



Protocolo de control de la calidad del **aire en entornos escolares mediante tubos de difusión de NO_2**

Índice de contenidos

Visión general rápida	3
Definiciones y abreviaturas	5
Finalidad del protocolo y quién puede utilizarlo	6
1. Antecedentes	6
2. Consideraciones clave y equipamiento	7
3. Instalación y recogida de los tubos	9
4. Interpretación de los resultados y estudios de casos	13
Agradecimientos	18
Anexo A. Ficha técnica de la aplicación CleanAir@School	19
Anexo B. Elaboración de mapas con My Maps - Google 24	21
Anexo C. Directrices y referencias sobre la calidad del aire NO₂	23
C1. Fuentes de dióxido de nitrógeno	23
C2. El dióxido de nitrógeno y sus efectos sobre la salud	23
C3. Vigilancia de la calidad del aire y directrices de la OMS sobre la calidad del aire	23
Anexo D. Tubos de difusión de palmes NO₂	25
D1. Componentes de los tubos	25
D2. Funcionamiento de los tubos de difusión Palmes	25

Resumen rápido

Este resumen sirve como guía de referencia rápida, pero debe revisarse detenidamente el protocolo completo antes de realizar cualquier campaña de medición.

Los altos niveles de contaminación atmosférica, incluido el dióxido de nitrógeno (NO₂) en las zonas urbanas, están relacionados con el aumento de las enfermedades y la mortalidad, que afectan especialmente a los niños. Por ello, es importante proteger los entornos en los que los niños pasan gran parte de su tiempo, como las escuelas.

Este protocolo describe las mejores prácticas de control ciudadano de los niveles de NO₂ para medir la calidad del aire en los entornos escolares. Está diseñado para cualquier persona interesada de grupos escolares o comunitarios. El protocolo establece un proceso estandarizado para el seguimiento e interpretación de los niveles de NO₂, y puede adaptarse a otros proyectos de ciencia ciudadana.

En entornos urbanos y suburbanos, la medición de los niveles de NO₂ es una forma de medir la contaminación atmosférica relacionada con el tráfico (TRAP). Los tubos de difusión de NO₂ Palmes son muestreadores pasivos asequibles adecuados para proyectos de ciencia ciudadana. Estos sensores de bajo coste pueden complementar las redes existentes y proporcionar diferentes puntos de medición alrededor de las escuelas. Las tendencias en las concentraciones de NO₂ pueden utilizarse para evaluar la exposición a la contaminación atmosférica y la eficacia de las políticas e intervenciones para reducirla.

Equipo necesario y consideraciones clave

- Tubos de difusión de NO₂.
- Códigos QR adhesivos para identificar cada tubo (se proporcionan 2 adhesivos por tubo)
- Soportes para sujetar los tubos y bridas
- Bolsa/caja hermética
- Tijeras / alicates
- Hoja de exposición proporcionada por el laboratorio: debe rellenarse al instalar los tubos
- Cinta métrica (mínimo 3 m) (opcional)
- Escalera pequeña o taburete (los tubos deben instalarse a un mínimo de 2.5 m)
- Un mapa de la zona de estudio
- Cámara, móvil o tableta para tomar fotografías de las ubicaciones de los tubos instalados

Los tubos tienen una vida útil de 12 semanas, por lo que deben utilizarse y devolverse para su análisis dentro de este periodo. Deben refrigerarse cuando no se estén utilizando; sin embargo, la refrigeración no es necesaria durante el transporte de ida y vuelta al laboratorio.

El periodo de medición de cada tubo de NO₂ oscila entre 2 y 4 semanas. El tiempo necesario para instalar y retirar los tubos dependerá en gran medida del número de tubos y de su ubicación, pero, como guía, para una campaña de medición alrededor de los colegios se nece-

sita medio día para colocar los sensores y medio día para retirarlos.

Formas de registrar la ubicación de los tubos

La selección y registro de las ubicaciones de los tubos puede hacerse de tres maneras:

- Un mapa en papel en el que se seleccionan y registran las ubicaciones y la información.
- **CleanAir:** Una página web de [4sfera Innova](#). Este protocolo incluye información sobre cómo utilizar este sitio web y transferir información a una aplicación móvil.
- **My Maps - Google:** En tu ordenador, sigue los pasos explicados en este protocolo. También se puede hacer con un móvil o una tableta.

Instalación de los tubos

1. Selecciona la ubicación deseada para cada tubo.
2. Instala el soporte para tubos en la ubicación.
3. Pega la pegatina con el código QR en cada tubo antes de instalarlo.
4. Rellena la hoja de exposición con la otra pegatina de código QR; en caso de que tengas otro nombre asociado a cada punto también puedes registrarlo aquí.
5. Retira el tapón BLANCO. Guarda el tapón en un lugar seguro (ponlo dentro de una bolsa de plástico o un recipiente de plástico). Este tapón volverá a ser necesario una vez finali-

zado el periodo de medición para recoger y sellar los tubos.

6. Con el tapón de color del tubo hacia ARRIBA (la parte superior), engancha/coloca el tubo en el soporte. Asegúrate de que el tubo está colocado verticalmente con el extremo abierto (sin la tapa) hacia abajo.
7. Anota la fecha y hora de inicio del período de medición en la hoja de exposición.

Instala los tubos a una altura mínima de 2.5 m del suelo, en lugares exteriores alrededor de la escuela donde la gente permanezca o pase, como postes de luz o postes de señalización (por ejemplo, a pie, en bicicleta, etc.). Evita instalar los tubos en los cruces de calles, paradas de autobús o cerca de las rejillas de ventilación de los edificios.

Es muy recomendable instalar un juego de tubos (2 tubos, 3 si es posible) junto al equipo de referencia de una estación gubernamental de control ambiental cercana que también mida el NO₂. Esto permitirá comparar sus resultados con los datos de referencia. Esta es una parte importante del control de calidad.

Recogida de los tubos

Tras el periodo de medición, cierra el tubo colocando de nuevo el tapón BLANCO en el tubo y anota la hora y la fecha de recogida en la hoja de exposición. Los tubos deben devolverse al laboratorio para su análisis con una copia de la hoja de exposición lo antes posible una vez finalizado el periodo de medición. Es muy importante que envíes un correo electrónico al laboratorio o a tu distribuidor local para notificarles el envío de los tubos.

Interpretación de los resultados

Los resultados se calculan y facilitan en partes por billón (ppb) y microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Al interpretar los resultados de los análisis de laboratorio, es importante ser consciente de que representan las concentraciones medias de NO₂ durante el periodo de exposición (2-4 semanas). Por lo tanto, los resultados de los tubos de NO₂ no pueden compararse directamente con los niveles límite por hora o límites diarios de otros sensores, ni con los límites medios anuales de las directrices de la OMS o la UE, porque los plazos son diferentes. Los resultados de los tubos de NO₂ pueden ayudar a detectar cambios a lo largo del tiempo, por ejemplo como resultado de una política o intervención. También pueden ayudar a ampliar el número de puntos de medición dentro de una ciudad y proporcionar información más específica sobre lugares como las zonas escolares, que luego puede utilizarse para ayudar a priorizar y supervisar las acciones de mejora de la calidad del aire.





Definiciones y abreviaturas

DCAA: Directivas sobre calidad del aire ambiente

DCA: Directrices de calidad del aire

Tubo de difusión: Los tubos de difusión de tipo Palmes son muestreadores pasivos, abiertos por un extremo mientras miden, con un absorbente en el otro extremo (cerrado) para la absorción de un contaminante específico del aire circundante

Rejilla: Se utiliza aquí para referirse a las pequeñas rejillas de malla utilizadas en el interior del tubo de difusión, que están recubiertas con el absorbente TEA

Tapa: La tapa de plástico fijada en el extremo cerrado de un tubo de difusión, que sujeta las rejillas recubiertas de absorbente

UE: Unión Europea

NO₂: El dióxido de nitrógeno (NO₂) es un gas presente en las ciudades producido principalmente por la combustión asociada al tráfico motorizado. La exposición al NO₂ puede tener efectos negativos para la salud

PM: La materia particulada es un término utilizado para describir una combinación de partículas sólidas y gotas líquidas que varían en tamaño y composición. Incluye PM con un diámetro menor o igual a 10 µg (PM₁₀) y PM con un diámetro menor o igual a 2.5 µg (PM_{2.5})

TEA: Trietanolamina. El reactivo utilizado en los tubos de difusión tipo Palmes como absorbente de NO₂

TRAP: Contaminación atmosférica relacionada con el tráfico

Código QR: Adhesivo con código QR para identificar cada tubo, viene por duplicado, uno para el tubo y otro para la hoja de exposición

OMS: Organización Mundial de la Salud

IMC: Índice de masa corporal

Finalidad del protocolo y quién puede utilizarlo

Este protocolo describe las mejores prácticas para el control ciudadano de los niveles de dióxido de nitrógeno (NO₂) para medir la calidad del aire en entornos escolares. Está diseñado para cualquier persona interesada de grupos escolares o comunitarios. El objetivo es establecer procedimientos normalizados para controlar e interpretar los niveles de NO₂ y ofrecer a los ciudadanos un mayor acceso a los datos locales sobre la exposición a la contaminación atmosférica relacionada con el tráfico motorizado. Este protocolo puede adaptarse a otros proyectos de ciencia ciudadana.

1. Antecedentes

Los niveles elevados de contaminación atmosférica, incluidas las concentraciones de NO₂ en zonas urbanas, están relacionados con un aumento de las enfermedades y la mortalidad. El NO₂ es principalmente de origen humano, y en la mayoría de las grandes ciudades el tráfico de vehículos motorizados es la principal fuente, conocida como contaminación atmosférica relacionada con el tráfico (TRAP). Otras fuentes pueden ser el transporte marítimo y aéreo, las centrales eléctricas, las actividades industriales y la agricultura. La exposición al NO₂ puede provocar asma y una disminución de la función pulmonar y cognitiva en los niños, y existen pruebas de que la exposición al NO₂ está relacionada con trastornos metabólicos y cáncer infantil. En el [Blog de ISGlobal](#) se puede encontrar un resumen de las repercusiones sanitarias en la salud infantil.

