algunas normas ambientales han sido establecidas y son actualizadas periódicamente con restricciones más estrictas, esto obliga a los fabricantes a invertir en investigación de nuevas tecnologías que permitan reducir la contaminación. Las normas europeas EURO son las más utilizadas en el mundo, principalmente en Europa y Asia, pero también en algunos países de América como Brasil, que basa su normatividad en EURO IV y EURO V. En la actualidad hay países que carecen de normas para regular estos vehículos. En México la población de motocicletas ha aumentado en la última década, de 1 154 145 unidades en circulación en 2010 a 5 260 954 unidades en 2020, esto significa un incremento del 25 % de la flota solamente en el centro del país [3].

Existen investigaciones enfocadas al desarrollo de ciclos de conducción para motocicletas en el mundo. Un estudio Taipei [4] realizó una extensa recolección de datos de conducción para comparar el ciclo de

manejo de Taipei (TMDC) con el ciclo europeo ECE-R40 en 45 motocicletas, los resultados muestran que el ciclo TMDC tiene mayor aceleración y frenada que el ciclo ECE-R40. El estudio reportó también que las normas EURO con los ciclos ECE-R40 y WMTC (EU) van siendo implementadas para la regulación de las emisiones contaminantes producidas por motocicletas en México. En el desarrollo de un ciclo para calcular factores de emisión en motocicletas [5] tres resultados fueron reportados. Los ciclos KHM, ECE, WMTC, 10-15 y Hong Kong fueron comparados. La comparación de factores de emisión para CO₂, CO, THC y NO_x determinó que las fracciones de duración de aceleración y desaceleración son mayores en el ciclo KHM que en el ciclo ECE-R40. La duración del “modo crucero” abarcó entre 27% y 53% del ciclo WMTC, 32,300% del ciclo ECE-R40, 21,200% del ciclo 10-15, 9,400% del ciclo de Hong Kong, 8,600% del ciclo KHM. Los factores de emisión y el consumo de combustible fueron mayores en el ciclo KHM que en el ciclo ECE-R40. La creación de un ciclo de manejo para motocicletas y vehículos ligeros en Vietnam [6] fue realizada mediante la evolución temporal de velocidad en tránsito real con 2 vehículos en 10 rutas urbanas en Hanoi. El ciclo de manejo de motocicletas KMDC de Tailandia [7] fue creado mediante una síntesis de datos de conducción en rutas de Khon Kaen. Todos los ejemplos demuestran la importancia de desarrollar un ciclo propio para las condiciones de tránsito en México.

El estudio presentado aquí busca atender el problema descrito mediante la síntesis de un ciclo de manejo vehicular para motocicletas en Zona metropolitana del valle de México (ZMVM) empleando un análisis de microviajes en tres etapas: diseño, medición, síntesis. El ciclo desarrollado es luego comparado con dos ciclos convencionales: el ciclo ECE-40 para Europa, el ciclo WMTC que ya es empleado por varios países en el mundo. El desarrollo de un ciclo que represente las condiciones de conducción en ZMVM permitirá contar con el material suficiente para el desarrollo de normatividad que regule las emisiones contaminantes de motocicletas nuevas y en tránsito, ya que las normas actuales mexicanas no contemplan dichos vehículos. La información de las investigaciones previas en [2], [3] y [8] sobre manejo vehicular en ZMVM es vital para este artículo.

2. Material y método

2.1. Región geográfica

Para región geográfica fue considerado el territorio que abarca ZMVM en 59 municipios del Estado de México, 16 alcaldías de la Ciudad de México y 1 municipio del Estado de Hidalgo, porque esas divisiones están en la misma cuenca hidrográfica. Además no existen diferencias significativas en su vialidad, su infraestructura, su población de vehículos o su población de conductores, por ello los datos medidos en cualquier lugar del Valle de México pueden ser representativos del tránsito en toda la región pero no necesariamente representativos del tránsito en otra cuenca hidrográfica [8].

