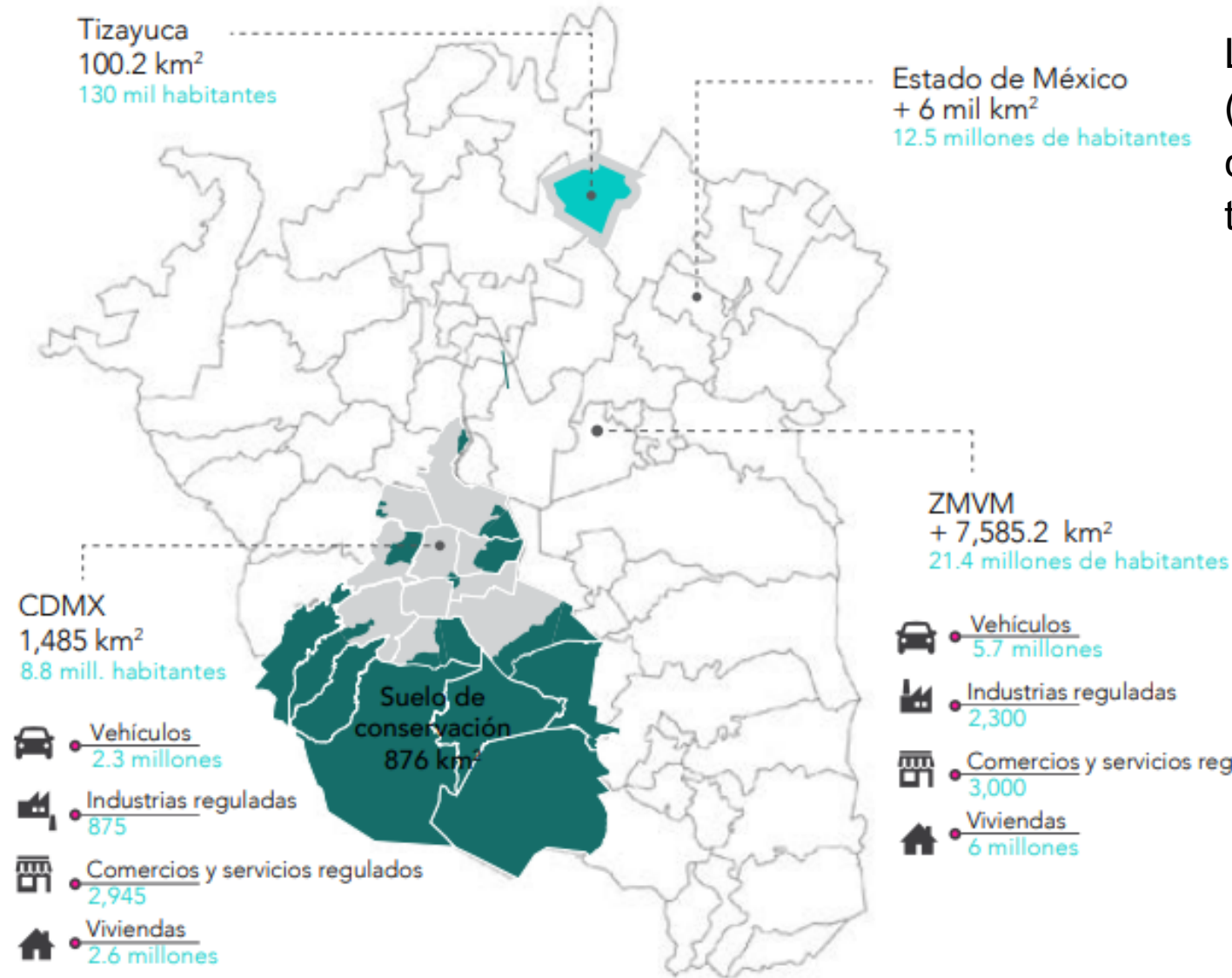

EVALUACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES EN VEHÍCULOS DEL METROBÚS
REALIZADAS POR LA DGGCA

DGGCA - DPTSyFM
17 – OCTUBRE - 2018

CONTEXTO



La Ciudad de México y su zona metropolitana (ZMVM) presentan episodios de altas concentraciones de **partículas** y **Ozono** en la temporada seca.

