

MÓDULO CALIDAD DE AIRE

GESTIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL



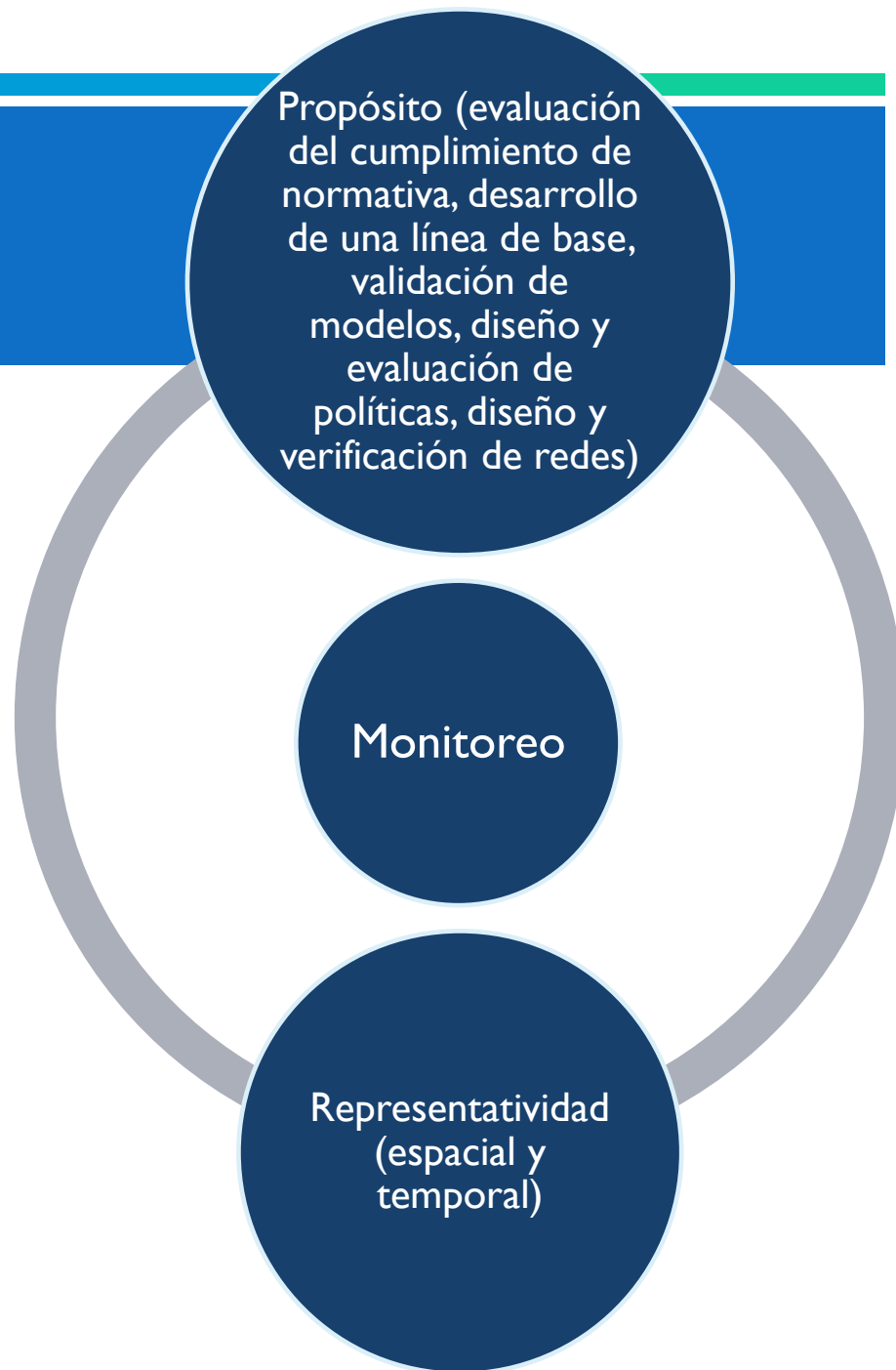
UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

CLASES N°5 Y N°6

- Introducción.
- Monitoreo de calidad de aire y emisiones: instrumental y procedimientos normalizados.
- Redes de monitoreo de calidad de aire.
- Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Montevideo.
- Otras estaciones de monitoreo en Uruguay.
- Procesamiento de registros.
- Ejercicio.

INTRODUCCIÓN

- Para poder evaluar la presencia en el ambiente de contaminantes atmosféricos, lo primero que debemos hacer es obtener una muestra de aire (ambiente o de exposición personal).
- Muestra: parte representativa de un todo.
- Sin un muestreo adecuado, las conclusiones derivadas de las mediciones pierden validez.
- Evaluaciones en grandes áreas (barrios, ciudades): se debe definir el número de estaciones necesarias y su ubicación en función de diversos aspectos: densidad de población, meteorología, geografía, ubicación de fuentes emisoras, entre otros.



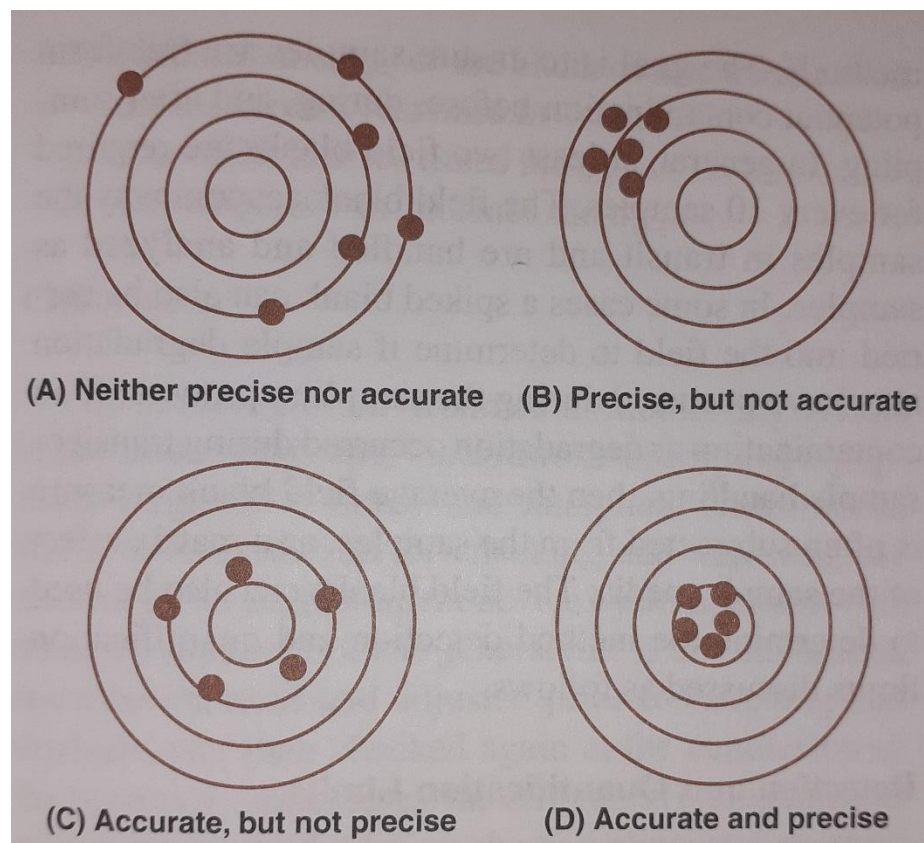
INTRODUCCIÓN

- Según la OMS, las concentraciones de contaminantes en el aire se deben medir en lugares sometidos a vigilancia que sean representativos de la exposición de la población. Estas concentraciones pueden ser mayores en la proximidad de fuentes emisoras relevantes (carreteras, centrales eléctricas, industrias, entre otras), de manera que la población que vive en sus inmediaciones puede requerir medidas especiales para cumplir con los estándares.



MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE Y EMISIONES: INSTRUMENTAL Y PROCEDIMIENTOS NORMALIZADOS

- Control y garantía de las mediciones:
- ❖ Exactitud: cercanía con el valor real.
- ❖ Precisión: reproducibilidad de los resultados.
- ❖ Sensibilidad: capacidad de captar cambios pequeños de concentración.
- ❖ Informes deben comunicar: registros por debajo del límite de detección del equipo, datos faltantes, etc.



R.F. Phalen, R.N. Phalen, Introduction to Air Pollution Science, a Public Health Perspective. Apha Press, 2013.

MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE Y EMISIONES: INSTRUMENTAL Y PROCEDIMIENTOS NORMALIZADOS

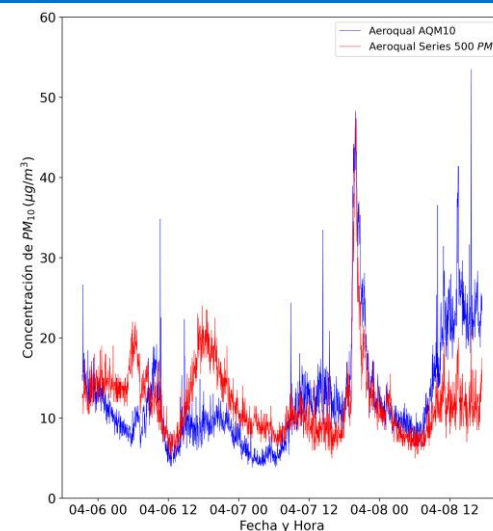
- Control y garantía de las mediciones:
 - ❖ La exactitud de los resultados de los monitoreos dependen de la **calibración** de los equipos de medición utilizados (caudales, concentraciones).
 - ❖ Esto implica la comparación de los registros de un equipo particular con aquellos proporcionados por un estándar conocido.
 - ❖ Luego, los registros del equipo bajo estudio se ajustan de forma tal de que se asemejen al estándar.

MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE Y EMISIONES: INSTRUMENTAL Y PROCEDIMIENTOS NORMALIZADOS

- Control y garantía de las mediciones:
- ❖ Ejemplo de una contrastación:

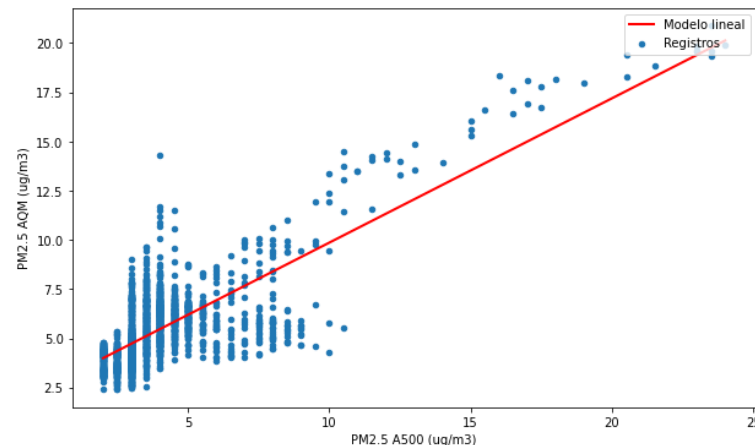


Proyecto CSIC-VUSP “Evaluación experimental de la exposición a contaminantes atmosféricos durante el transporte activo: aportes para su zonificación en Montevideo”.



Modelo lineal para $PM_{2.5}$

$$R^2 = 0.6074131639484595$$



MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE Y EMISIONES: INSTRUMENTAL Y PROCEDIMIENTOS NORMALIZADOS

- Control y garantía de las mediciones:
 - ❖ Calibración Span: punto de calibración para monitores, en el cual se observa la respuesta del equipo a una concentración entre el 80 % y 90 % de su rango de medición.
 - ❖ Calibración Cero: punto de calibración para monitores, en el cual se observa la respuesta del equipo a una muestra de aire puro, libre de contaminantes. A esta muestra de aire limpio o puro se le llama Aire Zero o Gas Zero.

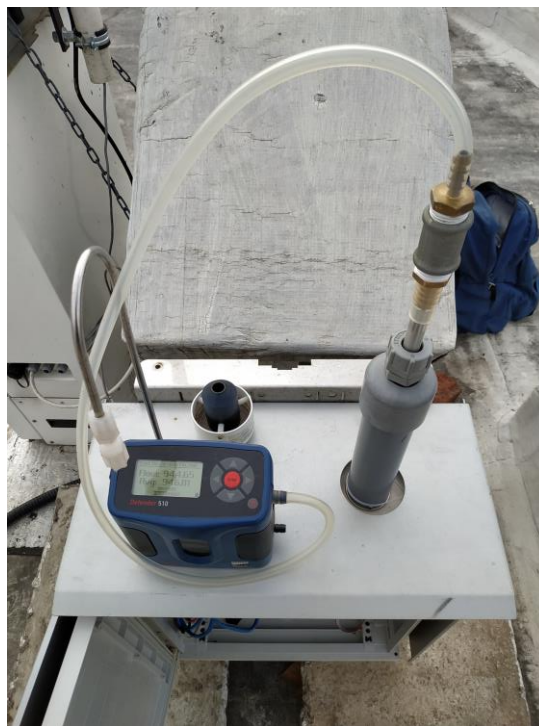
MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE Y EMISIONES: INSTRUMENTAL Y PROCEDIMIENTOS NORMALIZADOS

- Control y garantía de las mediciones:

❖ Ejemplo:



Verificación de cero



Verificación de flujo



Proyecto CSIC-Iniciación a la investigación “Evaluación de las causas detrás de los episodios de contaminación atmosférica por partículas en la ciudad de Montevideo”.

MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE Y EMISIONES: INSTRUMENTAL Y PROCEDIMIENTOS NORMALIZADOS

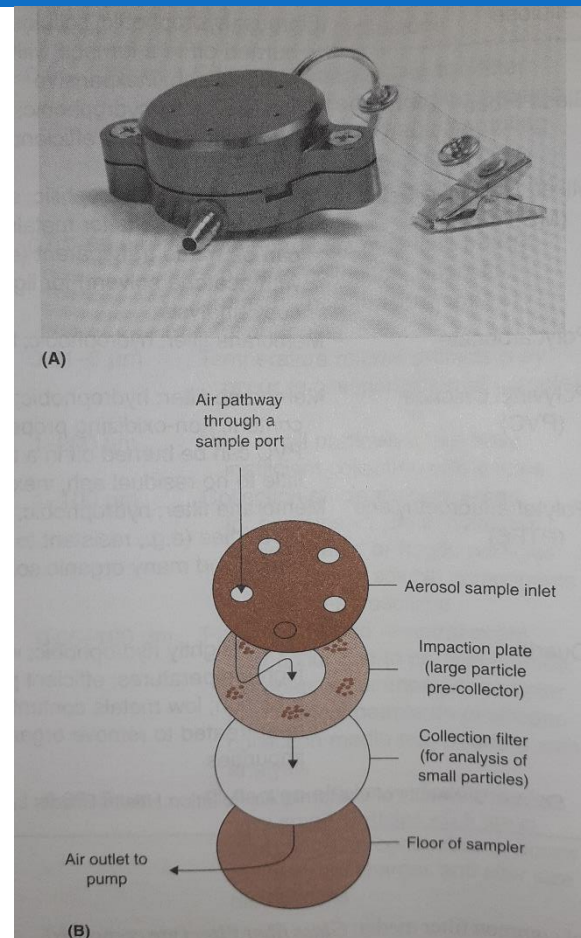
- Algunos métodos de muestreo de partículas:
- ❖ Filtración: el aire se hace pasar a través de un filtro en el cual quedan retenidas las partículas:
 - Análisis gravimétrico: se determina la masa de partículas recolectada (la concentración de partículas puede obtenerse dividiendo este valor entre el volumen de aire muestreado).
 - Análisis químico: se determina la composición del material recolectado.
- ❖ Muestreo inercial: se diseñan con una velocidad de flujo, y un cambio en su dirección, de forma tal que se produzca el impacto inercial de la partícula de interés:
 - Este impacto puede darse en un filtro (en este caso el aire no pasa a través del filtro, sino que este se utiliza para recolectar las partículas que se desviaron del flujo de aire).
 - Este método también sirve para “eliminar” fracciones gruesas del flujo, y luego coleccionar en un filtro partículas “más chicas”.

MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE Y EMISIONES: INSTRUMENTAL Y PROCEDIMIENTOS NORMALIZADOS

- Algunos métodos de muestreo de partículas:
 - ❖ Ciclones: se utiliza la fuerza centrífuga para provocar el movimiento de las partículas hacia una superficie colectora. Las partículas se colectan por impacto inercial.
 - ❖ Medidores ópticos: brindan la posibilidad de obtener concentraciones de partículas en tiempo real (sin la necesidad del análisis gravimétrico de un filtro). En estos dispositivos, el aire pasa por una cámara iluminada, donde las partículas dispersan la luz que reciben. La intensidad de la luz desviada (Nefelómetros) o absorbida (Aetalómetros) se vincula a la concentración de partículas:
 - Pueden utilizarse con algún dispositivo de impacto inercial previo, de forma tal de obtener la concentración de una fracción de partículas específica.
 - El uso de esta metodología exige una calibración con mediciones gravimétricas simultáneas.

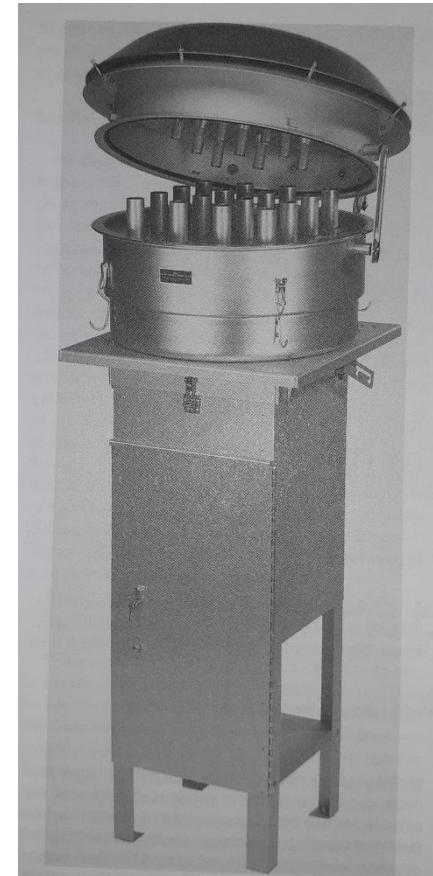
MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE Y EMISIONES: INSTRUMENTAL Y PROCEDIMIENTOS NORMALIZADOS

- Dispositivo de muestreo de PM_{10} por impacto inercial y filtración:
 - ❖ Las partículas “grandes” son desviadas del flujo por impacto inercial.
 - ❖ Las partículas PM_{10} quedan retenidas en el filtro.