2.2. Regímenes de tránsito

La medición debe incluir datos de tránsito real en regímenes intraurbano, urbano y extraurbano [2]. Las principales carreteras de ZMVM, que hacia Oriente es México-Puebla-Amecameca-Cuautla, hacia Norte son México-Pirámides-Tulancingo, México-Pachuca, Naucalpan-Ecatepec, México-Querétaro, hacia Poniente son Chamapa-Lechería y México-Marquesa, hacia Sur es México-Cuernavaca, fueron consideradas por la riqueza que tienen de manejo extraurbano.

2.3. Muestra representativa de vehículos

Una muestra representativa de la población de motocicletas fue definida considerando un tamaño mínimo, los modelos de la población, tres grupos normados. El tamaño mínimo de muestra es 28 unidades, calculado mediante un modelo para tamaño de muestra de una población infinita [3] [8], mostrado en Ecuación 1, definido con tres parámetros: confiabilidad en 0,900, probabilidad en 0,500 para garantizar que la selección de la muestra sea aleatoria,

error de ajuste en 0,150 que es el permisible en ingeniería. Los modelos de la población de motocicletas fueron clasificados con datos de un catálogo de motocicletas vendidas en el centro de México en año 2012 [9] y otro similar para el periodo 2021-2022 [3]. Las características técnicas para generar categorías fueron la cantidad de cilindros, la cilindrada, el sistema de suministro de combustible y el sistema de enfriamiento. El sistema de ignición también es importante pero no fue incluido porque no aparece en la información técnica de los fabricantes de motocicletas. Las cuatro categorías definidas para agrupar a las motocicletas de la población según su cilindrada tienen los intervalos mostrados en Tabla 1. Tres grupos normados fueron creados para incluir a las categorías de cilindrada según el tipo de tránsito que las motocicletas pueden experimentar en el Valle de México, principalmente para distinguir a las motocicletas con cilindrada mayor que 250 cc de otras que no experimentan tránsito extraurbano por tener prohibido entrar a autopistas rápidas como son "vías de acceso controlado" y "autopistas" [2]: Grupo I con "125" abarca 70 % de la población, Grupo II con "150" abarca 25 % de la población, Grupo III con "250" y "1000" abarca casi 5 % de la población. Así los modelos de la población de motocicletas quedaron distribuidos en clases como es mostrado arriba en Tabla 2, donde es posible ejemplificar que 121 modelos de motocicleta con cilindrada entre 50 y 125 cc, alimentadas con carburador, refrigeradas por aire, forman la mayoría en Grupo I. Las 28 motocicletas de la muestra representativa ideal, mostradas abajo en Tabla 2, quedaron distribuidas en una cantidad proporcional para cada clase de la población.

$$(1) \quad TM = \left(\frac{DN[cnf]prb[PI]}{err} \right)^2$$

cnf	confiabilidad
DN	desviación normal
err	error
PI	población infinita
prb	probabilidad
TM	tamaño de muestra

Tabla 1. Intervalos de tamaño de motor en cada categoría.

"125"	50 hasta 125 cc
"150"	140 hasta 240 cc
"250"	250 hasta 750 cc
"1000"	desde 800 cc

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Modelos de la población de motocicletas (arriba), motocicletas de la muestra ideal (abajo).

grupo cilindros		G. I		G. II		G. III					
		C	I	C	I	1	2	4 o 6			
"125"	A	121									
	R	11									
	L										
"150"	A			11	23						
	R			1	3						
	L			1							
"250"	A					1	7	1	2		
	R					1	54	20	2	10	
	L						1				
"1000"	A							16			
	R							67		66	
	L							26		1	

grupo cilindros		G. I		G. II		G. III					
		C	I	C	I	1	2	4 o 6			
"125"	A	4									
	R	1									
	L										
"150"	A			1	1						
	R			1	1						
	L			1							
"250"	A					1	1	1	1		
	R					1	2	1	1	1	
	L						1				
"1000"	A							1			
	R							2		2	
	L							1		1	

A
C
I
L
R

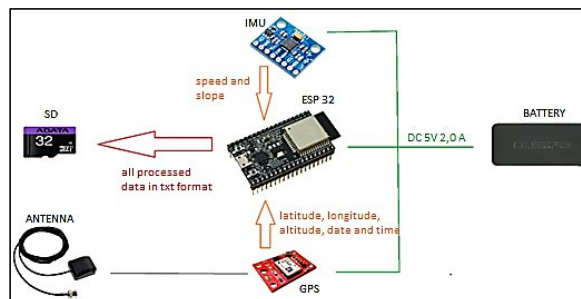
aire
carburador
inyector
lubricante
refrigerante

Fuente: Elaboración propia.

