

Campaña de mediciones de nanopartículas en buses en Santiago de Chile.



Enero 2020



Introducción

Tipos de partículas y su clasificación:

Las siguientes categorías se basan en el “diámetro aerodinámico” o DA el cual equivale al diámetro de una esfera de 1g/cm^3 de densidad viajando a una velocidad establecida.

1. Partículas gruesas o PM10 – Partículas con un diámetro aerodinámico menos o igual a $10\ \mu\text{m}$ (micrómetro)
2. Partículas finas o PM2.5 – DA menos a $2.5\ \mu\text{m}$
3. Partículas ultrafinas – DA menos a $0.1\ \mu\text{m}$ o 100nm (nano-metro)
4. Nanopartículas – DA menor a $50\ \text{nm}$



Tipos de partículas y su clasificación:

Distribución de diámetros:

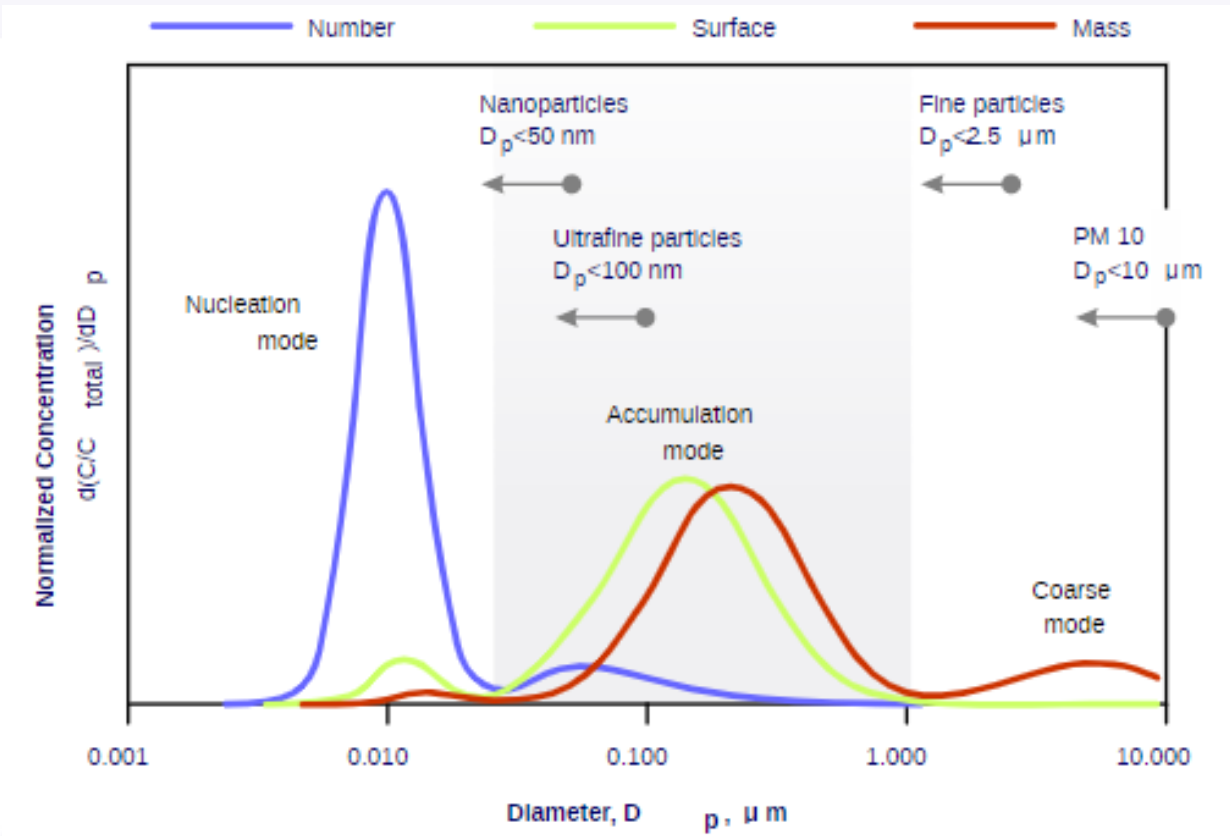


Figure 1. Diesel particulate size distribution

- Nucleación: 0.1 – 10 % de la masa total pero el 90 - 99% del total de partículas contadas.
- Masa representa del 0.1 a 10% de la cantidad total de partículas.



