

CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Jornada Anual

Cátedra en Transición Energética sobre Movilidad
Sostenible, Fundación Repsol – Universidad
Politécnica de Madrid

17 noviembre 2021
ETSI Industriales UPM

Estudio de los métodos para la estimación de emisiones de los vehículos

Área B

Alumno: Eduardo Martínez Rodríguez-Malo

Profesor: Rafael Borge García

ÍNDICE

CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Introducción

Métodos de estimación de emisiones

- Mediciones directas
- Mediciones indirectas
- Modelos

Conclusiones

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Emisiones de un vehículo con motor de combustión

CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA



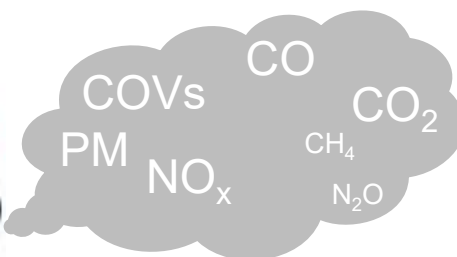
UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Evaporativas

COVs

Procedentes de la combustión



PM



- CO: monóxido de carbono
- CO₂: dióxido de carbono
- COVs: compuestos orgánicos volátiles hidrocarburos no metánicos
- NO_x: NO (monóxido de nitrógeno) y NO₂ (dióxido de nitrógeno)
- PM: partículas sólidas o líquidas
- CH₄: metano
- N₂O: óxido nitroso

Procedentes de:

- Desgaste del neumático
- Desgaste de los frenos
- Desgaste del pavimento
- Resuspensión de polvo



INTRODUCCIÓN

Relevancia del tráfico rodado en las emisiones de GEI

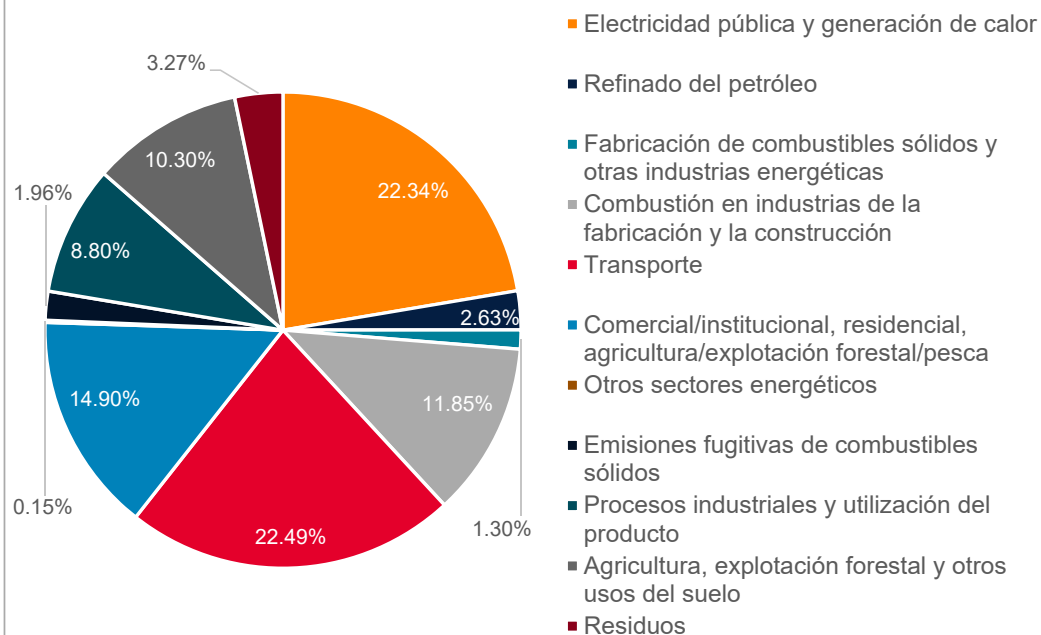
CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA



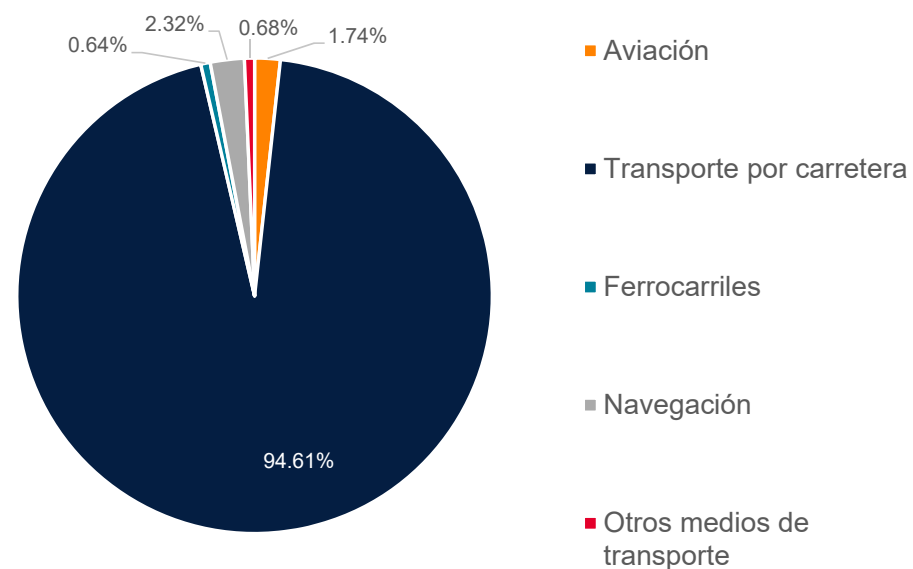
UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Emisiones de gases de efecto invernadero en la Unión Europea en 2018



Emisiones de gases de efecto invernadero del sector del transporte en la Unión Europea en 2018



