

INFORME PARCIAL

Enero a marzo 2017



CONVENIO DE COLABORACIÓN ENTRE O CONCELLO E A
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**“MEDIDA DOS NIVEIS DE PARTÍCULAS PM₁₀ NA
ZONA DOS CASTROS”**

Instituto Universitario de Medio Ambiente (IUMA)
Universidad de A Coruña (UDC)

AUTORES:

Han intervenido:

Dña. María del Pilar Esperón Porto. Técnica superior de FP en Química Ambiental.
Personal Técnico de Apoyo, ref. PTA2013-8375-I.
Dra. María Piñeiro Iglesias. Técnica superior en Instrumentación Analítica.
Dra. Purificación López Mahía. Catedrática de Química Analítica.
Dra. Soledad Muniategui Lorenzo. Catedrática de Química Analítica.
Dr. Darío Prada Rodríguez. Catedrático de Química Analítica.

de la

Universidade da Coruña,



AGRADECIMIENTOS:

- o La Fundación ALCOA por financiar la adquisición del muestreador de partículas DIGITEL dentro del Proyecto titulado “Levels of PM₁₀ in the City of a Coruña” entre 2005-2006.
- o Centro Meteorológico Territorial de Galicia situado en A Coruña y perteneciente al Instituto Nacional de Meteorología.
- o Personal de mantenimiento del Complejo Deportivo San Diego.

IMPORTANTE: CUALQUIER USO CIENTÍFICO O TÉCNICO DE LOS DATOS QUE AQUÍ SE REMITEN TENDRÁN QUE CITAR EXPLÍCITAMENTE LA FUENTE DE LOS MISMOS: Datos suministrados como fruto del Convenio de colaboración entre el Ayuntamiento de A Coruña y el Instituto Universitario de Medio Ambiente de la Universidade da Coruña para la medida de los niveles de partículas PM₁₀ en la zona de Os Castros (A Coruña).

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	1
METODOLOGÍA.....	1
Muestreo	1
Tratamiento de los filtros y medida gravimétrica	3
RESULTADOS.....	4
Niveles de PM ₁₀ según medida gravimétrica.....	4
Niveles de PM ₁₀ , PM _{2,5} y PM ₁ según espectrómetro láser.....	9
CONCLUSIONES.....	12
ANEXOS	
I. Gráficos de control de las condiciones de humedad y temperatura de la sala de balanzas para la pesada de los filtros con materia particulada PM ₁₀	13
II. Intercomparación del espectrómetro láser con el equipo gravimétrico de referencia.....	14
III. Gráficas de evolución horaria de los niveles de las tres fracciones granulométricas	17

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La finalidad de esta colaboración es conocer los niveles de partículas en suspensión inferior a $10\ \mu\text{m}$ (PM_{10}) presentes en el aire en la zona de Os Castros, haciendo un estudio de su evolución temporal. En este informe parcial se indican los niveles diarios, el rango y las superaciones del valor límite de partículas PM_{10} desde enero a marzo de 2017, según el convenio de colaboración entre el Ayuntamiento y la Universidade da Coruña.

La selección del punto de muestreo se realizó conjuntamente con personal del área de Medio Ambiente del Ayuntamiento de A Coruña. El punto de muestreo se sitúa en las instalaciones del Complejo Deportivo San Diego (figura 1) y no se dispone de estación meteorológica ni ningún analizador de gases contaminantes en el mismo emplazamiento.



Figura 1. Punto de muestreo (Complejo Deportivo de San Diego).

METODOLOGÍA

MUESTREO

Para la recogida de las muestras se emplea un equipo automático de alto volumen DIGITEL DHA-80¹ que cumple los requisitos de la Norma UNE-EN 12341² (figura 2) para el muestreo de PM_{10} . El caudal de aspiración durante el muestreo ha sido de $30\ \text{m}^3/\text{h}$. El funcionamiento del equipo es el siguiente: el aire penetra por el cabezal de corte (PM_{10}) por efecto de la aspiración de una bomba, y atraviesa el filtro para ser finalmente expulsado por el extremo opuesto del equipo. Las partículas de diámetro seleccionado son retenidas sobre el filtro. El equipo cuenta con un sensor para la medida del caudal de aspiración y un programador para el control de tiempo de muestreo. Además dispone de

¹ Equipo adquirido gracias a un Proyecto financiado por la Fundación ALCOA titulado “*Levels of PM_{10} in the City of a Coruña*” entre 2005-2006.

² Anexo B de la Norma UNE-EN 12341:2015. Aire ambiente. Método de medición gravimétrico normalizado para la determinación de la concentración másica PM_{10} o $\text{PM}_{2,5}$ de la materia particulada en suspensión.

un cambio automático de filtros con una autonomía para 15 filtros. El tiempo de muestreo es de 24 horas, desde las 0 hasta las 24 horas (UTC). Aunque el muestreo es diario, las muestras se recogen quincenalmente y se comprueba que los equipos de muestreo funcionan correctamente.



Figura 2. Fotografías (exterior e interior) del equipo de muestreo DIGITEL DHA-80.

En el punto de muestreo se dispone además de un espectrómetro láser GRIMM 1107 (figura 3). El monitor láser GRIMM 1107 permite medir en modo continuo los niveles de PM_{10} , $PM_{2,5}$ (partículas de diámetro $<2,5 \mu m$) y PM_1 (partículas de diámetro $<1 \mu m$). Este equipo realiza medidas del número de partículas en función del diámetro por medio de la dispersión del haz de un láser. Las partículas penetran en el equipo y generan señales a diferentes longitudes de onda en función de su diámetro, que son registradas por el detector. El número de cuentas por cada fracción granulométrica es después convertido a masa por medio de un algoritmo y finalmente expresado en $\mu g/m^3$ de PM_{10} , $PM_{2,5}$ y PM_1 . Así, al conocer la distribución de las tres fracciones granulométricas del material particulado en suspensión en el aire se puede establecer la contribución de cada una al total de PM_{10} .

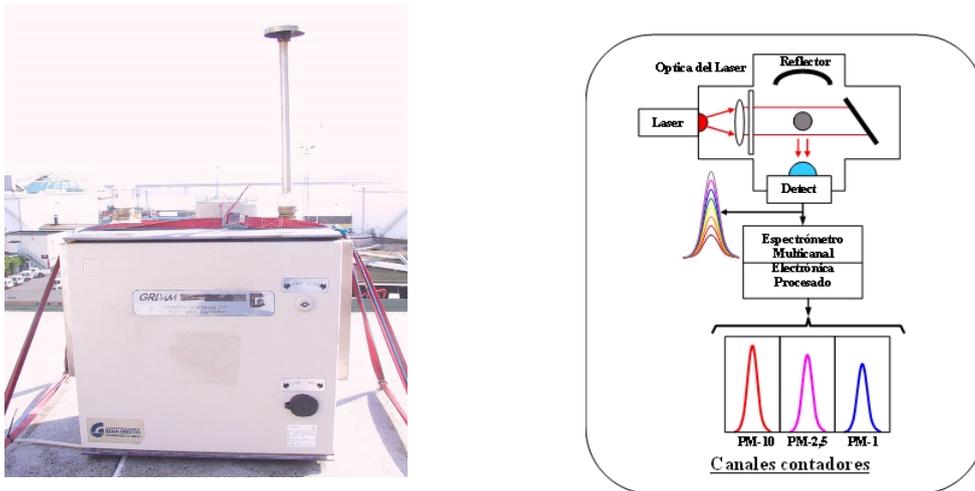


Figura 3. Fotografía y esquema de funcionamiento (cortesía de SIR S.A) del espectrómetro láser GRIMM 1107.