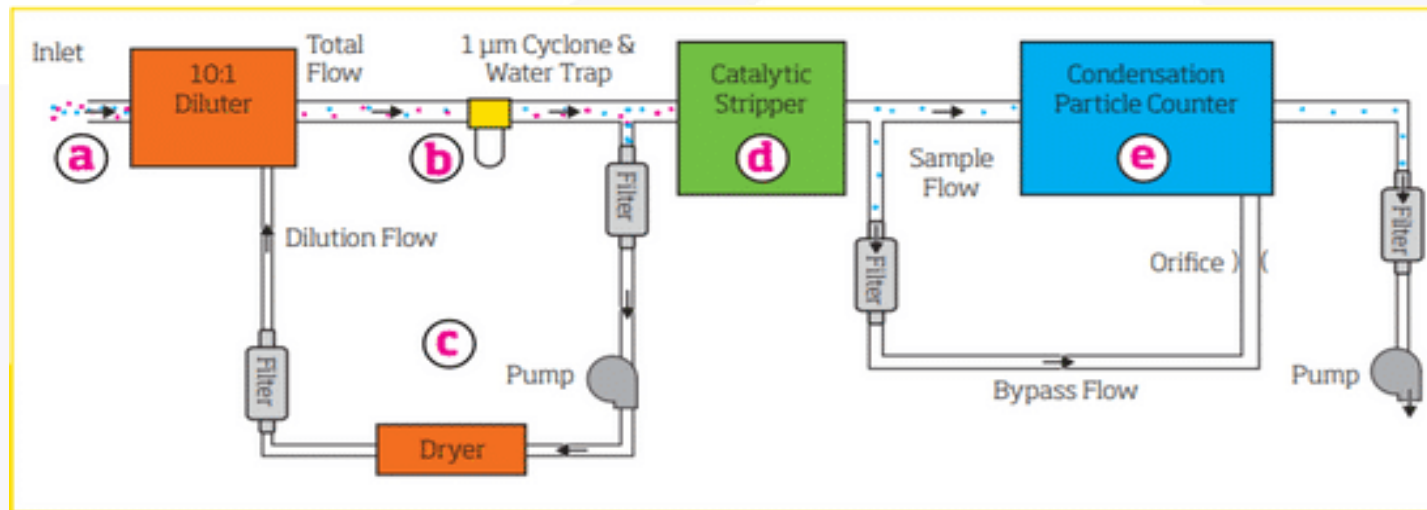
Métodos de medición:

Mediciones gravimétricas v/s CPC

Mediciones gravimétricas:

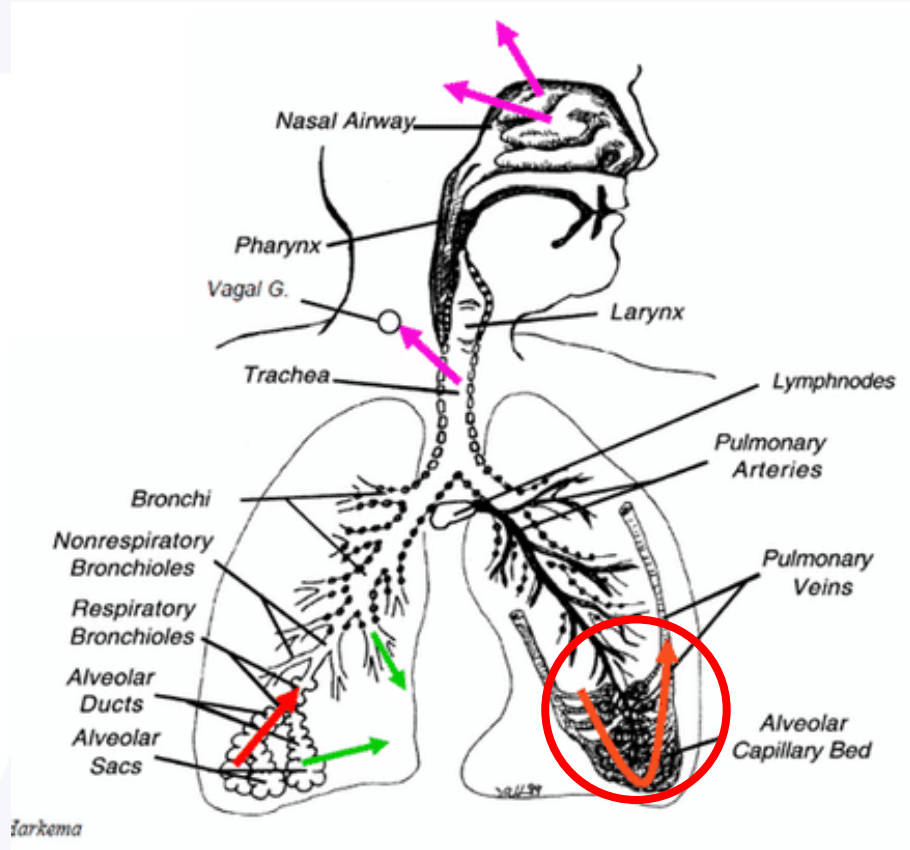
“La gravimetría es un método analítico cuantitativo, es decir, que determina la *cantidad* de sustancia midiendo el peso de la misma con una balanza analítica y sin llevar a cabo el análisis por volatilización. El análisis gravimétrico es uno de los métodos más exacto y preciso.”

Conteo por condensación de partículas





Impacto de las nano partículas en el humano.



- Nanopartículas se depositan en bronquiales, alveolares, riñones, hígado y cerebro incidiendo en cáncer y problemas respiratorios severos.
- Opacidad ni mediciones de masa logran determinar la verdadera efectividad de los filtros en relación a partículas menores a $0.1 \mu\text{m}$.



Resumen normativa de nanopartículas en Suiza

Federal Office for the Environment:

- Suiza comenzó en 1994 con los primeros retrofit de DPF.
- Desde el 2009 en adelante todo motor sobre los 37kW debe cumplir con un estándar de emisión o estar equipado con un filtro de partícula.
- “Sin embargo, los nuevos motores sin DPF o los motores con DPF dañado a veces tienen valores de opacidad por debajo del valor de rechazo de 0,24 m⁻¹ como se especifica en la Guía de Construcción del Aire . **La metodología actual de opacidad no es lo suficientemente sensible como para distinguir entre los DPF dañado”.**
- A partir de febrero del 2006 mediciones en número de partículas son oficialmente autorizadas para el mantenimiento a lo que respecta a líneas de escape.
- “Las mediciones en NP sustituirá a la medición oficial de opacidad después de un periodo de transición”
- Se establece en 250.000 partículas/cm³ el estándar de aprobación para toda maquinaria*.