EEA, 2020

INTRODUCCIÓN

Evolución de las emisiones en Europa

CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA

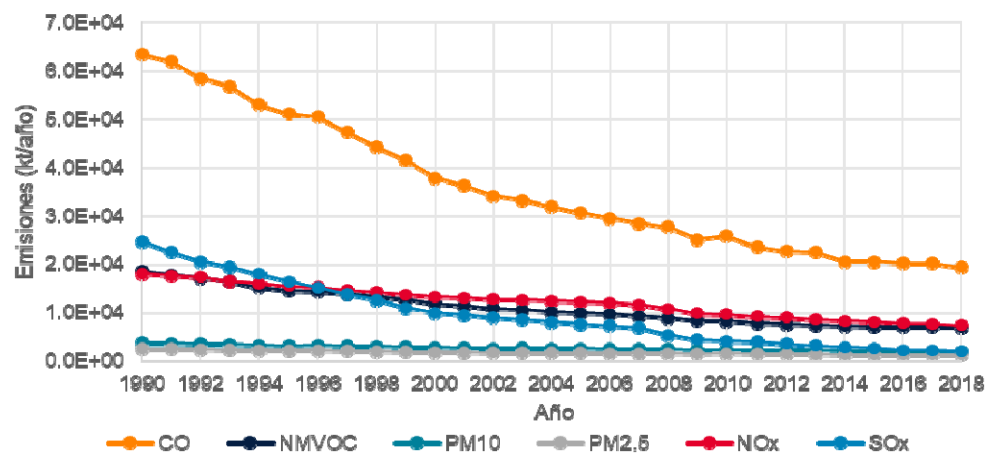


UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

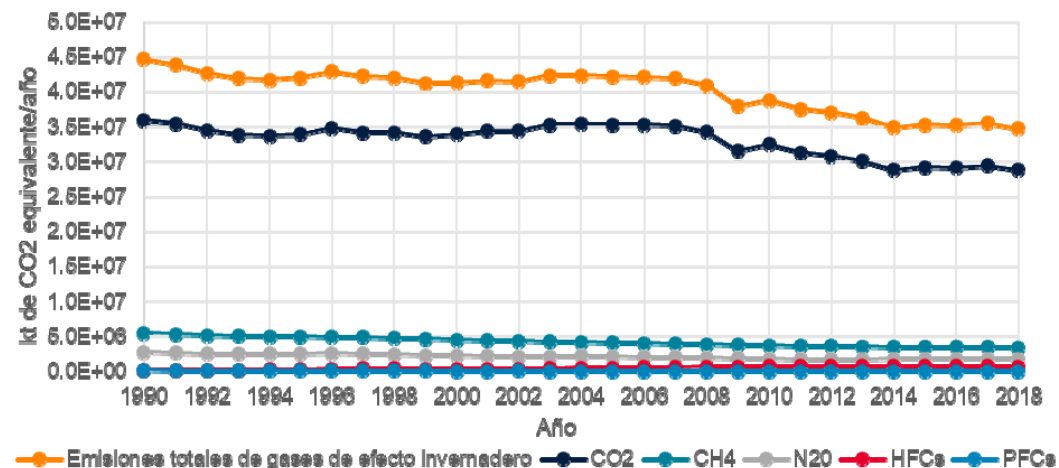


EEA, 2020

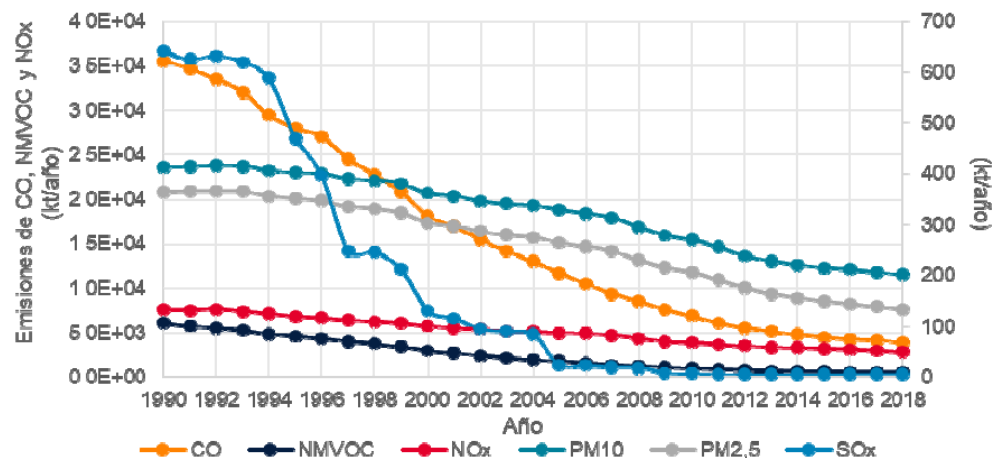
Emisiones anuales totales en la Unión Europea



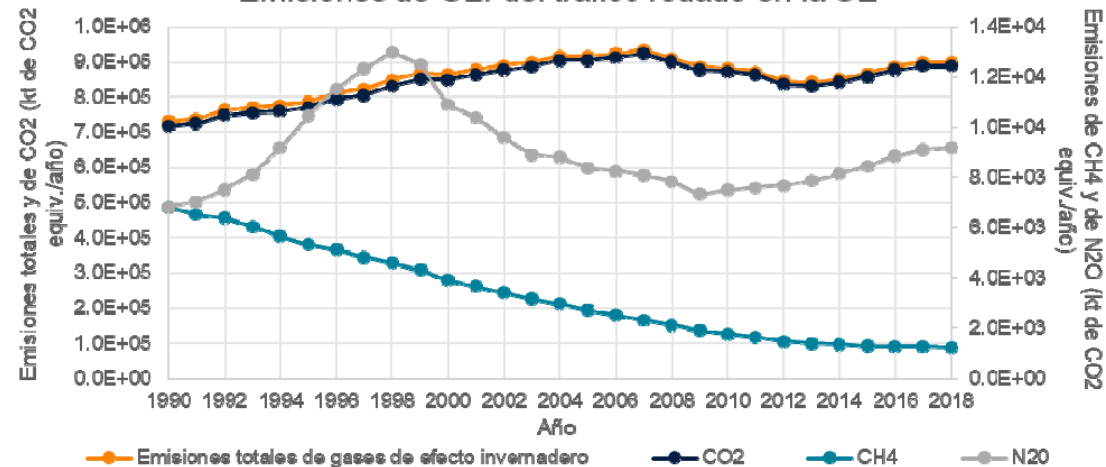
Emisiones de gases de efecto invernadero en la UE



Emisiones anuales del tráfico rodado en la UE



Emisiones de GEI del tráfico rodado en la UE



INTRODUCCIÓN

Regulación de las emisiones. Límites actuales

CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



ESTADOS UNIDOS

TIER 3

A elegir un grupo entre:

Grupo	NMOG + NO _x	PM	CO	HCHO
	mg/km	mg/km	g/km	mg/km
160	99,42	1,86	2,61	2,49
125	77,67	1,86	1,30	2,49
70	43,50	1,86	1,06	2,49
50	31,07	1,86	1,06	2,49
30	18,64	1,86	0,62	2,49
20	12,43	1,86	0,62	2,49
0	0	0	0	0

Además, la media de la flota debe cumplir:

Año	2021	2022	2023	2024	2025
NMOG + NO _x (mg/km)	47,85	43,50	39,15	35,42	31,07
CO (g/km)	2,61				

Debiendo cumplir la media de la flota:

Año	2021	2022	2023	2024	2025
Límite de NMOG + NO _x para la flota (mg/km)	36,04	31,69	27,34	22,99	18,64

FTP-75

Además:

CO₂eq: 101,28 g/km } $0,55 \times \text{FTP} + 0,45 \times \text{HWFET}$

PM: 3,73 mg/km } US06

SFTP = $0,35 \times \text{FTP} + 0,28 \times \text{US06} + 0,37 \times \text{SC03}$

UNIÓN EUROPEA

EURO 6

Gasolina	CO: 1 g/km	Diésel	CO: 0,5 g/km
	THC: 0,1 g/km		THC + NO _x : 0,17 g/km
	NMHC: 0,068 g/km		NO _x : 0,08 g/km
	NO _x : 0,06 g/km		PM: 0,005 g/km
	PM: 0,005 g/km		PN: $6 \cdot 10^{11}$ #/km

CO₂: 95 g/km

WLTP

Gasolina	NO _x : $1,43 \times 0,06 = 0,0858$ g/km	RDE
	PN: $1,5 \times 6 \cdot 10^{11} = 9 \cdot 10^{11}$ #/km	
Diésel	NO _x : $1,43 \times 0,06 = 0,0858$ g/km	RDE
	PN: $1,5 \times 6 \cdot 10^{11} = 9 \cdot 10^{11}$ #/km	

CANADÁ
TIER 3

MÉXICO
Mezcla TIER 1 y 2
y EURO 3 y 4

BRASIL
PROCONVE L6
CO: 1,3 g/km
THC: 0,3 g/km
NMHC: 0,05 g/km
NO_x: 0,08 g/km
Aldehídos: 0,02 g/km
PM: 0,025 g/km

CHILE
Gasolina:
TIER 2 o EURO 4
Diésel:
TIER 2 o EURO 5

PERÚ
EURO 4
o TIER 2

ARGENTINA
EURO 5

INDIA
EURO 6

TAILANDIA
EURO 4

VIETNAM
EURO 4

RUSIA
EURO 5

JAPÓN
EURO 6

CHINA
CHINA 6
CO: 0,7 g/km
THC: 0,1 g/km
NMHC: 0,068 g/km
NO_x: 0,06 g/km
N₂O: 0,02 g/km
PM: 0,0045 g/km
PN: $6 \cdot 10^{11}$ #/km

COREA DEL SUR
Diésel: EURO 6
Gasolina: sistema de medias

INDONESIA
EURO 4

AUSTRALIA
EURO 5

INTRODUCCIÓN

Motivación

CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Es necesario actuar para seguir reduciendo las emisiones contaminantes



Para ello, se deben cuantificar las emisiones que se están produciendo o que se producirían bajo distintos escenarios



Sin embargo, existen distintos métodos para hacerlo. ¿Son representativos de las emisiones reales? ¿Cuándo son aplicables? ¿Qué diferencias existen entre ellos?



ESTUDIO DE LOS MÉTODOS DE CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES DE LOS VEHÍCULOS

MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES

CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



CUANTIFICACIÓN DE
EMISIONES

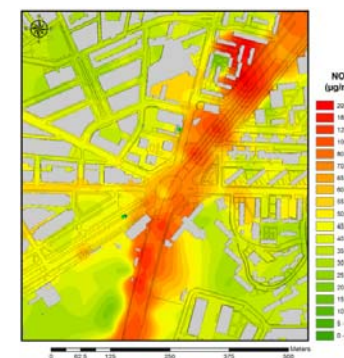
MEDICIONES DIRECTAS



MEDICIONES INDIRECTAS



MODELOS DE EMISIONES



MEDICIONES DIRECTAS

MEDICIONES DIRECTAS

Procedimientos en laboratorio

CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Se sitúa el vehículo sobre un banco de rodillos en el que se simula la resistencia al avance y se miden las emisiones que se producen

Pero las emisiones no son constantes. Varían según:

- Par y velocidad requeridos
- Marcha engranada
- Modo de conducción (suave o agresivo)
- Temperatura ambiente
- El motor está recién arrancado en frío o ya caliente
- Combustible utilizado
- ...