Dado que los niños son especialmente vulnerables a los efectos a corto y largo plazo de la contaminación atmosférica, es importante minimizar su exposición en los entornos donde pasan mucho tiempo, como las escuelas. Las tendencias de las concentraciones de NO₂ pueden utilizarse para evaluar la exposición de los niños y la eficacia de las políticas e intervenciones en materia de contaminación atmosférica.

Medición del NO₂: Entender las Directrices de Calidad del Aire y las técnicas de control

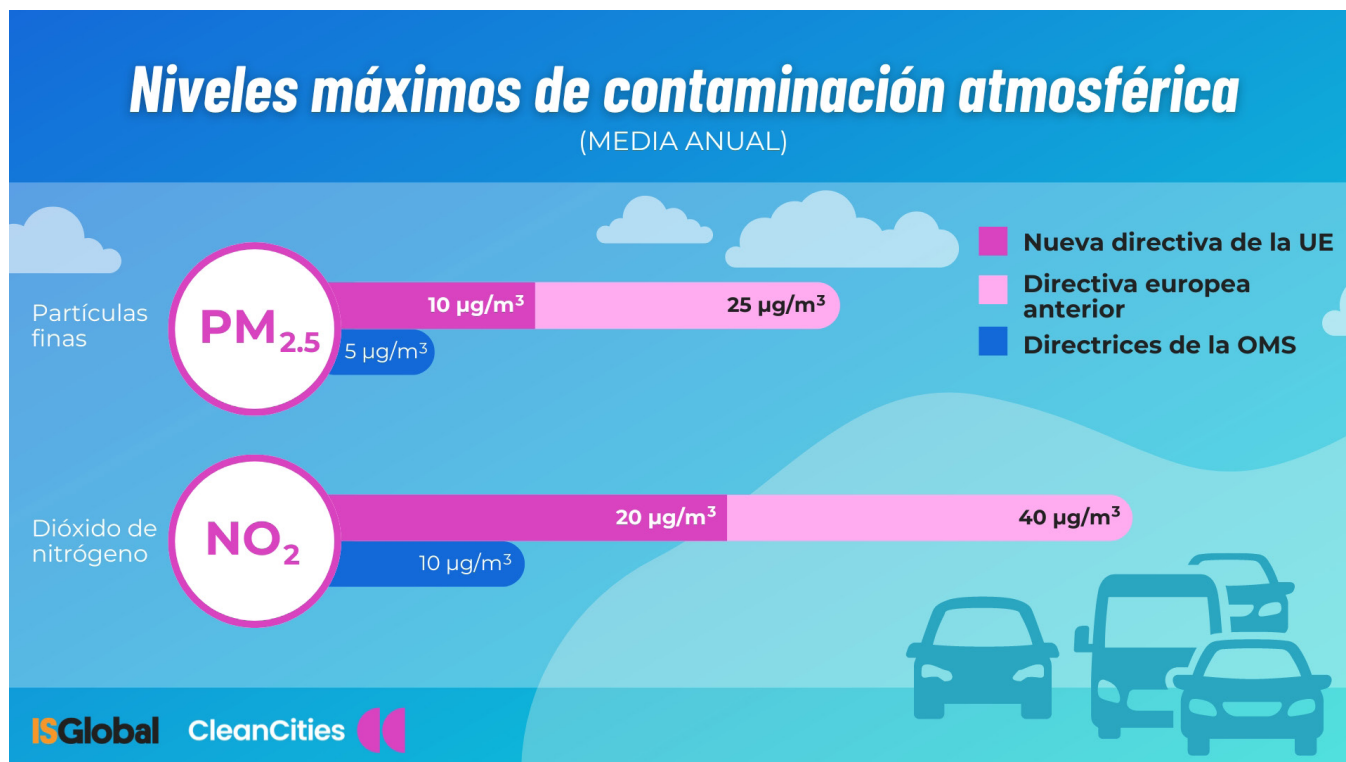
Debido a los importantes vínculos existentes entre la contaminación atmosférica y la salud, la **Organización Mundial de la Salud (OMS)** ha elaborado unas **Directrices de Calidad del Aire (DCA)** que describen los riesgos asociados a 37 de los contaminantes atmosféricos más comunes. Las DCA se basan en una revisión de las pruebas científicas más recientes (Figura 1). Proporcionan recomendaciones específicas para reducir la exposición a estos contaminantes clave y recomiendan límites; sin embargo, estos límites no son jurídicamente vinculantes. En 2024, la Unión Europea propuso nue-

vas **Directivas de Calidad del Aire Ambiente (DCAA)**, que son legalmente vinculantes para los miembros de la UE. Aunque no se alinean completamente con las recomendaciones de la OMS, reducen significativamente los límites de los contaminantes más perjudiciales para la salud humana (Figura 1).

Existe un interés creciente por el monitoreo de la calidad del aire en los entornos locales, incluidos los centros escolares. Los sensores de bajo coste son herramientas valiosas que las comunidades pueden utilizar para mejorar las redes existentes de vigilancia fija de la calidad del aire. Aunque hay muchos tipos de sensores a disposición de los ciudadanos, existe cierto consenso en que, para conocer el TRAP a nivel local y dentro de los entornos escolares, los tubos de difusión de tipo Palmes, tal como se describen en este protocolo, son la mejor práctica.

Los tubos de difusión pasiva son un método barato y sencillo que proporciona concentraciones que, en la mayoría de las circunstancias, ofrecen una medida indicativa para evaluar la exposición al NO₂ durante un periodo de tiempo definido. Los tubos pueden utilizarse para complementar las redes de control gubernamentales que miden el cumplimiento de los criterios de calidad del aire a nivel local. Sin embargo, los tubos de difusión de NO₂ utilizan una exposición media en función del número de semanas de exposición, mientras que las DCA de la OMS y la DCAA de la UE utilizan una exposición media anual. Por tanto, estas medidas no pueden compararse directamente. Para saber más sobre los efectos de la exposición al NO₂ y sobre las directrices de la OMS y las directivas de la UE, consulte el [anexo C](#).

Figura 1. Pautas de calidad del aire más recientes para PM_{2.5} y NO₂.



2. Consideraciones clave y equipamiento

En esta sección presentamos los materiales y equipamiento necesarios, cómo funcionan los tubos y cómo almacenarlos adecuadamente cuando no se utilizan.

2.1. Equipamiento y materiales

- ✓ **Tubos de difusión de NO₂** (Figura 2). Los tubos vienen con dos tapones: uno gris y otro blanco (ver el [anexo D](#)). El blanco es el que deberás retirar al iniciar el periodo de exposición. NO retires el tapón gris, ya que se saldrá la rejilla de medición.
- ✓ **Soporte para sujetar los tubos.** Existen diferentes soportes, cada uno adecuado a una superficie específica o a un tipo de medición de la exposición. Por ejemplo, en la figura 3, el soporte de la izquierda es adecuado para instalar tubos en ventanas. Otros requieren el uso de bridas.
- ✓ **Bolsa/caja hermética** para guardar los tubos.
- ✓ **Tijeras / alicates**
- ✓ **Pegatinas con código QR** para identificar los tubos. Junto con los tubos se suministran dos pegatinas para cada tubo.
- ✓ **Hoja de exposición:** Esta ficha la proporciona el laboratorio y debe rellenarse al instalar

y desinstalar los tubos si la actividad se realiza manualmente. De lo contrario, puede utilizarse la aplicación móvil [CleanAir@School](#).

- ✓ **Una cinta métrica** (mín. 3 m) (opcional).
- ✓ **Una pequeña escalera o un pequeño taburete** (los tubos deben instalarse a una altura mínima de 2.5 m).
- ✓ **Un mapa de la zona de estudio** (o [My Maps - Google](#) o tablet/móvil con la aplicación móvil CleanAir@School instalada).
- ✓ **Cámara, móvil o tableta** para hacer fotos de las ubicaciones de los tubos instalados o para utilizar la aplicación móvil CleanAir@School.

Figura 2. Componentes del tubo de difusión.

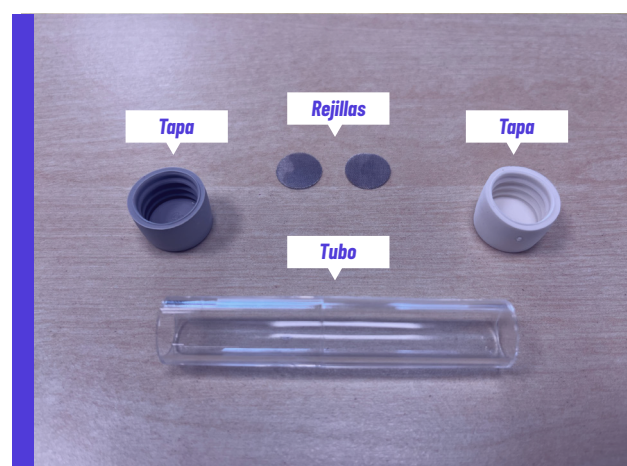


Figura 3. Tipos de soportes para tubos de NO₂.