Condiciones generales^[1]

- Condiciones geográficas complicadas (2,200 msnm y montañas alrededor de la cuenca).
- Alta población en ZMVM (+ 21 millones de habitantes.)
- Alta afluencia vehicular y número de viajes

[1] SEDEMA. (septiembre 2018). INVENTARIO DE EMISIONES DE LA CIUDAD DE MÉXICO AÑO BASE 2016 <http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc=Z6Bhnml=&dc=Zg==>

CONTEXTO

Fuentes móviles^[1]

Las fuentes móviles son las principales contaminantes de PM10, PM2.5, CO y NOX en la Ciudad de México, convirtiéndose su regulación y mejora en una actividad fundamental para la mejora de la calidad del aire en la zona.

Fuente	flota	% de la flota	% de emisiones en CDMX							
			PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	COT	COV	NH3
Fuentes Móviles	2,322,423.00	100%	52.5	55.7	28.1	86.4	86.1	15.1	17.2	6.4
Autos particulares, SUV y Taxis	1,787,727.00	76.98%	18.31	9.37	15.49	51.40	32.10	7.43	8.19	3.58
Vagonetas, combis y microbuses	35,584.00	1.53%	1.11	1.45	6.14	7.96	8.39	3.47	3.70	0.74
Vehículos de carga hasta 3.8t	73,657.00	3.17%	1.09	0.83	0.93	2.21	2.06	0.46	0.51	0.17
Autobuses	38,465.00	1.66%	11.07	16.80	0.79	2.03	14.80	0.73	0.70	0.14
Tractocamiones y vehículos de carga >3.8t	118,964.00	5.12%	18.86	25.11	2.11	6.11	23.99	1.41	1.27	0.32
Motocicletas	267,441.00	11.52%	1.72	1.70	2.62	16.67	4.40	2.59	2.84	1.39
Metrobuses	585.00	0.03%	0.34	0.43	0.03	0.04	0.34	0.02	0.01	0.01

*Vehículos de transporte público

A pesar de representar menos del **3.5%** de la flota, los vehículos de transporte público generan una gran cantidad de emisiones.

CONTEXTO

Normatividad (Diésel)

Las normas que rigen las emisiones contaminantes de los vehículos son:

- **NOM-042-SEMARNAT-2003**

Límites permisibles de CO, NO_x, HC y partículas de vehículos a gasolina, GLP, GN y diésel <3,857 kg nuevos.

- **NOM-044-SEMARNAT-2017**

Límites permisibles de CO, NO_x, HC, partículas y NH₃ de vehículos a diésel >3,857 kg nuevos.