TRATAMIENTO DE LOS FILTROS Y MEDIDA GRAVIMÉTRICA

Desde el 12/07/2013 el Instituto Universitario de Medio Ambiente está acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) para la realización de ensayos medioambientales: toma de muestra y determinación de PM_{10} . El alcance de la acreditación puede consultarse en el Anexo Técnico vigente en la página web de ENAC (<http://www.enac.es/documents/7020/a5c00c5d-9b05-4e37-8f46-a984c01be353>).

Para el muestreo se han empleado filtros de fibra de cuarzo Munktell MK360 de 150 mm de diámetro. Los filtros se manejan con pinzas de teflón y antes de su uso se comprueba, visualmente y empleando una lámpara de luz visible que no presentan defecto alguno, tales como orificios o pérdidas de material que ocasionarían errores en la recolección de la muestra.

Los filtros en blanco y los filtros con muestra PM_{10} se acondicionan, como mínimo 5 días, antes de la pesada en una sala de balanzas acondicionada a $20 \pm 1^\circ C$ de temperatura y entre 45% y 50% de humedad relativa². La balanza utilizada para la pesada se encuentra instalada en dicha sala y en cada sesión de pesada se comprueban las condiciones de la sala y se documentan (ver Anexo I, página 13).

El tratamiento de los filtros se realizó según la norma relativa a la medida de PM_{10} o $PM_{2.5}$ ³, método de referencia según el Real Decreto 39/2017, de 27 de enero 2017. Al inicio de cada sesión de pesada se verifica el correcto funcionamiento de la balanza con pesas de referencia de masas similares a los filtros, concretamente con la de 0,5 y 1 g. Además, en el cuarto de balanzas se mantienen filtros blancos de referencia iguales a los que se

³ Norma UNE-EN 12341:2015 Aire ambiente. Método de medición gravimétrico normalizado para la determinación de la concentración máscica PM_{10} o $PM_{2.5}$ de la materia particulada en suspensión.

usan en el muestreo y su peso se registra en cada sesión de pesada. Si las masas de los filtros blancos de referencia han cambiado menos de 500 μg desde la última sesión de pesada, su masa media se registra y se procede a la pesada de los filtros con la muestra. En caso contrario, no se pesan filtros con las muestras, hasta que la diferencia de pesada de los filtros blancos de referencia sea menor de los 500 μg .

Los filtros que se usan en el muestreo se pesan dos veces con un intervalo de al menos 12 h, para confirmar que el peso del filtro es estable. Posteriormente se toma la media de las dos medidas como peso del filtro en blanco. Después del muestreo los filtros, con materia particulada PM_{10} , se mantienen en la sala de balanzas durante un mínimo de 48 h antes de la primera pesada y después en un intervalo mínimo de 24 h se realiza una segunda pesada. La masa del filtro PM_{10} se toma como la media de las dos pesadas.

A continuación se crea una base de datos con los valores de PM_{10} referidos al volumen de muestreo ($\mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$). Los datos obtenidos se redondean a un número entero y en hora UTC (Tiempo Universal Coordinado), antes de su almacenamiento en la base de datos. La hora local sería la hora UTC+1h (desde el último domingo de octubre hasta el último domingo de marzo) y UTC+2h (desde el último domingo de marzo hasta el último domingo de octubre).

RESULTADOS

Niveles de PM_{10} según medida gravimétrica

Según el Real Decreto 102/2011⁴ el valor límite diario de PM_{10} para la protección de la salud humana (valor promedio de 24 horas) es de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que no se podrá superar en más de 35 ocasiones por año.

En las tablas 1, 2 y 3 se muestran los valores promedio 24 horas de PM_{10} , con la incertidumbre asociada, correspondientes al primer trimestre del año 2017. El promedio diario de los niveles de PM_{10} en este período de muestreo es de 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, idéntico al registrado para el primer trimestre e inferior a los 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del último trimestre del año pasado, respectivamente.

⁴Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire

Tabla 1. Niveles medios diarios de PM₁₀ e incertidumbre asociada, expresados en µg/m³, durante el mes de enero de 2017.

ENERO 2017	PM₁₀ (µg/m³)	Incertidumbre (µg/m³)	ENERO 2017	PM₁₀ (µg/m³)	Incertidumbre (µg/m³)
Domingo 1	35	1	Martes 17	8	1
Lunes 2	18	1	Miércoles 18	13	1
Martes 3	19	1	Jueves 19	18	1
Miércoles 4	22	1	Viernes 20	24	1
Jueves 5	22	1	Sábado 21	32	1
Viernes 6	20	1	Domingo 22	25	1
Sábado 7	22	1	Lunes 23	22	1
Domingo 8	30	1	Martes 24	31	1
Lunes 9	30	1	Miércoles 25	33	1
Martes 10	16	1	Jueves 26	18	1
Miércoles 11	24	1	Viernes 27	10	1
Jueves 12	18	1	Sábado 28	12	1
Viernes 13	22	1	Domingo 29	8	1
Sábado 14	16	1	Lunes 30	6	1
Domingo 15	13	1	Martes 31	12	1
Lunes 16	11	1			

Tabla 2. Niveles medios diarios de PM₁₀ e incertidumbre asociada, expresados en µg/m³, durante el mes de febrero de 2017.

FEBRERO 2017	PM₁₀ (µg/m³)	Incertidumbre (µg/m³)	FEBRERO 2017	PM₁₀ (µg/m³)	Incertidumbre (µg/m³)
Miércoles 1	9	1	Miércoles 15	21	1
Jueves 2	17	1	Jueves 16	23	1
Viernes 3	18	1	Viernes 17	24	1
Sábado 4	17	1	Sábado 18	19	1
Domingo 5	20	1	Domingo 19	19	1
Lunes 6	13	1	Lunes 20	17	1
Martes 7	23	1	Martes 21	13	1
Miércoles 8	28	1	Miércoles 22	24	1
Jueves 9	16	1	Jueves 23	13	1
Viernes 10	10	1	Viernes 24	23	1
Sábado 11	19	1	Sábado 25	20	1
Domingo 12	12	1	Domingo 26	6	1
Lunes 13	12	1	Lunes 27	13	1
Martes 14	8	1	Martes 28	22	1

Tabla 3. Niveles medios diarios de PM₁₀ e incertidumbre asociada, expresados en µg/m³, durante el mes de marzo de 2017.