Resumen normativa de nanopartículas Suiza

Federal Office for the Environment y Ordinance on Air Pollution Control:

Criterios de la herramienta de medición de nanopartículas:

- Rangos de errores permitidos:

<u>Mobility diameter</u>	<u>Limits of efficiency E</u>
23 nm nanoparticles	$E < 50 \%$
41 nm nanoparticles	$E > 40 \%$
80 nm nanoparticles	$70 \% < E < 130 \%$
200 nm nanoparticles	$E < 300 \%$
30 nm droplets of tetracontane (number concentration up to 10^5 cm^{-3})	$E < 5 \%$

- Rango de medición mínimo: entre 5.000 a 5.000.000 partículas/cm³
- Condiciones de operación nominal: Presión ambiental, humedad, etc.
- Efectos permisibles de perturbación: Polvo, vibraciones, pendiente, calentamiento, limpieza etc.
- Requerimiento de software y hardware: Automatización de la medición, intervalos de medición, tiempo de adquisición de datos.
- Procedimiento de medición: 15 segundos de calentamiento, 5 segundos de medición con 5 segundos de pausa y mínimo 3 mediciones. La medición debe durar aproximado 40 segundos.



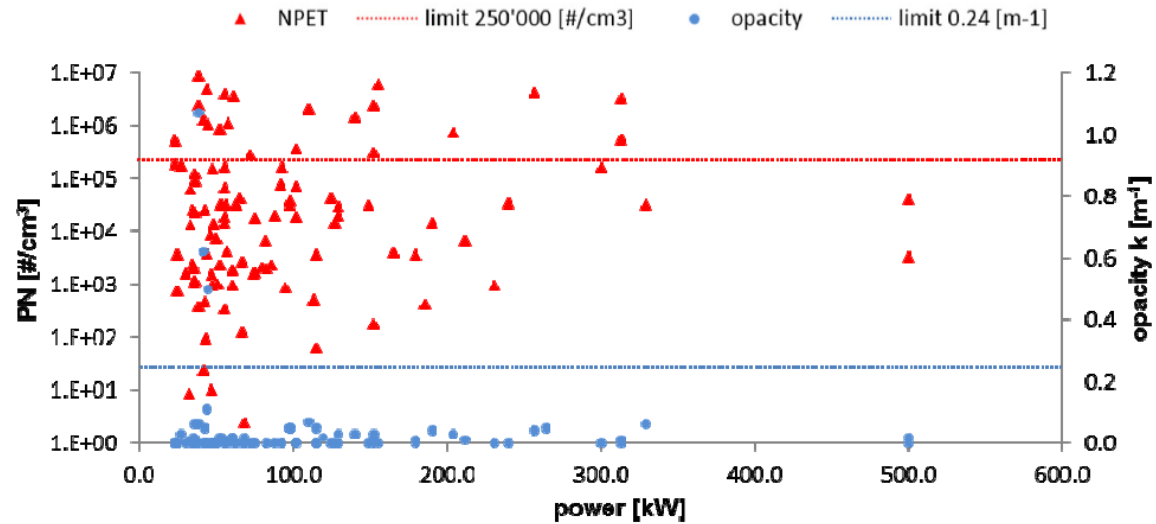
Resumen metodología de medición de nanopartículas en Suiza:

Federal Office for the Environment y Ordinance on Air Pollution Control:

- La medición debe llevarse en ralentí a RPM constante o si es posible a velocidad de corte del motor.
- La medición siempre se debe hacer bajo condiciones de operación constante.
- Las mediciones deben ser mínimo 3 independientes y luego tener la media aritmética de estas.
- Los resultados no deben exceder las **250.000 partículas/cm³**, la maquina que exceda este número debe ser retirado de su operación.
- Estos pueden ser tomados en frío o con temperatura de motor.



Federal Office for the Environment y Ordinance on Air Pollution Control:
Resultados relevantes de nanopartículas v/s opacidad en Suiza:



Conclusiones importantes:

- Mas DPFs dañados se pueden detectar usando mediciones en NP que utilizando opacidad.
- Los equipos de medición de opacidad no son los suficiente precisos para detectar altos niveles de PM, DPFs en mal estado o alteraciones de este.
- No hay diferencia para los DPFs dañados dependiendo sobre:
 - Kilometraje, frecuencia de uso, tipo de vehículo.
 - Con DPF OEM o retrofit.



Campaña medición de nanopartículas en buses Región Metropolitana:

Objetivo: Obtener datos sobre emisión de nanopartículas para nueva normativa en buses de la Región Metropolitana.



- Se establecieron las mediciones en base a los criterios y metodologías utilizado en campañas de Suiza y Holanda.
- Las mediciones se hicieron con la máquina de TSI NPET 3795
- Estudio efectuado por el DTPM y Purexhaust con el apoyo del Programa Nacional de Fiscalización