2.2. Adquisición de los tubos

Los autores de este protocolo han realizado muchas campañas de medición de tubos en diferentes contextos utilizando los tubos de los laboratorios Gradko, por lo que tienen más experiencia con la calidad y el funcionamiento de este proveedor. Hemos comprobado que son eficientes y de calidad constante. Sin embargo, hay varios laboratorios que venden muestreadores pasivos para medir NO₂. Todos ellos son similares en su funcionamiento, aunque la disponibilidad, el precio y otros aspectos como el envío pueden variar, así que compruebe los detalles cuidadosamente con el proveedor que elija. A continuación se indican algunas opciones:

- Gradko (Reino Unido): gradko.com/environmental/nitrogen-dioxide-diffusion-tubes
- Passam ag (Suiza): passam.ch/products
- Ormantine (EE.UU.): ormantineusa.com/nitrogen-oxides-diffusion-tubes

Antes de comprar los tubos, consulte con el proveedor del laboratorio para encontrar el principal distribuidor de tubos de difusión tipo Palmes en su país a través de su página web. Ellos podrán remitirle a su distribuidor local. El precio de los tubos suele incluir el análisis de laboratorio, pero el precio puede variar en función de su distribuidor local. El envío se paga aparte. Los soportes para los tubos suelen comprarse en el mismo sitio web, y los precios varían según el tipo. También pueden pedirse a través de su distribuidor local junto con los tubos.

2.3. Vida útil de los tubos

Los tubos tienen una vida útil de 12 semanas antes de caducar, por lo que deben utilizarse y devolverse para su análisis dentro de este periodo. La fecha de recepción y la fecha de caducidad deben estar claramente identificadas en el envase de cada lote de tubos.

2.4. Almacenamiento de los tubos

Los tubos deben conservarse refrigerados antes y después de su uso, y no deben someterse a grandes cambios de temperatura. El uso de recipientes de plástico y/o bolsas de plástico limpias y sellables es esencial para evitar la contaminación de los tubos no utilizados mientras están en el frigorífico y durante el transporte.

2.5. Control de calidad: Tubos control

Recomendamos utilizar dos de los tubos de cada lote como Tubos Control para detectar si los tubos funcionan correctamente. Deben etiquetarse con una pegatina de código QR (un código QR diferente para cada tubo) y guardarse en su bolsa de plástico original, y llevarse encima durante la instalación y recogida de los tubos de estudio. Guarda los tubos control en el frigorífico mientras se miden los demás tubos instalados. Si no se dispone de frigorífico, deben guardarse en un lugar fresco, oscuro y con temperatura estable. Los Tubos Control no necesitan fecha y hora de apertura/cierre; escribe "Tubo Control" en la hoja de exposición junto a su código QR.

2.6. Etiquetado de los tubos con un código QR

Los tubos vienen con una hoja de exposición y una tira de etiquetas adhesivas con un código QR; estos códigos están por duplicado (2 etiquetas adhesivas QR para cada tubo): 1 etiqueta es para colocarla en el tubo, y la otra etiqueta es para pegarla en la hoja de exposición. Si utilizas la aplicación en lugar de la hoja de exposición, escanea el código para cada tubo. Etiqueta los tubos y las hojas inmediatamente en el punto de medición para minimizar los errores. Asegúrate de que la etiqueta está bien fijada al tubo (las etiquetas están diseñadas para soportar las condiciones meteorológicas).

Figura 4. Tubo de difusión tipo Palmes con el código QR adjunto (con ambas tapas de los extremos).



3. Instalación y recogida de los tubos

En el siguiente apartado se detalla la instalación y recogida de los tubos de NO₂ para su análisis. Presentamos los criterios generales para seleccionar los puntos de medición y una guía paso a paso sobre la instalación, recogida y envío para análisis. El número de tubos y la distancia entre ellos deben basarse en los objetivos de la campaña de seguimiento.

Nota

El periodo de medición de los tubos oscila entre un mínimo de 2 semanas y un máximo de 4 semanas.

3.1. Criterios generales para instalar NO₂ en exteriores

Para la monitorización en exteriores, es importante colocar los tubos de difusión donde haya circulación abierta de aire alrededor del tubo. Al mismo tiempo, deben evitarse los cruces de calles e intersecciones, así como los lugares que sean focos o fuentes localizadas de NO₂. Por ejemplo, evite puntos con proximidad (menos de 10 m) a:

- Arbustos o vegetación que sobresalgan o rodeen el tubo
- Salidas de aire acondicionado
- Rejillas de ventilación
- Conductos de ventilación subterráneos

- Aparcamientos subterráneos
- Salidas de aparcamiento, salidas de aire o ventiladores
- Semáforos
- Paradas de taxi o autobús

Algunas superficies pueden actuar como absorbentes de contaminantes, reduciendo las concentraciones de aire inmediatamente próximas al tubo. Por este motivo, idealmente, NO se debería montar los tubos directamente sobre una superficie, es decir, en la fachada de un edificio.

Para medir la exposición de los niños a la contaminación atmosférica, instala los tubos en lugares donde los niños permanezcan o pasen (es decir, andando, en bicicleta, etc.). Para entornos escolares:

- Un punto de medición debe estar en la entrada principal del centro educativo. Si hay otra entrada en otra calle, también podría situarse allí un punto.
- El resto de puntos pueden situarse en lugares donde se quieran determinar los niveles de NO₂. Ejemplos:
 - Calles o caminos que van al colegio
 - Puntos de dejar y/o recoger a los alumnos
 - Calles que conectan el colegio con la parte más céntrica del barrio o ciudad
 - Calles para pasear o sentarse
 - Espacios donde los niños van a jugar
- Estos puntos pueden clasificarse en dos tipos: *de tráfico* y *de fondo urbano* (esto permite una mejor interpretación de los resultados):
 - Los puntos de tráfico están situados dentro de las calles por las que pasan vehículos motorizados. Los tubos deben colocarse a menos de 10 metros de la calzada. Los tubos pueden situarse, si es posible, en farolas/semáforos y señales de tráfico.
 - Los puntos de fondo urbano son los situados a más de 25 metros del tráfico, como parques, plazas, zonas verdes o calles peatonales.

Elige lugares para colocar tubos en cada uno de estos dos tipos de localizaciones. Instala al menos el 10% de los tubos en puntos de fondo urbano. Coloca un tubo en cada punto de interés.

El tiempo necesario para instalar y recoger los tubos dependerá en gran medida del número de tubos y de su ubicación, pero, como guía, puede suponerse que se necesitará medio día para instalar los tubos y otro medio día para recogerlos.

A efectos de control de calidad, es muy recomendable instalar dos tubos (tres, si es posible)

junto al equipo de referencia de seguimiento del NO₂ de la estación gubernamental de control ambiental cercana durante el periodo de muestreo, a ser posible exactamente los mismos días. Esto permitirá comparar los resultados de los tubos con los datos de referencia.

Nota

Si tu campaña se realiza en colaboración con un centro escolar, instala tubos dentro del aula y en el patio o zona de recreo. El tubo del patio debe instalarse alejado de la calle; si hay más de un patio, se puede instalar un tubo en cada uno. Para el tubo situado en el interior de un aula o de un espacio común, instálalo preferentemente de cara a la calle más transitada de los alrededores del colegio.

3.2. Opciones para registrar las ubicaciones de los tubos

Para cada campaña de control, es importante registrar la ubicación de instalación de cada tubo. Existen tres métodos cartográficos para registrar los puntos de medición previamente seleccionados: uno es un mapa en papel y dos son digitales. En los tres métodos, el mapa puede compartirse con otras partes interesadas o comunidades escolares.

Las formas de generar un mapa son:

- Mapa impreso en papel
- Aplicación móvil CleanAir@School
- My Maps - Google

3.2.1. Mapa en papel

No es necesario utilizar plataformas digitales para ubicar correctamente los puntos, puedes utilizar un mapa impreso en papel para marcar los puntos donde deseas colocar los tubos. Durante la instalación, toma el mapa para dirigirte a los puntos de medición previamente seleccionados que están marcados en el mapa. Si se produce algún cambio durante la instalación, deberás anotarlo en el mapa de papel y en las hojas de exposición.

3.2.2. Aplicación móvil CleanAir@School

Esta aplicación móvil es una herramienta que permite registrar datos de geolocalización, hora

de instalación/recogida, código QR del tubo, etc. Para utilizar la web y la aplicación móvil es necesario pagar una pequeña cuota para configurar las actividades individuales en la plataforma. Este precio puede variar en función del tamaño de la campaña y del número de colegios implicados (si los hay), entre otros factores. Para obtener más información sobre cuánto puede costar para su campaña, ponte en contacto con 4sfera Innova (info@4sfera.com).

Descarga la aplicación



Android
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.i4sfera.greenscent&pli=1>



iOS
<https://apps.apple.com/es/app/cleanair-school/id6466443487>

Para utilizar la web y la app, puedes encontrar un paso a paso detallado de cómo utilizarlas en los siguientes formatos:

- **Vídeo en Youtube** con todos los pasos a seguir para utilizar la web. [Ver vídeo.](#)
- En el **Anexo A** se detallan los pasos a seguir para dar de alta los puntos de medida previamente seleccionados, así como su instalación y recogida. [Ver Anexo A.](#)

3.2.3. My Maps - Google

My Maps - Google es una herramienta que te permite crear mapas con los lugares que son de tu interés, añadir puntos, formas, y compartirlos con otras personas. Esta herramienta, sin embargo, no da más información sobre los tubos que su ubicación. Para utilizar *My Maps*, accede a My Maps con tu cuenta de Google. Para obtener una guía detallada paso a paso sobre cómo crear un mapa, localizar los puntos de medición, etc. ver [Anexo B.](#)

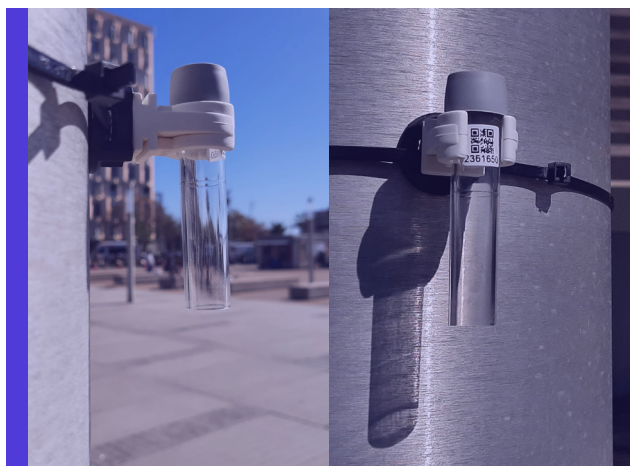
3.3. Tubos Control (tubos de control)

Para el control de calidad, deben utilizarse dos Tubos Control por cada lote de tubos, a fin de garantizar que no se han producido problemas de control de calidad (ver [sección 2.5](#)).