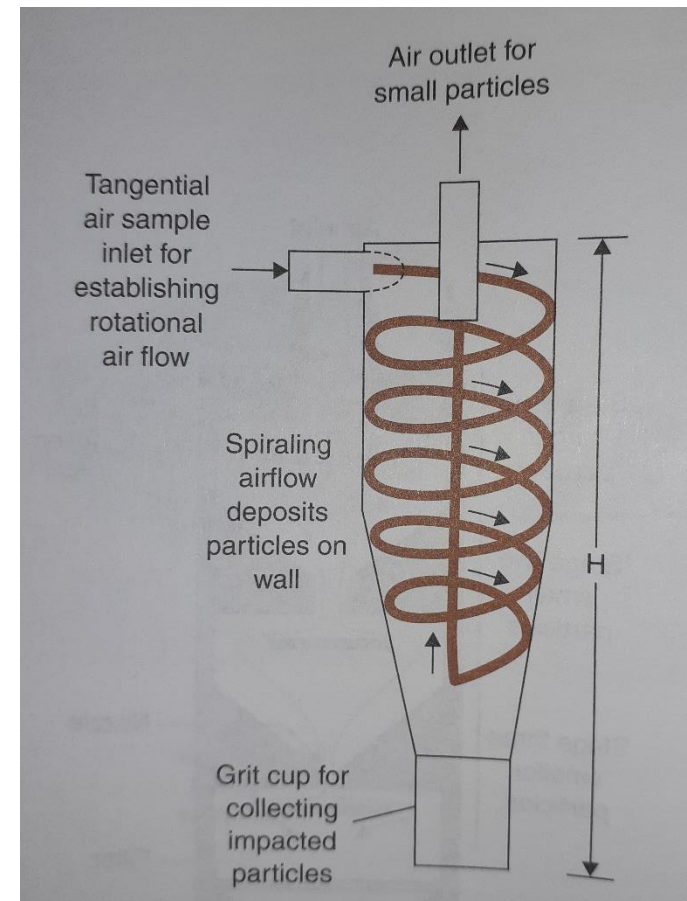
MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE Y EMISIONES: INSTRUMENTAL Y PROCEDIMIENTOS NORMALIZADOS

- Dispositivo de muestreo de PM_{10} de alto volumen por impacto inercial y filtración:
 - ❖ Las partículas “grandes” son desviadas del flujo por impacto inercial.
 - ❖ Las partículas PM_{10} quedan retenidas en el filtro.
 - ❖ El muestreo se lleva a cabo de manera continua durante 24 horas.
 - ❖ El filtro sin muestra tiene que ser previamente acondicionado a las mismas condiciones de temperatura y humedad a las que se acondicionará ya con la muestra, después de haber sido expuesto.



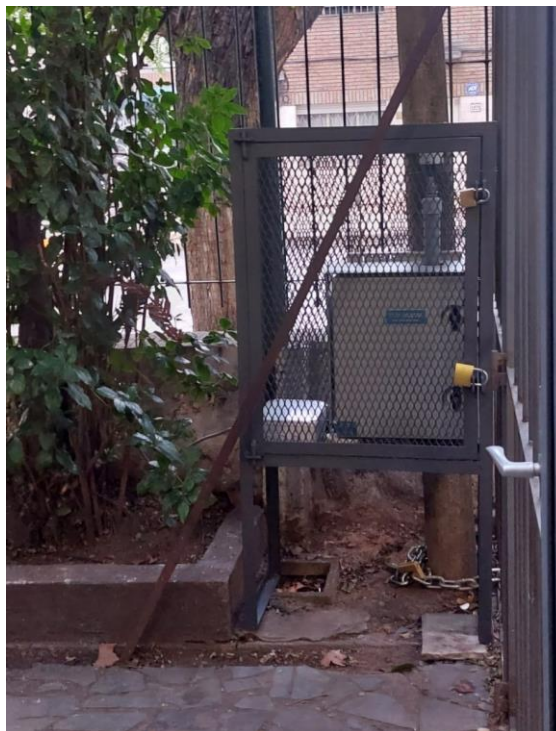
MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE Y EMISIONES: INSTRUMENTAL Y PROCEDIMIENTOS NORMALIZADOS

- Ciclón para selección de partículas a recolectar:
 - ❖ Las partículas “grandes” son desviadas del flujo por impacto inercial.
 - ❖ Las partículas “pequeñas” abandonan la unidad por la parte superior para muestreo posterior.



MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE Y EMISIONES: INSTRUMENTAL Y PROCEDIMIENTOS NORMALIZADOS

- Medidor óptico de partículas:
 - ❖ Existen equipos fijos y portátiles.
 - ❖ Permiten la realización de mediciones continuas.



MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE Y EMISIONES: INSTRUMENTAL Y PROCEDIMIENTOS NORMALIZADOS

- Medidor óptico de partículas:
 - ❖ Utilizan la fotometría como principio de medición.
 - ❖ Deben calibrarse con mediciones gravimétricas simultáneas (ejemplo de factor de corrección del medidor óptico: 1,263 para PM_{10} , de acuerdo con los resultados de un monitoreo del IMFIA).
 - ❖ Algunos equipos pueden registrar también algunos parámetros meteorológicos en paralelo.



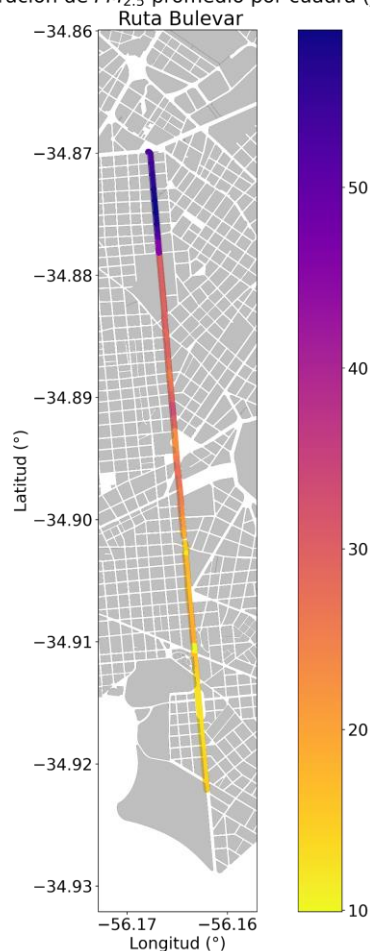
MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE Y EMISIONES: INSTRUMENTAL Y PROCEDIMIENTOS NORMALIZADOS

■ Medidor óptico de partículas:

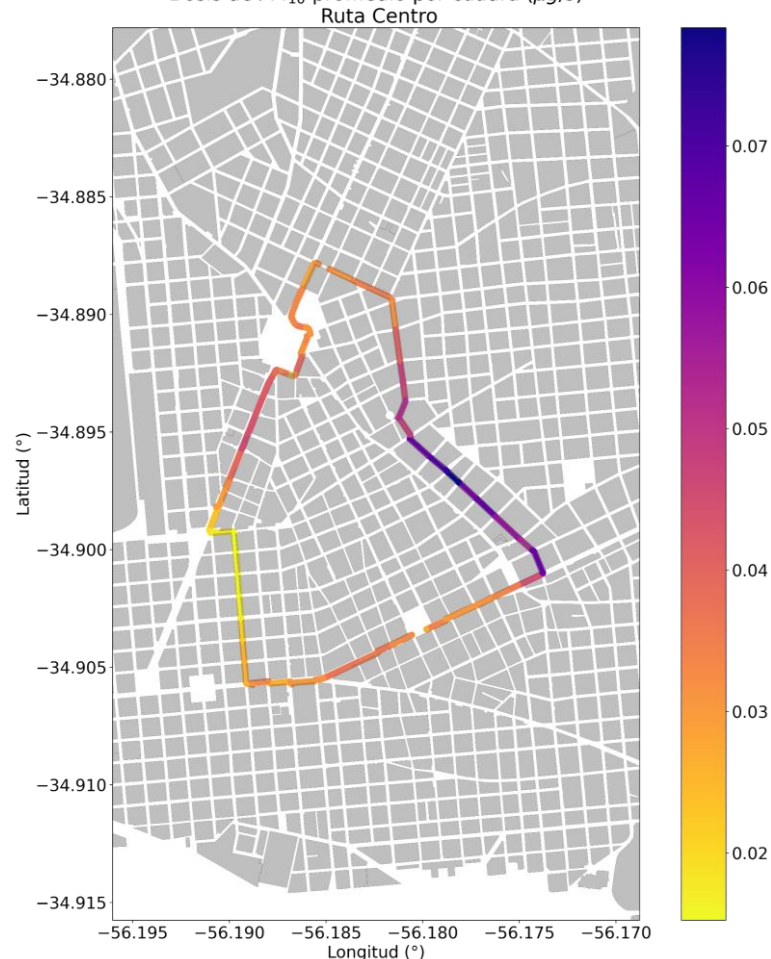


Proyecto CSIC-VUSP “Evaluación experimental de la exposición a contaminantes atmosféricos durante el transporte activo: aportes para su zonificación en Montevideo”.

Concentración de $PM_{2.5}$ promedio por cuadra ($\mu g/m^3$)