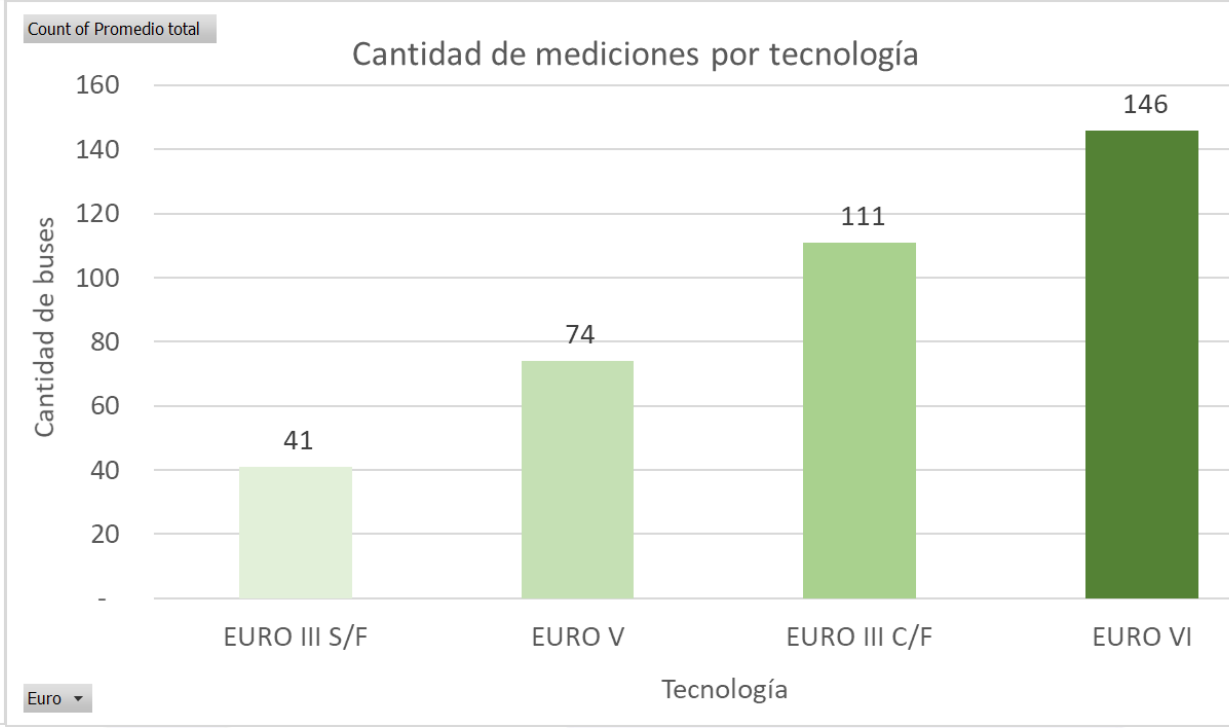
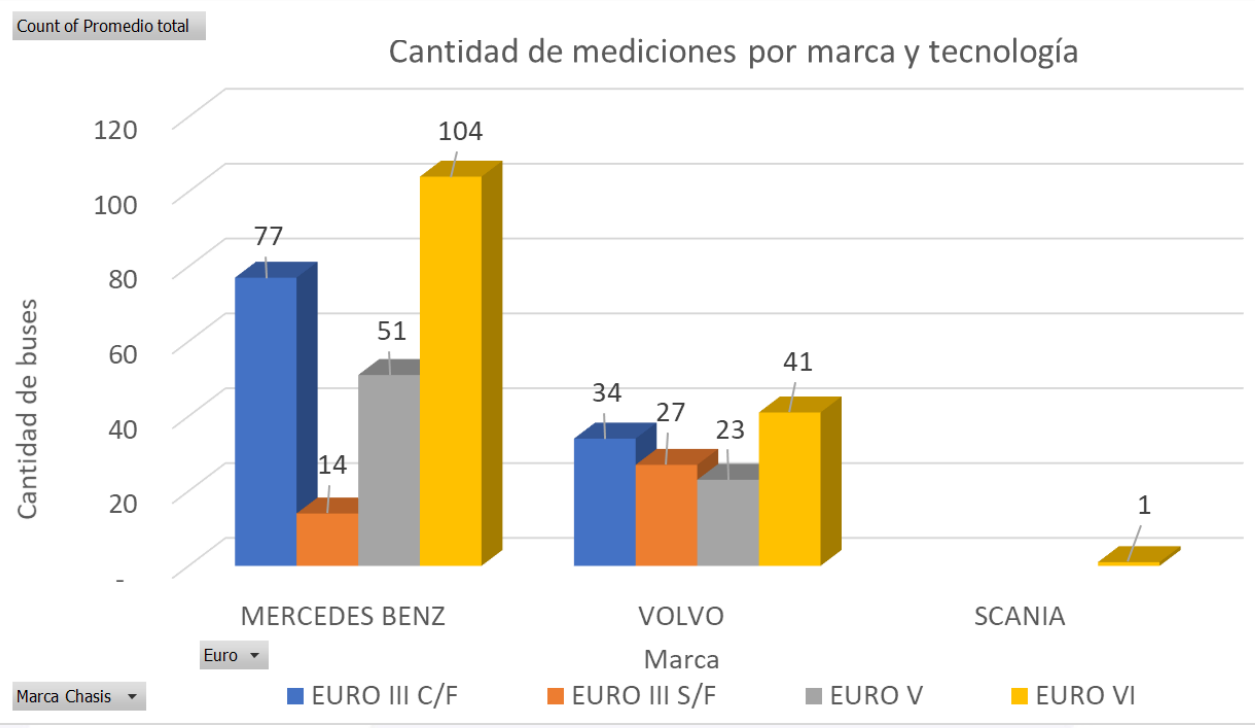


Metodología

- El proceso de medición se hizo en semejanza al efectuado en Suiza bajo las recomendaciones y criterios de Federal Office for the Environment Suiza (FOEN) y Ordinance on Air Pollution Control Suiza (OAPC)*.
- Proceso medido en ralentí con dos mediciones de 55 segundos por bus.
- Cada medición se hizo en base a: 15 segundos de calentamiento, 10 segundos de medición, 5 segundos de pausa por medición.
- 3 muestras por medición y luego la media aritmética de este.
- La sonda de medición se inserta mínimo 15 centímetros dentro de la línea de escape.
- No se procedía a hacer medición en caso de no cumplir con los criterios ambientales* o si el bus no tuviese condiciones de operación aprobadas por fiscalizadores de Ministerio de Transporte.