3.4. Fijación de los soportes de los tubos

Es importante utilizar siempre un soporte bien sujeto para sujetar cada tubo. Los soportes deben estar a una altura suficiente -al menos a 2.5 m del suelo- para evitar robos y actos vandálicos. El soporte garantiza que el tubo quede ligeramente separado de la superficie a la que está sujeto (Figura 5). Utilizando un taburete o una escalera, el soporte debe fijarse a una farola/semáforo, señal de tráfico o similar utilizando bridas. La seguridad es esencial, por lo que nunca instales soportes o tubos si no es seguro hacerlo.

Figura 5. Tubos de difusión de NO₂ con soporte.



3.5. Instalación de los tubos

Se recomienda un mínimo de dos personas para instalar los tubos, ya que esto facilita y acelera el proceso y reduce los errores. Para proyectos de colaboración con centros escolares, la mejor manera de instalar los tubos es organizar equipos de 5-6 personas, y que cada grupo coloque los tubos en una zona separada. Cada persona/alumno puede realizar una tarea, de modo que la actividad resulta más dinámica.

Una vez elegidos todos los puntos y definidos los grupos de trabajo, puedes comenzar la instalación de los soportes y los tubos.

Hay dos métodos diferentes para registrar la instalación, digital o en papel. Los pasos 1 a 5 son los mismos para ambos. Sin embargo, el método de registro de los puntos de medición es diferente.

- **Digitalmente**, utilizando la aplicación móvil CleanAir@School.

- O utilizando la hoja de exposición en papel.

(Nota: este proceso es diferente del registro de la ubicación del tubo, que tiene tres opciones como se describe en la sección anterior).

Antes de instalar los tubos, asegúrate de que dispones de todo el material necesario (especificado en el apartado 2.1). Dependiendo de si realizas el registro digitalmente / en papel o ambos, asegúrate de que cada grupo dispone de:

- **Digitalmente**, un dispositivo electrónico (tablet o móvil) - con la aplicación móvil descargada y todas las ubicaciones visibles (a través de la app [CleanAir@School](#)). De antemano, tendrás que iniciar sesión con el nombre de usuario y contraseña obtenidos para cada grupo (necesitarás conexión a internet para este paso) para poder ver los puntos asignados a ti y a tu equipo.
- O utilizar la **hoja de exposición** y un dispositivo electrónico para tomar fotografías.

Para las mediciones realizadas en grupo, recomendamos que cada grupo planifique su ruta con antelación. Esto garantizará que cada grupo disponga del número de tubos necesarios para los lugares acordados y que los puntos se instalen a la distancia correcta unos de otros.

Retire los tubos del frigorífico el mismo día en que vayan a instalarse. Lleva los tubos a la zona de estudio en una bolsa de plástico cerrada o en un recipiente de plástico. Acuérdate de llevarte también los Tubos Control (si creas grupos, un grupo puede llevarse los).

Figura 6. Tubos de difusión de NO₂ instalados en farolas.



Instalar los tubos:

1. Cuando llegues **al punto de medición seleccionado, monta el soporte de los tubos en un lugar seguro**. El soporte debe fijarse a una farola, señal de tráfico o similar, utilizando bridas (ver el apartado 3.4) (figura 6).
2. **Etiqueta cada tubo con su pegatina de código QR** (esta tarea también puede hacerse de antemano, ver el [apartado 2.6](#)).
3. **Retira el tapón blanco** y colócalo dentro de la bolsa/caja, lo necesitarás para la recogida

de tubos posterior. Es aconsejable tener tapones de repuesto por si se pierden (puedes comprar algunos tapones de repuesto al pedir los tubos).

4. **Coloca el tubo verticalmente sobre el soporte**, dejando el extremo inferior del tubo abierto (sin tapón) para permitir la entrada de aire. El tapón gris debe estar en el extremo superior y debe dejarse siempre puesto.
5. **Toma una fotografía del tubo colocado**. Este paso es obligatorio para la aplicación móvil y muy recomendable para el método en papel. La fotografía debe incluir los alrededores del lugar, incluida la ubicación específica en la que se ha instalado el tubo. Esto es muy útil para futuras referencias a la hora de recoger los tubos y de interpretar los resultados. Si utilizas la aplicación, puedes tomar hasta un máximo de 5 fotos (una de cada lado más una muy cercana en la que pueda ver el número del código QR).


Si estás utilizando la aplicación móvil [CleanAir@School](#) consulta el [Anexo A](#) para encontrar un proceso paso a paso más detallado.

Instalación con la hoja de exposición en papel

Siempre debes rellenar una copia en papel de la hoja de exposición para registrar la hora y la fecha de instalación y recogida, la ubicación, el código QR y cualquier otra información relevante para cada tubo (Figura 7). El laboratorio necesita esta información para calcular las concentraciones medias de NO₂ durante el tiempo de exposición. La hoja de exposición se suministra junto con los tubos cuando estos se adquieren, y normalmente también puedes descargarla en línea a través del sitio web del proveedor.

Figura 7. Ficha de exposición con la principal información requerida.

Hoja de exposición a NO ₂							
Nombre de la institución							
Persona de contacto							
Número SOR							
Tipo de tubo							
Referencia del trabajo							

Código/número del tubo	Código de barras / código QR	Ubicación (lugar donde se despliega el tubo)	Fecha (dd/mm/yy)	Hora (hh:mm)	Fecha de recogida (dd/mm/yy)	Hora de salida (hh:mm)	Comentarios
SM-07-Aribau1		Calle de Aribau 37	07/02/24	09:45	06/03/24	09:20	

Una vez identificado cada tubo con su código QR, el proceso de instalación y registro es el siguiente:

1. Rellena claramente la **hoja de control de la exposición** con las pegatinas de códigos QR suministradas. En caso de tener otro código asociado a cada punto también puedes anotarlo aquí.
2. **Registra la fecha y hora** de inicio del periodo de medición en la hoja de exposición una vez instalada.
3. Se puede añadir cualquier **comentario relevante** asociado al punto de medición, por ejemplo información adicional sobre la ubicación o las condiciones.



Nota

Es aconsejable comprobar el estado de los tubos y notificar cualquier incidencia durante el periodo de medición. Esto pueden hacerlo periódicamente los participantes.

3.5. Retirada de los tubos

Una vez finalizado el periodo de medición, vuelve a los lugares donde instaló los tubos y recógelos. Lleva la hoja de exposición que se utilizó para la instalación de los tubos.

Para recoger los tubos:

1. **Revisa y valida** toda la información en cada ubicación de los tubos.
2. **Cierra el tubo** colocando de nuevo la **tapa BLANCA** en el tubo. Si no dispones de tapón puedes cubrirlo con cinta celofán, bien envuelto para evitar cualquier contaminación, que podría afectar a los resultados.
3. **Anota la hora y la fecha** en la hoja de exposición.
4. Anota cualquier irregularidad del lugar (por ejemplo, obras en el edificio/carretera, desvíos de tráfico), así como cualquier cosa que pueda afectar, o incluso invalidar, los resultados del tubo (por ejemplo, tubo encontrado en el suelo, suciedad, insectos o líquido en el interior del tubo). Si encuentras arañas o cualquier otro insecto, déjalos dentro y anótalo en la hoja de exposición.
5. Una vez terminada la recogida de los tubos, guárdalos dentro de la bolsa de plástico y guárdalos en la nevera hasta que se envíen al laboratorio.

3.6. Envío de los tubos para su análisis

Los tubos deben devolverse al laboratorio para su análisis lo antes posible tras su recogida. Sin embargo, si los guardas en un frigorífico, puedes recoger más tubos durante unas semanas y enviar un mayor número de tubos al laboratorio antes de la fecha de caducidad. La hoja de exposición, que incluye la fecha y hora de apertura y

cierre, también debe enviarse junto con los tubos en una copia en papel, y también en línea a través del correo electrónico (es decir, una copia escaneada o una hoja de cálculo Excel.) Conserve una copia de la hoja de exposición para su archivo. Los tubos deben devolverse en un recipiente cerrado, como la bolsa de plástico en la que se envían. No es necesario enviarlos refrigerados.

Ponte en contacto con su distribuidor local si necesitas más información sobre el proceso de envío, ya que las aduanas y la normativa pueden variar según el país. Por ejemplo, el Reino Unido cobra tasas de entrada por enviar los tubos, y también pueden necesitar alguna información adicional. Tu distribuidor local también le informará de la necesidad de disponer de una carta de contenido no peligroso y una factura proforma al enviar los tubos.

4. Interpretación de los resultados y casos prácticos

El laboratorio enviará por correo electrónico un informe de análisis con los resultados (ver un ejemplo en la figura 8), incluidas las concentraciones de NO₂ de cada tubo. El plazo de recepción de los resultados suele ser de varias semanas, pero puede variar en función de factores externos, como las aduanas y normativas de los aeropuertos. Los resultados se comunican en microgramos por metro cúbico (µg/m³), y también en partes por billón (ppb).