MARZO 2017	PM₁₀ (µg/m³)	Incertidumbre (µg/m³)	MARZO 2017	PM₁₀ (µg/m³)	Incertidumbre (µg/m³)
Miércoles 1	5	1	Viernes 17	25	2
Jueves 2	6	1	Sábado 18	25	2
Viernes 3	9	1	Domingo 19	17	1
Sábado 4	11	1	Lunes 20	11	1
Domingo 5	19	1	Martes 21	12	1
Lunes 6	34	1	Miércoles 22	12	1
Martes 7	18	1	Jueves 23	13	1
Miércoles 8	13	1	Viernes 24	10	1
Jueves 9	26	1	Sábado 25	20	1
Viernes 10	27	1	Domingo 26	10	1
Sábado 11	20	1	Lunes 27	15	1
Domingo 12	24	1	Martes 28	18	1
Lunes 13	23	1	Miércoles 29	16	1
Martes 14	20	1	Jueves 30	15	1
Miércoles 15	29	1	Viernes 31	17	1
Jueves 16	30	1			

El porcentaje de muestras válidas en este trimestre es del 100%.

De todas las muestras validadas en este período, ninguna supera el valor límite diario de 50 µg/m³ de PM₁₀ ni el valor de 35 µg/m³ (UES)⁵ y finalmente un total de 10 muestras superan el valor de 25 µg/m³ (UEI)⁶ lo que supone un 11,1% del total del trimestre.

A continuación, en la figura 4, se expresan los resultados en forma de gráfica donde se pueden ver la evolución diaria de los niveles de PM₁₀. Los niveles más altos de PM₁₀ se producen durante el mes de enero, con un promedio de 20 µg/m³, seguido de marzo y febrero con 18 y 17 µg/m³, respectivamente.

⁵ *Umbral superior de evaluación:* nivel por debajo del cual puede utilizarse una combinación de medidas fijas y técnicas de modelización y/o mediciones indicativas para evaluar la calidad del aire ambiente. Si se superan los umbrales la medición fija será obligatoria (Real Decreto 102/2011).

⁶ *Umbral inferior de evaluación:* nivel por debajo del cual bastan las técnicas de modelización o de estimación objetivas para evaluar la calidad del aire ambiente (Real Decreto 102/2011).

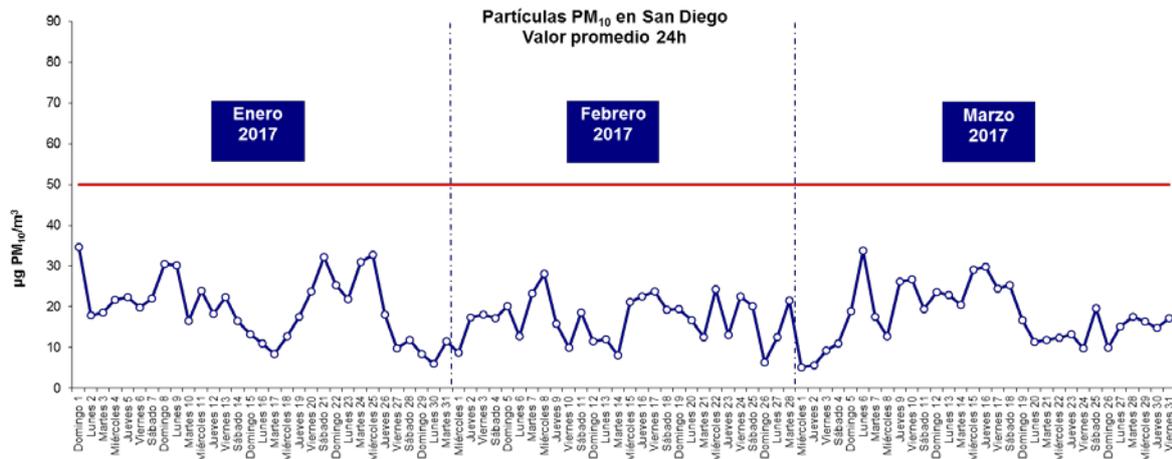


Figura 4. Evolución del promedio 24 horas de los niveles de partículas PM_{10} durante el primer trimestre de 2017.

Como se puede observar en la figura 5 los valores en el trimestre son similares, ligeramente con valores diarios más altos en el mes de enero y marzo y con menos variación en el mes de febrero.

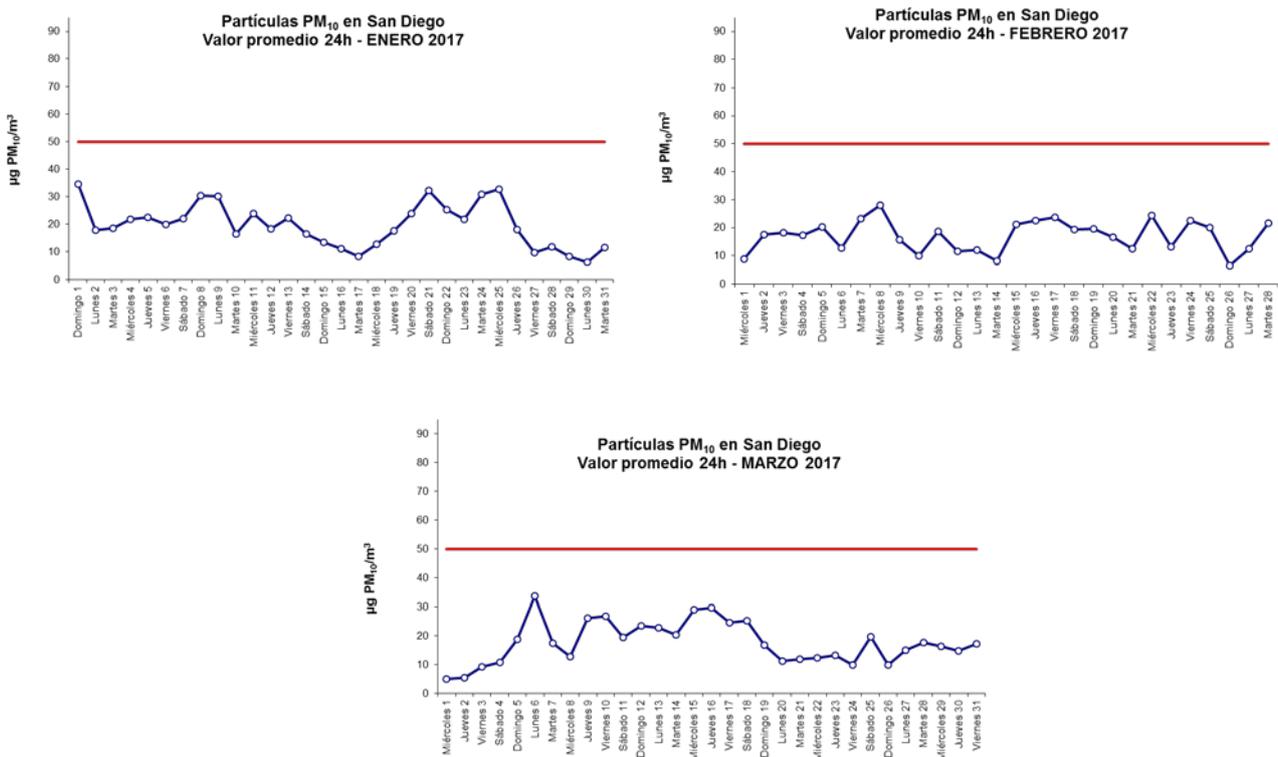


Figura 5. Evolución del promedio diario de los niveles de partículas PM_{10} por mes de muestreo durante el primer trimestre de 2017.