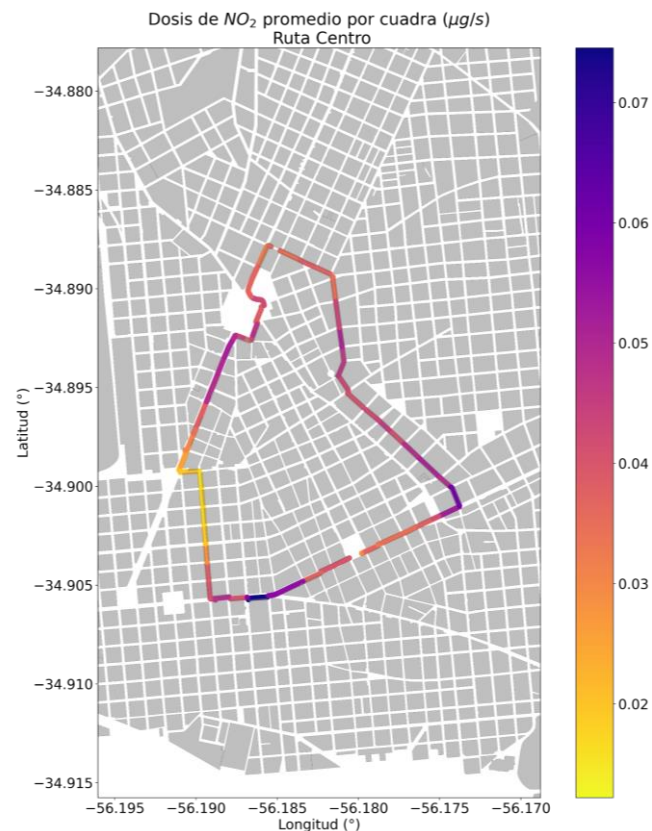
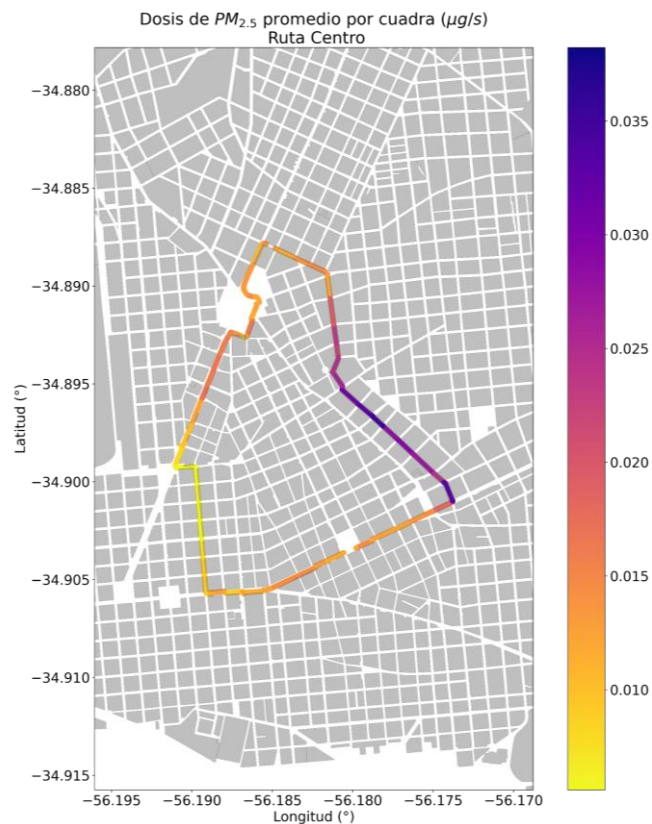


Dosis de PM_{10} promedio por cuadra ($\mu g/s$)



MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE Y EMISIONES: INSTRUMENTAL Y PROCEDIMIENTOS NORMALIZADOS

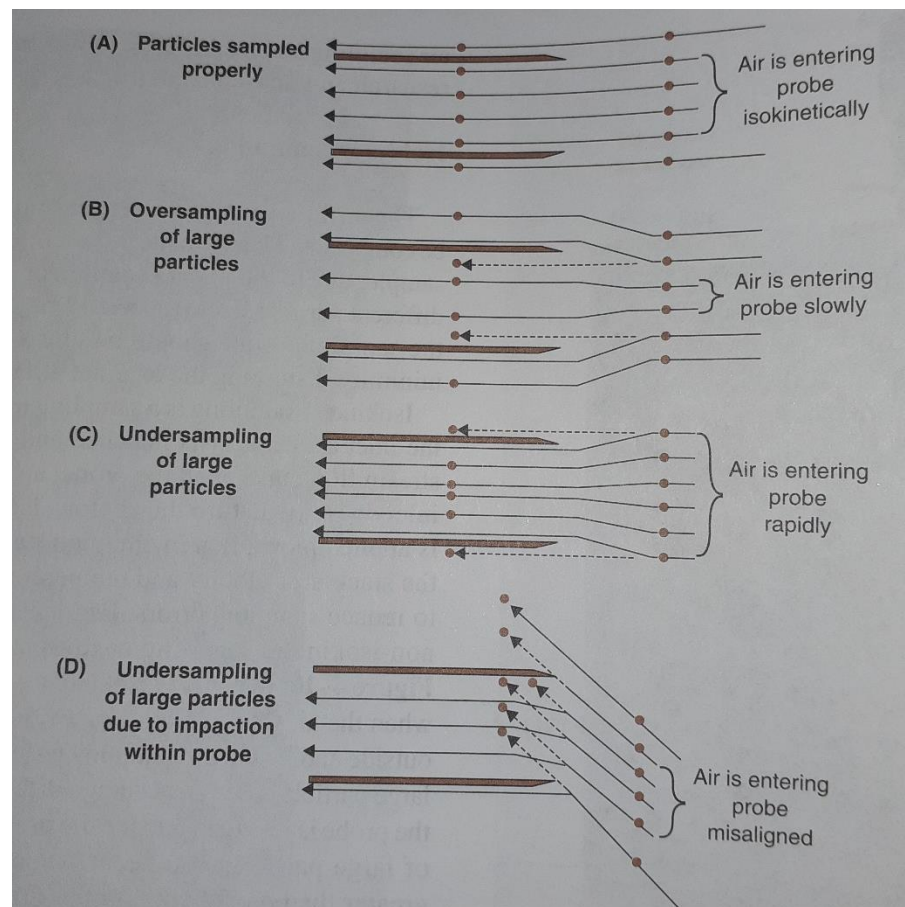
- Medidor óptico de partículas: localización de “hot-spots” para ubicar estaciones oficiales de monitoreo



Proyecto CSIC-VUSP “Evaluación experimental de la exposición a contaminantes atmosféricos durante el transporte activo: aportes para su zonificación en Montevideo”.

MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE Y EMISIONES: INSTRUMENTAL Y PROCEDIMIENTOS NORMALIZADOS

- Muestreo isocinético: es una técnica de muestreo en la cual la velocidad de muestreo se iguala y se hace paralela al flujo de aire bajo análisis. Además, en este tipo de muestreo, la toma del equipo no produce una perturbación significativa en el flujo de aire. Se utiliza en general en el muestreo de emisiones de fuentes fijas.



MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE Y EMISIONES: INSTRUMENTAL Y PROCEDIMIENTOS NORMALIZADOS

- Muestreo isocinético: es una técnica de muestreo en la cual la velocidad de muestreo se iguala y se hace paralela al flujo de aire bajo análisis. Además, en este tipo de muestreo, la toma del equipo no produce una perturbación significativa en el flujo de aire. Se utiliza en general en el muestreo de emisiones de fuentes fijas.



Equipo de muestreo isocinético de emisiones de partículas (**Método 5 de USEPA**).



Proyecto **ANII-FSE** “Determinación experimental de rendimiento energético y emisiones atmosféricas: aportes para la eficiencia energética en el sector residencial biomasa”.

Video descriptivo:
<https://www.youtube.com/watch?v=9rLRzhWdm20>

REDES DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE

- Compuesta por una o varias estaciones de monitoreo de calidad de aire:
 - ❖ Estaciones manuales: se recogen muestras con cierta periodicidad, y luego se analizan en laboratorio para obtener valores de concentración de contaminantes.
 - ❖ Estaciones automáticas: registro continuo de concentraciones de contaminantes a escalas temporales cortas.

REDES DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE

- Objetivos de las redes de monitoreo de calidad de aire:
 - ❖ Determinación de la distribución geográfica de la contaminación atmosférica.
 - ❖ Identificación de tendencias de contaminación atmosférica.
 - ❖ Seguimiento de la contaminación producida por determinada fuente de emisión particular.
 - ❖ Determinación del efecto de la contaminación atmosférica sobre la salud.
 - ❖ Evaluación del cumplimiento de estándares.
 - ❖ Apoyo a sistemas de alarma para la contaminación atmosférica (comunicación a la población).
 - ❖ Validación de los resultados obtenidos en inventarios de emisiones y modelos de dispersión atmosférica de contaminantes.

REDES DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE

- Diseño de una red de monitoreo de calidad de aire:
- ❖ Según el ámbito geográfico de cobertura de las redes de monitoreo, estas se pueden clasificar de la siguiente manera:
 - Urbana: su finalidad es conocer los niveles de contaminación en una zona urbana. Sus estaciones no deberán estar directamente influenciadas por fuentes locales como tráfico o industrias.
 - Tráfico: su finalidad es vigilar los niveles de contaminación atmosférica en una vía con tráfico considerable. Sus estaciones están directamente influenciadas por estas emisiones.
 - Industrial: sus estaciones se ubican en las proximidades de una implantación industrial, para el seguimiento de la contaminación atmosférica generada por la misma.

REDES DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE

- Diseño de una red de monitoreo de calidad de aire:
- ❖ Según el ámbito geográfico de cobertura de las redes de monitoreo, estas se pueden clasificar de la siguiente manera:
 - Regional: sus estaciones se ubican lejos de zonas urbanas o suburbanas. Su objetivo es determinar la contaminación atmosférica de fondo a nivel regional.
 - De referencia: son estaciones ubicadas en zonas aisladas, preferentemente montañosas, donde no se prevean cambios en el uso del suelo en un radio del orden de 100 km. Se instalan para la medición y estudio de la contaminación atmosférica de fondo a nivel mundial.

REDES DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE

- Diseño de una red de monitoreo de calidad de aire:
- ❖ Consideraciones para determinar el número de estaciones necesarias y su ubicación:
 - Aspectos no-técnicos: accesibilidad del sitio.
 - Lugares que experimenten las concentraciones máximas de contaminantes atmosféricos.
 - Representatividad espacial de una estación de monitoreo: área donde los valores de concentración no difieren de los niveles medidos en la estación de monitoreo bajo estudio, por más de un valor umbral especificado (usualmente 20 % durante, al menos, el 90 % del tiempo). Esta representatividad se analiza a partir de la comparación entre las concentraciones registradas en la estación de monitoreo, y concentraciones medidas o modeladas en las inmediaciones de la misma.

RED DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE DE MONTEVIDEO

- Su operación comenzó en el año 2004.
- Aportes de estaciones de monitoreo de diferentes instituciones: Ministerio de Ambiente (MA), Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas (UTE), Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland (ANCAP) e Intendencia de Montevideo (IM).
- La IM se encarga de sistematizar la información obtenida por la Red, y de publicar los resultados con frecuencia semanal.
- Contaminantes atmosféricos registrados en 2022: PM_{10} , PST, HN (carbono orgánico), SO_2 , $PM_{2.5}$, NO_2 , O_3 , CO y TRS.