Se crean ciclos que intentan reproducir el comportamiento que tiene el vehículo en conducción real

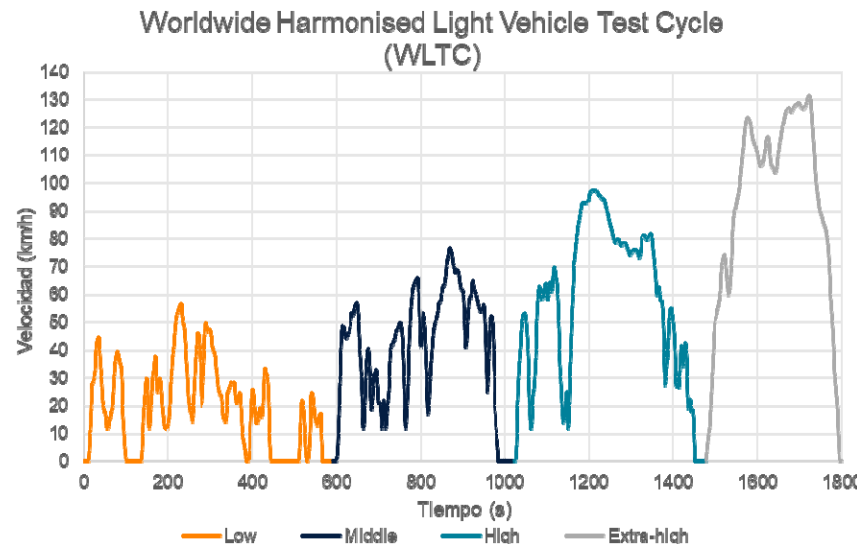
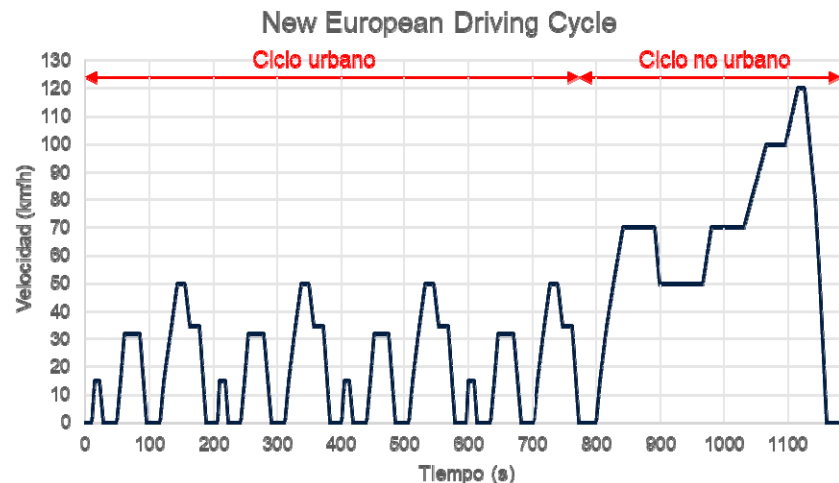
MEDICIONES DIRECTAS

Comparativa de NEDC y WLTP

CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Comparativa ciclos de homologación

Parámetro	NEDC	WLTC
Duración (s)	1180	1800
Distancia (km)	11,03	23,27
Velocidad media (km/h)	33,6	46,5
Velocidad máxima (km/h)	120	131,3
Tiempo de parada (%)	23,7	12,6
Tiempo a velocidad constante (%)	40,3	3,7
Tiempo acelerando (%)	20,9	43,8
Tiempo decelerando (%)	15,1	39,9
Aceleración positiva media (m/s ²)	0,59	0,41
Aceleración positiva máxima (m/s ²)	1,04	1,67
Media de "velocidad*aceleración" positiva (m ² /s ³)	1,04	1,99
Máxima "velocidad*aceleración" positiva (m ² /s ³)	9,22	21,01
Deceleración media (m/s ²)	-0,82	-0,45
Deceleración mínima (m/s ²)	-1,39	-1,5

Los cambios afectan al ciclo y al procedimiento asociado (estimación resistencia al avance, condiciones ambientales, cambio de velocidades, etc.)

MEDICIONES DIRECTAS

Comparativa de emisiones en NEDC y WLTP: CO₂

CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Reglamento (UE) 2019/631 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de abril de 2019, por el que se establecen normas de comportamiento en materia de emisiones de CO₂ de los turismos nuevos y de los vehículos comerciales ligeros nuevos



Obliga a recopilar y poner a disposición de la Comisión Europea los datos de homologación relativos a emisiones de CO₂ de todos los vehículos registrados, en NEDC y WLTP



Los datos son publicados por la Agencia Europea del Medio Ambiente (casi 10 millones de datos de vehículos gasolina y 5 millones de diésel)



No todos los datos corresponden a mediciones mediante ambos procedimientos. Todos se miden en WLTP, pero algunos se miden también en NEDC y otros se simulan con una herramienta informática que mejora continuamente al introducir nuevos datos. No obstante, constituyen una aproximación



ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ESTOS DATOS

MEDICIONES DIRECTAS

Comparativa de emisiones en NEDC y WLTP: CO₂

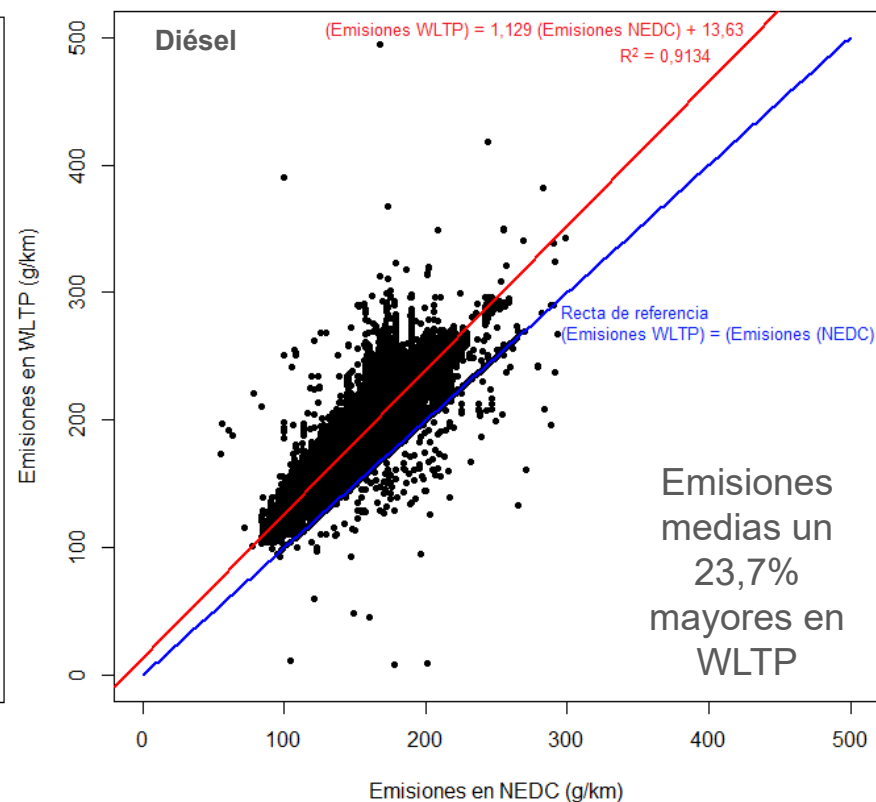
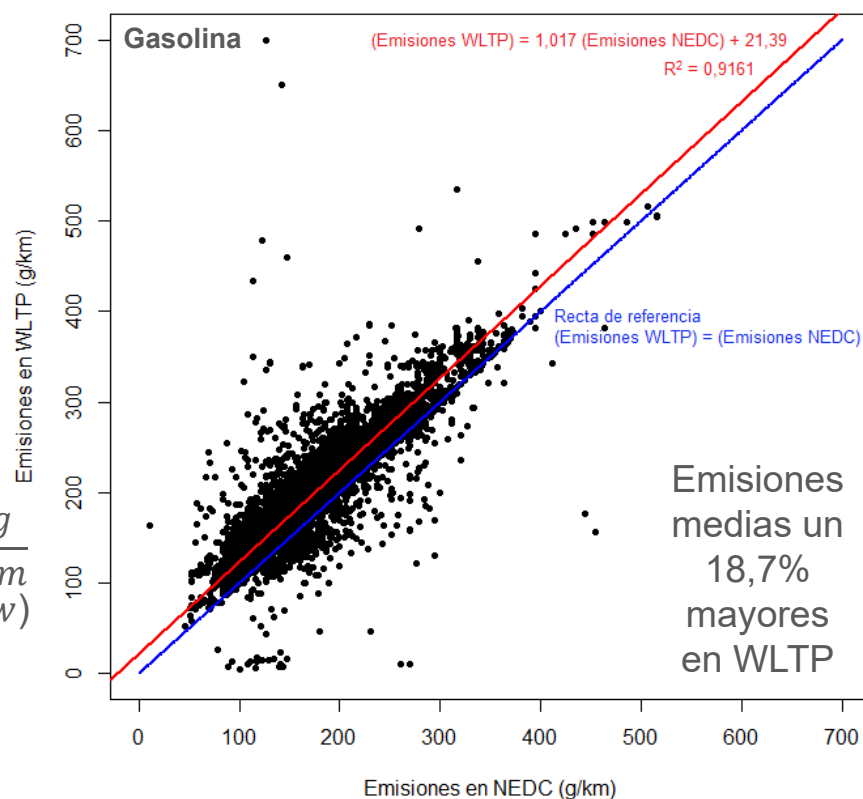
CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Con una confianza del 99%, la media en WLTP es mayor que en NEDC



$$\bar{e} = 157,1 \frac{g}{km}$$
$$(\bar{p} = 108,3 \text{ kw})$$

Resultados coherentes con otros publicados en la literatura científica con un número reducido de vehículos (Pavlovic et al., 2018), (Fontaras et al., 2017), (Tsokolis et al., 2016)