2.4. Medición

La medición implicó una invitación a motociclistas, una encuesta demográfica y un rastreador de tránsito. La participación de motociclistas fue solicitada mayormente entre compañeros de la universidad y contactos cuyo tránsito habitual fuera dentro de la ZMVM. Sexo, edad y ocupación fueron encuestados a cada participante. Un Seguidor de manejo vehicular (SEMAV) compuesto por un microcontrolador ESP32 de Espressif Systems con una antena NEO-6M para conexión GPS, fue entregado a cada participante. El aparato guarda un documento TXT en una memoria microSD con los datos de la velocidad del vehículo, la pendiente del camino que transitado, longitud, latitud y altura, en intervalos de un segundo. SEMAV es alimentado por una batería eléctrica autónoma montada en la motocicleta mediante una red elástica. Figura 1 muestra el funcionamiento de SEMAV. Cerca de 40 rutinas de manejo vehicular (RM) fueron registradas con los datos de velocidad vehicular e inclinación vial en cada segundo. Los datos registrados no siempre son fiables ya que puede haber errores de medición por

circunstancias como la desconexión del GPS en lugares como túneles o la desactivación de SEMAV por haber consumido toda su carga eléctrica. Por ello una depuración es aplicada a los datos registrados para eliminar las irregularidades luego del muestreo.

**Figura 1.** Esquema del seguidor de manejo vehicular. Fuente: Elaboración propia.

2.5. Síntesis

El programa para análisis numérico DC-SYNTH [2] fue empleado en la síntesis del ciclo de manejo vehicular. Su manejo requiere ingresar los datos registrados de las rutinas de manejo vehicular para crear una rutina total, que es el condensado de todas las rutinas leídas, de donde el sintetizador construye el ciclo. El programa emplea un algoritmo estocástico para construir ciclos de manejo vehicular mediante análisis de microviajes [10]. El sintetizador calcula un factor de irregularidad de tránsito (FIT), mostrado en Ecuación 2, que expresa mayor agresividad del tránsito según su valor es mayor. Los valores de FIT calculados para la rutina total y para el ciclo creado permiten modular que el ciclo aplique a los vehículos evaluado en dinamómetro una agresividad equivalente al tránsito real de los datos empleados para construirlo. Por ello si el error relativo del FIT del ciclo sintetizado comparado con el FIT de la rutina total es menor que 0.010 el ciclo es considerado válido. La frecuencia media de microviaje (f_{MV}) es otro parámetro útil calculado por el sintetizador, un cociente de la cantidad de microviajes de un ciclo entre la distancia total del ciclo. Las rutinas donde esa frecuencia es mayor son consideradas más irregulares porque tienen muchas interrupciones como las que producen los limitadores de velocidad, los cruceros, los semáforos, presentes en todo el recorrido.

$$(2) \quad FIT = \frac{\sum IV}{VM} \frac{prd_{A-P}}{prd}$$

FIT f. de irregularidad de tránsito
IV incremento de velocidad m/s
prd periodo s
VM velocidad media m/s

A-P aceleración positiva

3. Resultados

3.1. Muestreo

La muestra representativa real resultó con 30 unidades, mostradas en Tabla 3. Las diferencias entre la muestra real y la ideal de Tabla 2 son mostradas en Tabla 4, donde los números azules representan a la muestra propuesta y los números rojos representan a la muestra real de la que se registró la información de conducción. Aun cuando ambas muestras no corresponden completamente entre sí su coincidencia permite afirmar que la muestra monitoreada tiene la representatividad suficiente para emular las condiciones de tránsito en ZMVM por dos razones principales: el tamaño de la muestra real cumplió la definición calculada mediante el modelo para una población infinita, los modelos monitoreados abarcan 87 % de las clases en Grupo I con Grupo II que juntos representan a 95 % de la población vehicular.