RED DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE DE MONTEVIDEO

- Metodologías de medición:
- ❖ Monitores manuales de alto volumen (Hi Vol):
 - Recolectan aproximadamente 1700 m³/d de aire.
 - El operador debe colocar un filtro previamente pesado y retirarlo luego de las 24 horas de monitoreo.
 - La concentración de partículas se expresa en µg/m³.
 - El uso de diferentes cabezales permite registrar la concentración másica de partículas de diferentes diámetros aerodinámicos.



Equipo Hi Vol configurado para PM₁₀ (IM).

RED DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE DE MONTEVIDEO

- Metodologías de medición:
- ❖ Estaciones continuas para el registro de las concentraciones de partículas:
 - Calculan la concentración de partículas en función de la dispersión de luz que provoca el pasaje del aire analizado, cuando un haz de luz incide sobre él.
 - Esa luz dispersada es proporcional a la concentración de las partículas presentes en un flujo de aire continuo.
 - Se utilizan para determinar la concentración ambiental de PM_{10} y $PM_{2.5}$.
 - Se obtiene un registro de concentración por minuto.
 - Luego se determinan promedios horarios.



Equipo automático para la medición de la concentración de partículas (IM).

RED DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE DE MONTEVIDEO

- Metodologías de medición:
- ❖ Estaciones continuas para el registro de las concentraciones de gases:
 - CO: detección directa mediante espectroscopia infrarroja no dispersiva (el gas es irradiado con una fuente de energía infrarroja, la absorción de esta energía es proporcional a la concentración de CO).
 - NO₂: se mide por quimioluminiscencia (cantidad de luz generada por una reacción química) y con sensores de semiconductores sensibles al gas (menos precisos).
 - O₃, SO₂ y TRS.



Equipo automático para la medición de la concentración de partículas y gases (IM).

RED DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE DE MONTEVIDEO

■ Configuración de la Red de Monitoreo:

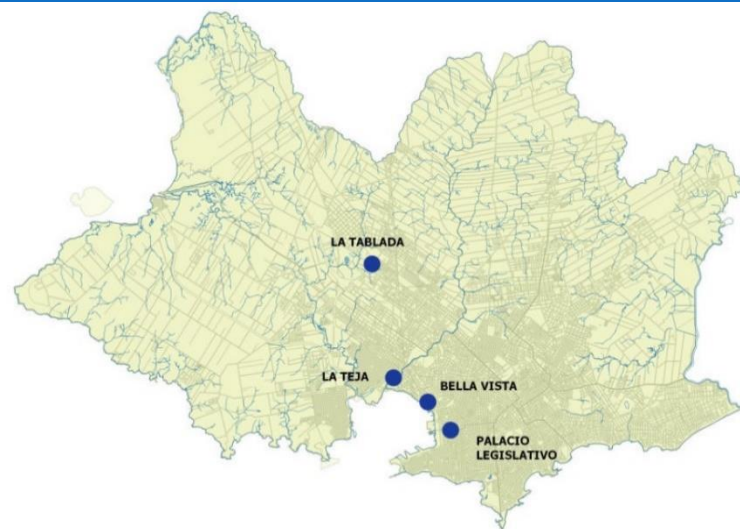
❖ Red Base:



Nombre	Referencia	Dirección	PTS	PM10	PM2.5	TREN MONITOREO	NO2	O3	SO2
Ciudad Vieja	Academia Uruguay-AEBU	Rincón, Camacúa			X	X			
Tres Cruces	Terminal Tres Cruces	Br Artigas y V Haedo		X		X	X		
Curva de Maroñas	Municipio G	8 de Octubre y M Sastre		X	X	X	X	X	
Portones de Carrasco	Policlínica Lugo	Av Italia y Av Bolivia		X		X			
Colón	Terminal MTOP	Garzón y Cno Colman	X		X		X	X	
Barradas	Barradas	Barradas y Av Italia			X				X

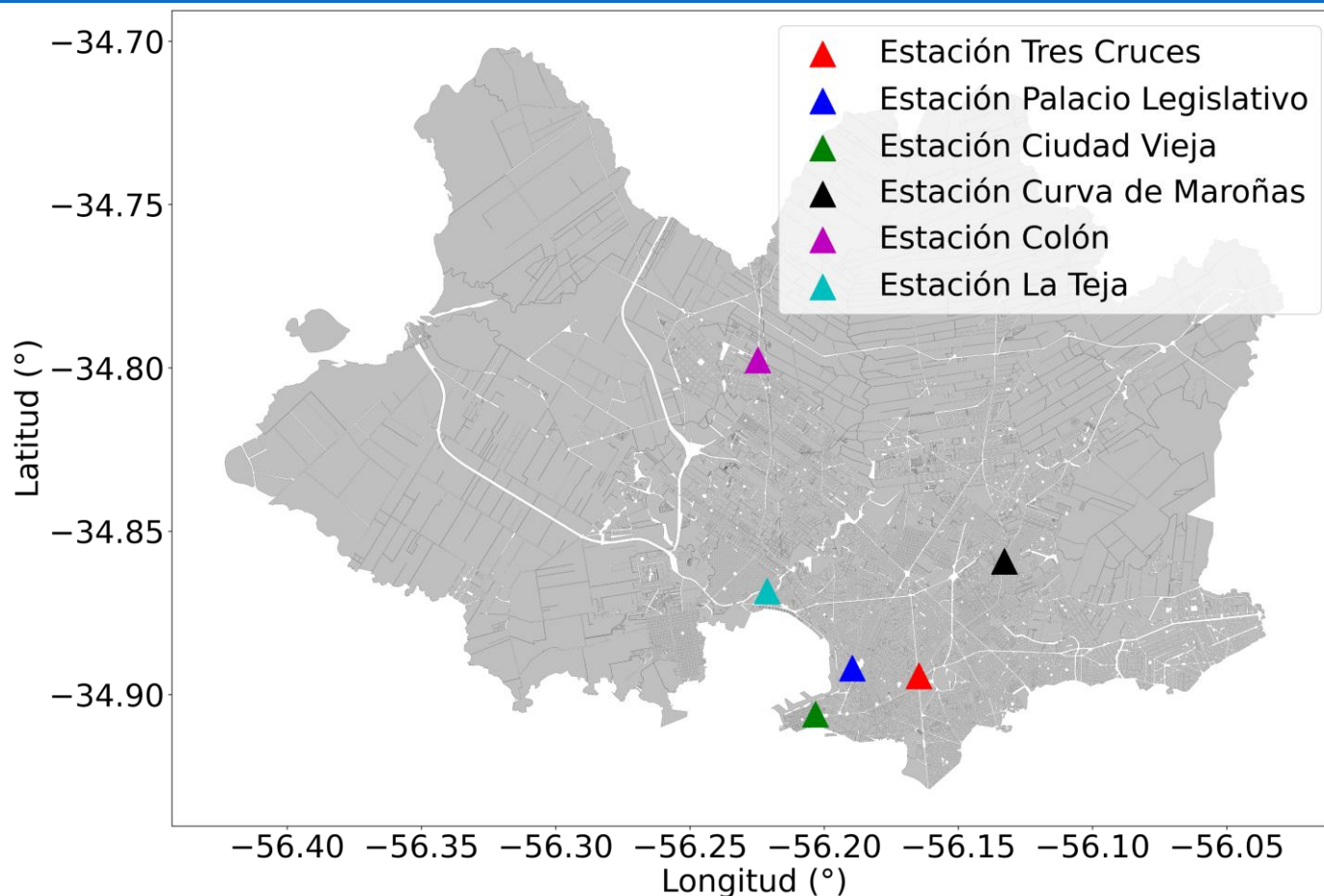
RED DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE DE MONTEVIDEO

- Configuración de la Red de Monitoreo:
- ❖ Red Orientada a fuentes significativas:



Nombre	Propietario	Dirección	PM10	PM2.5	SO ₂	NO ₂	CO	TRS	PARAMETROS METEOROLOGICOS
La Teja	ANCAP	Del Cid y Yañez Pinzón		X	X	X	X	X	X
Palacio Legislativo	UTE	Guatemala y Acuña de Figueroa	X		X	X	X		
La Tablada	UTE	Teófilo Días y Máximo Santos	X		X	X	X		X
Bella Vista	UTE	Rio Grande y Dionisio Carbajal	X		X	X	X		X

RED DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE DE MONTEVIDEO



Ubicación de las estaciones de calidad de aire de la Red de Monitoreo de Montevideo operativas en 2022. Fuente: elaboración propia a partir de informes semanales oficiales.

RED DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE DE MONTEVIDEO

■ Informe de Calidad de Aire 2022:

- ❖ Para el contaminante PM_{10} se registraron superaciones diarias durante los meses de invierno, tanto en las estaciones manuales como en las automáticas. En este sentido, se informó que el promedio anual coincidió con el límite objetivo de calidad de aire establecido por la normativa uruguaya.
- ❖ Para el contaminante $PM_{2.5}$ se informó que existieron superaciones, aunque en mayor cantidad y en un período de tiempo más amplio, con mayor frecuencia en los meses de invierno. alguna de estas superaciones sobrepasó la tolerancia establecida en la normativa. En cuanto al promedio anual, se informó que se encontró por debajo de lo establecido en la normativa uruguaya.
- ❖ Para el contaminante NO_2 , se informó que hubo superaciones del objetivo para valores horarios a lo largo del año. En este sentido, se obtuvo un promedio anual superior a lo indicado en la normativa.

