



• sostenibilidad • urbana •

ANEXO 14: INFORME DE RESULTADOS DEL ESTUDIO DE PST

Proyecto: Planta de Reciclaje CIREC Miguel
Hidalgo

Alcaldía Miguel Hidalgo, Ciudad de México

D
D
G



Faint, illegible text in the center of the page, possibly bleed-through from the reverse side.

Handwritten purple initials or signature, possibly "DPC" or similar, located in the bottom right corner.



**INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA Y CAMBIO CLIMÁTICO
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

CIRCUITO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
CIUDAD UNIVERSITARIA
04510 COYOACÁN, CIUDAD DE MÉXICO

**“MEDICIÓN DE PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES EN LA
PLANTA “CONCRETOS SUSTENTABLES MEXICANOS, S.A.P.I. DE
C.V.” Y SU ENTORNO VECINAL”.**

Elaborado por:

DR. RICARDO TORRES JARDÓN
M. EN C. HUGO ALBERTO BARRERA HUERTAS
ING. VALENTIN VÁZQUEZ G.

CDMX, Noviembre 2021.

Handwritten signature in purple ink

Ciudad de México a 15 de diciembre de 2021

Se hace entrega en físico del siguiente material, como conclusión del proyecto: "Medición de partículas suspendidas totales en la planta Concretos Sustentables Mexicanos SAPI de CV, y su entorno vecinal":

- Informe final en físico
- USB con memoria de cálculo, informe final y anexo fotográfico de la campaña, así como hojas de campo digitalizadas de la toma de muestra para cada filtro durante la campaña, y base de datos meteorológica de la estación portátil y estación meteorológica del Servicio Meteorológico Nacional

ENTREGA:

Alfonso Barrera

RECIBE:

Miriam Flores

FECHA:

15-Dic-2021

FECHA:

15/Dic/2021

AG
△

Introducción

El presente informe muestra los resultados del estudio de monitoreo intensivo, cuyo propósito fue identificar la posibilidad de que las emisiones de partículas generadas por las actividades de la planta “Concretos Sustentables Mexicanos, S.A.P.I. de C.V.”, localizada en la alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX, puedan contribuir con concentraciones de partículas que inciden en las instalaciones de la Escuela “El Maestro Mexicano” ubicada a aproximadamente 100 m al noroeste de la planta. Para este objeto, se realizaron muestreos de Partículas Suspendidas Totales (PST) a la par de la medición continua de las variables meteorológicas de dirección e intensidad de viento a fin de realizar la respectiva correlación. Si bien los resultados del muestreo de PST no cuentan actualmente con norma de calidad del aire, estos se consideran como indicadores de la magnitud de posibles impactos en la calidad del aire por partículas totales. La localización del área de estudio se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Localización de la zona de estudio entorno a la planta de Concretos Sustentables, S.A.P.I. de C.V. en la CDMX y la rosa de vientos dominante en la zona para el año 2021. Los marcadores amarillos denotan los puntos donde fueron tomadas las muestras de PST. Fuente: Google Earth y SEDEMA.

La alcaldía Miguel Hidalgo se ubica al noroeste de la CDMX y es contigua al Municipio de Tlalnepantla, cuya principal característica es ser una zona industrial que tienen colindancia con otras zonas industriales como Ceylan en la alcaldía Azcapotzalco y Vallejo ubicada en la alcaldía Gustavo A. Madero. La rosa de vientos de la Figura 1 sugiere que el transporte típico de contaminantes en la zona de estudio es del sector norte siendo dominantes los vientos del sector NO-NNO. Dada la naturaleza de las actividades desarrolladas en este sector de la zona metropolitana, los niveles de contaminantes, especialmente en partículas son relativamente altos. Y con la intención de poner en perspectiva las concentraciones regionales de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), la Figura 2 muestra las concentraciones de PST registradas por la estación Tlalnepantla de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) de la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México durante 2021. La estación Tlalnepantla está ubicada a aproximadamente 5 km al nor-noroeste de la zona de estudio. Esta figura indica que la

AG
D

concentración de fondo en la zona de estudio se encuentra por arriba de los 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, entendiéndose la concentración de fondo como aquella concentración que existe en una región sin la presencia de fuentes adicionales que contribuyan al aumento de estos niveles registrados en la región.