Los niveles medios mensuales de PM₁₀ son de 20, 17 y 18 µg/m³ para los meses de enero, febrero y marzo, respectivamente. En los meses de enero y marzo se producen los máximos de 35 y 34 µg/m³ y los mínimos de 6 y 5 µg/m³ respectivamente (figura 6).

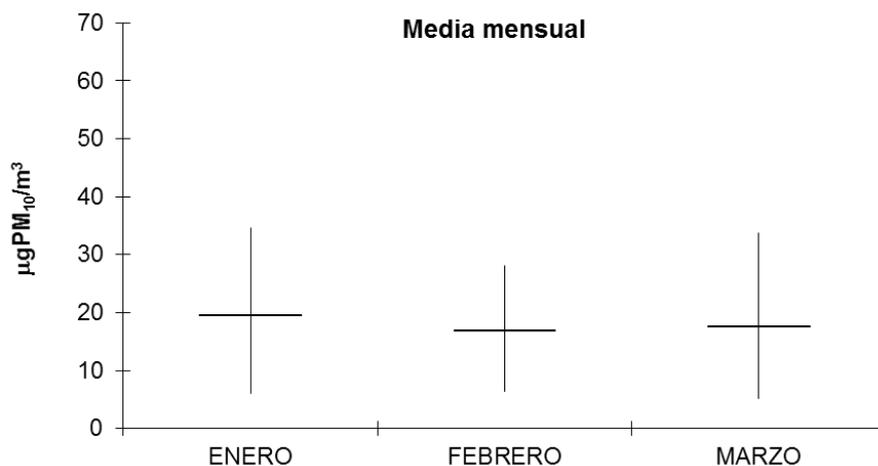


Figura 6. Valores medios, máximos y mínimos mensuales de PM₁₀.

Se ha realizado una representación gráfica para observar la influencia de la precipitación para cada uno de los días de muestreo (figura 7). Los datos de precipitación han sido obtenidos de la estación de inmisión situada en el Castrillón y perteneciente al Ayuntamiento de A Coruña. Las lluvias se han producido a lo largo de febrero y marzo, observando valores más altos de partículas durante los períodos de escasa precipitación, especialmente durante todo el mes de marzo.

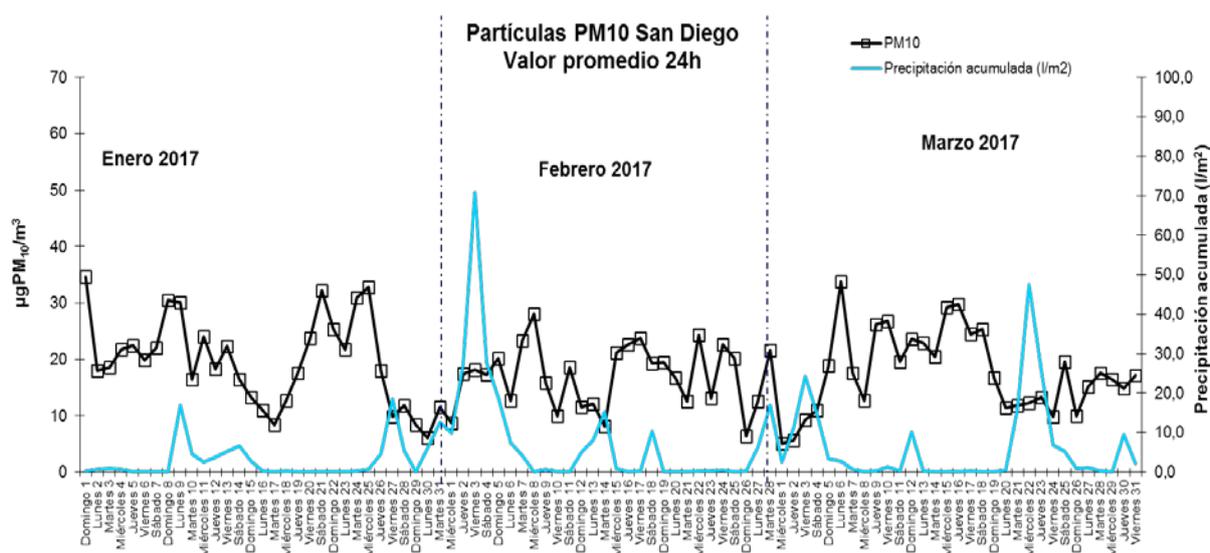


Figura 7. Influencia de la precipitación diaria en el promedio diario de partículas PM₁₀.

Para evaluar la influencia de la precipitación en los niveles de materia particulada PM_{10} se ha representado el sumatorio de la precipitación acumulada en un mes frente a la media mensual de los niveles de PM_{10} (figura 8), observando la relación entre precipitación y los niveles de partículas.

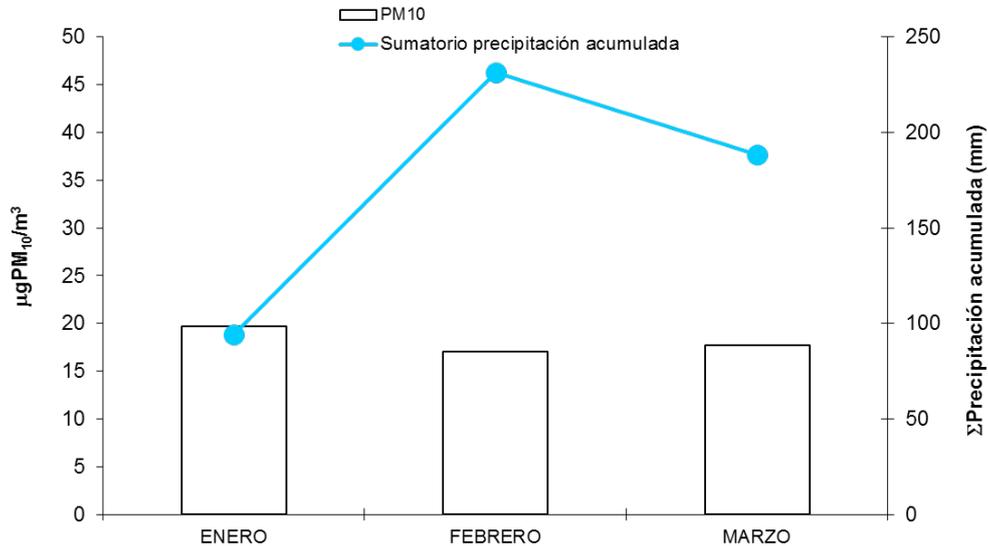


Figura 8. Niveles promedio mensuales de PM_{10} y de sumatorio de precipitación acumulada durante el primer trimestre de 2017.

Niveles de PM_{10} , $PM_{2,5}$ y PM_1 según espectrómetro láser

La evolución de la media diaria de las tres fracciones granulométricas se observa en la figura 9, en la que se representan los datos obtenidos directamente del equipo. La intercomparación de este equipo con el equipo gravimétrico de referencia se presenta en el anexo II, página 14.

La granulometría del material particulado a su vez depende de la naturaleza de los focos emisores. Las ratios de las medias calculadas durante los tres meses son de 0,86; 0,57 y 0,67 para $PM_{2,5}/PM_{10}$; PM_1/PM_{10} y $PM_1/PM_{2,5}$, respectivamente. Es decir, aproximadamente un 86% de la fracción de PM_{10} está formada por $PM_{2,5}$ y un 57% se debe a PM_1 y alrededor del 67% del $PM_{2,5}$ está constituido por PM_1 .