Figura 8. Ejemplo de informe de análisis de laboratorio. 1) Código Interno asignado a cada tubo instalado; 2) Este es el Código QR asignado a cada tubo; 3) Este es el número de horas que el tubo ha estado expuesto para esta campaña concreta.

Informe de análisis de laboratorio

Número de informe: Q06891R

Carácter de referencia del informe: caràcter (0)

Fecha del informe: 2022-09-06

Sitio	Número de muestra	Datos de exposición		Hora (h)	µg/m ³ *	ppb*	µg NO ₂	Comentarios del laboratorio
		Fecha On	Fecha Off					
Barcelona_calle_punto_1	2024780	2022-06-30	2022-07-14	336	32.44	16.93	0.79	
Barcelona_calle_punto_2	1875643	2022-06-30	2022-07-14	337	34.44	17.77	0.83	
Girona_calle_punto_1	187644	2022-06-30	2022-07-14	336	27.69	14.45	0.68	
Girona_calle_punto_2	187645	2022-06-30	2022-07-14	337	29.01	15.14	0.71	
Laboratorio control	NA	NA	NA	336	0.16	0.09	0.00	

Nota:

(*) Los resultados se han corregido a una temperatura de 293K (20°C).

Comentarios: los resultados no se han sustraído en blanco.

- General M.U.: ±9.7%
- Límite de detección: 0.030 mg NO₂
- Fecha del análisis: 2022-08-30

Análisis realizado de acuerdo con el método documentado del laboratorio interno GLM7.

La firma confirma la autenticidad de estos resultados.

###[1] "Firmado: ___nombre___, Responsable del análisis de datos"

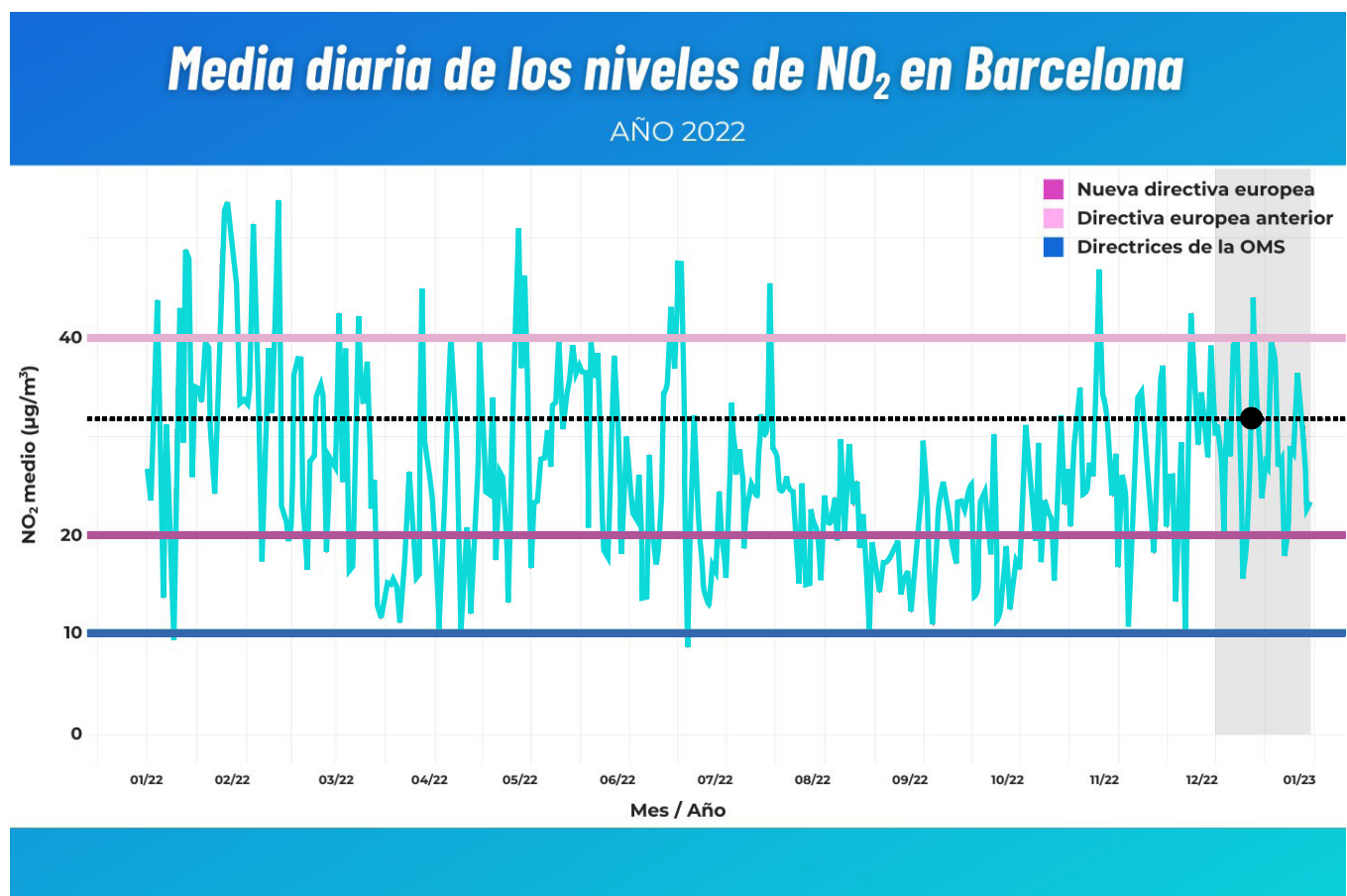
El método del tubo de NO₂ de palmeres-diffusion para la vigilancia de la calidad del aire es una forma asequible de aumentar el número de puntos de medición de la contaminación atmosférica y centrarse en zonas específicas. Esto puede ser útil para medir las tendencias a lo largo del tiempo e indicar las tendencias de impacto de las políticas o intervenciones.

Los tubos proporcionan una media de exposición al NO₂ durante un periodo de 2 a 4 semanas, dependiendo de la duración de la campaña. Así, al interpretar el informe de análisis de laboratorio, es importante tener en cuenta que la concentración se promedia a lo largo de semanas, mientras que las DCA de la OMS y la DCAA de la UE utilizan medias anuales. Dado que los niveles de contaminación atmosférica pueden variar a lo largo de las semanas y los meses del año, los niveles obtenidos de la medición de 2 a 4 semanas no representan las variaciones ni la media a lo largo de un periodo de tiempo más largo. Por ejemplo, podría producirse un pico de contaminación atmosférica fuera del periodo de medición del tubo. O a la inversa, la medición con tubo podría realizarse durante un pico de contaminación que no se produce en otras épocas del año. Por lo tanto, las comparaciones directas entre estos métodos no son factibles, y

esto debe tenerse en cuenta y reconocerse a la hora de interpretar y presentar los resultados.

A menudo, contextualizar los resultados de un periodo de medición facilita su interpretación y comunicación. Por ejemplo, en el siguiente gráfico (Figura 9), la línea roja muestra las fluctuaciones medias diarias de NO₂ en Barcelona a lo largo de 2022. Como era de esperar, los niveles de contaminación varían a lo largo del año. Disponer de esta información nos permite conocer los niveles de contaminación de la zona/ciudad cuando se realizó la campaña de medición. El punto negro representa la concentración media de NO₂ para un tubo que estuvo expuesto durante 4 semanas. En este caso fue de 31,74 µg/m³. El periodo de medición de 4 semanas se indica con la banda gris vertical. Como referencia, la línea rosa claro indica el límite legal anual establecido por la anterior DCA de la Unión Europea (40 µg/m³) y la línea rosa oscuro indica la nueva DCAA de la UE (20 µg/m³); la línea azul indica la recomendación actual de la OMS (10 µg/m³). Esta presentación gráfica de los resultados permite una interpretación más fácil y ayuda a mostrar los resultados de un tubo específico dentro del contexto más general de contaminación atmosférica de la ciudad.

Figura 9. Niveles medios diarios de NO₂ en Barcelona durante el año 2022.



Ocasionalmente, puede encontrarse un resultado que parezca anormal para un lugar concreto, como niveles inesperadamente muy bajos o altos, en comparación con el resto de tubos de medición de una zona similar. En estos casos, habrá que considerar si: a) el tubo está defectuoso, b) ha ocurrido algo fuera de lo normal durante el periodo de medición, o c) la información se ha registrado incorrectamente en la hoja de exposición. En estos casos, el resultado no debe tenerse en cuenta en el análisis ni en el informe.

En los casos en que las campañas de medición de NO₂ con tubos de difusión deban ser más compatibles con otras mediciones de la contaminación atmosférica, es aconsejable realizar mediciones de NO₂ con tubos de difusión repetidamente durante un período de tiempo prolongado (lo que requeriría múltiples campañas de medición a lo largo del año). Este enfoque sistemático aumenta la precisión y la fiabilidad a la hora de evaluar las tendencias de la calidad del aire y tomar decisiones fundamentadas basadas en los datos recogidos.

Comunicación de resultados - Casos de estudio

Las campañas de medición pueden ser útiles para aumentar la sensibilización y la defensa de la contaminación atmosférica en torno a los entornos escolares mediante la participación de los ciudadanos y el suministro de datos. Independientemente de los resultados obtenidos, es esencial presentar los resultados de forma objetiva y tener claras las limitaciones.

Normalmente, para que la información del análisis de laboratorio pueda comunicarse a públicos diversos, resulta útil transformar los datos en formatos más visuales, como mapas o gráficos. Una búsqueda en Internet de su ciudad o región puede proporcionar ejemplos de cómo otros proyectos han comunicado los resultados. También puedes buscar ejemplos en el Portal de Ciencia Ciudadana de la UE (<https://eu-citizen.science/>).