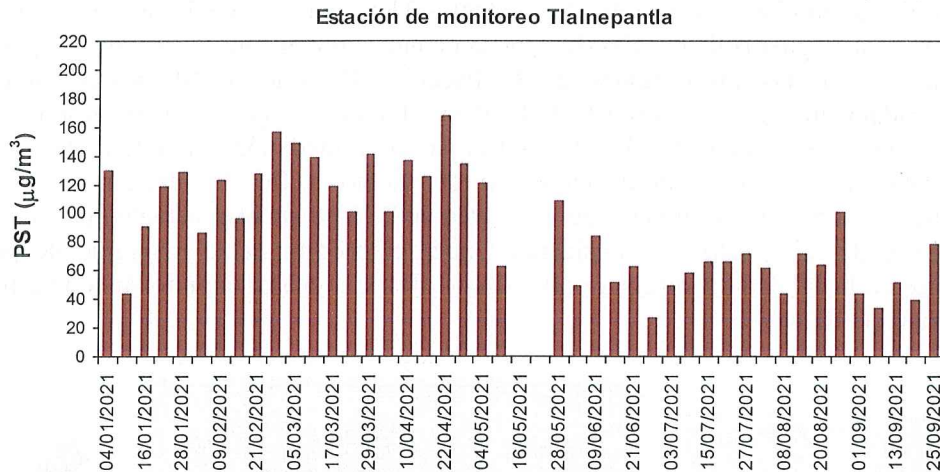


Figura 2. Serie de tiempo de concentraciones de PST para muestreos de 24 horas durante 2021 en la estación de monitoreo Tlalnepantla. Fuente: SEDEMA.

Antecedentes

La empresa Concretos Sustentables Mexicanos, S.A.P.I. de C.V., utiliza como materia prima en su proceso de elaboración de concreto hidráulico, residuos triturados de la construcción y la demolición (cascajo). La planta tiene una capacidad de producción de 80 m^3/hora de concreto hidráulico. El proceso de elaboración del concreto es el típico de cualquier planta de este tipo y por la naturaleza misma del proceso se emiten partículas a la atmósfera. Un resumen del proceso y los puntos potenciales de generación de partículas se describe a continuación.

Etapas 1. Recepción de la materia prima.

La materia prima para la producción del concreto está constituida por arena, piedra, agua, cemento y aditivos. Cada uno de ellos posee un origen distinto. La arena o agregado fino está conformado por arena natural o arena obtenida por trituración. La piedra o agregado grueso también conocida como grava, está constituida por rocas provenientes de la trituración y que en el caso de esta planta es producido por la trituración del cascajo.

El cemento es un material polvoriento que, al mezclarse con agua, forma una pasta que es capaz de fraguar y endurecerse, se le conoce también como conglomerante hidráulico. Los aditivos son productos químicos, líquidos o sólidos, que se pueden agregar a la mezcla del concreto antes o durante el mezclado; el uso de aditivos ayuda a modificar las propiedades del concreto tanto en estado fresco como endurecido.

Handwritten signature and initials in purple ink.

El principal impacto potencial generado en esta etapa es la generación de emisiones de polvo provenientes de la trituración y manejo de los agregados en el punto de descarga, acarreo y consumo en la producción de concreto en Planta.

Etapa 2. Producción del concreto.

El concreto es el material resultante de la mezcla del cemento con agregados de diferente tamaño (grava, gravilla y arena) y agua. El cemento, mezclado con el agua y los agregados, se convierte en una pasta moldeable con propiedades adherentes, que en pocas horas fragua y se endurece tornándose de la forma del recipiente que lo contiene.

El proceso de producción de concreto consiste en colocar el camión-revolvedora en la zona de carga manteniendo la “olla” girando. Inmediatamente se descarga una cierta cantidad de agua correspondiente a la capacidad del camión, a la vez que se descarga la cantidad de aditivo correspondiente por cada carga. Una vez cargada el agua, se abre el contenedor de la báscula de agregados, y comienza a adicionarse la piedra y la arena simultáneamente junto con la descarga del cemento. Finalizada la descarga de cemento y agregados, se añade el resto del agua. Al finalizar el proceso de mezclado, el conductor de la revolvedora reduce la velocidad de giro de la “olla” y sale del predio para llevar la mezcla a su distribución.

Las emisiones a la atmósfera de partículas desde fuentes dispersas o fugitivas que no se encuentran canalizadas se asocian a operaciones tales como al bombeo neumático del cemento hacia los silos, al acarreo de los agregados hasta la tolva, la descarga de los materiales a la “olla”, la carga discontinua de camiones por palas excavadoras, los apilamientos de la materia prima y/o la acción erosiva del viento sobre los materiales que se encuentran a la intemperie, y la resuspensión de polvos por movimientos vehiculares. Éstas últimas pueden ser importantes en terrenos carentes de cobertura.

