

CICLOS DE MANEJO VEHICULAR MEDIANTE ANÁLISIS DE MICROVIAJES

GEDILLO CORNEJO, E. I; GONZÁLEZ OROPEZA, R. I. Y VICENTE Y RODRÍGUEZ, W.

Para mitigar el deterioro de calidad del aire producido por emisiones contaminantes de fuentes como los vehículos terrestres, los gobiernos en cada región del mundo aplican acciones para protección ambiental como los programas para control de emisiones; en ellos, es usual incluir una evaluación vehicular en dinamómetro, que ocurre cuando un técnico capacitado opera un vehículo con sus ruedas motrices montadas en un rodillo dinamométrico mientras se simula un tránsito homologado, midiendo del tubo de escape la concentración de contaminantes como óxidos de nitrógeno, hidrocarburos inquemados, monóxido de carbono y dióxido de carbono, mediante la sonda de un analizador de gases, para verificar que no se rebasan los límites establecidos en la normativa vigente (Figura 1).

Un ciclo de manejo vehicular (driving cycle) es el componente que funciona como un ejemplo homologado de tránsito real, tanto para una evaluación en dinamómetro como para casos de simulación numérica que calculan los contaminantes emitidos por un modelo de vehículo; el ciclo está compuesto en su forma más simple por una curva que representa a la velocidad que todos los vehículos en medición deben seguir para que los resultados de contaminación sean comparables con los límites en normativa; los métodos generales que existen para construir ciclos emplean alguna técnica de análisis como microviajes, segmentos de tránsito, clasificación de patrones o modos de tránsito [2008 Dai].



Figura 1. Evaluación vehicular en un dinamómetro de Unidad de Investigación y Control de Emisiones

Para comercializar sus unidades los fabricantes automotrices certifican las emisiones contaminantes de sus vehículos nuevos; en Estados Unidos de Norteamérica, lo hacen a través del FTP-75 (Federal Test Procedure) y en la Unión Europea utilizan el WLTP (World Harmonized Light-duty vehicle Test Procedure). El New European Driving Cycle (NEDC) es el primer ejemplar método creado para transporte ligero en Europa, con cuatro segmentos de tránsito urbano que anteceden a uno de tránsito extraurbano (Figura 2).

En México, los fabricantes automotrices para comercializar sus vehículos nuevos certifican las emisiones contaminantes de éstos utilizando FTP-75, los primeros dos segmentos de NEDC se usan en las evaluaciones de Programa de verificación vehicular obligatoria [1997 DDF].

En otros países, para estas certificaciones, se han tomado en cuenta los datos de tránsito regional, la topografía, etc. Por ello, consideramos que nosotros también debemos registrar las condiciones locales tales como: autovías, topografía, a fin de obtener resultados de contaminación cercanos a la realidad local.

Recientemente, una serie de estudios se ha enfocado en construir ciclos de manejo vehicular para automóviles, autobuses urbanos y motocicletas, que servirán en el cálculo de los contaminantes que emiten esos vehículos en la Zona metropolitana del Valle de México; dos ciclos de manejo vehicular (nombrados según su duración en segundos) se han completado con datos de tránsito real en autovías extraurbanas (autopistas, carreteras, vías de acceso controlado), urbanas (avenidas), intraurbanas (calles), uno para motocicletas (Figura 3) y otro para automóviles (conocidos como "vehículos ligeros" en normas oficiales mexicanas, Figura 4); en ambos casos su gráfica muestra dos curvas formadas con datos en cada segundo del ciclo, una con aceleraciones y desaceleraciones representadas en los incrementos y decrementos de velocidad vehicular; la otra con subidas y bajadas de la autovía representadas en la

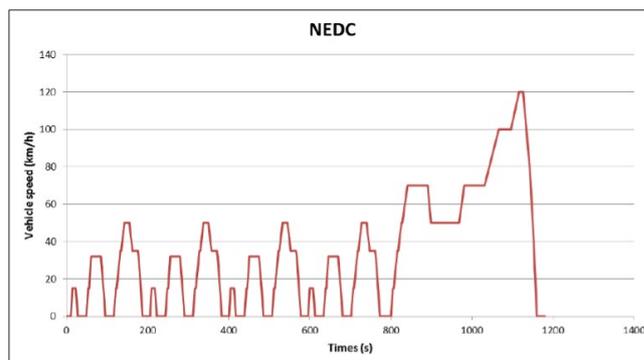


Figura 2. Ciclo de manejo vehicular NEDC [1990 ECE]