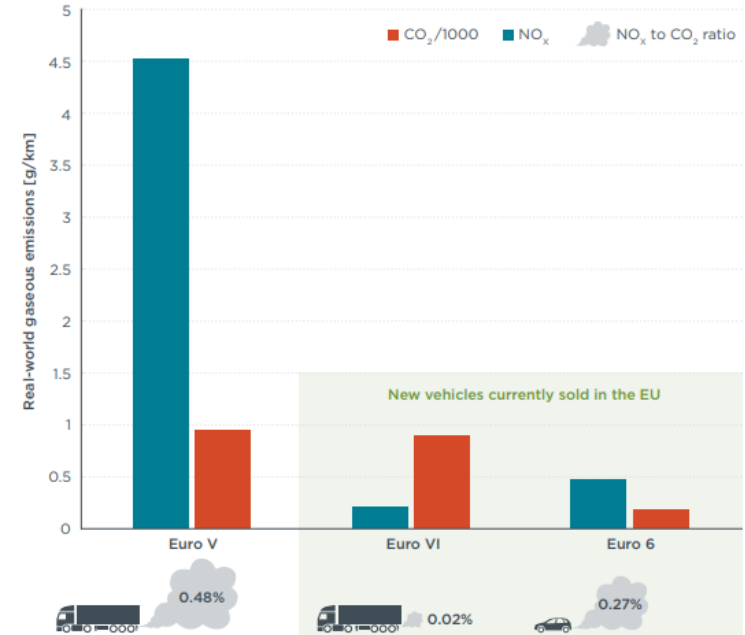


Vehículos con características equivalentes a EURO IV hasta 2018, EURO V en 2019 y EURO VI en caso de contar con diésel de ultrabajo azufre en todo el país (15ppm) en enero 2019.

NOM-016-CRE-2016 (Calidad de combustibles).

- **NOM-045-SEMARNAT-2017**

Límites máximos de opacidad en vehículos a diésel en circulación



La CDMX busca la implementación de la mejor tecnología

La ciudad cuenta con diésel de ultrabajo azufre (UBA) desde 2009

MOVILIDAD SUSTENTABLE

Un ejemplo de cambio en la movilidad, para la mejora de las flotas, es la introducción de Sistemas de Transporte del tipo BRT en la Ciudad de México.

Metrobús cuenta con 7 líneas, con diferentes tipos de vehículos y tecnologías (híbridos, doble piso, articulados).

Ejemplo: Línea 7 Metrobús

Características

Sustitución de 200 unidades con tecnologías equivalente a EURO IV y previas.

- Ruta: Av. Reforma.
- 90 Autobuses ENVIRO 500 doble piso de Alexander Denis
- Tecnología: EPA 16
- Motor: Cummins ISL 8.9
- Sistema de control de emisiones (SCR, DOC y filtro de partículas)



EVALUACIÓN DE EMISIONES DE UNIDADES DE METROBÚS



En octubre del 2017 se realizaron pruebas de emisiones contaminantes a diferentes unidades de Metrobús, en particular a los vehículos con tecnología EPA 16 y se generó un reporte en colaboración con ICCT.

Relación de los vehículos evaluados^[2].

Número económico	Marca	Tipo	Estándar de emisiones	Combustible
808	Alexander Dennis	Doble Piso	EPA 16	Diésel
817	Alexander Dennis	Doble Piso	EPA 16	Diésel
818	Alexander Dennis	Doble Piso	EPA 16	Diésel
902	Alexander Dennis	Doble Piso	EPA 16	Diésel
917	Alexander Dennis	Doble Piso	EPA 16	Diésel
918	Alexander Dennis	Doble Piso	EPA 16	Diésel
518	Volvo	12 metros	EURO V- EEV	Diésel
463	Mercedes Benz	12 metros	EURO V	Diésel
555	Volvo	12 metros	EURO V	Híbrido (Diésel + Eléctrico)
Prot 29	Mercedes Benz	12 metros	EURO V	Gas Natural Comprimido
269	Volvo	Articulado	EURO IV	Diésel
265	Volvo	Articulado	EURO IV	Diésel

[2] SEDEMA. (noviembre de 2017). REPORTE DETERMINACIÓN DE EMISIONES DE VEHÍCULOS DEL METROBÚS. <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/reporte-mbicctbc-v12-ok.pdf> consultado en octubre 2018

EQUIPOS DE MEDICIÓN

NanoMet3



Contador portátil de nanopartículas sólidas que está diseñado para medir cuando el punto de muestreo se encuentra a la salida del tubo de escape de un vehículo^[3].

Met 6.3



Analizador de gases de corriente parcial con unidad de visualización (equipo base) para el análisis de los componentes gaseosos HC, CO, CO₂, O₂ con cálculo del valor Lambda y NO_x^[4].