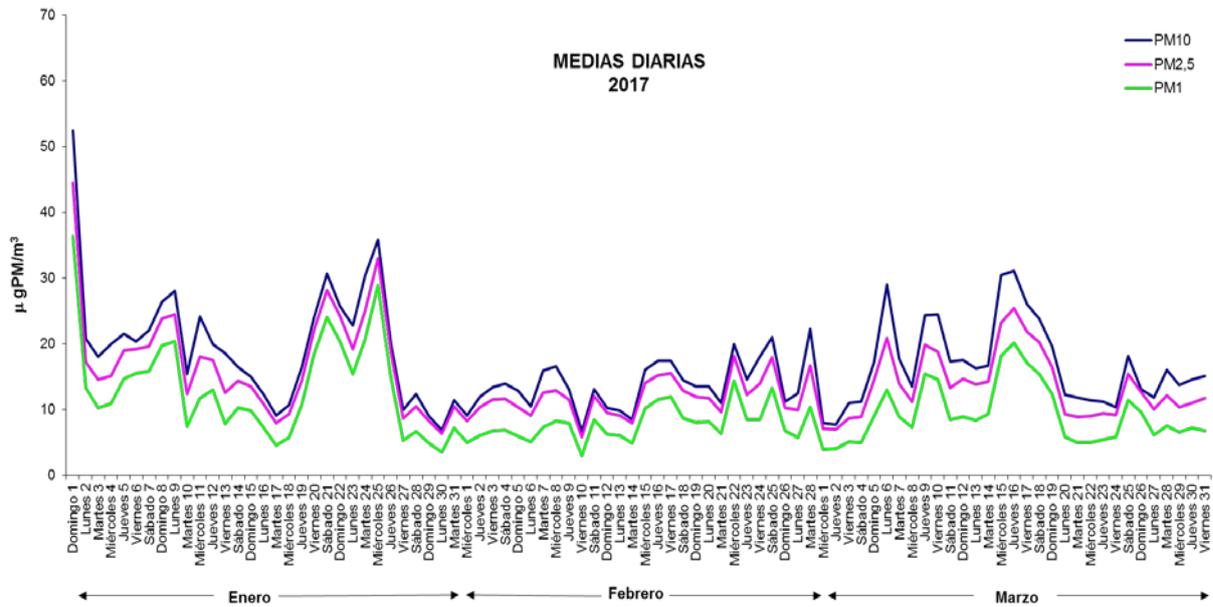
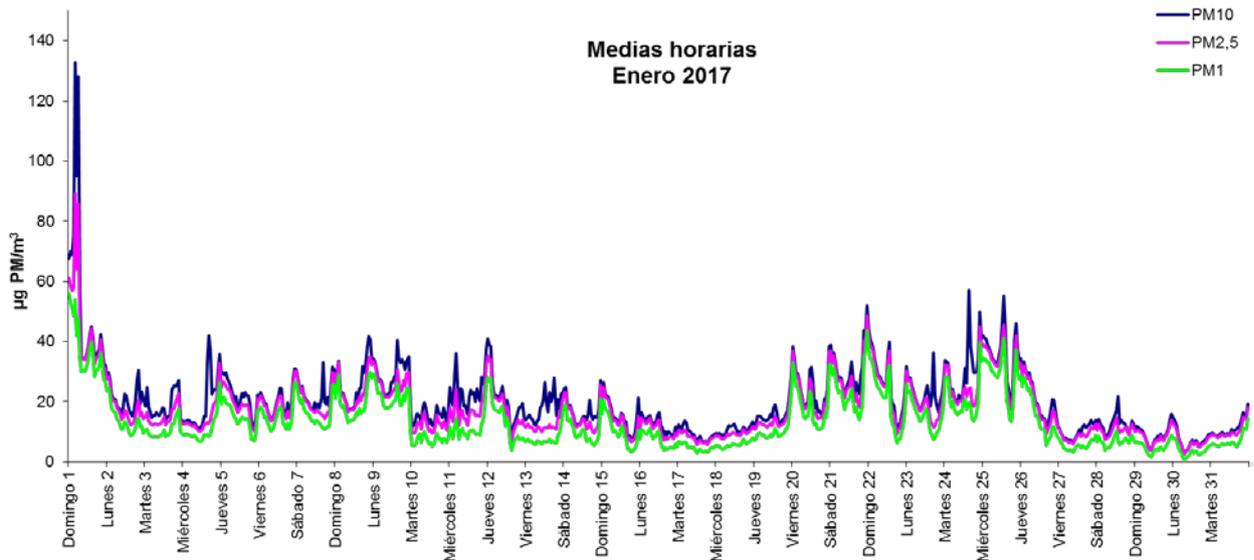


Figura 9. Evolución de la media diaria de material particulado (PM₁₀, PM_{2,5} y PM₁) durante los meses de enero, febrero y marzo de 2017.

Para poder establecer un patrón en cuanto a la variación de la granulometría a lo largo del día se ha obtenido la gráfica que se muestra en la figura 10. En la cual se pueden observar cuál es la franja horaria en la que se producen los máximos o mínimos de los niveles de partículas y cuáles son las diferencias entre las tres fracciones granulométricas en función de la hora del día.