Figura 3 muestra esquemas con las rutas del muestreo en la Ciudad de México dentro de ZMVM. Las rutas en color rojo son de motocicletas pertenecientes a Grupo I, las verdes a Grupo II y las azules a Grupo III. Aún si el muestreo estuvo concentrado en Ciudad de México sus resultados pueden extrapolarse al tránsito de ZMVM [3]. Las condiciones extraurbanas monitoreadas provienen únicamente de la infraestructura vial dentro de la Ciudad de México porque el tránsito en carretera en la rutina cotidiana de los participantes fue escaso pero conviene recordar aquí que las motocicletas reunidas en Grupo III que tienen permitido entrar a autopistas rápidas representan sólo a 5 % de la población de motocicletas en México.

Tabla 3. Modelos de la muestra real.

Grupo I	Grupo II	Grupo III
Honda Wave 2022	Keeway 2035	H. D. Sporster 2008
	Italika RC-200	Vento Rocketman Racing
	Italika Sptfire	Vento Roketman
Yamaha Cynus 2022	Italika RC-150	KTM RC 390
	Italika RC-200	Italika DM 250
	Bajaj Pulsar NS 200	Vento Tornado 2018
Honda DIO 110	Italika DM 200	Bajaj Dominar 400
	Veloci Motors Razzer 200	Vento Nitrox 250
	Vento Raider 150	Yamaha XTZ350 Lander
Kawasaki KX 85	Italika WS 150	Yamaha R3 2015
	Susuki Intruder	Vulvan 900 Custom
	Keeway Superlight 200	Treck Motors Krathos 250
	Bajaj Pulsar NS 200	Susuki Gixxer 250

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Comparación entre la muestra propuesta con máxima representatividad y la real medida.

grupo cilindros		G. I		G. II		G. III					
						1		2		4 o 6	
		C	I	C	I	C	I	C	I	C	I
"125"	A	4,2	1								
	R	1,1									
	L										
"150"	A			1,8	1,1						
	R			1,2	1,2						
	L			1							
"250"	A					1,5	1,2	1	1		
	R					1	2,2		1,1	1	1
	L					1	1				
"1000"	A								1,1		
	R								2,1		2
	L								2		1

Fuente. Elaboración propia.

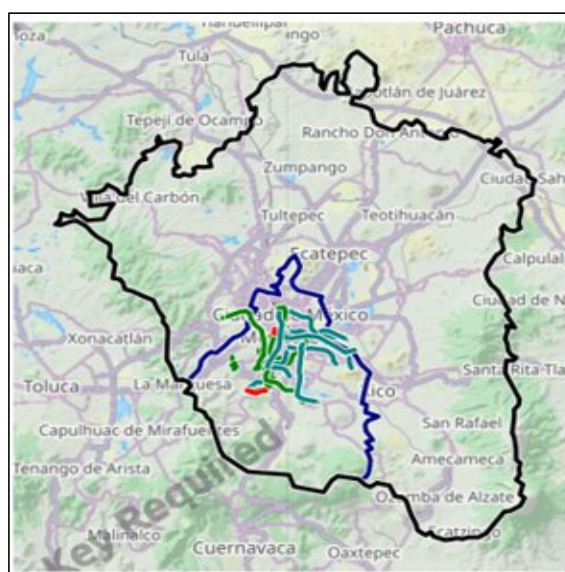


Figura 3. Rutinas de manejo de la muestra. Fuente: Elaboración propia.

3.2. Ciclo para motocicletas

El ciclo Motorcycle test cycle México (MTCM), mostrado en Figura 4, fue generado mediante la síntesis de 49 rutinas de manejo medidas de la muestra representativa real con 30 motocicletas que transitaron en ZMVM, tiene una duración total de 2 122 segundos uniendo los tres regímenes de tránsito intraurbano, urbano, extraurbano. El error relativo del FIT del ciclo MTCM en comparación con el FIT total de las rutinas de conducción medidas es de 1,700 %, mucho menos que el 10% propuesto como límite para validar el ciclo.