MEDICIONES DIRECTAS

Comparativa de emisiones en NEDC y WLTP: otros contaminantes

CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



La legislación europea solo obliga a llevar a cabo la recopilación para CO₂



No existen datos como los anteriores para los demás contaminantes



Existen estudios con un número reducido de vehículos (Koszalka et al., 2019), (Ko et al., 2017), (Marotta et al., 2015) que indican que, con carácter general:

Contaminantes que se producen esencialmente durante el arranque en frío



CO en diésel y HC en gasolina y diésel



Valor mayor en NEDC (por el mayor peso del arranque en el conjunto del ciclo)

Contaminantes que se producen en los momentos de alta carga del motor a lo largo de todo el ciclo



CO en gasolina y NO_x en gasolina y diésel



Valor mayor en WLTP (al exigirse mayor carga)

MEDICIONES DIRECTAS

Procedimientos en conducción real: RDE



CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Informe del JRC (*Joint Research Centre*) señalando grandes discrepancias entre los resultados en laboratorio y en conducción real en 2011



Creación de un grupo de trabajo bajo la supervisión de la Comisión Europea para desarrollar una nueva prueba



Surge el RDE (*Real Driving Emissions*), que se incluye en la legislación europea en 2016 como complemento al WLTP



Conducción del vehículo por la vía pública midiendo las emisiones mediante PEMS (*Portable Emissions Measurement Systems*)

MEDICIONES DIRECTAS

Procedimientos en conducción real: RDE

Tres tramos: urbano, rural y autovía

Distancia	Tramo urbano	Más de 16 km
	Tramo rural	Más de 16 km
	Tramo de autovía	Más de 16 km
Composición del recorrido	Tramo urbano	29% al 44% de la distancia total
	Tramo rural	23% al 43% de la distancia total
	Tramo de autovía	23% al 43% de la distancia total
Velocidades medias	Tramo urbano	15 a 40 km/h
	Tramo rural	60 a 90 km/h
	Tramo de autovía	Más de 90 km/h (y más de 100 km/h durante al menos 5 minutos)

Especificaciones sobre altitud, temperatura ambiente, carga del vehículo, tiempo de parada...

Además, especificaciones dinámicas para evitar conducción muy suave o agresiva (*relative positive acceleration*):

$$RPA = \frac{1}{T} \int_0^T (v \cdot a^+) dt$$

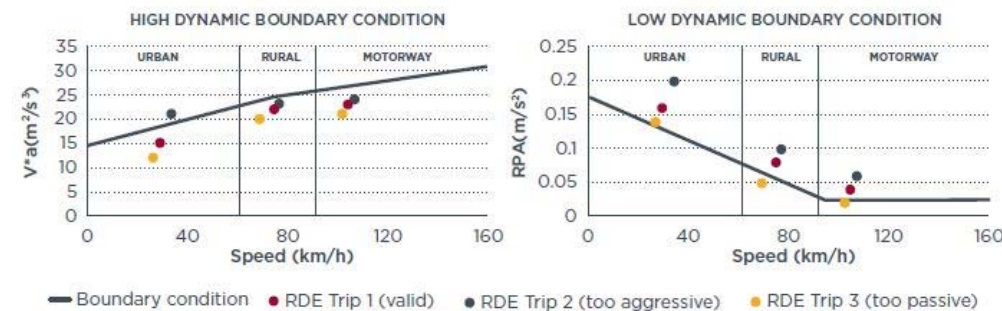
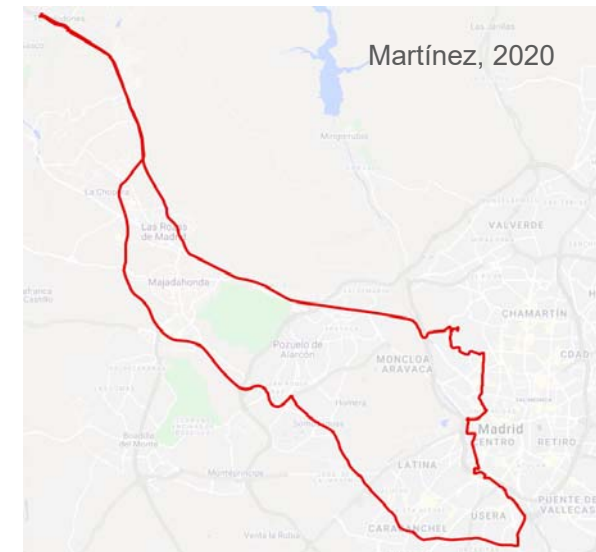
donde T es la duración total, v la velocidad, a⁺ la aceleración positiva y t el tiempo

Cada tramo (urbano, rural y de autovía) del RDE debe estar por debajo de la línea de la parte izquierda del gráfico y por encima de la línea de la parte derecha

CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



ICCT, 2017

MEDICIONES DIRECTAS

RDE: fortalezas y debilidades

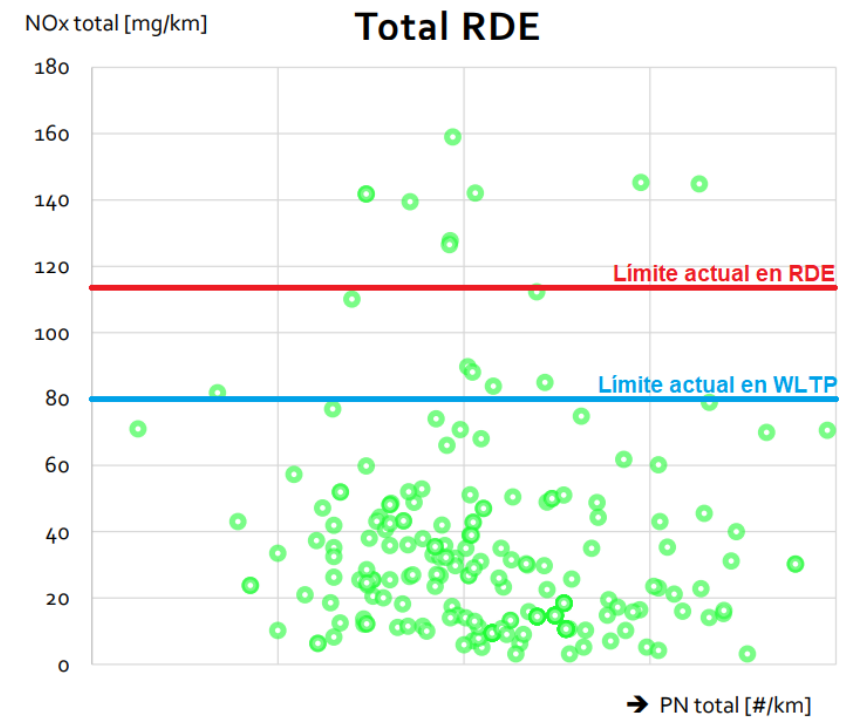
FORTALEZAS

- El vehículo trabaja bajo un gran rango de condiciones de conducción, lo que obliga a utilizar sistemas de control de emisiones robustos en un intervalo amplio de condiciones. Es un gran avance frente a las pruebas en laboratorio.
- Según los estudios de la Comisión Europea, las emisiones de los nuevos vehículos se han reducido desde la introducción del RDE.

DEBILIDADES

- Se introduce una variabilidad mayor que en las pruebas en laboratorio.
- Se sigue excluyendo una parte de las condiciones reales de conducción, como determinadas altitudes, temperaturas ambiente o modos de conducción agresivos o condiciones de congestión que podrían derivar en unas emisiones mayores de NOx.