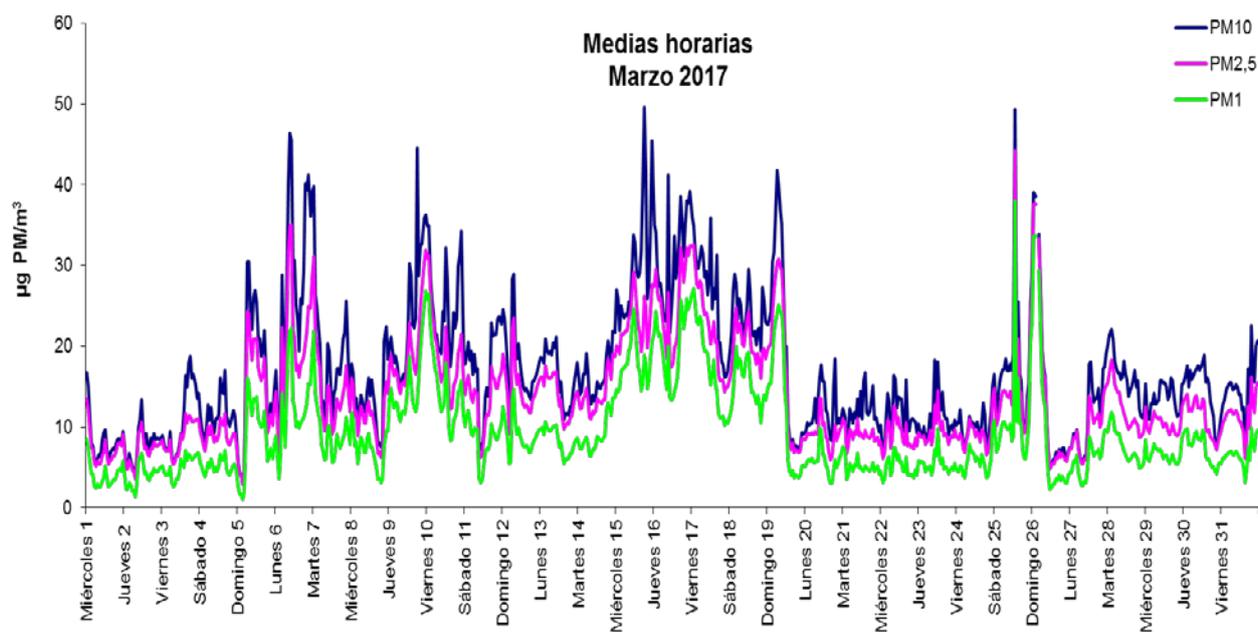
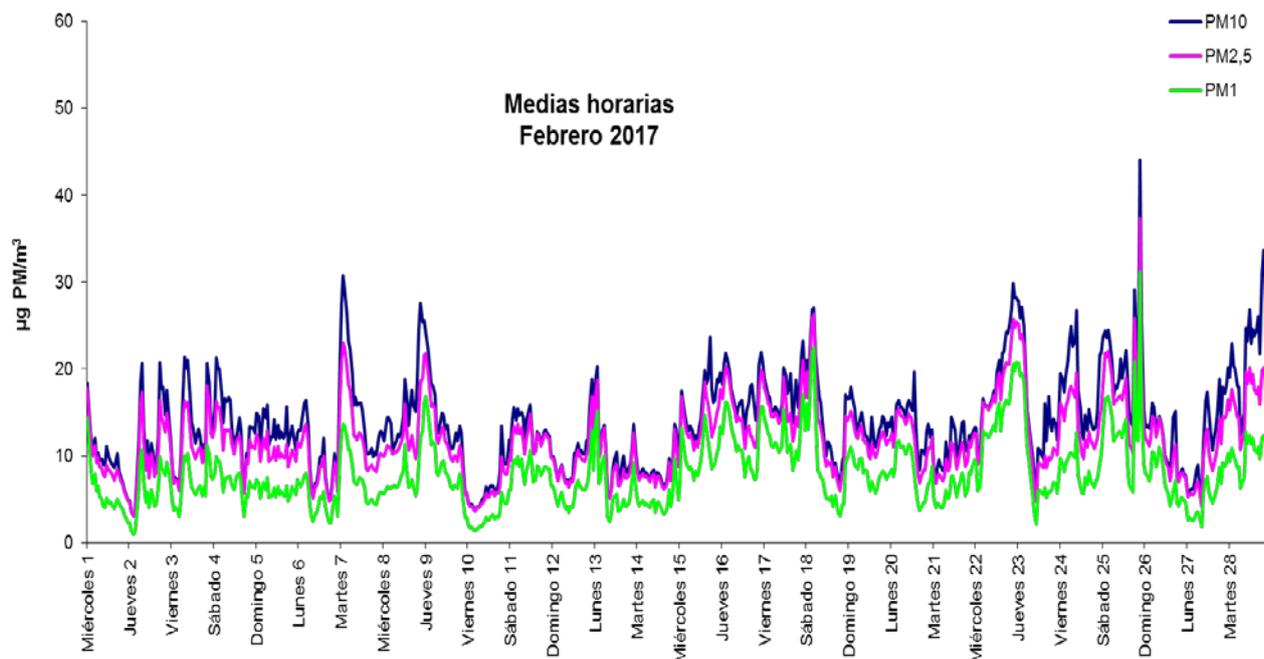


Figura 10. Evolución de la media horaria de material particulado (PM_{10} , $PM_{2,5}$ y PM_1) durante los meses de enero, febrero y marzo de 2017.

CONCLUSIONES

- El nivel medio diario de PM₁₀ registrado en el punto de muestreo desde el 1 de enero hasta el 31 de marzo de 2017 es de 18 µg/m³ sin superación alguna del valor límite diario de 50 µg/m³.
- Los valores medios mensuales son de 20, 17 y 18 µg/m³ para los meses de enero, febrero y marzo, respectivamente.
- Los niveles más altos de PM₁₀ (máximos 35 y 34 µg/m³) se producen en los meses de enero y marzo coincidiendo con períodos de menor precipitación.
- En este trimestre no se ha superado el UES (35 µg/m³) mientras que el UEI (25 µg/m³) se supera en 10 ocasiones (5, 0 y 5 veces) en enero, febrero y marzo respectivamente.
- En el estudio de la intercomparación la ecuación de calibración que se debería aplicar al monitor GRIMM es:
$$[\text{PM}_{10} \text{ gravimétrico}] = +3,810 + 0,866 \times [\text{PM}_{10} \text{ automático (GRIMM)}]$$
- La distribución granulométrica calculada se caracteriza por relaciones PM_{2,5}/PM₁₀=0,86; PM₁/PM₁₀=0,57 y PM₁/PM_{2,5}=0,67. Valores similares a los obtenidos durante el año 2016.

ANEXO I. GRÁFICOS DE CONTROL DE LAS CONDICIONES DE HUMEDAD Y TEMPERATURA DE LA SALA DE BALANZAS PARA LA PESADA DE LOS FILTROS CON MATERIA PARTICULADA PM₁₀

Siguiendo los requisitos de la Norma UNE-EN 12341:2015, los filtros de fibra de cuarzo se acondicionan durante 5 días antes de la pesada y previamente al muestreo, a una temperatura de 20 ± 1 °C y entre 45% y 50% humedad relativa. En las figuras 11 y 12 se indican los registros tanto de humedad relativa como de temperatura de la sala de balanzas.

En los días en que la sala no estaba acondicionada (figura 12) no se realizaron medidas gravimétricas.

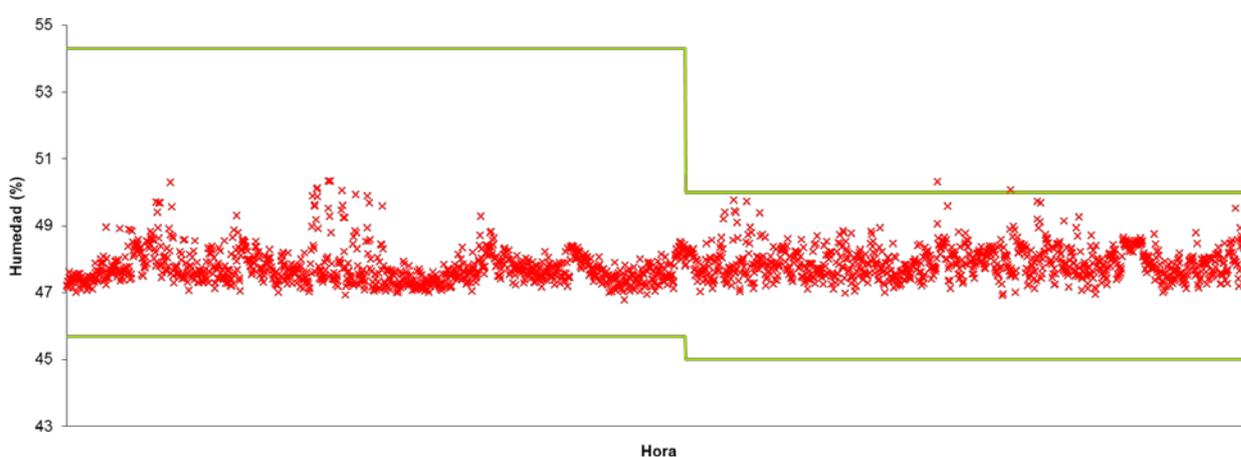


Figura 11. Carta de control del % de humedad relativa en la sala de balanzas.