[3] TESTO. (septiembre de 2016). Testo NanoMet3. *User manual*. Germany

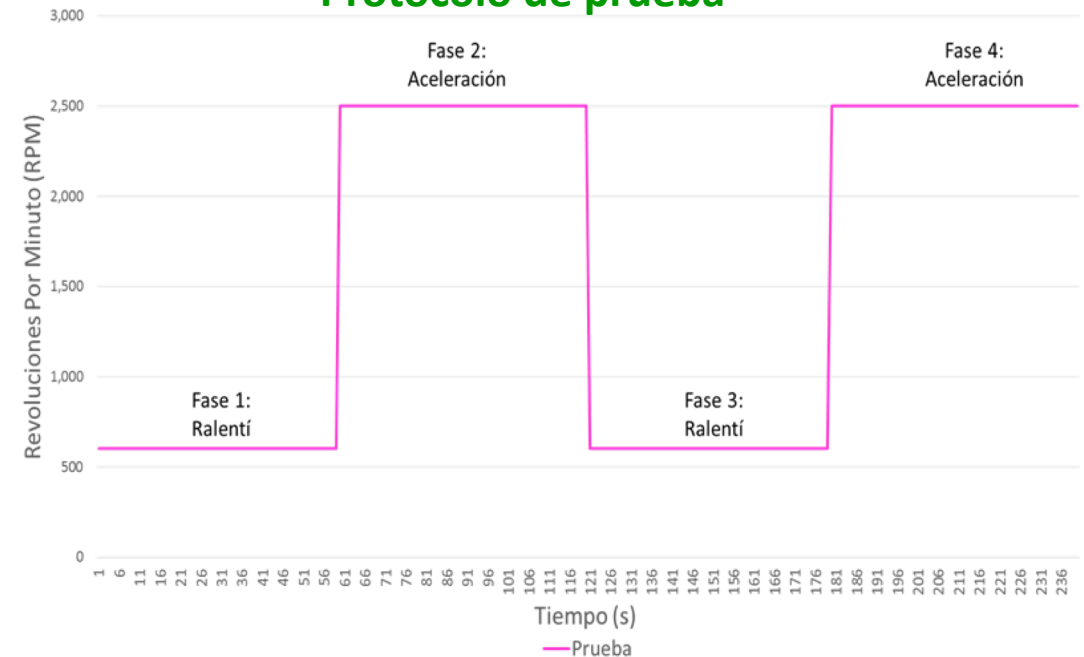
[4] MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co. KG (agosto de 2018). Obtenido de <https://www.maha.es/analizador-de-emisiones-met-6-3-analizador-combinado.htm>

PROTOCOLOS

- Inspección visual de motor y sistema de escape de la unidad
- Verificación de la temperatura de operación del motor ($> 80^{\circ}\text{C}$)
- Captura de datos del vehículo en prueba (formato SEDEMA)
- Desfogue (aceleración a tope de gobernador durante 10 segundos)
- Medición por triplicado para cada vehículo (bajo protocolo de SEDEMA)
- Protocolo de prueba SEDEMA:
 - Fase 1: 60 segundos en ralentí
 - Fase 2: 60 segundos en aceleración máxima
 - Fase 3: 60 segundos en ralentí
 - Fase 4: 60 segundos en aceleración máxima
- Monitoreo de nivel máximo y mínimo de emisiones por cada prueba
- Anotación de observaciones



Protocolo de prueba



TIPOS DE UNIDADES EVALUADAS

Los vehículos fueron seleccionados con base en el estándar de emisiones (EPA 16, EURO IV, EURO V, EURO V-EEV) y la disponibilidad de los mismos para realizar las pruebas al momento de realizar el estudio.