Mediciones

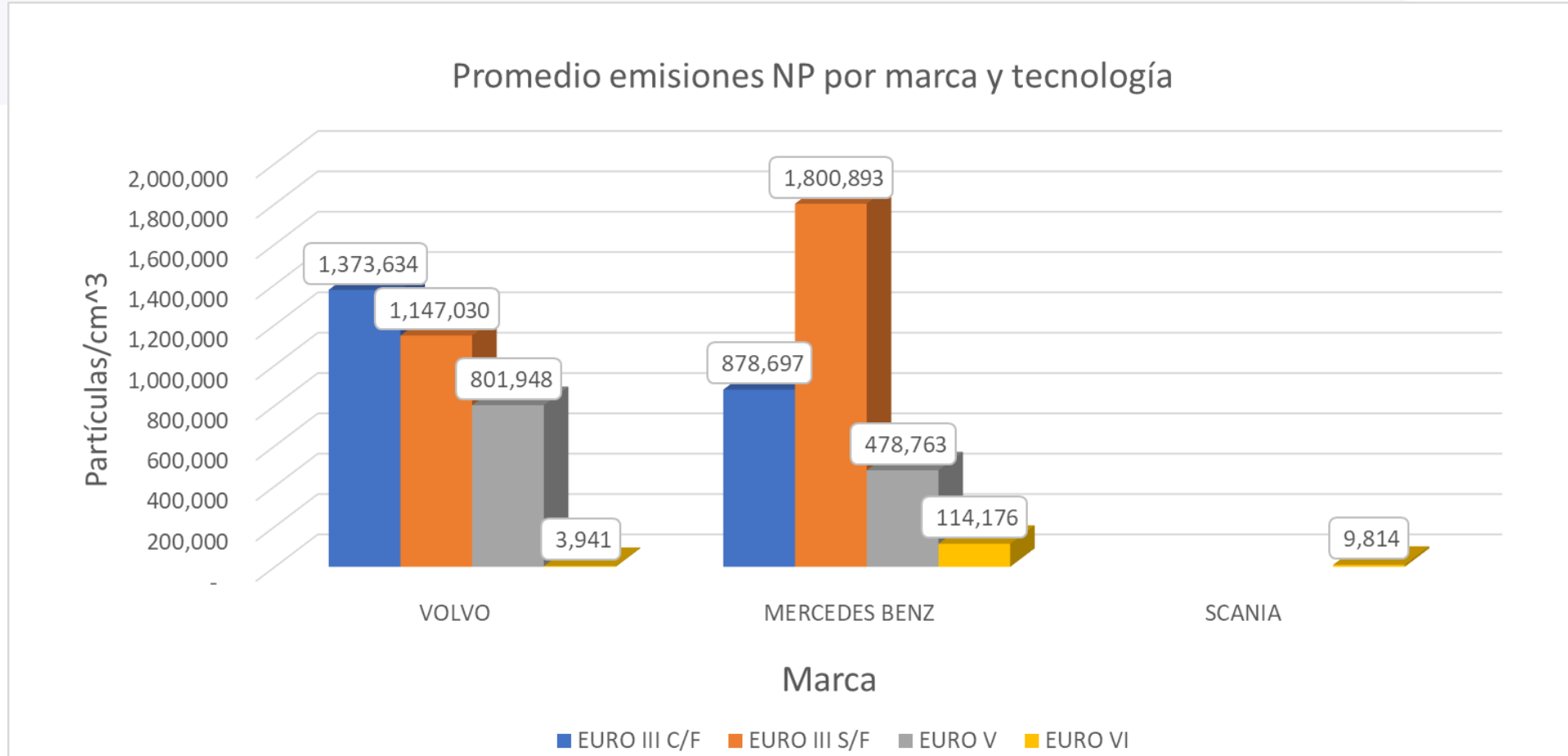


- Se midieron un total de 372 buses, de 16 terminales distintos con 5 operadores.
- Le analizaron buses Euro III con filtro (C/F) Euro III sin filtro(S/F), Euro V y Euro VI.



Resultados:

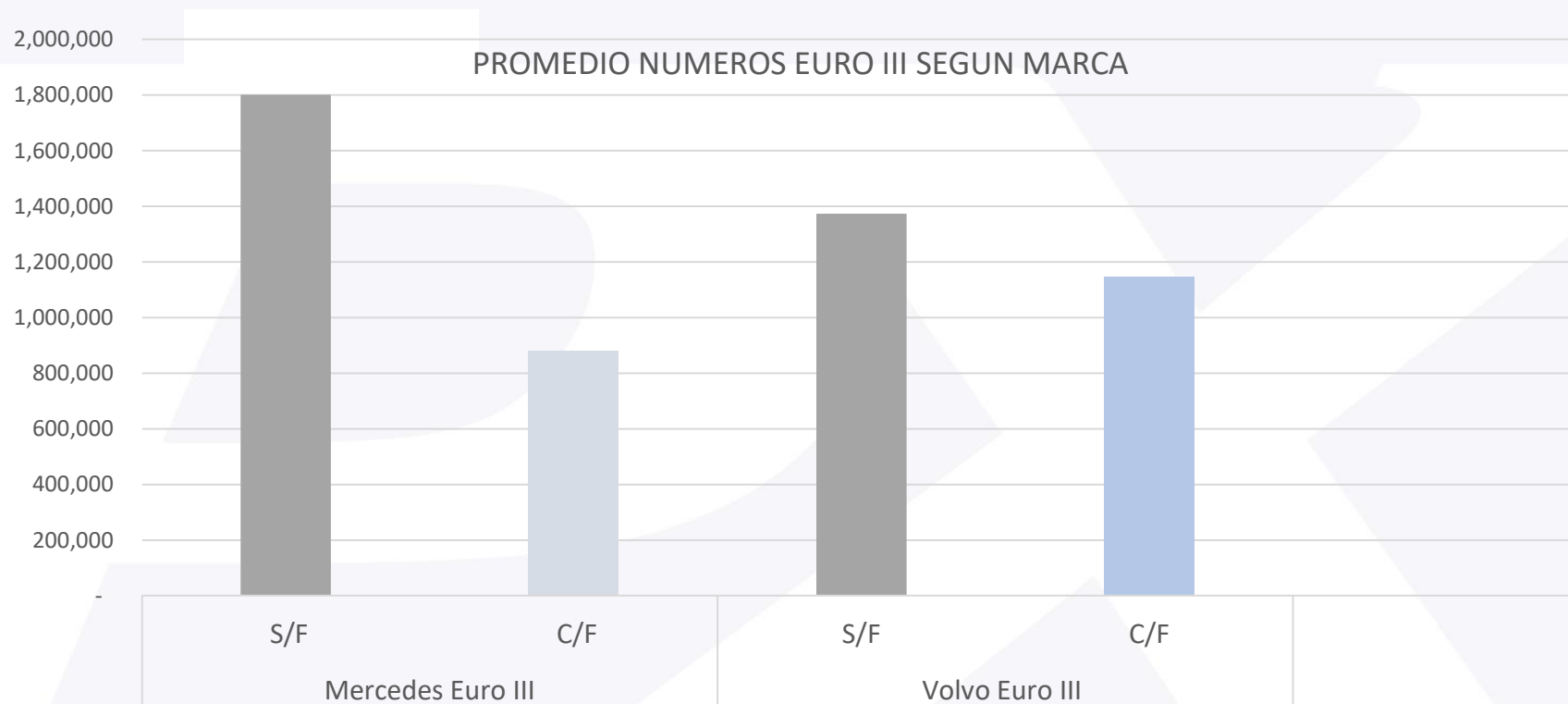
Resultados según marca: Tecnologías de emisión





Resultados:

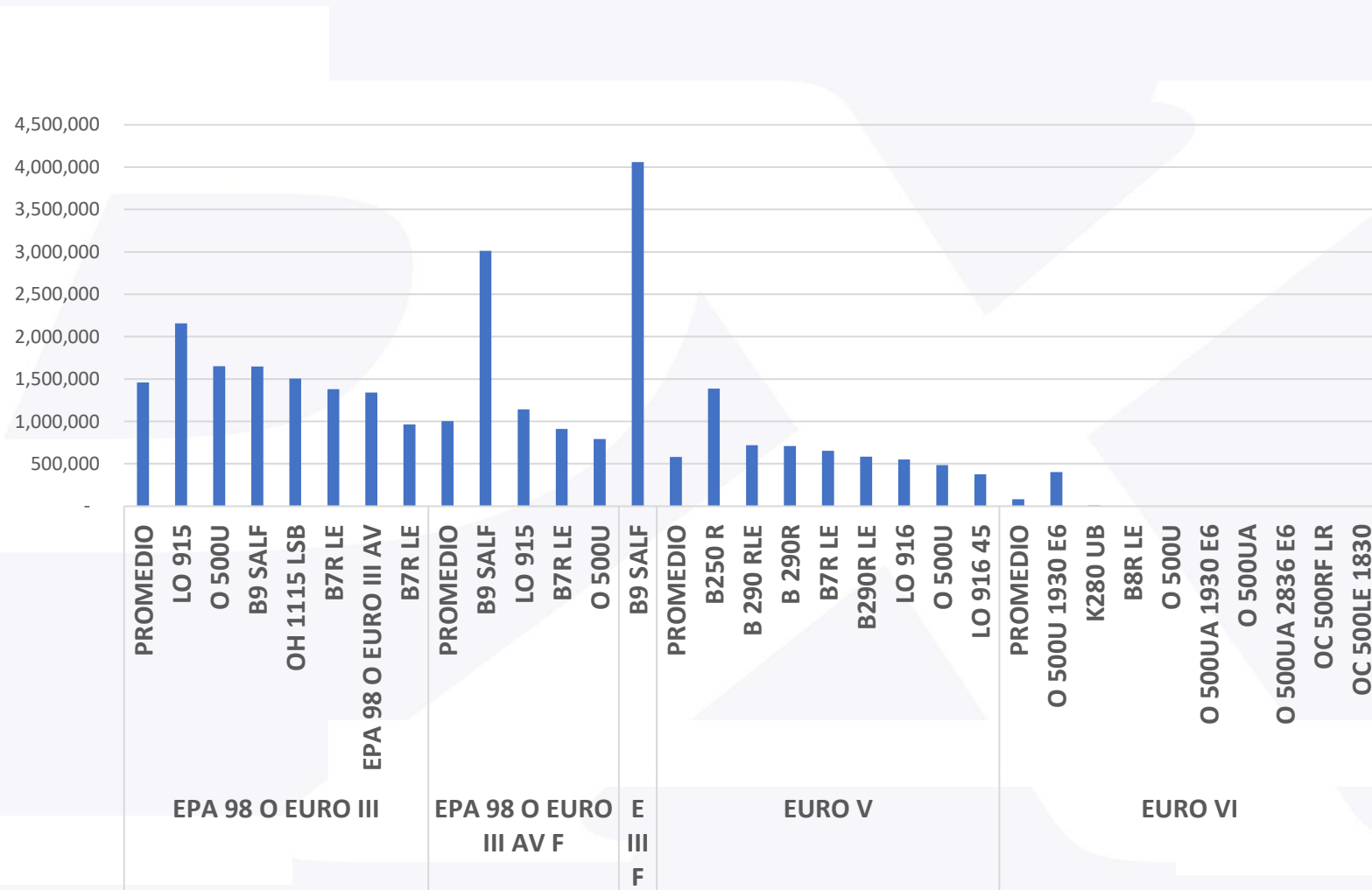
Resultados según empresa: Tecnología Euro III con y sin filtro