Resultados de homologación obtenidos por 270 vehículos diésel Euro 6 en la prueba RDE



ACEA, 2018

MEDICIONES INDIRECTAS

MEDICIONES INDIRECTAS

Sistemas RSD (*Remote Sensing Devices*)

Se instala en un punto de la carretera un sistema que mide, para cada vehículo que pasa:

- Sus emisiones
- Su velocidad y aceleración
- Su matrícula para la posterior obtención de datos

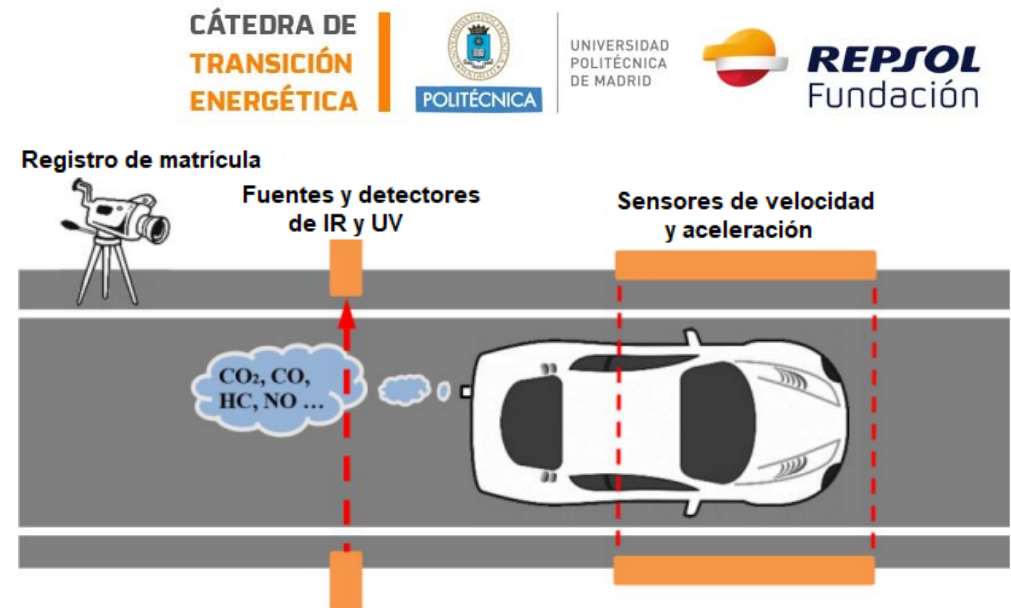
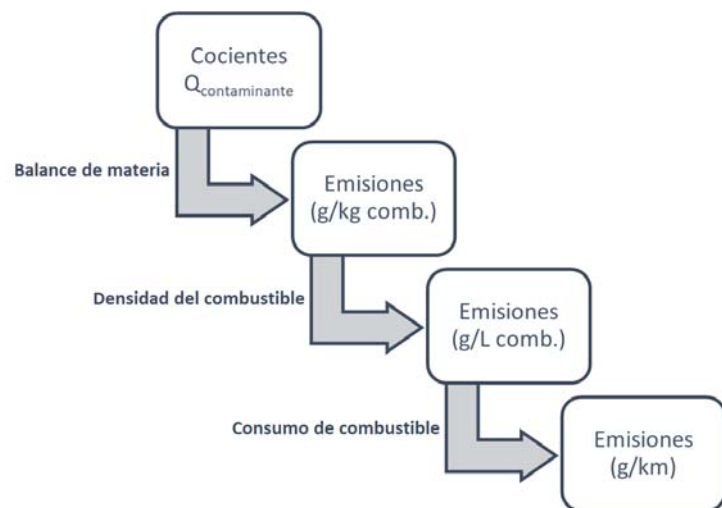


Figura adaptada de Huang et al., 2018

Haz de infrarrojos y ultravioleta cruza el penacho.

Según la cantidad de radiación absorbida para unas longitudes de onda determinadas, el sistema proporciona la relación entre la concentración de cada contaminante y la de CO₂

Haciendo una serie de cálculos basados en una estimación del consumo se obtienen las emisiones de cada contaminante en g/km

MEDICIONES INDIRECTAS

Condiciones para la medición mediante RSD

CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Para obtener datos con una calidad correcta, se debe cumplir:



Bureau of Automotive Repair, 2001

- Carretera escogida preferiblemente de un único sentido y carril, de manera que los gases de escape de otros vehículos no interfieran en la medición.
- Tráfico fluido, a ser posible con aceleración constante. Buenas ubicaciones aquellas en las que los vehículos aceleran desde una señal de stop o semáforo.
- Necesaria una cierta carga del motor (para que exista una cantidad de gases de escape suficiente para medir), por lo que debe haber una aceleración positiva o una pequeña pendiente positiva.
- Debe existir una baja probabilidad de que algún vehículo realice un arranque en frío, que provocaría una falsa detección de emisiones elevadas.

MEDICIONES INDIRECTAS

Comparativa de RSD con los métodos directos

CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Comparativa de la precisión de tres equipos típicos de medición directa (laboratorio y PEMS) e indirecta

Parámetro	Métodos indirectos	Métodos directos	
	Equipo RSD (AccuScan RSD5000) ¹	PEMS (Horiba OBS 2200) ¹	Equipo de test en laboratorio (Signal Instruments 7000FM, 3000HM y 4000VM) ¹
$\frac{CO}{CO_2}$ (%)	$\pm 0,015$ o $\pm 5\%$ de la lectura ² $\pm 0,007$ o $\pm 10\%$ de la lectura ³	-	-
$\frac{HC}{CO_2}$ (ppm)	± 10 o $\pm 15\%$ de la lectura ² $\pm 6,6$ o $\pm 10\%$ de la lectura ³	-	-
$\frac{NO}{CO_2}$ (ppm)	± 10 o $\pm 15\%$ de la lectura ² ± 10 o $\pm 10\%$ de la lectura ³	-	-
CO (%)	$\pm 0,15$ o $\pm 15\%$ de la lectura ² $\pm 0,1$ o $\pm 10\%$ de la lectura ³	$\pm 0,3\%$ del rango o $2,0\%$ de la lectura	$\pm 0,00002$ o $\pm 1\%$ del rango
HC (ppm)	± 150 o $\pm 15\%$ de la lectura ² ± 100 o $\pm 10\%$ de la lectura ³	$\pm 0,3\%$ del rango o $2,0\%$ de la lectura	$\pm 0,2$ o $\pm 1\%$ del rango
NO (ppm)	± 225 o $\pm 15\%$ de la lectura ² ± 150 o $\pm 10\%$ de la lectura ³	$\pm 0,3\%$ del rango o $2,0\%$ de la lectura	$\pm 0,2$ o $\pm 1\%$ del rango
Velocidad (km/h)	$\pm 1,6$ (entre 8,0 y 112,7 km/h)	-	-
Aceleración (km/h·s)	$\pm 0,8$ (entre 8,0 y 112,7 km/h)	-	-

¹ El mayor de ambos

² Si el contenido de CO_2 en el penacho no supera el $20\% \cdot cm$ (concentración linealmente integrada en el camino óptico)

³ Si el contenido de CO_2 en el penacho supera el $20\% \cdot cm$

(Tabla adaptada de Huang et al., 2018)

Se realizó un estudio en el JRC en el que se midieron a la vez las emisiones de varios vehículos con PEMS y dos sistemas RSD (Gruening et al., 2019). Se obtuvo:

- Cociente NO/CO_2 : buena linealidad entre RSD y PEMS y desviaciones del -8% y el +3% de cada RSD respecto a PEMS
- Cociente NO_2/CO_2 : al ser la concentración de este gas en el escape muy baja, mala linealidad. Desviaciones del +15% y el +18%
- Cociente CO/CO_2 : muy buena linealidad y desviaciones del -12% y el -3%

MEDICIONES INDIRECTAS

Fortalezas y limitaciones de los sistemas RSD

CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



FORTALEZAS

- Miden el parque circulante en condiciones de conducción real
- Pueden tomar cientos de mediciones por hora
- Permiten obtener medias representativas
- Identificación de grandes emisores

LIMITACIONES

- No tienen en cuenta las emisiones al ralentí o en deceleraciones
- Se enfocan en medir emisiones a cargas moderadas, por lo que pueden no ser representativos de las emisiones bajo otros comportamientos como, por ejemplo, en autovía
- Las emisiones provenientes del arranque en frío se excluyen deliberadamente. No obstante, estas emisiones pueden constituir una parte importante de las totales, especialmente en ciudad y a bajas temperaturas
- No proporcionan información acerca de las emisiones de partículas no provenientes de la combustión, como las debidas al desgaste de los neumáticos, los frenos o el pavimento
- Si se quieren comparar los resultados obtenidos a partir de un ciclo como el WLTP o el FTP-75, solamente se pueden comparar rangos en los que las condiciones de operación del motor sean similares