**Mercedes 12 m
EURO V (GNC)**



**Volvo 12 m
EURO V – EEV
(Diésel)**



**Volvo 12 m
EURO IV (Híbrido)**



**Volvo articulado
EURO IV
(Diésel)**

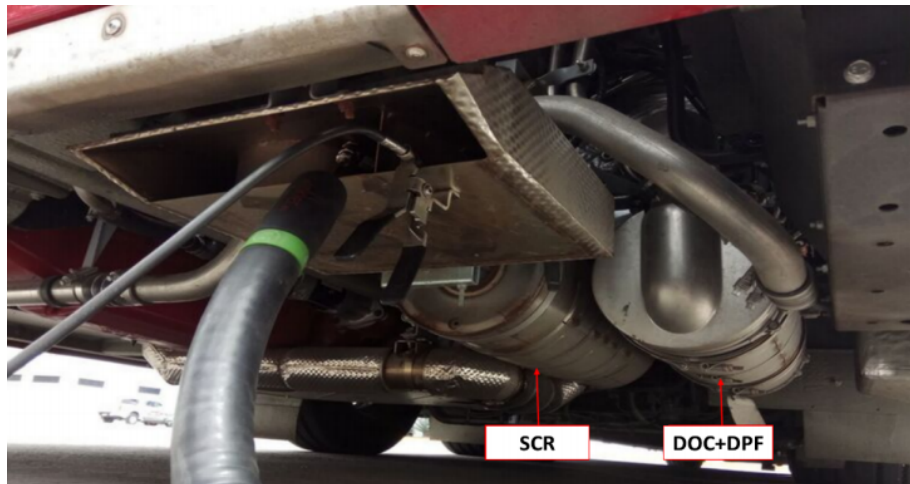
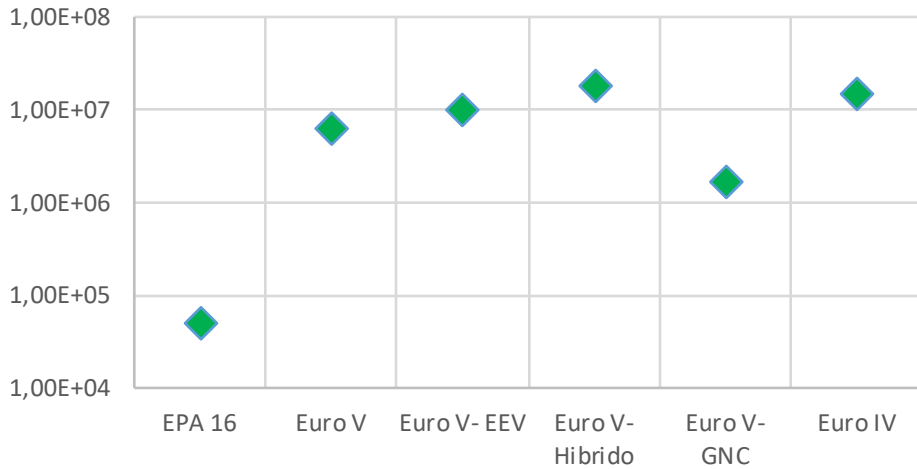
Tabla 4 Resultados de las emisiones de gases contaminantes y nanopartículas

# económico / estándar de cumplimiento	Temperatura Aceite	CO (%)	HC (ppm)	NO (ppm)	NO2 (ppm)	NOx (ppm)	Valor K (1/m)	Opacidad (%)	Número de partículas (p/cm3)
808 EPA 16	87°C	0.02	8	181	89	270	0.006	0.02	2.20E+04
817 EPA 16	85°C	0.01	6	128	107	235	0.01	0.5	5.57E+04
818 EPA 16	90°C	0.004	3	154	53	206	0.01	0.4	6.55E+04
902 EPA 16	85°C	0.01	9	272	64	336	0.04	0.8	5.84E+04
917 EPA 16	82°C	0.01	4	152	75	227	0.01	0.3	5.01E+04
918 EPA 16	90°C	0.01	8	179	88	268	0.01	0.3	6.32E+04
463 EURO V	91°C	0.02	4	366	28	294	0.14	5.8	6.32E+06
555 EURO V- HIBRIDO	87°C	0.04	24	369	56	425	0.25	10.1	1.80E+07
Prot 29 EURO V –GNC	84°C	0.01	17	404	265	668	0.2	8.3	1.68E+06
518 EURO V- EEV	80°C	0.01	7	256	133	378	0.2	8.3	9.70E+06
265 EURO IV	81°C	0.02	13	859	103	962	0.41	16.1	7.11E+06
269 EURO IV	82°C	0.02	18	942	112	1,054	0.57	12.5	1.45E+07