RED DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE DE MONTEVIDEO

- Informes semanales de calidad de aire (Red Base):



Intendencia
Montevideo

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

UNIDAD CALIDAD DE AIRE

INFORME SEMANAL DE CALIDAD DEL AIRE EN MONTEVIDEO

Red de Monitoreo de Base

Monitoreo automático

SEMANA 27_22

13 de julio 2022

Material Particulado – Promedio 24 horas

Fecha	PM2.5 Ciudad Vieja		PM2.5 Tres Cruces		PM2.5 Curva de Maroñas		PM10 Colón	
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Calidad	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Calidad	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Calidad	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Calidad
03/07/22	44	REGULAR	44	REGULAR	ND	NO DETERMINADA	43	MUY BUENA
04/07/22	20	BUENA	39	REGULAR	ND	NO DETERMINADA	47	BUENA
05/07/22	ND	NO DETERMINADA	13	MUY BUENA	ND	NO DETERMINADA	38	MUY BUENA
06/07/22	ND	NO DETERMINADA	19	BUENA	ND	NO DETERMINADA	17	MUY BUENA
07/07/22	ND	NO DETERMINADA	28	MODERADA	ND	NO DETERMINADA	27	MUY BUENA
08/07/22	ND	NO DETERMINADA	38	REGULAR	ND	NO DETERMINADA	34	MUY BUENA
09/07/22	ND	NO DETERMINADA	11	MUY BUENA	ND	NO DETERMINADA	12	MUY BUENA

RED DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE DE MONTEVIDEO

- Informes semanales de calidad de aire (Red Orientada a fuentes significativas):



Intendencia
Montevideo

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

UNIDAD CALIDAD DE AIRE

INFORME SEMANAL DE CALIDAD DEL AIRE EN MONTEVIDEO

Red de Monitoreo de Fuentes Significativas

Monitoreo automático

SEMANA 27_22

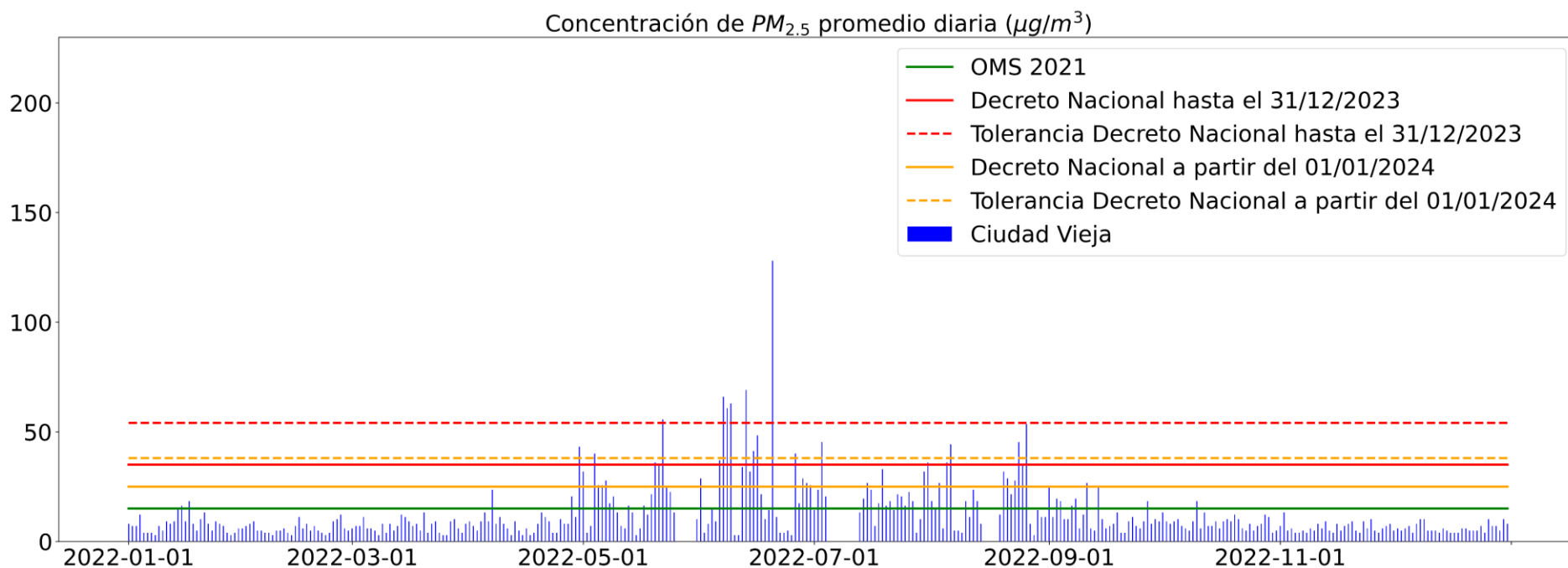
13 de julio de 2022

Material Particulado – promedio 24 horas

Fecha	PM2.5 La Teja		PM10 Palacio Legislativo	
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Calidad	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Calidad
03/07/22	66	REGULAR	ND	NO DETERMINADA
04/07/22	16	BUENA	ND	NO DETERMINADA
05/07/22	12	MUY BUENA	19	MUY BUENA
06/07/22	9	MUY BUENA	22	MUY BUENA
07/07/22	16	BUENA	32	MUY BUENA
08/07/22	56	REGULAR	62	MODERADA
09/07/22	8	MUY BUENA	14	MUY BUENA

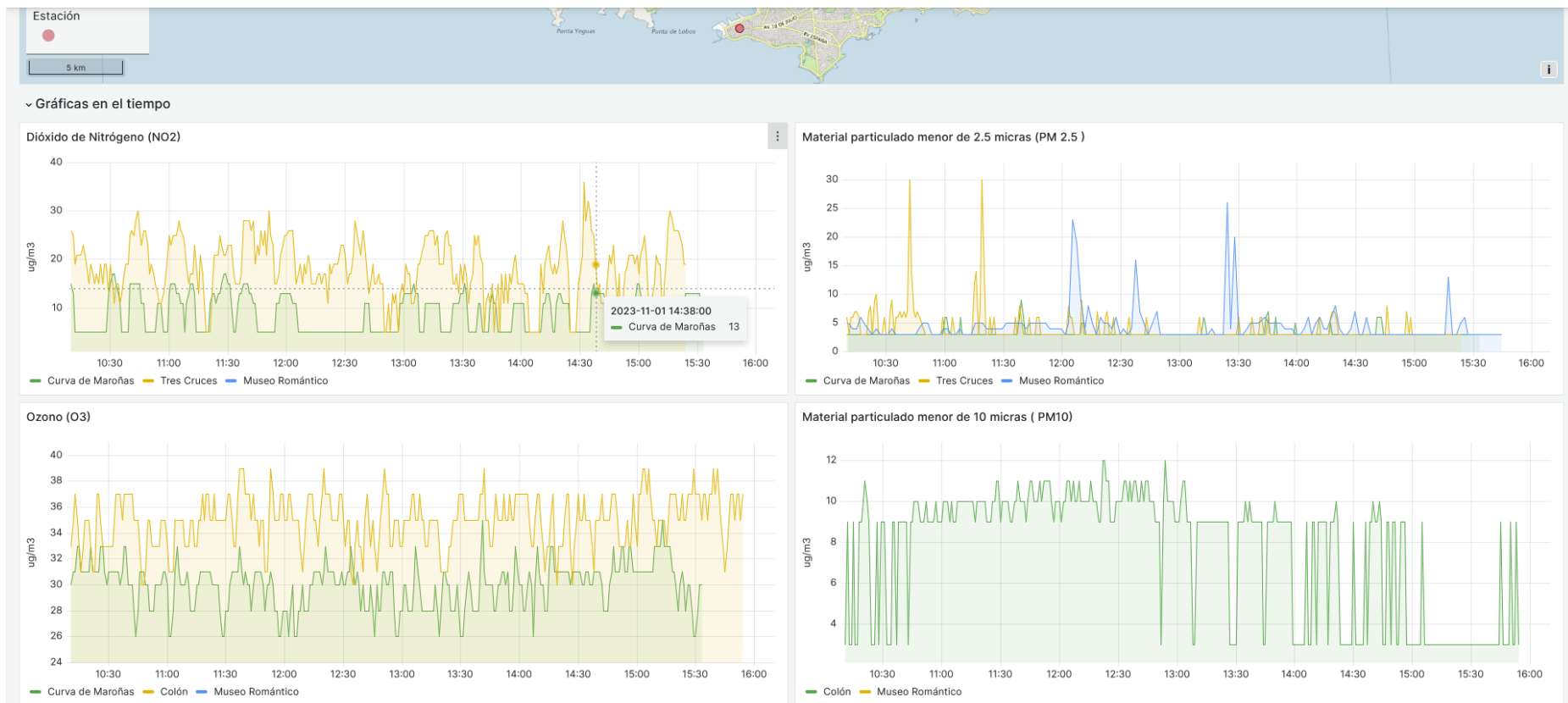
RED DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE DE MONTEVIDEO

■ Ejemplo de análisis de informes semanales oficiales de calidad de aire 2022:



RED DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE DE MONTEVIDEO

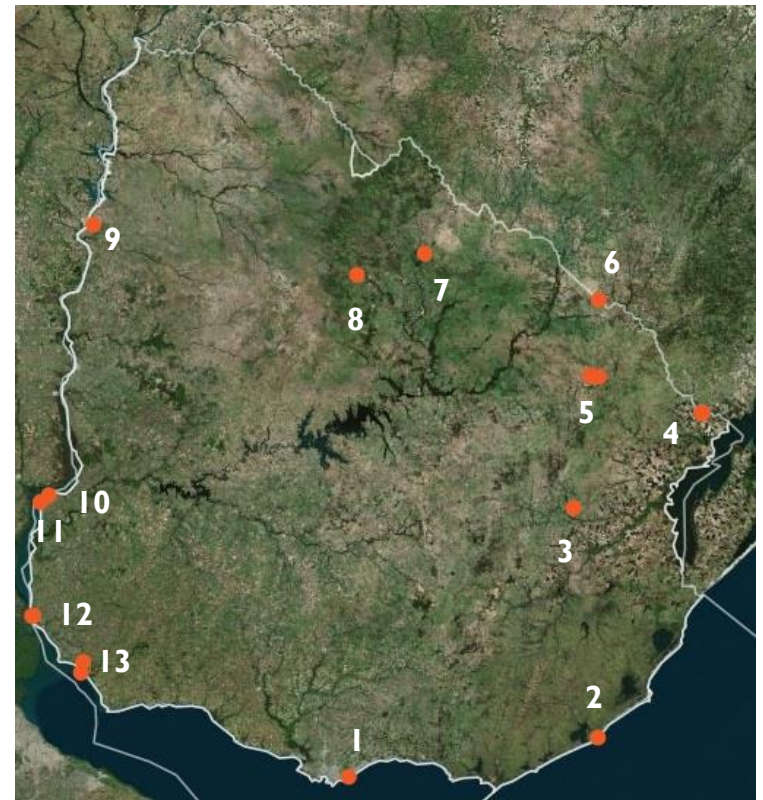
- Datos abiertos: <https://graf.montevideo.gub.uy/graf/?orgId=2>
- Seleccionar la opción denominada Calidad del aire.