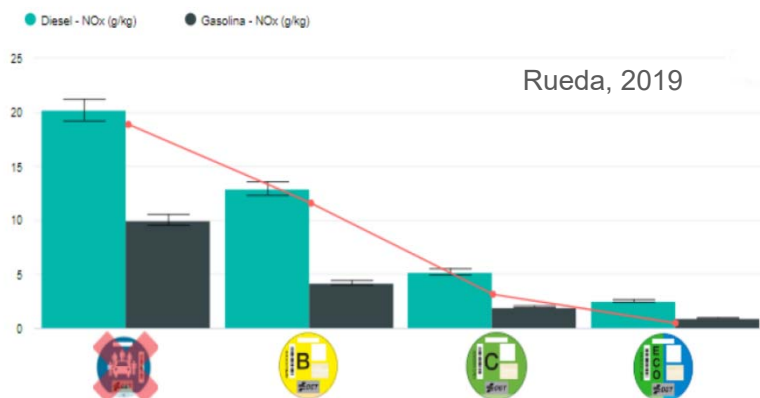


Ilustración 60. Promedio de NO_x (g/km) en función del distintivo ambiental y del combustible

MODELOS DE EMISIONES

MODELOS DE EMISIONES

Estructura de los modelos

CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Base empírica

Se parte de mediciones directas, tradicionalmente en laboratorio, aunque en los últimos años se han incluido algunas con PEMS

Clasificación de los vehículos

No todos los vehículos emiten lo mismo, por lo que se deben establecer distintas categorías: según el tipo de vehículo (coche de pasajeros, autobús, motocicleta...), el combustible, la normativa de emisiones a la que pertenece, etc.

$$E_{j,k,l}^F = (E_{j,k,l} + E_{j,k,l}(CF_{airco} - 1)P_{airco} + E_{j,k,l}(CF_{age,h} - 1)) + \frac{C_{j,k} \cdot n_{cold} \cdot CF_{age,cs}}{d}$$

Determinación de los factores de emisión

Se determina cuánto emite cada vehículo por unidad de distancia recorrida, de combustible gastado o de tiempo. Los factores de emisión pueden ser constantes para un vehículo dado o depender de alguna variable

Computación

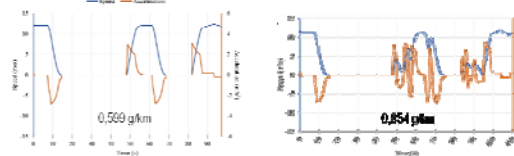
Se multiplica cada factor de emisión por un dato de actividad de tráfico

$$TE_j = \sum_{k,m} (E_{j,k,l}^F \cdot TV_{k,m} \cdot L_m)$$

EMISIONES TOTALES

Modelado del comportamiento del conductor

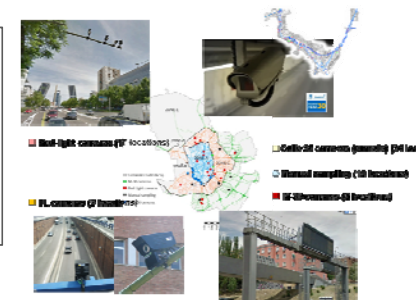
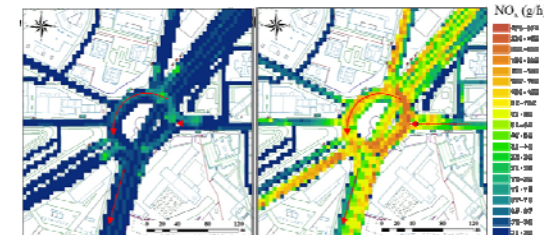
El comportamiento del conductor se suele representar mediante un perfil velocidad-tiempo



Quaassdorff et al., 2016

Obtención de datos sobre el tráfico

Se deben obtener datos acerca de la actividad de tráfico. Generalmente se obtienen a partir de modelos de tráfico + estudios de parque circulante



Pérez et al., 2019

MODELOS DE EMISIONES

Clasificación según el modo de obtención de los factores de emisión

CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



ESCALA
MACRO

"Factor de emisión agregado" - Los factores de emisión son constantes representativas de un tipo de vehículo y un modo de conducción general (ej: NAEI)

"Velocidad media" - Los factores de emisión son función de la velocidad media de los vehículos (ej: COPERT, MOBILE, EMFAC)

"Situación del tráfico" - Los factores de emisión se determinan a partir de la situación del tráfico (ej: HBEFA, ARTEMIS)

"Variables del tráfico" - Los factores de emisión están definidos por variables del tráfico a partir de patrones de conducción simplificados (ej: TEE, Matzoros)

"Variables de ciclo" - Los factores de emisión son función de variables específicas de patrones de conducción (velocidad instantánea, aceleración y pendiente) a alta resolución (segundo a segundo) (ej: VERSIT+, MEASURE)

"Modal" - Los factores de emisión son una función del modo de operación del motor (potencia) a partir de datos instantáneos del patrón de conducción (ej: PΔP, PHEM)

→ Áreas grandes, como un país o una región

→ Se describe el tráfico con un alto nivel de agregación

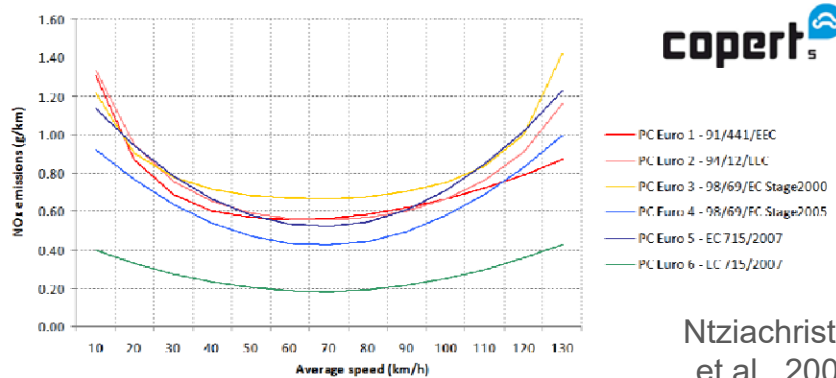
→ Áreas pequeñas, como una calle

→ Describen el comportamiento de cada vehículo de forma individual y la interacción entre ellos y con la infraestructura de la carretera

(Adaptado de Quaassdorf et al., 2018)

MODELOS DE EMISIONES

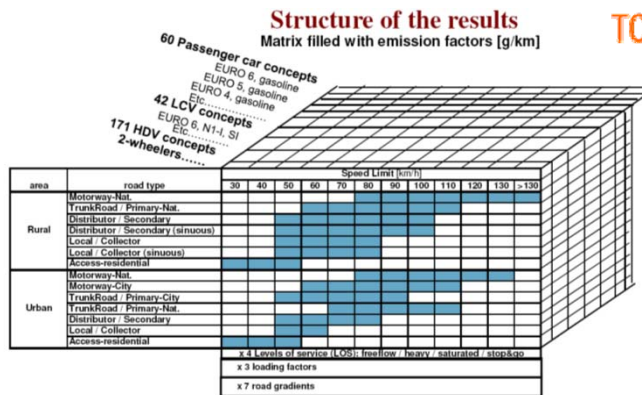
Comparación de modelos y elección



copert_s

Ntziachristos et al., 2009

WELCOME TO HBEFA



→ 1.4 Mio. efa's for 8 exhaust gas components = 10.9 Mio. values

Hausberger et al., 2009

CÁTEDRA DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA

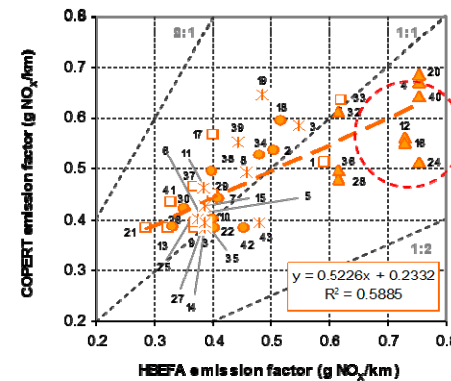


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

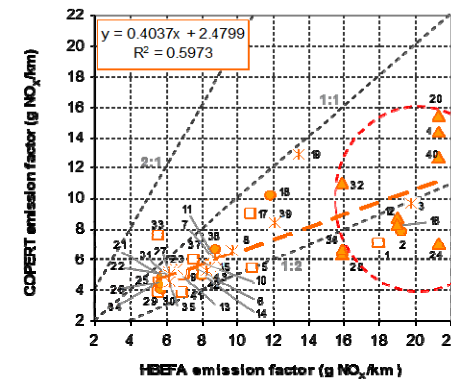


Comparación de estimaciones de NO_x un modelo de velocidad media (COPERT) y otro de situación de tráfico (HBEFA) para Madrid