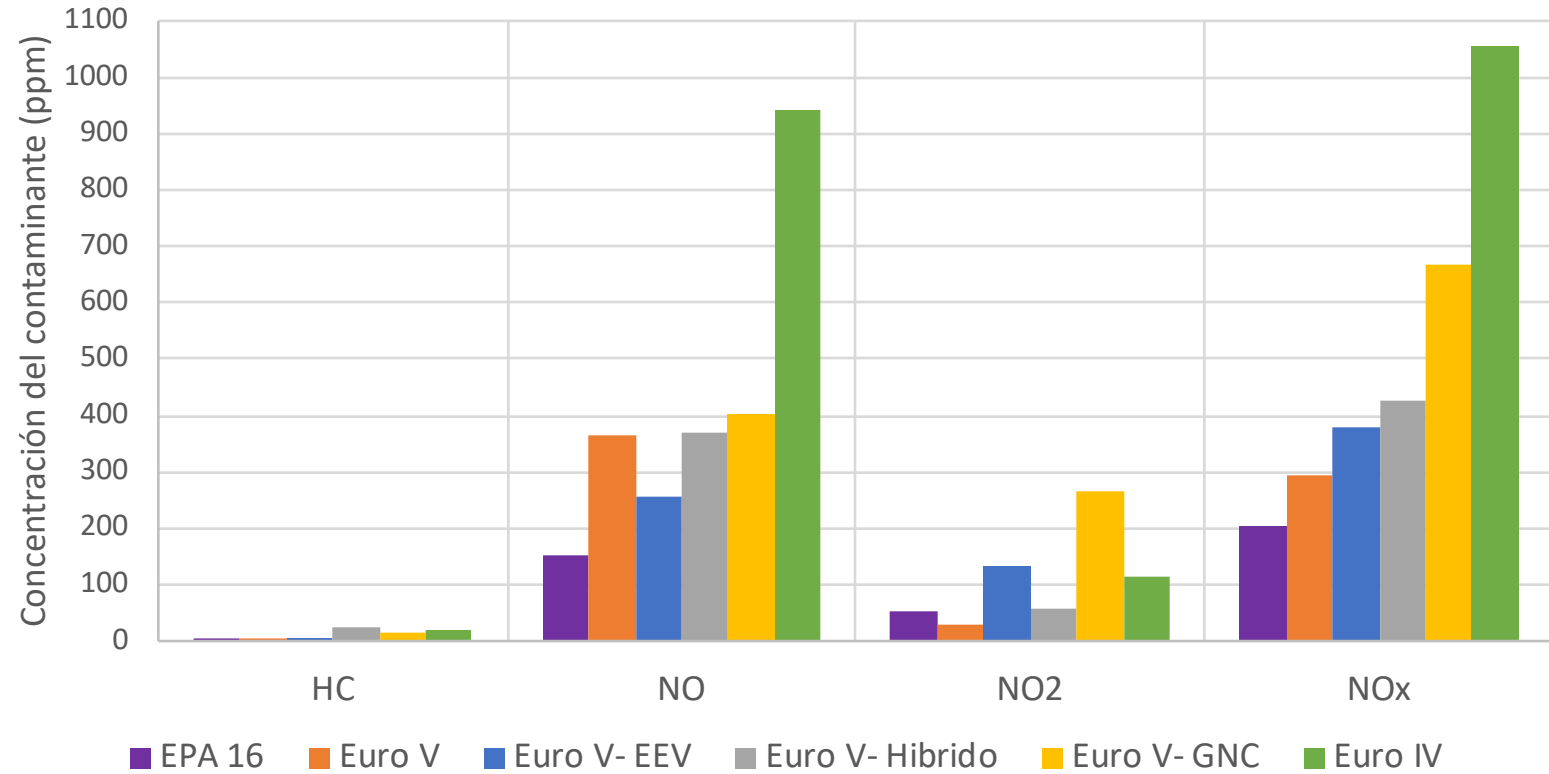
*Temperatura de aceite: La temperatura de aceite indica el valor registrado por el equipo para emisiones de gases (Maha, Met 6.3) al inicio de cada prueba.