3.3. Comparación con ciclos convencionales

Para comparar al ciclo mexicano MTCM con los ciclos convencionales WMTC y ECE-R40, MTCM y WMTC son sobrepuestos en Figura 5 y Figura 6, MTCM y ECE-R40 son sobrepuestas en Figura 7. Varios hallazgos fueron identificados de comparar valores característicos de los ciclos, mostrados en Tabla 6, como son la distancia recorrida, la velocidad media, la velocidad máxima, las duraciones de tránsito extraurbano, urbano, intraurbano, la cantidad de microviajes, la frecuencia de microviajes. El tránsito urbano de los tres ciclos es similar en distancia recorrida, velocidad media, velocidad máxima. La distancia recorrida es diferente en los 3 ciclos. No existe algún tramo comparable de tránsito intraurbano en los tres ciclos. La duración del tránsito urbano es similar entre MTCM y ECE-R40 pero más corta en WMTC. La duración del tránsito extraurbano es similar entre MTCM y WMTC, entre 595 y 600 s, pero más corta en ECE-R40 con 401 s. La velocidad media con la velocidad máxima son similares entre MTCM y ECE-R40 pero mayores en WMTC. El tránsito intraurbano en MTCM es el más irregular en ZMVM. El tránsito urbano en ECE-R40 es el más irregular de los tres ciclos. La cantidad de microviajes es muy cercana en MTCM con ECE-R40 pero escasa en WMTC. La frecuencia de microviajes es muy mayor en MTCM con el valor más aproximado en ECE-R40.

Tabla 6. Valores característicos de los ciclos MTCM, WMTC, ECE-R40.

	x (km)	f _{MV} (MV/km)	C _{MV}
MTCM			
IU	1.300	16.500	21
U	5.020	1.400	7
EU	10.140	0.210	2
WMTC			
1°	4.100	1.970	8
2°	9.100	0.220	2
3°	15.700	0.060	1
ECE-R40			
urbano	5.900	3.050	18
EUDC	6.900	0.140	1

	V _{MED} (km/h)	V _{MÁX} (km/h)
MTCM		
IU	13.700	30.800
U	29.600	52.000
EU	65.000	115.200
WMTC		
1°	24.400	60.000
2°	54.700	94.900
3°	94.400	125.300
ECE-R40		
urbano	18.400	50.000
EUDC	54.000	120.000

	∫ _{manejo} (s)	∫ _N (s)	∫ _T (s)
MTCM			
IU	291	411	702
U	687	740	1427
EU	554	41	595
WMTC			
1°	483	117	600
2°	561	39	600
3°	584	15	600
ECE-R40			
urbano	792	378	1170
EUDC	360	41	401

4. Conclusiones

Los datos obtenidos del muestreo son lo suficientemente representativos para afirmar que el ciclo de manejo vehicular sintetizado con ellos efectivamente puede representar a la conducción típica de motocicletas en ZMVM.

La conducción de motocicletas en ZMVM es mejor representada por el ciclo de manejo vehicular MTCM, luego por el ciclo ECE-R40, luego por el ciclo WMTC en regímenes urbano y extraurbano, según lo demostrado por la cantidad de microviajes con la frecuencia de microviajes calculados para los tres ciclos.

No es posible asegurar que WMTC tenga la capacidad para describir la conducción de motocicletas en cualquier parte del mundo, lo que justificó la creación del ciclo MTCM. Aún cuando la mayor diferencia de MTCM comparado con WMTC es su inclusión de tránsito intraurbano la similitud entre ambos hace recomendable usar el ciclo WMTC en México, algo similar a lo practicado en India donde los análisis de emisiones contaminantes de motocicletas permiten usar WMTC o algún otro ciclo.

5. Agradecimientos

El estudio presentado aquí fue realizado con apoyo del proyecto "Modificaciones estimadas del parque vehicular en la Ciudad de México hacia las décadas 30's y 40's, así como su impacto en las emisiones de contaminantes criterio y gases de efecto invernadero" (PAPIIT-UNAM).