OTRAS ESTACIONES DE MONITOREO EN URUGUAY

■ Características de las estaciones:

1. Estación Barradas: pertenece a la Red de Monitoreo de Montevideo (ya mencionada).
2. Estación La Paloma: PTS y PM_{10} (hasta 2014).
3. Estación Treinta y Tres: SO_2 , PM_{10} y parámetros meteorológicos (hasta 2003).
4. Estación Río Branco: PTS (hasta 2019).
5. Estación Melo: SO_2 , PM_{10} y parámetros meteorológicos (hasta 2017).
6. Estación Aceguá: parámetros meteorológicos.
7. Estación Minas de Corrales: PM_{10} (hasta 2002).
8. Estación Tacuarembó: PTS y PM_{10} (hasta 2007).
9. Estación Salto: PM_{10} (hasta 2004).
10. Estación UPM: TRS, NO_2 , PM_{10} , CO y SO_2 .
11. Estación Las Cañas: SO_2 y parámetros meteorológicos.
12. Estación Nueva Palmira: PM_{10} (hasta 2019).
13. Estación Montes del Plata: TRS, NO_2 , NO_x , H_2S , SO_2 , PM_{10} y parámetros meteorológicos.



Observatorio Ambiental Nacional.

PROCESAMIENTO DE REGISTROS

- Conversión de unidades de medida:
- ❖ Para los gases, la concentración en ppm se puede convertir a $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por medio de la siguiente expresión:

$$C\left(\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}\right) = \frac{10^3 * C(\text{ppm}) * PM}{V_{\text{mol}}}$$

- PM: peso molecular del gas (g/mol).
- V_{mol} : volumen ocupado por un mol del gas (L/mol). En condiciones normales (0 °C y 1 atm), V_{mol} vale 22,4 L/mol para cualquier gas.

PROCESAMIENTO DE REGISTROS

- Conversión de unidades de medida:
- ❖ Con el objetivo de evaluar el cumplimiento de estándares de calidad de aire, en ocasiones las concentraciones de contaminantes registradas deben expresarse en condiciones normales (1013,25 hPa y 273 K) o en otras condiciones específicas de presión y temperatura:

$$C_2 = C_1 * \frac{T_1 * p_2}{T_2 * p_1}$$

- C_1, T_1 y p_1 : concentración, temperatura y presión registradas.
- C_2 : concentración expresada a temperatura T_2 y presión p_2 .

PROCESAMIENTO DE REGISTROS

- Conversión de unidades de medida:
- ❖ En ocasiones puede ser necesario expresar la concentración en base húmeda de un gas medido en base seca.
- ❖ Ejemplo: se mide a la salida de un proceso el gas de combustión con un analizador portátil de gases de combustión que trabaja en base seca. El analizador muestra en pantalla un valor de $O_2 = 3,5 \%$. Mediante otro método, se seca 1 m^3 de ese gas de combustión (incluyendo el vapor de agua) y se determina que en ese metro cúbico había inicialmente $0,2 \text{ m}^3$ de vapor de H_2O . El valor de O_2 en base húmeda se calcula de la siguiente manera: $O_2 (\%BH) = O_2 (\%BS) * (100\% - H_2O (\%BH))$; por otro lado: $H_2O (\%BH) = \frac{100 * 0,2 \text{ m}^3 \text{ de } H_2O}{1 \text{ m}^3 \text{ de gas húmedo}} = 20\%$; entonces: $O_2 (\%BH) = 2,8 \%$.

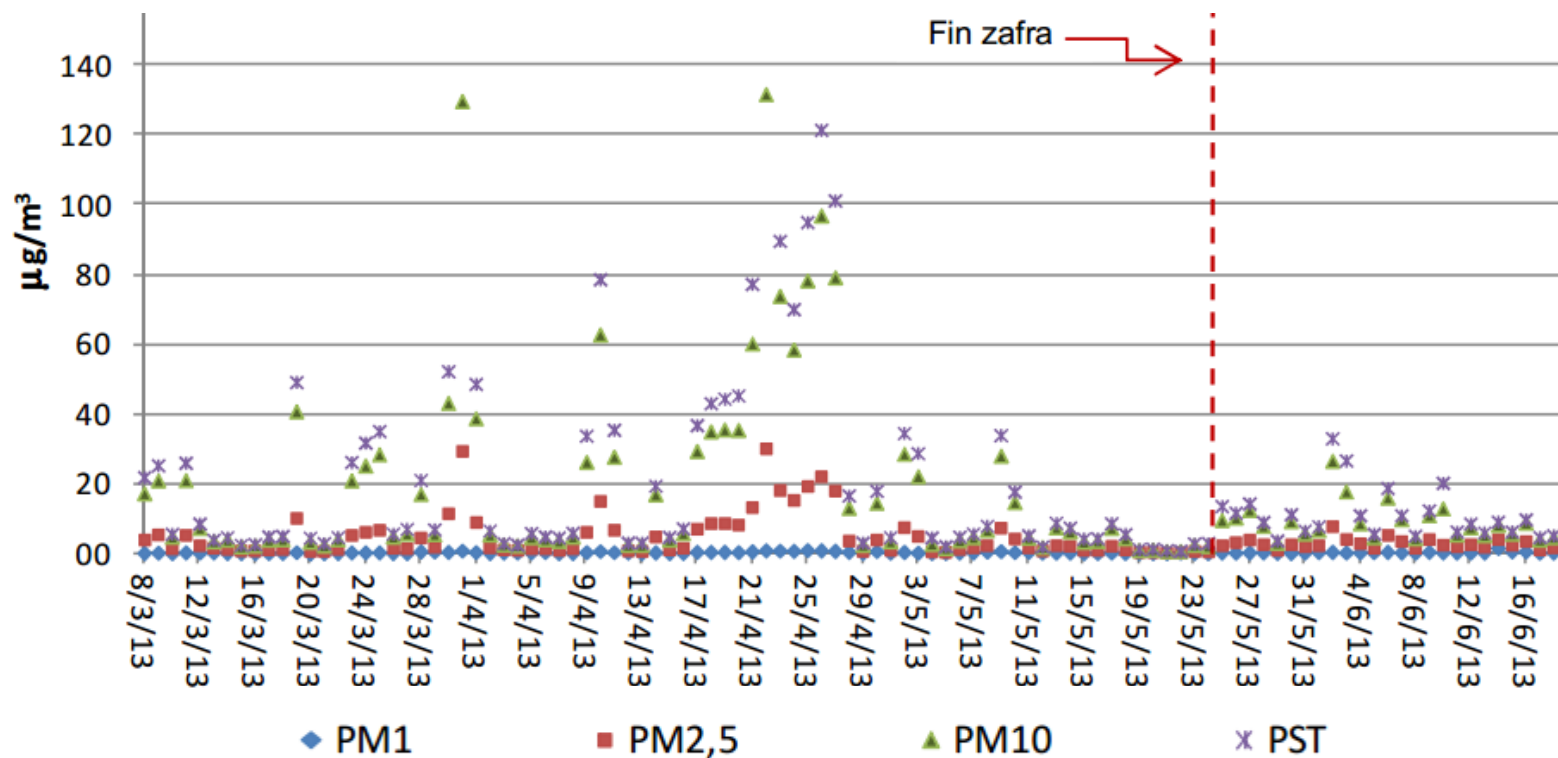
PROCESAMIENTO DE REGISTROS

- Conversión de unidades de medida:
- ❖ Expresión de la concentración de contaminantes para diferentes porcentajes de oxígeno en el aire:

$$C_{y\%} = C_{x\%} * \frac{(21\% - y\%)}{(21\% - x\%)}$$

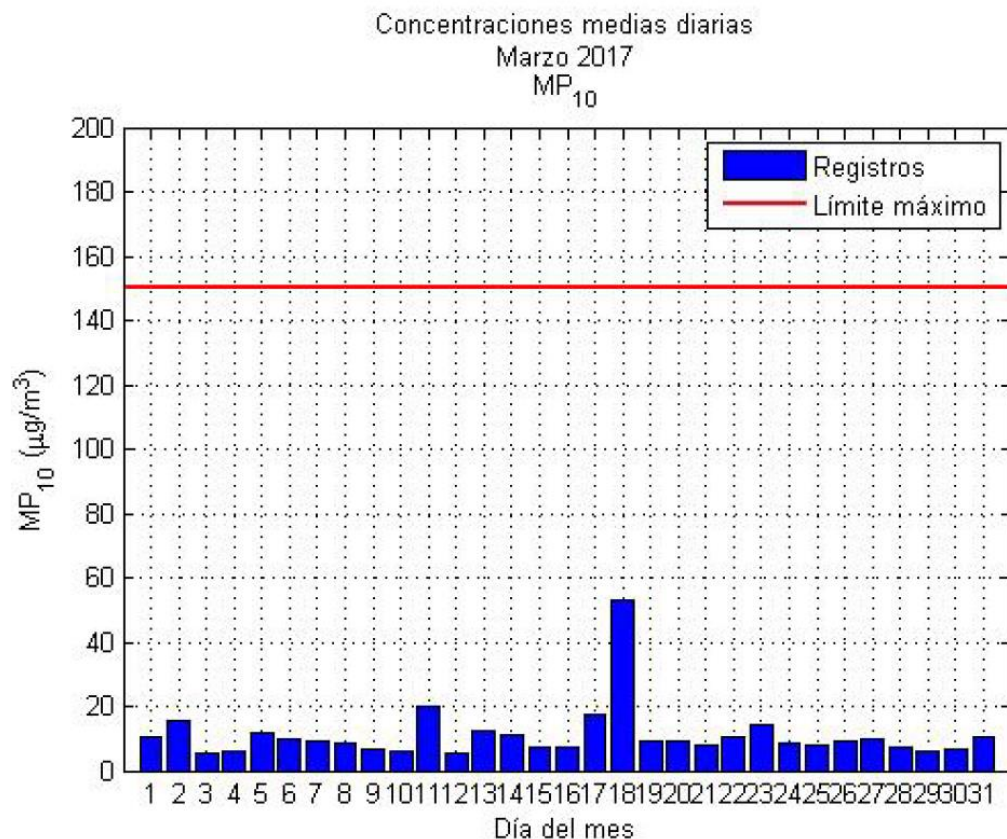
PROCESAMIENTO DE REGISTROS

- Análisis exploratorio:
- ❖ Curvas de concentración diaria y horaria.