Passenger cars



Urban buses



Traffic situation ID	Level of service	Road type-Speed limit (km/h)	Vehicle-km (%)
1	Freeflow	R6-30	0.082
5		R4-50	0.017
6		R4-60	0.225
9		R4-70	0.866
13		R4-80	3.368
17		R5-50	4.338
21		R2-70	3.863
25		R2-90	1.999
29		R1-100	9.192
33		R1-120	24.650
37	Heavy	R3-50	2.286
41		R3-80	1.070
2		R6-30	0.839
7		R4-60	0.035
10		R4-70	0.163
14		R4-80	0.284
18		R5-50	0.623
22		R2-70	1.996
26		R2-90	1.372
30		R1-100	9.049
34	Saturated	R1-120	6.081
38		R2-50	3.451
42		R3-80	0.729
3		R6-30	2.415
8		R4-60	0.034
11		R4-70	0.096
15		R4-80	0.074
19		R5-50	0.367
23		R2-70	1.367
27		R2-90	0.094
31	Stop & go	R1-100	2.166
35		R1-120	1.398
39		R3-50	9.305
43		R3-80	0.296
4		R6-30	2.653
12		R4-70	0.020
16		R4-80	0.016
20		R5-50	0.085
24		R2-70	0.013
28		R2-90	0.002
32		R1-100	0.113
36		R1-120	0.596
40		R3-50	2.332

Borge et al., 2012

MODELOS DE EMISIONES

Comparación de modelos y elección

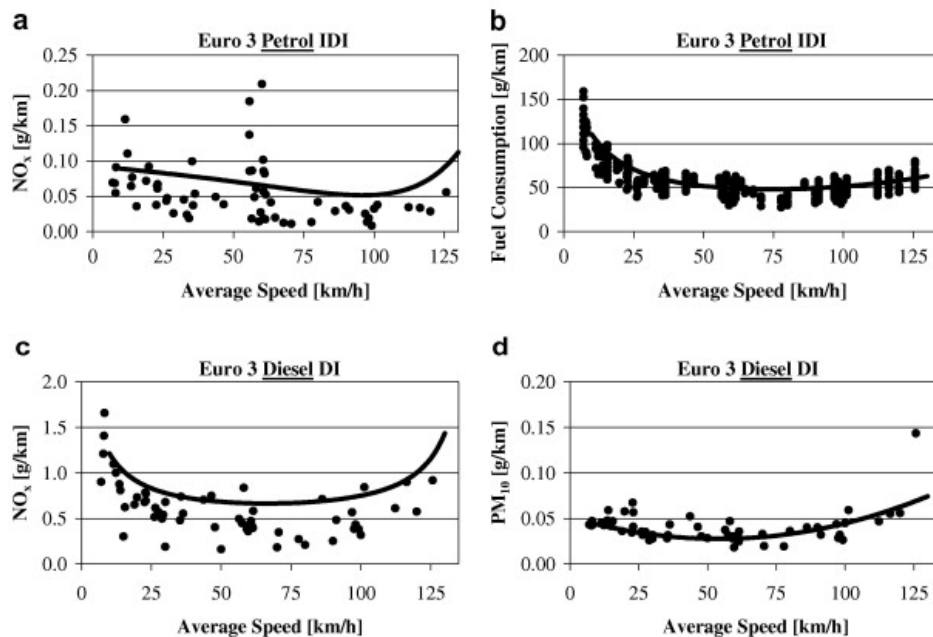
CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Predicciones de COPERT (líneas) y VERSIT+ (puntos) para algunos tipos de vehículos y contaminantes



Smit et al., 2007

Se busca obtener datos lo más precisos posible

En este sentido, son aconsejables los modelos más complejos y detallados

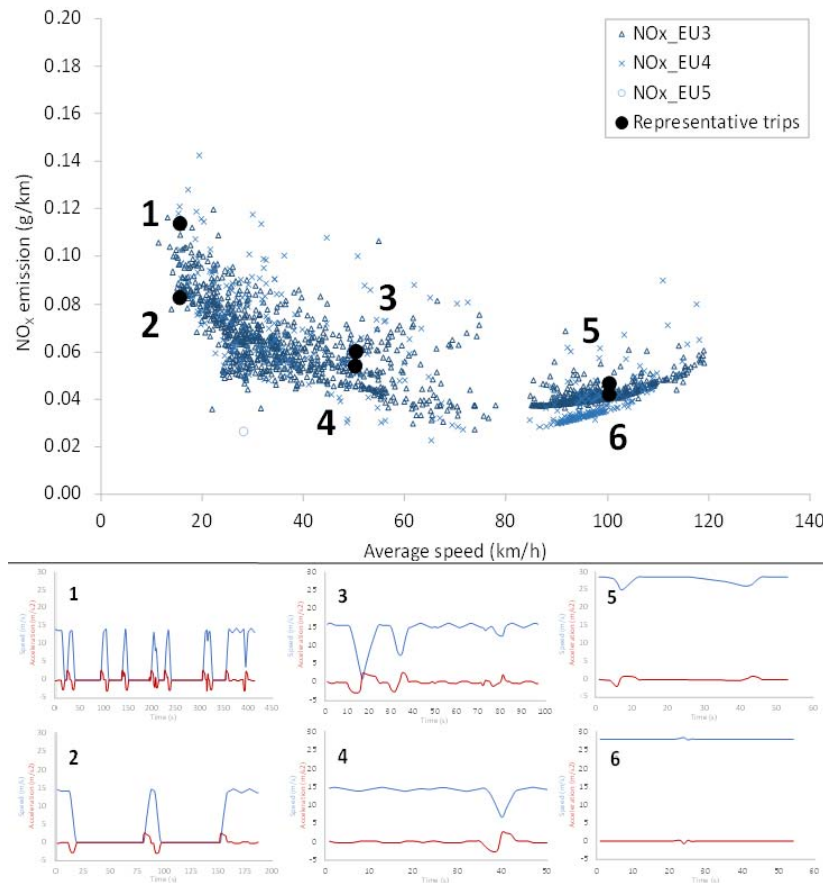
No obstante, estos modelos requieren de datos con un alto nivel de detalle. Si los datos introducidos no son precisos, se puede crear incertidumbre

Se deben conjugar ambos factores, escogiendo para cada caso el modelo más preciso para el que se disponga de datos de entrada fiables

MODELOS DE EMISIONES

Comparación de modelos y elección

Emisiones individuales con PHEM, (Hausberger et al., 2009)



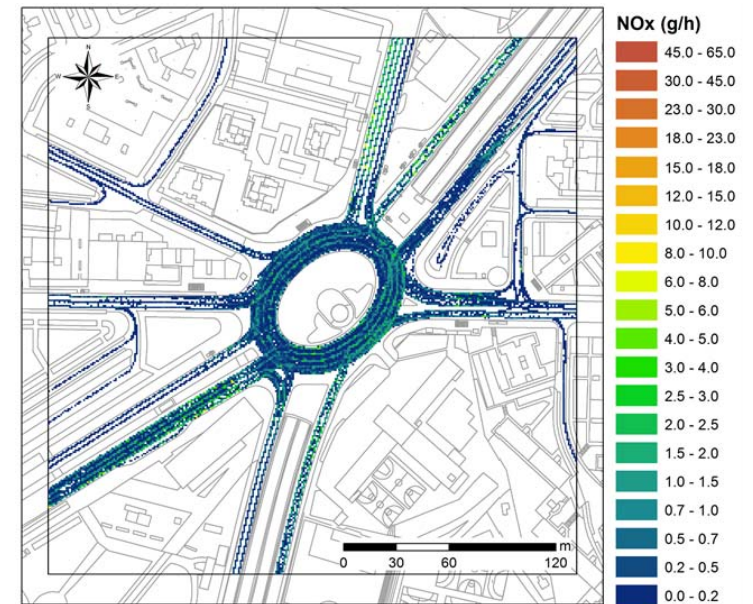
CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



1m x 1m resolution emissions
(aggregated over 1 hour)