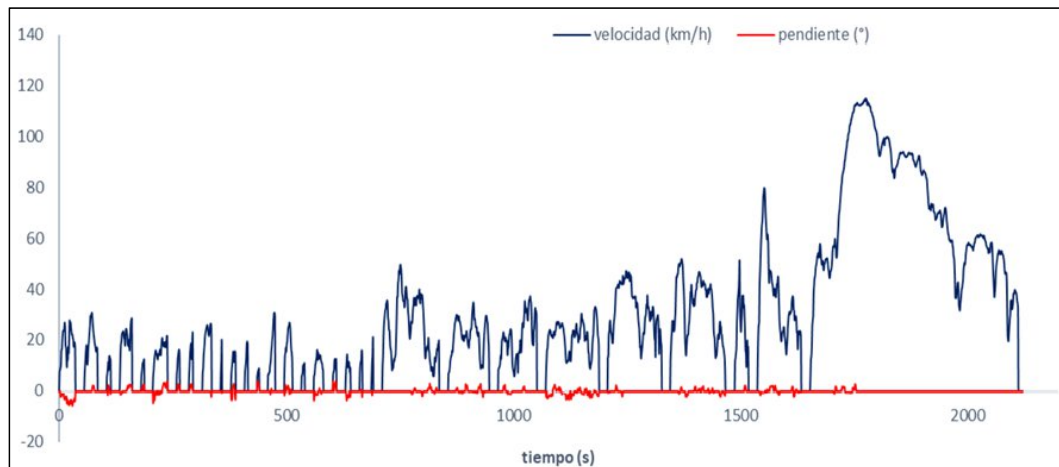


Figura 4. Ciclo MTCM. Fuente: Elaboración propia.

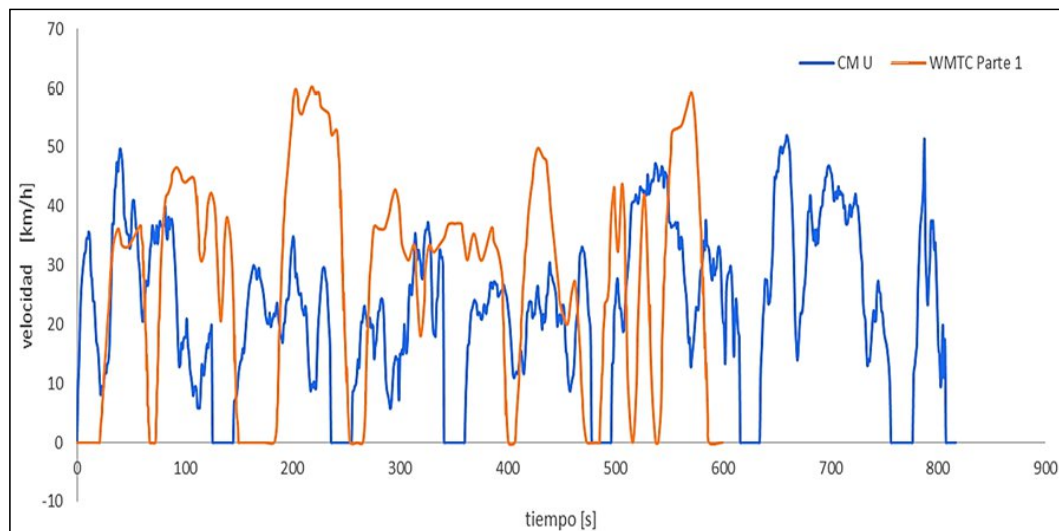


Figura 5. Ciclos MTCM (urbano), WMTC (urbano). Fuente: Elaboración propia

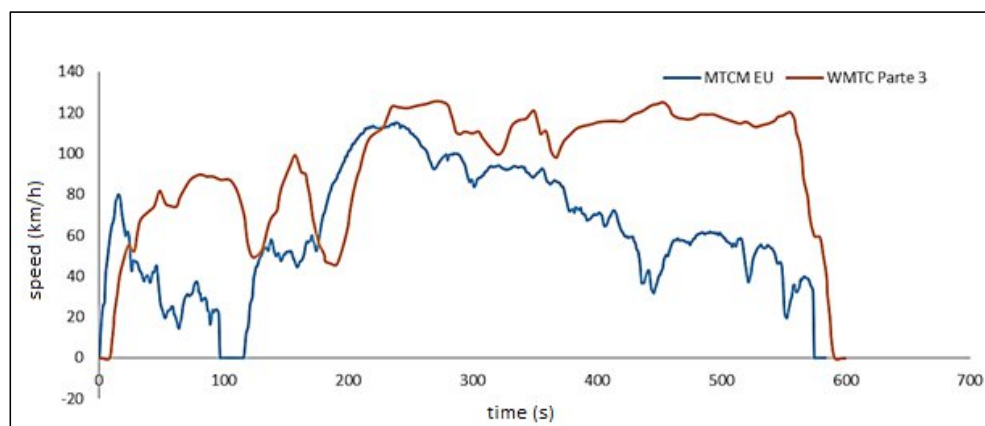


Figura 6. Ciclos MTCM (extraurbano), WMTC (extraurbano). Fuente: Elaboración propia