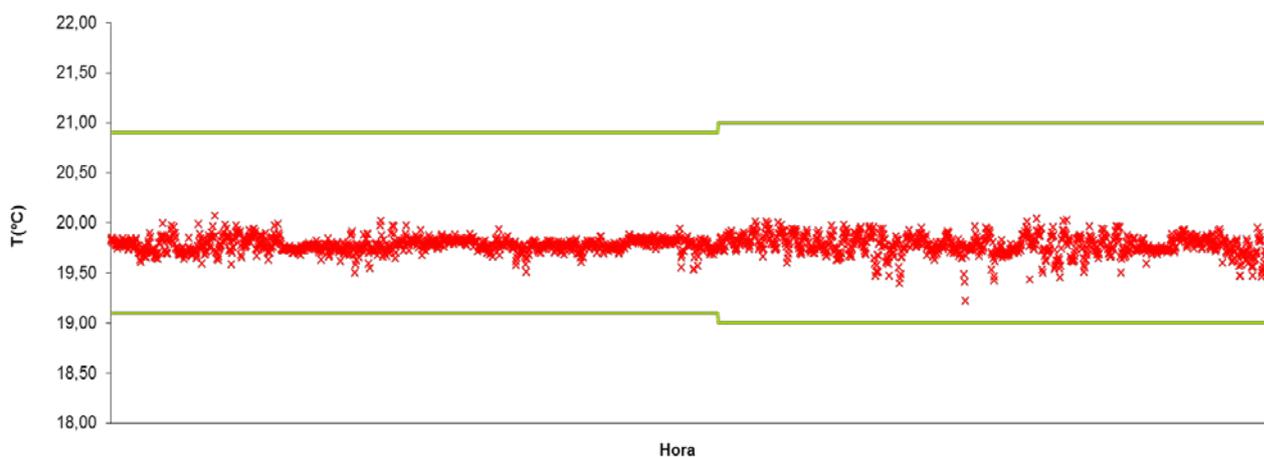


Figura 12. Carta de control de la temperatura (°C) en la sala de balanzas.

ANEXO II. INTERCOMPARACIÓN DEL ESPECTRÓMETRO LÁSER CON EL EQUIPO GRAVIMÉTRICO DE REFERENCIA

Teniendo en cuenta la “Guía para la demostración de la equivalencia de los métodos de monitorización del aire ambiente” publicada en el 2010 y la Norma UNE-CEN/TS 16450 EX “Sistemas automáticos de medida de la concentración de materia particulada (PM₁₀; PM_{2,5})” publicada el pasado marzo de 2014, se evaluará la equivalencia del sistema automático de medida para la medición de la concentración de materia particulada (método candidato, MC) con el método gravimétrico (método de referencia, MR). Se intercomparan dichos sistemas para establecer factores o ecuaciones que permitan calibrar los resultados de los sistemas automáticos de medida y que proporcionen, de este modo, datos que cumplan con los objetivos de calidad establecidos en las Directivas relativas a la calidad del aire. El término “corrección” se ha utilizado históricamente, pero es reemplazado en este contexto por el término “calibración” para la demostración de la equivalencia de los métodos candidatos para el monitoreo de la materia particulada.

Los requisitos para llevar a cabo el test de equivalencia propuesto son que como mínimo existan 40 pares de datos válidos y promediados en periodos de 24 horas. En principio, los pares de datos solamente se pueden quitar si hay razones técnicas para ello. No obstante, cuando se aplica el método de referencia pueden aparecer errores debido a la manipulación de los filtros. Por lo tanto, además, está permitido quitar hasta el 2,5% de los pares de datos considerados atípicos siempre y cuando existan al menos 40 pares de datos válidos para la comparación. Además, del total de datos completos, al menos el 20% de los resultados obtenidos usando el método de referencia debería ser mayor que el umbral de evaluación superior del límite anual (35 µg/m³). Por último, lo ideal sería disponer de datos en más de un emplazamiento pero en este caso se aplican igual como aproximación.

A pesar de que en este trimestre ningún resultado supera el UES, se introducen los pares de datos en el macro Excel disponible en la web de la Comisión Europea <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/assessment.htm>, que se puede descargar desde el link “*Test the equivalence*” en la sección “*Equivalence*”. Los resultados se presentan a continuación en la figura 13 y en la Tabla 4.

El test de equivalencia fue aplicado con referencia al valor límite (VL) de 50 µg/m³, a una incertidumbre establecida del método de referencia de 0,67 µg/m³ y al nivel de confianza del 97,5%.

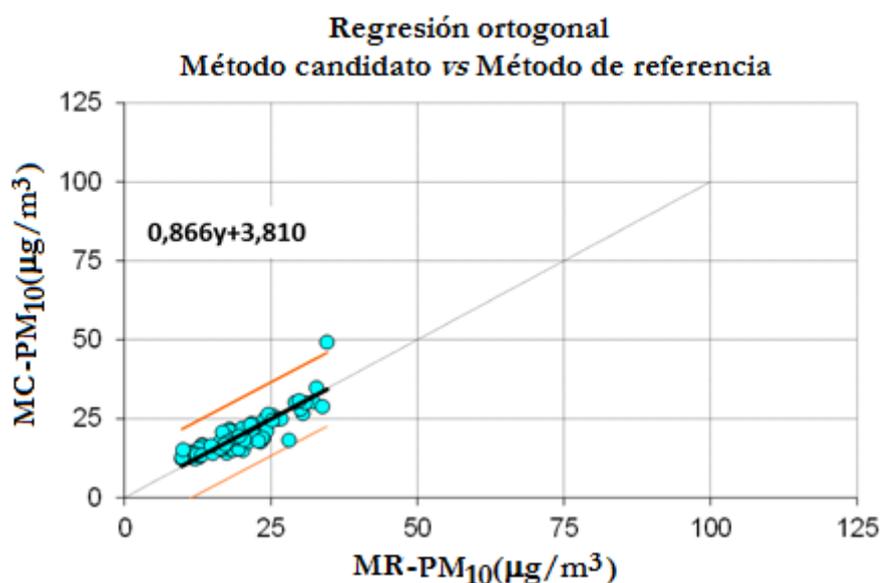


Figura 13. Demostración de la equivalencia entre el equipo automático (candidato) y el equipo gravimétrico (referencia) en el punto de muestreo.

Tabla 4. Resultados test de equivalencia.