Quaassdorff et al., 2021

Los modelos tienen a dar una visión congruente sobre las tasas de emisión

Conclusiones y recomendaciones consistentes

MEDICIONES INDIRECTAS

Resumen modelos de estimación de emisiones

CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

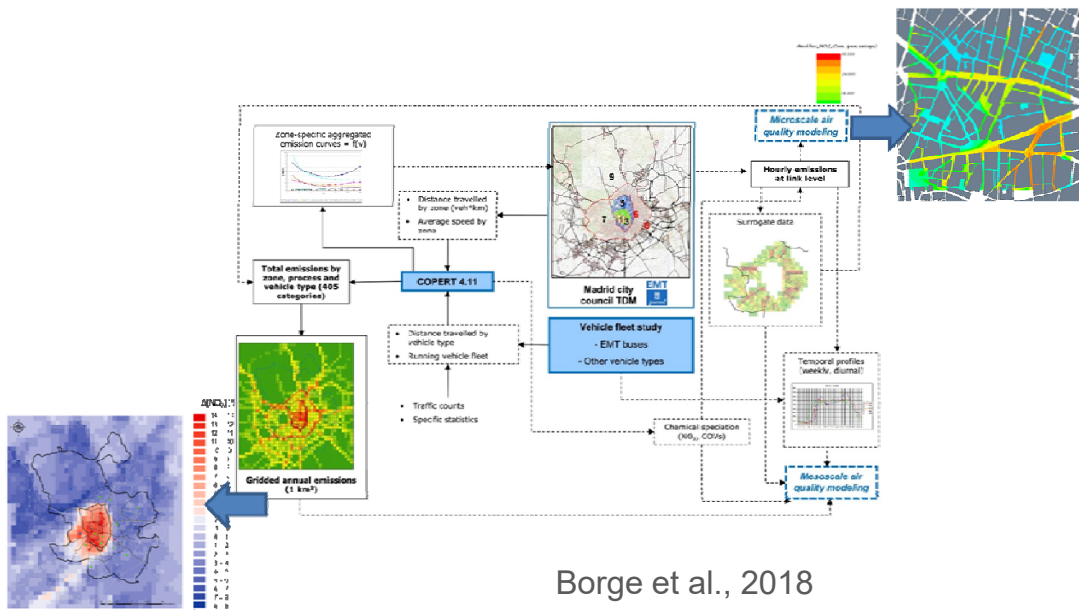


VENTAJAS

- Pueden aplicarse a cualquier escala con un nivel de detalle proporcionado
- Permiten elaborar inventarios de emisiones conforme a metodologías estandarizadas
- Permiten anticipar el resultado de políticas o medidas
- Son la base para estimaciones posteriores de niveles de calidad del aire

INCONVENIENTES

- Los datos experimentales en los que se basan son limitados (categorías, procesos, etc)
- Posible falta de representatividad para una determinada flota o condiciones de tráfico
- Necesidad de conocimiento experto para determinar la aplicabilidad de cada aproximación
- Necesidad de datos de entrada adecuados, que en algunos casos implican simulaciones de tráfico muy detalladas



Borge et al., 2018

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- Es extremadamente complicado obtener un dato representativo de las emisiones de un vehículo, ya que dependen de múltiples factores:
 - tipo de vehículo, edad y condiciones de mantenimiento
 - combustible y tecnología
 - tipo de vía y condiciones de tráfico
 - estilo de conducción
 - meteorología
- El WLTP ha supuesto un avance frente al NEDC, ya que simula un comportamiento, a priori, más cercano al que tienen los vehículos en conducción real: falta de datos de homologación de otros contaminantes (además de CO₂)
- El RDE representa un avance aún mayor en el acercamiento a las condiciones habituales de conducción, aunque todavía hay algunas condiciones habituales que quedan excluidas de la prueba y la variabilidad es mayor que en laboratorio
- Los sistemas RSD permiten realizar un alto número de mediciones aunque no es aplicable a todas las condiciones de conducción y es complejo estimar emisiones en términos absolutos
- Los modelos de emisiones son una herramienta potente para conocer las emisiones de una zona, pero es necesario que se escoja el modelo más preciso para el que se disponga de datos de entrada fiables

REFERENCIAS

CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



- European Environment Agency, «National emissions reported to the UNFCCC and to the EU Greenhouse Gas Monitoring Mechanism,» 21 diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/national-emissions-reported-to-the-unfccc-and-to-the-eu-greenhouse-gas-monitoring-mechanism-16>
- European Environment Agency, «National emissions reported to the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP Convention),» 23 julio 2020. [En línea]. Available: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/national-emissions-reported-to-the-convention-on-long-range-transboundary-air-pollution-lrtap-convention-14>
- J. Pavlovic, B. Ciuffo, G. Fontaras, V. Valverde y A. Marotta, «How much difference in type-approval CO₂ emissions from passenger cars in Europe can be expected from changing to the new test procedure (NEDC vs. WLTP)?,» Transportation Research Part A, vol. 111, pp. 136-147, 2018
- G. Fontaras, B. Ciuffo, N. Zacharof, S. Tsiakmakis, A. Marotta, J. Pavlovic, K. Anagnostopoulos, «The difference between reported and real-world CO₂ emissions: How much improvement can be expected by WLTP introduction?,» Transportation Research Procedia, vol. 25, pp. 3933-3943, 2017
- D. Tsokolis, S. Tsiakmakis, A. Dimaratos, G. Fontaras, P. Pistikopoulos, B. Ciuffo, Z. Samaras, «Fuel consumption and CO₂ emissions of passenger cars over the New Worldwide Harmonized Test Protocol,» Applied Energy, vol. 179, pp. 1152-1165, 2016
- G. Koszałka, A. Szczotka y A. Suchecki, «Comparison of fuel consumption and exhaust emissions in WLTP and NEDC procedures,» Combustion Engines, vol. 179, nº 4, pp. 186-191, 2019
- J. Ko, D. Jin, W. Jang, C.L. Myung, S. Kwon y S. Park, «Comparative investigation of NO_x emission characteristics from a Euro 6-compliant diesel passenger car over the NEDC and WLTC at various ambient temperatures,» Applied Energy, vol. 187, pp. 652-662, 2017
- Marotta, J. Pavlovic, S. Serra, K. Anagnostopoulos, B. Ciuffo, G. Fontaras, S. Tsiakmakis y N. Zacharof, «A Comparison of Gaseous Emissions from Light-Duty Vehicles under the NEDC and the WLTP test procedures,» de Transportation Research Board 94th Annual Meeting, Washington DC, 2015
- International Council on Clean Transportation, «Real-driving Emissions test procedure for exhaust gas pollutant emissions of cars and light commercial vehicles in Europe,» 2017
- ACEA, «Diesel: new data proves that modern diesel cars emit low pollutant emissions on the road,» 5 noviembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.acea.auto/press-release/diesel-new-data-proves-that-modern-diesel-cars-emit-low-pollutant-emissions-on-the-road/>
- Y. Huang, B. Organ, J.L. Zhou, N.C. Surawski, G. Hong, E.F.C. Chan y Y.S. Yam, «Remote sensing of on-road vehicle emissions: Mechanism, applications and a case study from Hong Kong,» Atmospheric Environment, vol. 182, pp. 58-74, 2018
- A. Rueda. Estudio de la tecnología Remote Sensing Devices (RSD) para el cálculo de emisiones del tráfico rodado. Análisis de la variabilidad de las mediciones de turismos. TFG Grado en Ingeniería en Tecnologías Ambientales, 2019.
- C. Quaassdorff, R. Borge, J., Pérez, J., Lumbreras, D. de la Paz, J.M. de Andrés. Microscale traffic simulation and emission estimation in a heavily trafficked roundabout in Madrid (Spain). Science of the Total Environment. 566: 416-427, 2016
- J. Pérez; J.M. de Andrés; R. Borge; D. de la Paz; J. Lumbreras; E. Rodríguez. Vehicle fleet characterization study in the city of Madrid and its application as a support tool in urban transport and air quality policy development. Transport Policy 74: 114-126, 2019
- C. Quaassdorff, «Desarrollo de un sistema de simulación de emisiones del tráfico rodado a microescala. Aplicación a Madrid para la definición de medidas de mejora de la calidad del aire,» Tesis doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, 2018
- Ntziachristos, L., Gkatzoflias, D., Kouridis, C. & Samaras, Z. (2009). COPERT: a European road transport emission inventory model. Proceedings of the 4th International ICSC Symposium Thessaloniki, Greece. [Athanasiadis, N.I., Rizzoli, A.E., Mitkas, P.A. & Marx Gómez, J. (eds.)]. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Information Technologies in Environmental Engineering: 491-504. DOI: 10.1007/978-3-540-88351-7_37.
- Hausberger, S., Rexeis, M., Zallinger, M. & Luz, R. (2009). Emission Factors from the model PHEM for HBEFA Version 3. Report Nr. I-20/2009 Haus-Em 33/08/679. Institute for Thermal Combustion Engines and Thermodynamics, TU Graz.
- Smit, R., Smokers, R. & Rabe, E. (2007). A new modelling approach for road traffic emissions: VERSIT+. Transportation Research Part D: Transport and Environment. 12 (6): 414-422. DOI: 10.1016/j.trd.2007.05.001.
- C. Quaassdorff, R. Smit, R. Borge. Comparison of microscale traffic emission models for urban networks. In prep. 2021
- Borge, R.; Santiago, J.L.; de la Paz, D.; Martín, F.; Domingo, J.; Valdés, C.; Sánchez, B.; Rivas, E.; Rozas, M.T.; Lázaro, S.; Pérez, J.; Fernández, Á. Application of a short term air quality action plan in Madrid (Spain) under a high-pollution episode – Part II: Assessment from multi-scale modelling. Science of the Total Environment 635: 1574 – 1584, 2018

Muchas gracias por su atención