A continuación se presentan ejemplos de proyectos anteriores de ciencia ciudadana en los que se utilizaron mediciones con tubos y cómo comunicaron sus resultados y su interpretación:

- **Estudio de caso 1:** Estudio xAire, Barcelona, España
- **Estudio de caso 2:** Breathe London, Londres, Reino Unido
- **Estudio de caso 3:** CleanAir@School, Girona, España



Estudio de caso 1

Estudio xAire, Barcelona, España

El proyecto xAire llevado a cabo en 2018 tenía como objetivo aumentar los datos de calidad del aire local disponibles mediante la instalación de 800 tubos de difusión de NO₂ distribuidos en cada barrio alrededor de las escuelas. Estas mediciones complementaron los datos recogidos por las estaciones de medición fijas gubernamentales existentes en Barcelona. Además, el proyecto pretendía concienciar sobre la calidad del aire y capacitar a unos 1.650 participantes, entre escuelas y familias.

Para comunicar eficazmente los resultados, crearon un mapa interactivo en el que los niveles de calidad del aire se resumían en tres categorías para ofrecer una visión general de lo «buena» o «mala» que era la calidad del aire en cada punto de medición (figuras 10 y 11). El sistema de clasificación de la calidad del aire se basaba en una escala de:

- para valores de **0 µg/m³ a 10 µg/m³: muy buena**
- para valores entre **10 µg/m³ y 20 µg/m³: regular**
- y todo lo que superara los **20 µg/m³: malo**, se consideraba mala calidad del aire y se consideraba insalubre.

Este sistema de clasificación se basaba en las DCAA de la UE anteriores (ahora han cambiado y son más bajas) y permitía identificar los focos de contaminación y las zonas más seguras para la salud de una forma más fácil de interpretar. Estos resultados eran indicativos para el periodo de medición y no se presentaban como una descripción oficial o legal de los niveles de contaminación atmosférica en esa zona. Sin embargo, eran potentes para la comunicación y la sensibilización y abarcaban un número de puntos mucho más diverso y local que las estaciones de control oficiales. Los escolares participantes presentaron el mapa y los resultados al alcalde y a los funcionarios del ayuntamiento, y los resultados se hicieron públicos.

Figura 10. Mapa interactivo xAire de Barcelona.

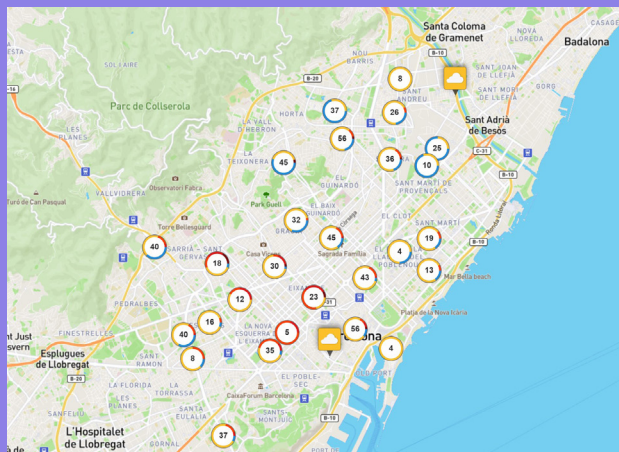
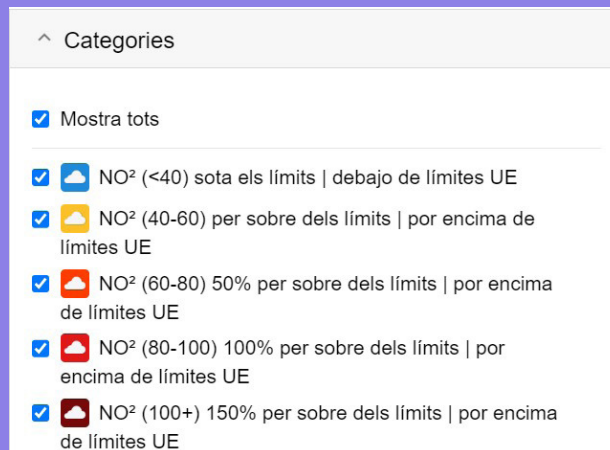


Figura 11. Leyenda del mapa interactivo del proyecto xAire.





Estudio de caso 2

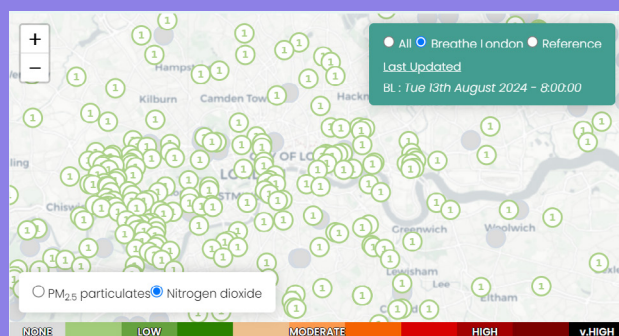
Breathe London, Londres, Reino Unido

El objetivo de este estudio era caracterizar la exposición de los escolares londinenses a la contaminación atmosférica y presentar esta información de una manera con la que la comunidad escolar pudiera relacionarse directamente.

Durante la primavera de 2019, cinco escuelas primarias de Londres de los distritos de Richmond, Greenwich, Haringey, Hammersmith y Fulham, y Royal Borough de Kensington y Chelsea participaron en el proyecto. Más de 250 niños y 33 profesores de los cinco colegios recibieron tubos de difusión tipo Palmes de NO₂ para llevar y traer del colegio durante cinco días lectivos.

Para comunicar los resultados de la campaña, Breathe London desarrolló una innovadora plataforma en línea para compartir y visualizar datos sobre la contaminación atmosférica. Se dieron varios pasos importantes para promover el acceso público y simplificar el proceso para que otros pudieran acceder a los datos y replicar la plataforma. Con el objetivo de avanzar en la comprensión de los patrones espaciales y temporales de la contaminación atmosférica en Londres, los datos presentados destacaron la variabilidad de los niveles de contaminación en diferentes momentos y lugares de la ciudad, accesibles para diversos usuarios, incluido el público en general, los ciudadanos científicos y los académicos (Figura 12).

Figura 12. Este mapa muestra los niveles medios de contaminación en Londres a partir de los datos de seguimiento recogidos durante el proyecto piloto Breathe London. El color de los puntos depende de la concentración de contaminación.



Estudio de caso 3

CleanAir@School, Girona, España

En noviembre de 2023, los alumnos de primaria participaron en la actividad CleanAir@School de seguimiento en 20 puntos de cada uno de los 10 colegios de Girona (España) y sus alrededores.

Los profesores y alumnos de cada colegio planificaron sus 20 ubicaciones utilizando la plataforma CleanAir@School. La mayoría de las ubicaciones eran puntos de tráfico (ubicaciones dentro de las calles por las que pasan vehículos motorizados, como se explica en la [sección 3.1](#)). Se eligieron puntos de fondo urbano en parques cercanos.

Dos grupos de alumnos acompañados por un profesor instalaron los tubos NO₂ y los recogieron al cabo de 4 semanas. La actividad se realizó utilizando móviles con la aplicación móvil CleanAir@School para facilitar la recogida de datos (Figura 13). Los soportes de los tubos se fijaron a farolas y semáforos (Figura 14).

Figura 13. Estudiante escaneando un tubo antes de instalarlo.



Figura 14. Estudiante colocando un tubo NO₂ en un lugar específico.



Al cabo de 4 semanas, se recogieron los tubos y se enviaron para su análisis. Todos los tubos se analizaron juntos. Los resultados fueron validados por expertos en calidad del aire de 4sfera Innova, que elaboraron breves informes con los resultados. Éstos se distribuyeron a todas las escuelas participantes y a los técnicos del Ayuntamiento de Girona.

Los resultados se presentaron a todas las escuelas juntas en el Ayuntamiento de Girona, utilizando mapas con más de 200 ubicaciones (Figura 15). En cada escuela, los resultados fueron analizados y presentados por los alumnos en su aula.

Los resultados muestran una gran variación de los niveles de NO₂ en toda la ciudad (Figura 16). Como preveían los alumnos, las concentraciones eran mayores en los puntos de tráfico que en los lugares de fondo. Se encontraron niveles de contaminación más bajos en los colegios de las afueras de la ciudad. Estos colegios están situados en zonas menos urbanizadas y más cerca de parques y bosques más grandes.

Figura 15. Niveles de NO₂ en noviembre de 2023 en 10 colegios de Girona.

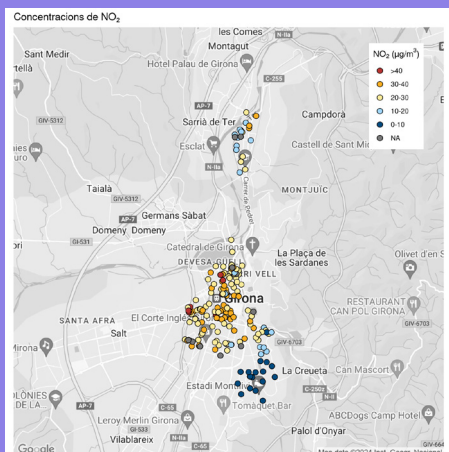
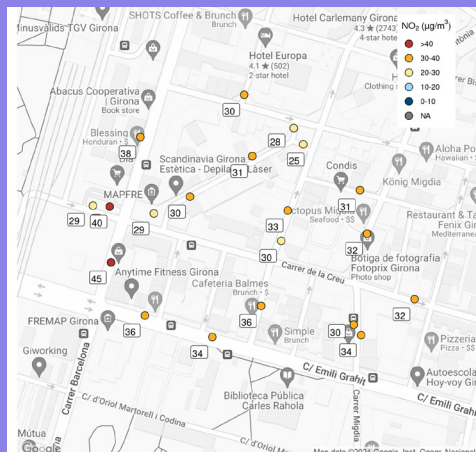


Figura 16. Niveles de NO₂ en noviembre de 2023 en los alrededores del colegio Dr. Masmitjà.