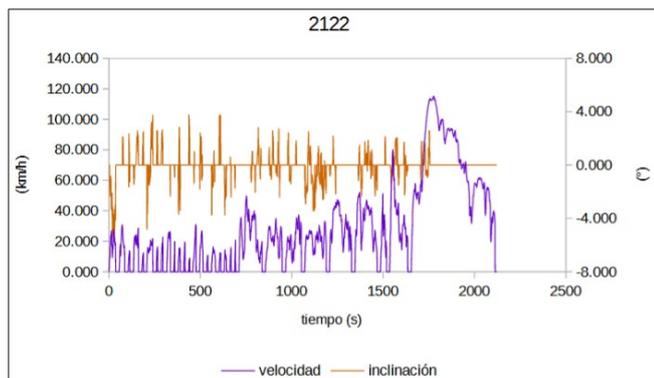


Figura 3. Ciclo de manejo vehicular 2,122 para motocicletas en Zona metropolitana del valle de México [2023 Guerrero]

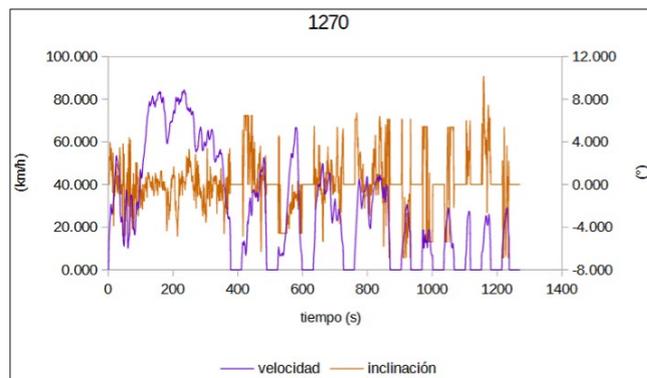


Figura 4. Ciclo de manejo vehicular 1,270 para automóviles en la Zona metropolitana del valle de México [2019 García]

inclinación vial; el ciclo 2122 para motocicletas tiene velocidad media de 38 km/h, velocidad máxima de 115 km/h, distancia total de 16,460m, periodo total cercano a 35 minutos (2,122 s); el ciclo de 1,270 para automóviles tiene velocidad media de 39 km/h, velocidad máxima de 83 km/h, distancia total de 9,681 m y periodo total cercano a 21 minutos (1,270 s); los estudios fueron desarrollados en la Unidad de Investigación y Control de Emisiones de la Facultad de Ingeniería con apoyo del Instituto de Ingeniería en la Universidad Nacional Autónoma de México.

La construcción de ambos ciclos se efectuó en seis etapas con un método que emplea análisis de microviajes [2008 Dai]: I) se definió un conjunto muestral con vehículos seleccionados para medición considerando algunas de sus características como son cilindrada, cantidad de cilindros y año de producción; II) se montó un rastreador con conexión satelital para registrar velocidad vehicular con inclinación vial en vehículos considerados en el conjunto muestral pertenecientes a participantes voluntarios cuyo tránsito ocurría en los tres tipos de autovías locales; III) se agruparon los datos en microviajes, o sea, cada segmento donde la velocidad vehicular crece y decrece desde un reposo hasta otro; IV) se agruparon los microviajes en categorías extraurbano, urbano, intraurbano, según su velocidad media (Figura 5); V) se concatenó en cada ciclo de una serie preliminar la mínima cantidad de microviajes que representan de mejor manera al tránsito de todos los vehículos analizados, por lo que el periodo total de cada ciclo construido es la suma de periodos de los microviajes que lo componen; VI) se seleccionó de la serie el ciclo más exacto por alcanzar un valor mínimo en el error relativo de su FIT (Factor de Irregularidad de Tránsito) comparado con FIT del tránsito real original; FIT es un cociente de la distancia que se recorre con aceleración positiva entre la distancia total, útil para expresar la agresividad de un ciclo, porque cuando su valor es mayor representa mayor cantidad de incrementos de velocidad en el ciclo analizado, eventos que caracterizan a un tránsito agresivo con gran emisión de contaminantes por la gran demanda de potencia requerida al motor del vehículo [Cedillo, 2019].

Se encontraron resultados interesantes tras comparar el nuevo ciclo de 1,270 con los tres ciclos convencionales (FTP-75, NEDC, WLTP); WLTP tiene la mayor velocidad máxima de todos, lo que puede atribuirse a que el tránsito extraurbano no es tan veloz cerca de Ciudad de México como en otras ciudades del mundo; WLTP y 1,270 tienen la mayor agresividad por su valor FIT y periodo estático similar; un indicio de que las mediciones con FTP-75 durante una evaluación en dinamómetro subestiman la emisión real de contaminantes en la Zona metropolitana del valle de México por imponer menor demanda de potencia que la presente en tránsito real; la similitud de microviajes, velocidad media, distancia recorrida, periodo total, entre NEDC y 1,270 demuestran una coincidencia de las interrupciones de desplazamiento entre el modelo europeo y el tránsito mexicano (Figura 6).