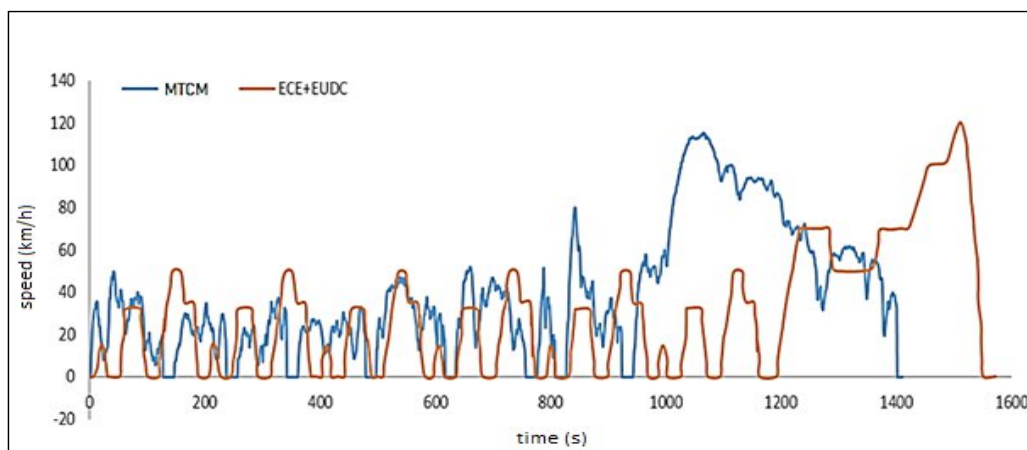


Figura 7. Ciclos MTCM (urbano con extraurbano), ECE-R40 + EUDC. Fuente: Elaboración propia

6. Referencias

- [1] González Oropeza R; Los ciclos de manejo, una herramienta útil si es dinámica para evaluar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes del auto-transporte; Ingeniería, investigación y tecnología, volumen VI, número 3, Universidad nacional autónoma de México (2005)
- [2] Cedillo Cornejo E; Síntesis de ciclos de manejo vehicular para el análisis de emisiones contaminantes; Tesis de maestría; Universidad nacional autónoma de México (2019)
- [3] Guerrero Beltrán I; Aplicación de síntesis de ciclos de manejo vehicular a motocicletas de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México; Tesis de licenciatura; Universidad nacional autónoma de México (2023)
- [4] Gwo-Hshiung, June-Jye; Developing a Taipei motorcycle driving cycle for emissions and fuel economy; Transportation research part D (1998)
- [5] Jiun-Horng, Hung-Lung, Yi-Chun, Bo-Jun, Rong-Fang; Development of a local real world driving cycle for motorcycles for emission factor measurements; Atmospheric environment (2005)
- [6] Tong, Tung, Hung, Nguyen; Development of driving cycles for motorcycles and light-duty vehicles in Vietnam; Atmospheric environment (2011)
- [7] Seedam, Satiennam, Radpukdee, Satiennam; Development of an onboard system to measure the on-road driving pattern for developing motorcycle driving cycle in Khon Kaen city, Thailand; IATSS research (2015)
- [8] García Zamudio EF, Hernández Rito LA; Síntesis de ciclos de manejo vehicular para automóviles de la Zona metropolitana del valle de México; Tesis de licenciatura; Universidad nacional autónoma de México (2019)
- [9] Cárcamo, García, Medina; Secuencia cinemática típica en la conducción de motocicletas; Tesis de licenciatura; Universidad nacional autónoma de México (2014)
- [10] Jiménez CML; Estimación del consumo de combustible mediante la determinación de ciclos de conducción representativos en Bucaramanga, Santander; Tesis de licenciatura; Universidad autónoma de Bucaramanga (2019)