Conclusión

Las campañas de control de la calidad del aire NO₂ mediante tubos de difusión son una forma eficaz y eficiente de ayudar a los residentes urbanos a identificar y comprender las condiciones locales de calidad del aire relacionadas con el TRAP. Al seguir un protocolo estandarizado, los resultados son más fiables y pueden compararse con otras campañas o campañas repetidas en el mismo lugar en diferentes momentos. Dado que la calidad del aire puede tener importantes repercusiones a corto y largo plazo en la salud, especialmente de los niños, es importante que las comunidades puedan utilizar estas herramientas para recopilar, analizar y utilizar los datos. Mejorar la calidad del aire en torno a las escuelas y controlar el impacto de las políticas e intervenciones son objetivos de salud pública importantes y alcanzables.

Agradecimientos

Extendemos nuestra gratitud a Glòria Carrasco, Carolyn Daher, Mònica Ubalde, e Inés Valls de ISGlobal por su dedicación en la creación de este protocolo. También agradecemos las valiosas contribuciones de Lorena Banyuls, María Colina y Jaume Targa de 4sfera y del proyecto GreenSCENT.

Nos gustaría agradecer a Aleix Cabrera del Equipo de Comunicación de ISGlobal por la edición y diseño del protocolo.

Este documento ha sido posible gracias a un proyecto financiado por el ECF como parte de la Campaña de Ciudades Limpias.

Publicado en Barcelona (España) en septiembre de 2024.



Anexo A. Fitxa técnica de la aplicación CleanAir@School

Ficha técnica de la aplicación CleanAir@School

Esta aplicación web está diseñada para utilizarse con mediciones de NO₂ con tubo. Permite localizar cada punto, asignarle un nombre identificativo y también diferenciar los puntos por cada grupo.

1 Localización de los tubos

Explicación en vídeo: youtu.be/yEOFji-bn0Y

- Ve a greenscent.4sfera.eu y regístrate con tu nombre de usuario y contraseña (proporcionados por 4sfera).
- Una vez dentro, en la parte izquierda, verás un listado de tubos disponibles para la zona de medición, numerados con un código genérico.
- **Haz clic en el tubo** que quieras localizar de la lista y haz clic en el punto del mapa donde quieras situarlo.
- Una vez colocado el tubo en el mapa, puedes hacer clic en el símbolo de localización para añadir un nombre descriptivo que te diferencie de los demás.
- Tanto si la instalación y recogida de los tubos se organiza en diferentes grupos, como en un gran grupo, es obligatorio **asignar todas las ubicaciones de los tubos a un grupo** utilizando la interfaz web. Cualquier punto que no esté asignado a un grupo será descartado.
- Haz clic en el botón "**Finalizar la colocación**" para que los datos se envíen a la aplicación móvil: el estado cambiará a "Tubos por instalar".
- Si deseas descargar los datos para imprimirlos, puede hacerlo en Excel o en un mapa haciendo clic en "Exportar tabla" o "Exportar mapa".

2 Instalación de los tubos

Asegúrate de que tienes todo el equipo necesario y la aplicación móvil contigo antes de ir a las localizaciones.

- **Selecciona** en la app el **punto de medición** en el que te encuentras y **escanea el código QR** del tubo para registrar la hora y la fecha de instalación (el código QR ya debería estar adherido al tubo).
- **Haz una foto** del tubo instalado, incluídos los alrededores; esto ayudará a contextualizar la ubicación del tubo. Haz un máximo de cinco fotos.
- Si no se instala exactamente en el lugar previsto inicialmente, haz clic en el lugar del mapa en el que te encuentras y clic en "**Guardar nueva ubicación**".
- Cuando haya instalado todos los tubos de su grupo, haga clic en "**Finalizar colocación**" (el estado cambiará a "Tubos por recoger").

Nota

Es aconsejable comprobar el estado de los tubos e informar de cualquier incidencia durante el periodo de medición. Esto lo pueden hacer periódicamente los implicados.

Pasadas unas semanas...
¡Hora de recoger!

3 Recogida de los tubos

- Vuelve a los puntos de instalación para **recoger los tubos**. Selecciona en la app el **punto de medición** en el que te encuentras.
- **Escanea el código QR** del tubo para registrar la hora y la fecha de ubicación.
- Se puede añadir cualquier comentario relevante, como el grado de congestión de la carretera, el estado del tubo o en caso de que ocurra algo inusual.
- Cuando todos los tubos de tu grupo estén recogidos, haz clic en **Finalizar recogida** (el estado cambiará a "Todos los grupos recogidos").

Nota

Si el tubo no se encuentra en el lugar, por la razón que sea, haz clic en el botón "Falta".

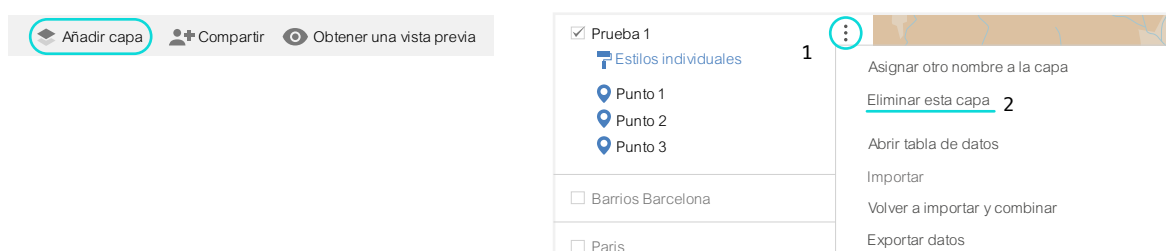
4 ¡Devuelve los tubos para el análisis y espera tus resultados!

Anexo B. Creación de mapas con My Maps - Google

My Maps - Google permite crear mapas con los lugares de interés, añadir puntos, formas, fotos y vídeos, y compartírllos.

Cómo crear un mapa

1. Para utilizar **My Maps**, accede a Mis mapas con una cuenta de Google. Si tienes problemas para utilizar My Maps, prueba a actualizar tu navegador
2. **Crea un mapa.** En un ordenador, accede a Mis mapas. Haz clic en «Crear un nuevo mapa». En la parte superior izquierda, haz clic en «Mapa sin título» y dale un nombre y una descripción a tu mapa.
3. **Añade capas al mapa.** Los mapas se crean con una capa, pero puedes tener hasta 10 capas. En tu mapa verás las capas en el recuadro de la izquierda. Para añadir una capa, haz clic en «Añadir capa», luego en el título y añade un nombre.

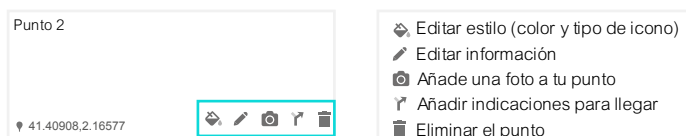


Acciones que puedes realizar en un mapa

1. **Añade lugares a tu mapa.** Puedes añadir lugares importantes buscando lugares o dibujándolos directamente en el mapa. Para añadir un lugar, primero haz clic en «Añadir marcador». A continuación, selecciona una capa y haz clic en dónde colocar el lugar. Por último, dale un nombre al lugar y haz clic en Guardar.



2. **Editar un lugar.** Haz clic en un lugar existente en el mapa. En la parte inferior derecha del cuadro que aparece, utiliza los iconos para realizar cambios.



3. **Ocultar o mostrar todo en una capa.** Para ello, desmarca o marca la capa.
4. **Mover lugares.** Arrastra la característica en el mapa.
5. **Importa características del mapa desde un archivo.** Puedes importar características de mapa como líneas, formas y lugares a su mapa desde archivos KML, hojas de cálculo y otros archivos.

6. Importa archivos o imágenes al mapa. Asegúrate de que la información que deseas importar es uno de estos tipos de archivo: **CSV, TSV, KML, KMZ, GPX, XLSX o Google Sheet**. En la leyenda del mapa, haz clic en «Añadir capa». Bajo la nueva capa, haz clic en «Importar», sube el archivo o las fotos que contengan tu información. A continuación, haz clic en «Seleccionar». Haciendo clic en «Abrir la tabla de datos», podrás modificar los valores del archivo importado en Mis mapas.

conproba.xlsx

Cambiar el nombre de la capa

Borrar la capa

Abrir la tabla de datos

Importar

Volver a importar y combinar

Exportar datos

Cerca de la taula

	nombre	descripción	nombre de la calle	Número	Código Postal	Ciudad
1	Punto 1	Calle	de Santa Ana	52	28003	Madrid
2	Punto 2	Calle	de Santa Ana	52	28003	Madrid
3	Punto 3	Calle	de la Academia	1	28004	Valencia
4	Punto 4	Calle	de la Academia	1	28004	Valencia

7. Comparte, descarga o imprime tu mapa. Puedes compartir tus mapas con otras personas en línea, descargar su información para otras aplicaciones o imprimirlos. En la parte superior de la miniatura, a la derecha, haz clic en Compartir mapa y selecciona cómo quieres compartir tu mapa. Sigue las instrucciones que aparecen en pantalla. También puedes editar el acceso a tu mapa en el panel de la izquierda, haciendo clic en Añadir colaborador.

Compartir mapa

Visible para cualquier persona con el enlace

Permitir que otros usuarios puedan buscar y consultar este mapa en Internet

Cualquier persona que tenga acceso podrá ver tu nombre y foto de perfil en My Maps y Drive:

<https://www.google.com/maps/d/edit?mid=19-QWWm313>

Compartir en Drive Cerrar

8. Descarga información del mapa. En el panel izquierdo, haz clic en Menú Más y luego en Exportar a KML/KMZ. Descargar información de capas. Puede exportar capas individuales a CSV, pero no mapas. En el panel izquierdo de capas, haga clic en Menú Más y después en Exportar datos y CSV.