DATOS BRUTOS			RESULTADOS DESPUÉS DE LA CALIBRACIÓN		
Regresión	0,866y +3,810		N (primavera)	28	n
Regresión (i=0)	1,053y		N (verano)	0	n
N	80	n	N (otoño)	0	n
			N (invierno)	52	n
Atípicos	2	n	Atípicos	1	%
Atípicos	3%	%	Atípicos	1%	%
Media MC	18,1	µg/m³	Media MC	19,5	µg/m³
Media MR	19,5	µg/m³	Media MR	19,5	µg/m³
Número de MR > 0.5LV	14	n	Número de MR > 0.5LV	11	n
Número de MR > LV	0	n	Número de MR > LV	0	n
RESULTADOS REGRASIÓN (DATOS BRUTOS)			RESULTADOS REGRASIÓN (CALIBRADO)		
Pendiente b	1,155	significativa	Pendiente b	0,978	
Incertidumbre de b	0,064		Incertidumbre de b	0,056	
Ordenada en el origen a	-4,401	significativa	Ordenada en el origen a	0,428	
Incertidumbre de a	1,315		Incertidumbre de a	1,138	
r ²	0,750		r ²	0,750	
Pendiente forzada pasar por origen	0,949	significativa			
Incertidumbre de b (forzada)	0,0195				
TEST DE EQUIVALENCIA (DATOS BRUTOS)			TEST DE EQUIVALENCIA (CALIBRADO)		
Incertidumbre de calibración	3,47	µg/m³	Calibración	0,866y +3,810	
Incertidumbre calibración(forzada)	0,97	µg/m³	u(calibración)	3,47	µg/m³
Término aleatorio	3,68	µg/m³	Término aleatorio	4,67	µg/m³
Incertidumbre adicional (opcional)	0,00	µg/m³	Incertidumbre adicional (opcional)	0,00	µg/m³
Sesgo al valor límite	3,35	µg/m³	Sesgo al valor límite	-0,67	µg/m³
Incertidumbre combinada	4,98	µg/m³	Incertidumbre combinada	4,72	µg/m³
Incertidumbre relativa expandida	19,9%	pasa	Incertidumbre relativa expandida	18,9%	pasa
Incertidumbre del MR	0,67	µg/m³	Incertidumbre del MR	0,67	µg/m³
Valor límite	50	µg/m³	Valor límite	50	µg/m³

Para cada conjunto de datos, se deberían aplicar los siguientes criterios para aceptar la función de calibración:

- La pendiente b no difiere significativamente de 1: $|b-1| \leq 2u_b$
- El término independiente a no difiere significativamente de 0: $|a| \leq 2u_a$

Como tanto la pendiente b y el término independiente a son significativamente distintos de 1 y 0, respectivamente, se aplica la calibración. Se obtiene un resultado satisfactorio de ($U_{\text{relativa expandida}}=18,9\% < U_{\text{max}}=25\%$). Los métodos son equivalentes y la función de calibración que se debería aplicar al método automático, en este caso al monitor GRIMM es:

$$[PM_{10} \text{ gravimétrico}] = + 3,810 + 0,866 x [PM_{10} \text{ automático (GRIMM)}]$$

con una incertidumbre relativa expandida igual a 18,9%.

ANEXO III. GRÁFICAS DE EVOLUCIÓN HORARIA DE LOS NIVELES DE LAS TRES FRACCIONES GRANULOMÉTRICAS

A modo de ejemplo se indica la evolución horaria (figura 14) de las diferentes fracciones granulométricas en días seleccionados por su contenido alto o bajo de partículas. Observar los perfiles y las relaciones entre las diferentes fracciones granulométricas para algunos de los días de muestreo. Sería interesante conocer si existe algún patrón diario en la emisión de estas partículas.

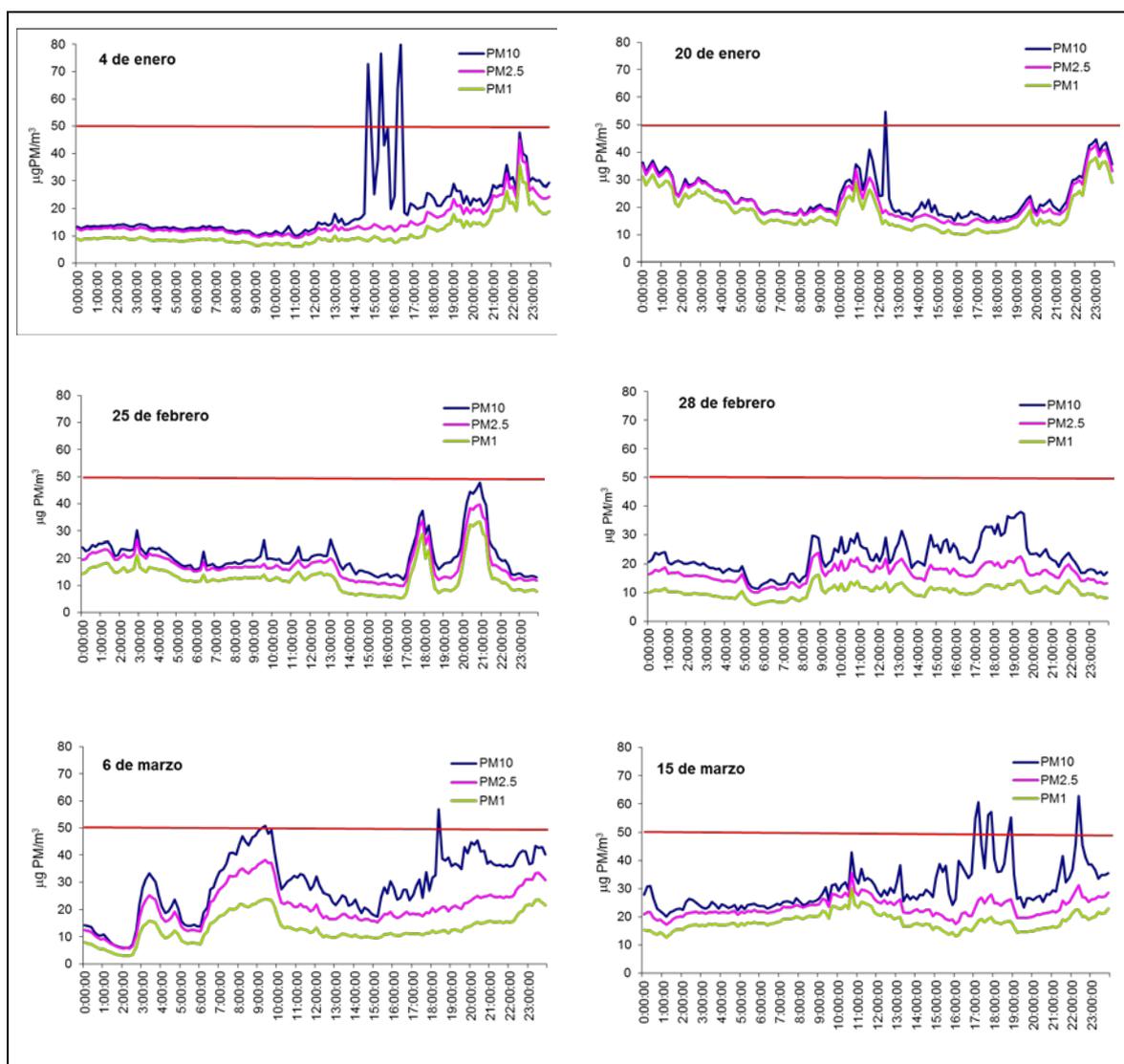


Figura 14. Evolución de la media horaria de material particulado (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ y PM_1) para diferentes días en el primer trimestre de 2017.