Resultados:

Resultados según Modelo y Tecnología





Resultados:

Resultados según empresa: Tecnología Euro VI



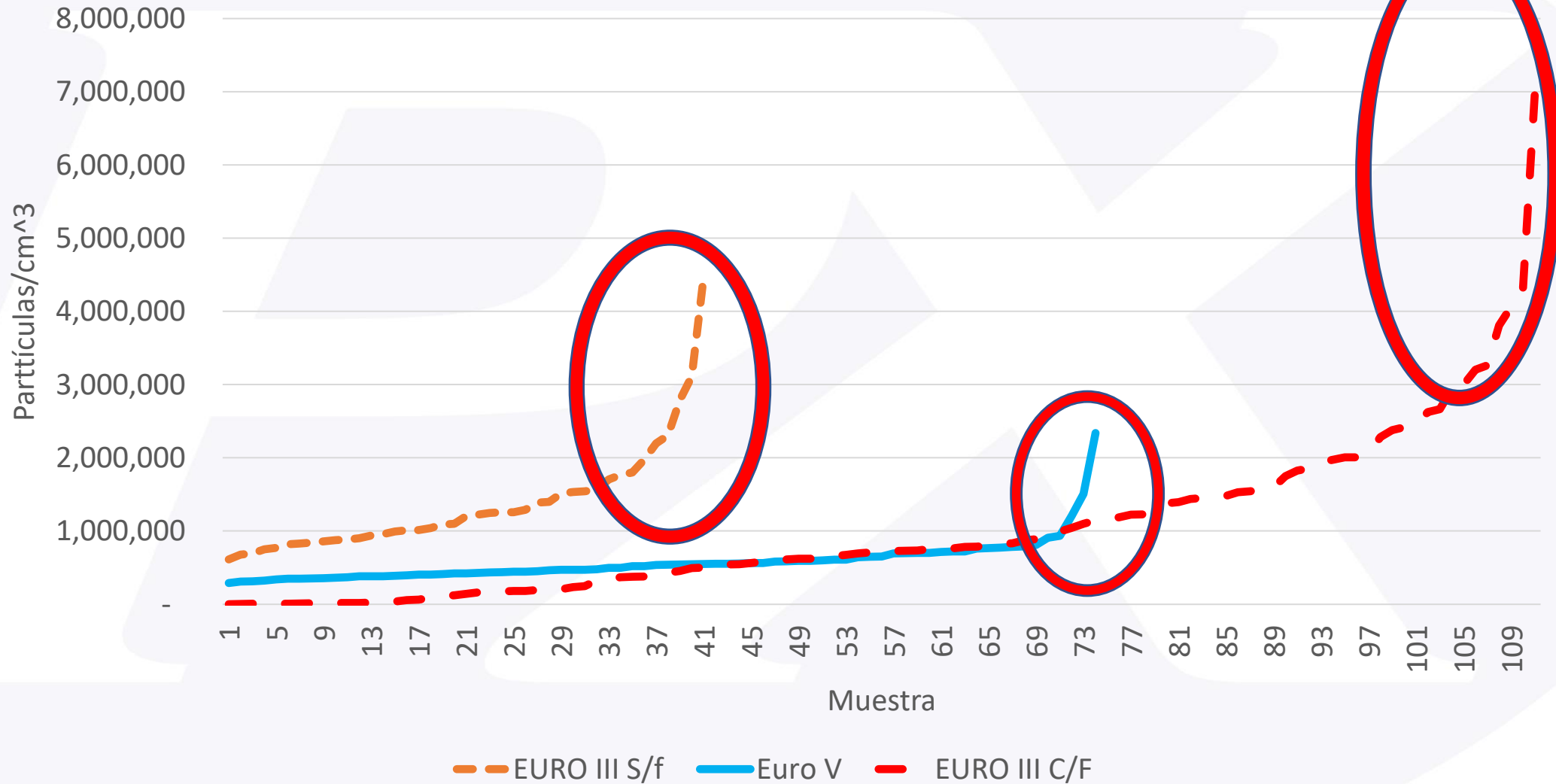
Nota*: O-500U 1930 E VI marcó sobre las 10.000.000 pp/cm³



Resultados:

Comparación general de tecnologías EURO III C/F, EURO III S/F Y EURO V

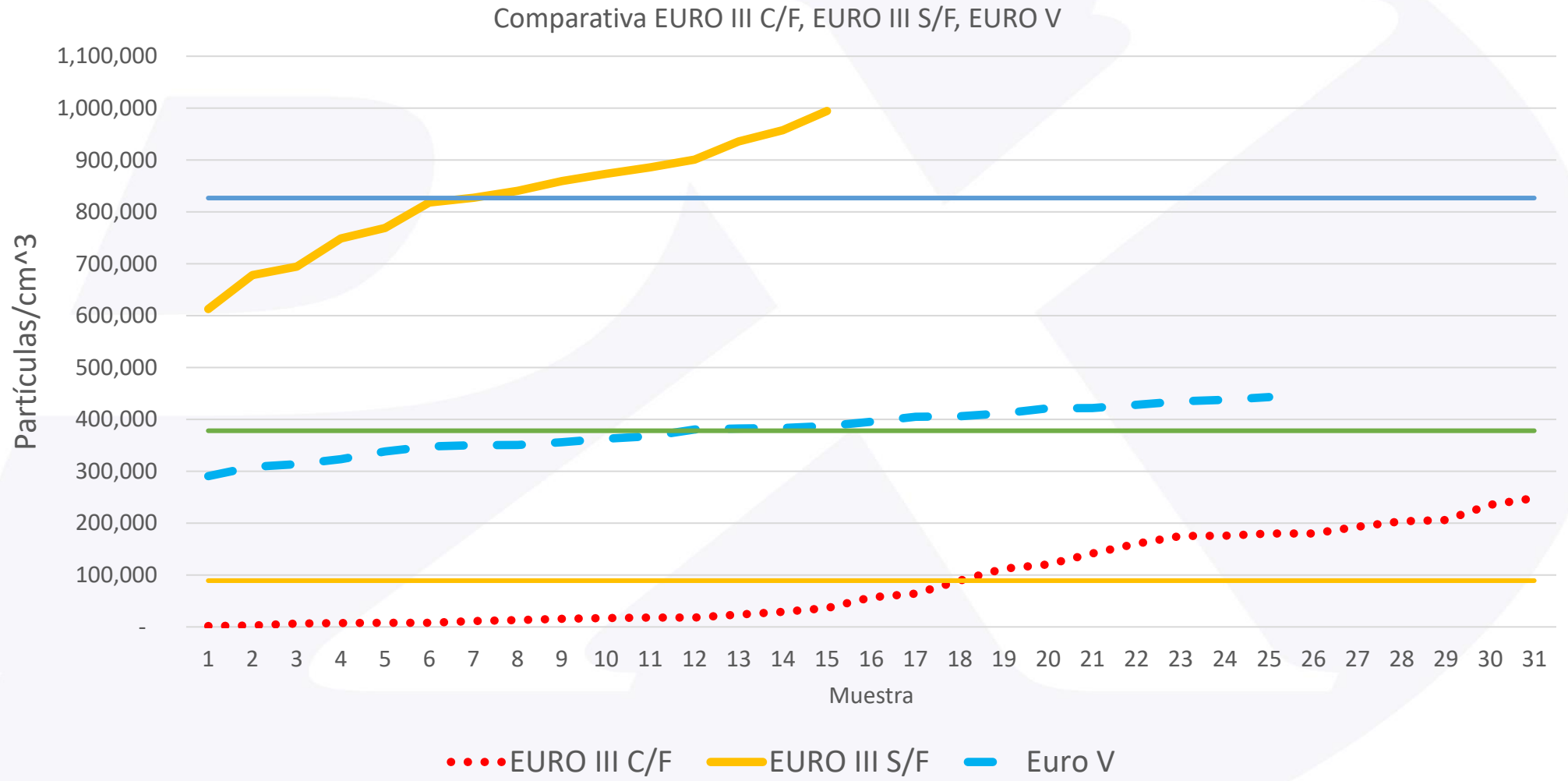
Comparativa EURO III C/F, EURO III S/F, EURO V





Resultados:

Comparación específica de tecnologías 30%: EURO III C/F, EURO III S/F, EURO V





Conclusiones

- EURO VI es la tecnología mas eficiente actualmente utilizada para disminuir las emisiones de material particulado.
- El filtro de partículas en tecnología Euro III ayuda a disminuir la cantidad de NP.
- Teniendo en cuenta filtros y buses en buen estado la tecnología EURO III C/F es un 77% mas eficiente que EURO V
- La cantidad de NP depende exclusivamente del estado del filtro de partículas.
- En base a los parámetros establecidos por Suiza de 250.000 pp/cm³ en
 - EURO VI un **99%** de la flota estaría **operativa**.
 - EURO V un **100%** de los buses medido **no estarían operativos**.
 - EURO III S/F un **100%** de la flota **no estarían operativos**.
 - EURO III C/F un **30%** de la flota estaría **operativa**.



Referencias

Federal Office for the Environment FOEN Air Pollution Control and Chemicals Division (2017). *Particulate number measurement in Switzerland*. fact sheet FOEN. Suiza, pp.1 -2.

The Federal Department of Justice and Police (2012). *Ordinance of the FDJP on Exhaust Gas Analysers (VAMV)*. SR 0.946.526.81. Suiza, pp.1- 9.

Federal Office for the Environment FOEN Air Pollution Control and Chemicals Division 1 (2020). *Construction Guideline Air*. Suiza: O195-0402 / KS, pp.1 - 3.

Zuidgeest, L. (2019). *Phased introduction of a particle test for DPFs in the Netherlands*.

Air Pollution Control and Chemicals Division (2018). *PTI by PN for Construction Machinery*. Suiza: Simone Krähenbühl, pp.1 - 21.