9. Añade tu mapa a un sitio web. En el panel izquierdo, haz clic en Compartir o en Menú Más y, a continuación, en Insertar en mi sitio. Asegúrate de que el mapa es público.

Insertar el mapa

Para insertar el mapa en su sitio web, copie el siguiente HTML y péguelo en el código fuente de la página:

```
<iframe src="https://www.google.com/maps/d/embed?mid=19-QWWm313pM52dP8sx4Pk7dHLgoY3M&ehbc=2E312F&noprof=1" width="640" height="480">
</iframe>
```

Incluye la foto de perfil y el nombre del propietario en el encabezado (la foto de perfil es siempre se muestra en modo de pantalla completa y en Drive)

OK

Anexo C. NO₂ Directrices y referencias sobre la calidad del aire

La contaminación atmosférica es un problema global con consecuencias locales, ya que afecta a los ecosistemas y a la salud de las personas, especialmente de las más vulnerables. Las acciones eficaces para reducir la contaminación atmosférica, y sus impactos, requieren el conocimiento de sus causas y fuentes. Los altos niveles de concentración de NO₂ en las zonas urbanas se han relacionado con un aumento de las enfermedades y la mortalidad. La contaminación por NO₂ es un reto para la salud infantil en las ciudades, dado que muchas escuelas están situadas en zonas que no cumplen las directrices de calidad del aire.

C1. Fuentes de dióxido de nitrógeno

El NO₂ es un componente de los óxidos de nitrógeno, y las principales fuentes de NO₂ de origen humano incluyen las emisiones del transporte (como los vehículos motorizados de diferentes tamaños, la navegación y la aviación), las centrales eléctricas, las actividades industriales y la agricultura. El NO₂ es particularmente útil como marcador de la combustión de combustibles de origen humano, especialmente del tráfico, y en zonas urbanas. Se trata de un contaminante atmosférico muy extendido que sirve de precursor del ozono troposférico y de las PM_{2,5}, que contribuyen en gran medida a las muertes relacionadas con la contaminación atmosférica. Las tendencias en las concentraciones de NO₂ pueden utilizarse para evaluar la eficacia de las normativas sobre contaminación atmosférica y para comprender los impactos de los cambios repentinos en las emisiones, como los observados durante los cierres de COVID-19. El NO₂ se considera el principal contaminante atmosférico relacionado con el tráfico (TRAP) y se utiliza como indicador de toxicidad en los gases de escape de los vehículos de motor.

C2. El dióxido de nitrógeno y sus efectos sobre la salud

El NO₂ es un gas altamente reactivo que puede irritar el sistema respiratorio humano. Las pruebas muestran asociaciones significativas entre la exposición al NO₂ y un mayor desarrollo de asma en los niños, un mayor riesgo de exacerbaciones relacionadas con el asma y visitas a urgencias relacionadas con el asma. La exposición al NO₂ también se asocia con el desarrollo de atopía, sibilancias y obstrucción del flujo aéreo en niños con asma que asisten a escuelas con altas concentraciones de NO₂. En un

estudio de 9 años basado en España, aunque los niveles de NO₂ fueron inferiores a 30 µg/m³ durante los nueve años, encontraron asociaciones entre el aumento de las concentraciones de NO₂ y el aumento de las visitas a urgencias por asma. La exposición infantil al NO₂ a corto y largo plazo se asocia con la hipertensión arterial, y con una mayor prevalencia o riesgo de hipertensión en niños y adolescentes, y se asocia significativamente con el riesgo de obesidad infantil y un mayor Índice de Masa Corporal (IMC). Actualmente, la contaminación atmosférica es una de las principales amenazas para la salud infantil en todo el mundo.

En el [Blog de ISGlobal](#) se puede encontrar un resumen de los impactos sobre la salud infantil.

C3. Vigilancia de la calidad del aire y directrices de la OMS sobre la calidad del aire

La publicación inicial de las **Directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS)** sobre la calidad del aire para Europa se produjo en 1987 y se revisó en 2005 (la segunda edición) y, más recientemente, en 2021. Las DCA describen los riesgos para la salud asociados a 37 de los contaminantes atmosféricos más comunes (Figura 1).

Aunque las DCA no son jurídicamente vinculantes, se formulan a partir de la evaluación por expertos de los conocimientos científicos actuales con el fin de ofrecer recomendaciones para reducir los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud. Estas directrices constituyen un valioso recurso para las autoridades gubernamentales a la hora de desarrollar estrategias nacionales de gestión de la calidad del aire basadas en la salud. La aplicación de las normas de calidad del aire ambiente en todo el mundo ha mejorado considerablemente la calidad del aire en muchas regiones

en comparación con los niveles anteriores a su establecimiento, y ha impulsado mejoras en la vigilancia del aire, avances tecnológicos en la tecnología de control de emisiones y la adopción de prácticas sostenibles desde el punto de vista medioambiental en diversas industrias. Esto, a su vez, ha redundado en beneficios para la salud.

Desde la década de 1980, la UE ha adoptado políticas sobre la calidad del aire. Las actuales Directivas sobre Calidad del Aire Ambiente (DCAA) limitan determinados contaminantes considerados nocivos, como el NO₂ (Figura 1). Las Directivas tienen en cuenta las normas, directrices y programas pertinentes de la OMS. Cuando los niveles se elevan por encima de los valores límite u objetivo, los Estados miembros deben preparar un plan o programa de calidad del aire para abordar las fuentes responsables de garantizar el cumplimiento y mantener los períodos de superación lo más cortos posible. En 2022, la UE propuso nuevas DCAA con niveles más estrictos, aunque no tan bajos como las directrices de la OMS. Estas DCAA revisadas recibieron el respaldo de los Estados miembros de la UE y se espera que se aprueben hacia finales de 2024.

La calidad del aire urbano puede evaluarse utilizando diferentes escalas de mediciones de la exposición a nivel local y son útiles para comparar el estado actual con las directrices de la OMS y las directivas de la UE. Las estaciones medioambientales proporcionan mediciones a nivel de ciudad y suelen ser una buena forma de obtener medias anuales (Figura 17). Sin embargo, el número de estaciones en cada ciudad puede ser limitado, por lo que es posible que no capten las variaciones locales ni identifiquen los puntos conflictivos en los niveles de contaminación. Otros tipos de sensores pueden proporcionar valores de la calidad del aire a nivel local, disponibles para la población en general, como los tubos de difusión de NO₂ de Palmes. La nueva DCAA de la UE también revisa los sistemas de vigilancia y notificación de la contaminación atmosférica de los Estados miembros y debería mejorar los datos disponibles, así como la comparación entre las distintas regiones.

Figura 18. Estación ambiental en Barcelona.



Anexo D. Tubos de Difusión NO_2 Palmes

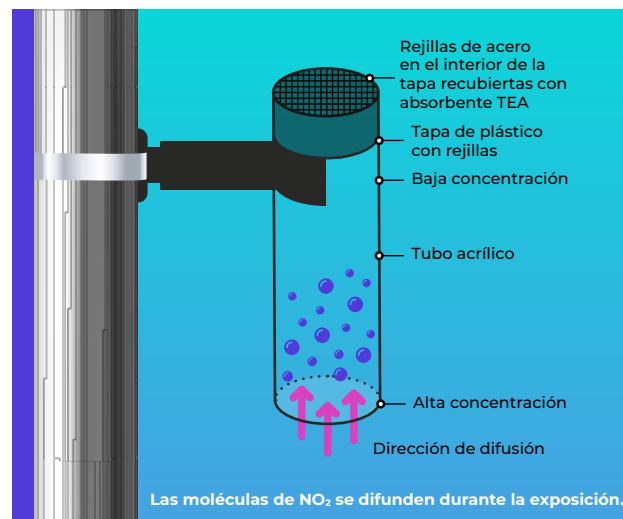
D1. Componentes de los tubos

- **Tubos:** Miden 7 cm de alto y 1,4 cm de ancho (Figura 2).
- **Rejillas:** Se utilizan dos rejillas por tubo, ubicadas en la tapa del extremo de color (normalmente color gris).
- **Tapas de los extremos:** La tapa de color contiene el absorbente. Las tapas de color de los extremos pueden utilizarse, pero deben desecharse cuando el color comience a desvanecerse.

Nota

Los tubos de difusión los suministra un proveedor, así que rechace los que lleguen con tapas rotas o dañadas.

Figure 19. Proceso de difusión molecular en el tubo de NO_2



D2. Cómo funcionan los tubos de difusión de Palmes

Los tubos de difusión Palmes funcionan basándose en el principio de difusión molecular del NO_2 , en el que las moléculas de NO_2 se desplazan de forma natural de las zonas de alta concentración a las de baja concentración (Figura 19). Estos tubos son muestreadores pasivos, lo que significa que no necesitan ninguna fuente de energía externa para funcionar.

Se trata de pequeños tubos de vidrio que contienen un reactivo químico, en este caso, trietanolamina (TEA), que actúa como agente absorbente para atrapar el NO_2 directamente del aire. La TEA se recubre sobre rejillas de malla de acero inoxidable situadas en el extremo cerrado del tubo, normalmente utilizando una solución a base de agua o acetona. Cuando se exponen al aire, las moléculas de NO_2 se difunden en el tubo y son absorbidas por la TEA. Con el tiempo, la concentración de NO_2 atrapada por el absorbente aumenta, lo que permite realizar mediciones y análisis precisos. Estos tubos son especialmente eficaces para detectar altos niveles de NO_2 procedentes de fuentes estables como las emisiones del tráfico.