En síntesis, un ejemplar representativo del tránsito con vehículos en autovías de una localidad puede considerarse caracterizado por tres factores: I) el tipo de vehículo que se evaluará en dinamómetro; II) el tipo de autovía transitada, porque de ellas influyen cualidades como amplitud, cantidad de carriles, distancia entre cruces, semáforos y reductores de velocidad; III) la zona geográfica representada, porque de ella influyen cualidades como estilo de manejo vehicular, clima, topografía y/o extensión urbana.

Los dos ciclos de manejo vehicular presentados aquí, 2,122 para motocicletas y 1,270 para automóviles, son concatenaciones de microviajes que representan mejor al tránsito real que los ciclos convencionales en una evaluación vehicular porque contienen la información local de estilo de manejo, vehículos y autovías en la Zona metropolitana del valle de México.

Con cada desarrollo de ciclos de manejo vehicular se confirma la gran importancia de procurar la representatividad en datos, algoritmos y validación, de su proceso de construcción para que la exactitud entre el ciclo y el tránsito representado permita aproximar mejor los resultados de contaminación a la afectación real producida en la calidad del aire, tanto si el ciclo será empleado para evaluación en dinamómetro como para simulación numérica de contaminantes.

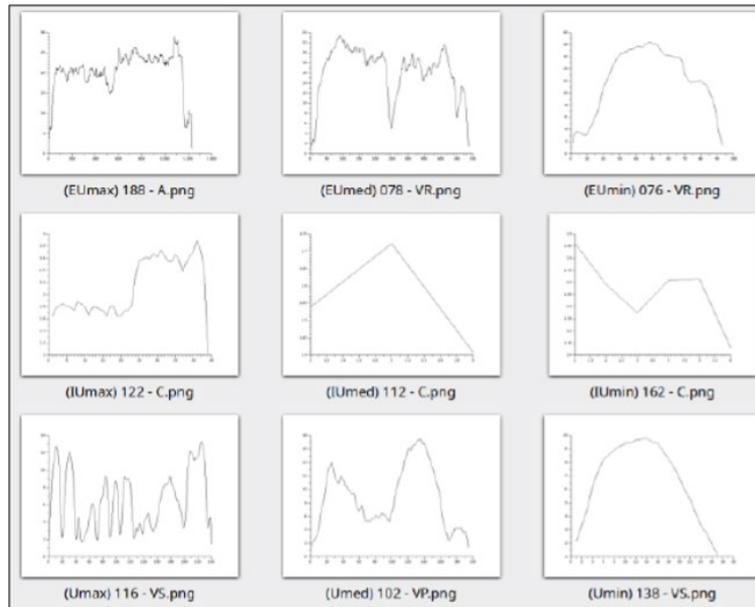


Figura 5. Colección de microviajes extraurbanos (fila superior), urbanos (fila inferior), intraurbanos (fila media), que se concatenan para construir un ciclo de manejo vehicular [Cedillo, 2019]

ciclo de manejo vehicular	FTP-75 [1975 EPA]	NEDC [1990 ECE]	WLTP (C3) [1998 ECE]	1270 [2019 García]	2122 [2023 Guerrero]
factor de irregularidad de tránsito	0.813	no calculada	1.656	1.340	1.140
micro-viajes	23	13	7	11	<u>30</u>
velocidad media (km/h)	25	33	<u>47</u>	39	38
velocidad máxima (km/h)	91	120	<u>131</u>	83	115
distancia (m)	17770	10930	<u>23266</u>	9681	16460
periodo estático (s)	<u>1026</u>	333	357	385	590
periodo total (s)	<u>2477</u>	1184	1800	1270	2122

Figura 6. Comparación de algunos parámetros entre los ciclos FTP-75, NEDC, WLTP, 1270 y 2122

Agradecimientos

Investigación realizada gracias al Programa UNAM-PAPIIT proyecto IG100222.

Referencias

- [ECE, 1990] "World forum for harmonization of vehicle regulations" (UNECE/TRANS/WP29); United nations Economic commission for Europe, AD 1990.
- [DDF, 1997] "Programa de verificación vehicular obligatoria 1997 para el primer periodo" (1997-01-29); Departamento del distrito federal; Diario oficial de la federación, AD 1997.
- [Dai, 2008] "Driving cycles: a new cycle-building method that better represents real-world emissions"; Dai, Niemeier, Eisinger; University of California, AD 2008.
- [Cedillo, 2019] "Síntesis de ciclos de manejo vehicular para el análisis de emisiones contaminantes"; Cedillo Cornejo E.; Universidad Nacional Autónoma de México, AD 2019.
- [García, 2019] "Síntesis de ciclos de manejo vehicular para automóviles en la Zona metropolitana del valle de México"; García, Hernández; Universidad Nacional Autónoma de México, AD 2019.
- [Guerrero, 2023] "Aplicación de síntesis de ciclos de manejo vehicular a motocicletas de la Zona metropolitana de la Ciudad de México"; Guerrero Beltrán I.; Universidad Nacional Autónoma de México, AD 2023.