RESULTADOS

Número de partículas



Comparación de emisiones



Experiencias

Positivas

- Reducción significativa de emisiones PPM y NOx con los vehículos EPA 16.
- Mejora en la movilidad en la línea 7 del Metrobús, mejorándose la tecnología de los buses y el confort de los pasajeros.
- Mejora en la imagen de la Ciudad, mayor control en los horarios y frecuencia de los buses; lográndose un servicio más eficiente.

Negativas

- Altos costos de las unidades y mantenimiento, lo que implica incrementos tarifarios.
- Resistencia de los concesionarios al cambio de esquemas de transporte (pasar del sistema hombre-camión a la concesión de Metrobús).
- Problemas con vecinos por la realización de obras para instalar la infraestructura requerida.
- Quejas de la ciudadanía (el sistema será más contaminante, se talarán árboles, etc.).
- Necesidad de asegurar el suministro de diésel de ultra bajo contenido de azufre.

Lecciones aprendidas

Para implementar sistemas BRT como el Metrobús Línea 7, con tecnología de bajas emisiones, se requiere:

- Tener buenos esquemas de negociación y comunicación con los vecinos y con los concesionarios.
- Planeación adecuada de la ruta.
- Consideración de las implicaciones que conlleva la instalación de este tipo de transporte (altos costos, requerimientos especiales de combustible, mantenimiento especial).

Para darle seguimiento al funcionamiento de las unidades y medir sus emisiones se requiere:

- Seleccionar el equipo adecuado, que se encuentre dentro del rango de detección (el equipo óptico no es capaz de detectar adecuadamente la opacidad en los vehículos con tecnología EPA 16).
- Para la medición del número de partículas se requiere equipo especial.
- Determinar el procedimiento de medición más adecuado o el que se encuentre dentro de las posibilidades del analista (tiempo de pruebas, disponibilidad de unidades, costo de pruebas, etc.)

Conclusiones

- Se requiere asegurar la comercialización de diésel UBA en todo el territorio nacional.
- La normatividad en materia de fuentes móviles en México debe actualizarse conforme a los avances tecnológicos, asegurando la mejor calidad y disponibilidad de vehículos de bajas emisiones.
- La implementación de nuevas líneas de Metrobús (BRT) en la Ciudad de México permite sustituir vehículos viejos que contaban con tecnologías más contaminantes.
- La línea 7 de Metrobús permitirá obtener resultados significativos del uso intensivo de unidades EPA16, generándose curvas de desempeño, manuales de mantenimiento y guías metodológicas del uso de estas tecnologías en la Ciudad de México.
- Es importante tener una buena comunicación con vecinos y concesionarios para lograr la implementación de nuevas tecnologías, de lo contrario los trabajos para la instalación de nuevas rutas de transporte pueden retrasarse o incluso llegar a cancelarse



¡GRACIAS POR SU ATENCIÓN!

César F. Gálvez Hernández

Correo electrónico: cgalvez@sedema.cdmx.gob.mx