PROCESAMIENTO DE REGISTROS

- Evaluación del cumplimiento de normativa:
- ❖ Procesamiento de las concentraciones registradas de forma tal de permitir la comparación con estándares de calidad de aire.



Monitoreo de calidad de aire en el barrio La Teja de Montevideo (ANII-FSE “Modelo integral de emisiones gaseosas y particuladas a la atmósfera: Análisis de una zona industrial y residencial de Montevideo”, IMFIA).

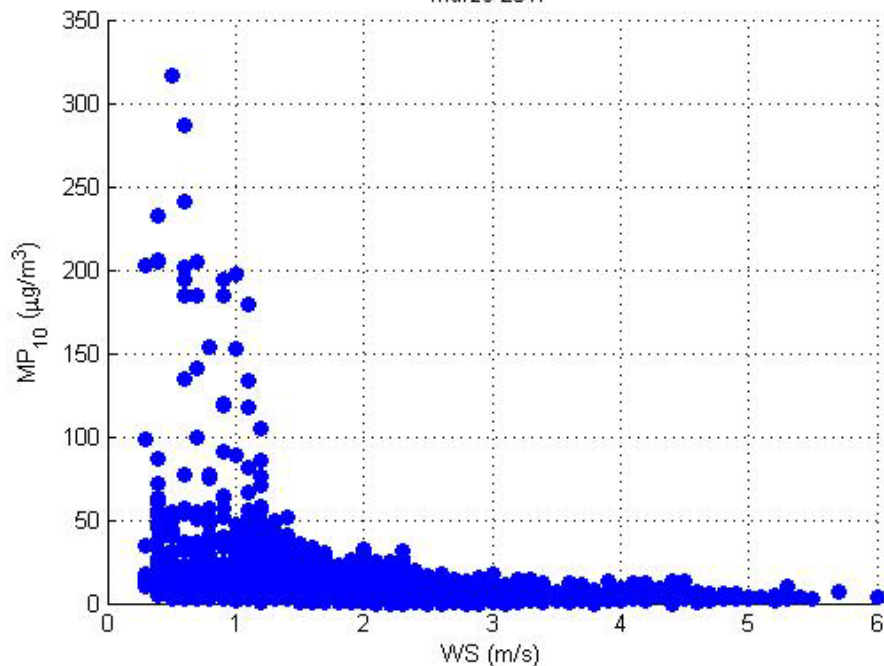
PROCESAMIENTO DE REGISTROS

- Evaluación del cumplimiento de normativa:
- ❖ Generación de índices de calidad de aire: advertencia en tiempo real (no funciona así en Montevideo).
- Establecimiento de vínculos entre parámetros:
- ❖ La vinculación entre los picos de concentración y la dirección del viento o la temperatura del aire puede ayudar a identificar fuentes emisoras de interés.
- ❖ Requiere del registro simultáneo de los parámetros a analizar.

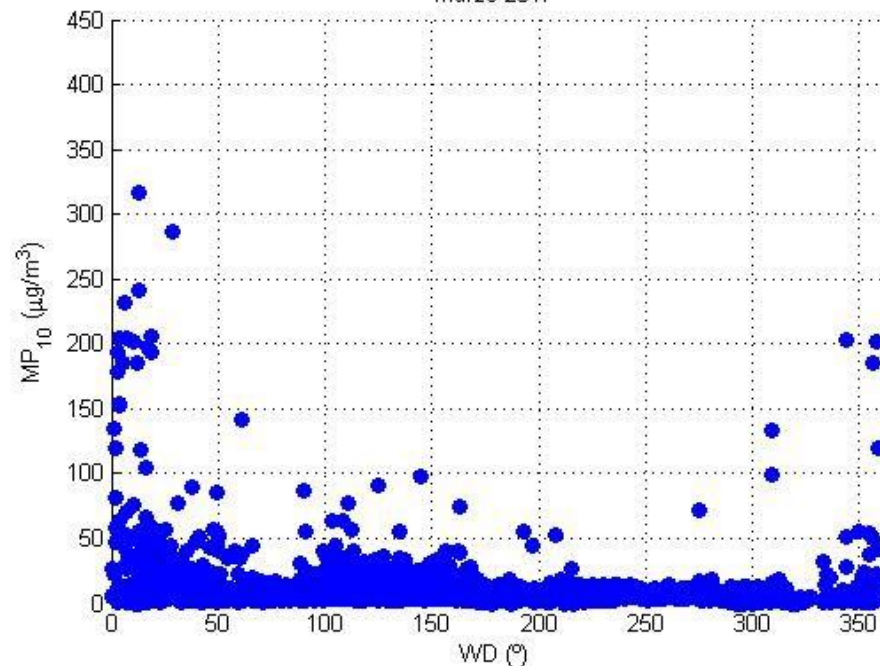
PROCESAMIENTO DE REGISTROS

- Establecimiento de vínculos entre parámetros:

MP₁₀ vs velocidad de viento
Marzo 2017



MP₁₀ vs dirección de viento
Marzo 2017



Monitoreo de calidad de aire en el barrio La Teja de Montevideo (ANII-FSE “Modelo integral de emisiones gaseosas y particuladas a la atmósfera: Análisis de una zona industrial y residencial de Montevideo”, IMFIA).

PROCESAMIENTO DE REGISTROS

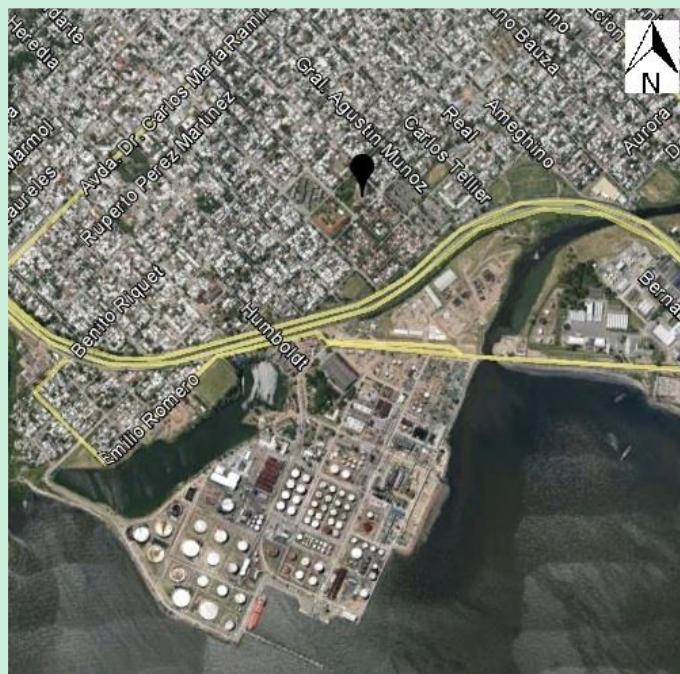
- Establecimiento de vínculos entre parámetros:
- ❖ Con el fin de obtener conclusiones de mayor peso, las relaciones evidenciadas en las figuras anteriores pueden evaluarse matemáticamente.
- ❖ Una posible forma de llevar a cabo esta tarea es a través del cálculo de coeficientes de correlación. A modo de ejemplo, el coeficiente de correlación de Spearman entre los valores de concentración de PM_{10} y velocidad de viento de la figura anterior es -0,3974.
- ❖ Mediante la aplicación de un test de hipótesis estadístico se llegó a la conclusión de que esta correlación resulta significativa. Es decir, los valores altos de concentración se asocian a valores bajos de velocidad de viento en este ejemplo.

PROCESAMIENTO DE REGISTROS

- Identificación de tendencias temporales de calidad de aire:
- ❖ Aplicaciones:
 - Desarrollo de planes de mejora de calidad de aire.
 - Evaluación del desempeño de sistemas de control de emisiones.
 - Evaluación de la capacidad de un sitio determinado para recibir nuevos emprendimientos.
 - Priorizar inversiones y líneas de acción.

EJERCICIO

- A partir de los datos proporcionados:
- ❖ Identificar fuentes emisoras relevantes.
- ❖ Evaluar el cumplimiento del estándar diario (Guías OMS y Decreto actual).
- ❖ Identificar gráficamente eventos de alta concentración (valores superiores al promedio más dos desviaciones estándar).
- ❖ Vincular las concentraciones de PM_{10} con la velocidad del viento y la temperatura ambiente (realizar comentarios).



Monitoreo de calidad de aire en el barrio La Teja de Montevideo (ANII-FSE “Modelo integral de emisiones gaseosas y particuladas a la atmósfera: Análisis de una zona industrial y residencial de Montevideo”, IMFIA).