En cuanto a las partículas, estas se definen en función de su diámetro: PST (Partículas Suspendidas Totales) que abarca aproximadamente de 100 micrómetros hacia abajo); PM_{10} (partículas con tamaño igual o menor a 10 micrómetros); $PM_{2.5}$ (partículas con tamaño igual o menor a 2.5 micrómetros); y PM_1 (partículas con tamaño igual o menor a 1 micrómetro). Otra categorización indica que la fracción fina de las PM_{10} son las $PM_{2.5}$, mientras que la fracción gruesa de las PM_{10} es la resta: $(PM_{10} - PM_{2.5})$. Se considera que las PM_{10} son partículas inhalables (fracción másica de las PST que se inhala a través de la nariz y la boca), mientras que las $PM_{2.5}$ son respirables (fracción másica de las partículas inhaladas que penetran más allá de la laringe). Asimismo, otras definiciones con respecto a su origen y/o composición indican que la fracción gruesa consiste básicamente de polvos geológicos, materiales triturados mecánicamente y materiales biológicos, mientras que la fracción fina se refiere a los productos de emisiones de combustión incompleta, reacciones químicas y/o condensados de materiales semivolátiles. Las partículas con tamaños mayores a PM_{10} se consideran sólidos sedimentables que en términos de efectos a la salud son de poco impacto ya que no logran ingresar al sistema respiratorio, aunque pueden ser factores de incomodidad y suciedad.

D. G.
D

Se ha encontrado que 40% de las PST en plantas de concreto son PM_{10} , mientras que sólo 6.5% son $PM_{2.5}$, esto es, 53% de las PST son partículas sedimentables (Navas de García, 2015). La composición de este tipo de partículas es dominada por la distribución de especies en polvos de cemento. Aproximadamente el 60% es CaO ; 20% SiO_2 ; 5% Al_2O_3 , y 3% Fe_2O_3 como los dominantes. De esta manera, la fracción sedimentable de partículas es la dominante en las plantas de concreto, por lo que es común encontrar una tendencia de acumulación de polvos en el entorno cercano a estos giros industriales hacia donde soplan los vientos dominantes.

Metodología

Para la realización de este estudio, se aplicó la aproximación de monitoreo a escala vecinal de PST siguiendo el protocolo recomendado por la US EPA (1977). El método de muestreo de partículas PST por el muestreo de Altos Volúmenes (Hi. Vol.) utilizado en el proyecto, está normado oficialmente en México (NOM-CCAM-002-ECOL/1993), y consiste en un dispositivo de succión que permite la captura de partículas suspendidas sobre un filtro (de cuarzo o fibra de vidrio), a través del cual es forzado el paso de un alto volumen de aire ambiental (aproximadamente $1.3 \text{ m}^3/\text{min}$), durante un periodo de 24 horas. La Figura A-3 muestra el sistema Hi. Vol. Así como sus componentes principales.

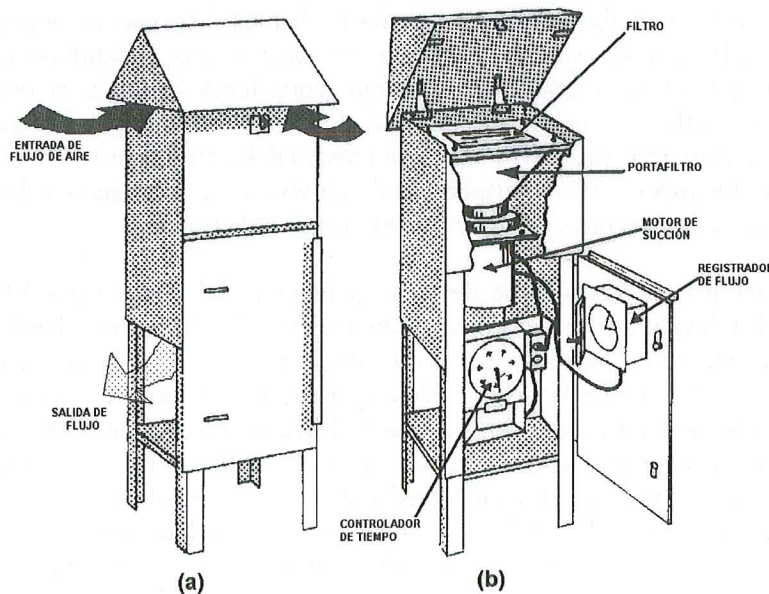


Figura 3. Muestreador de partículas suspendidas totales tipo Hi. Vol.: (a) en posición de muestreo; (b) principales partes del muestreador.

AG
A

El muestreo por el método Hi. Vol., consiste en la captura por filtración de las partículas que van desde el tamaño submicrón hasta aproximadamente los 100 μm de diámetro aerodinámico¹. Este intervalo de tamaños incluye por lo general tanto a la fracción de las PST conocida como fina (entre 0.1 a 2.5 μm) como a la fracción gruesa (entre 2.5 y 10 μm) y la fracción sedimentable ($> 10 \mu\text{m}$), tal y como se muestra en la Figura 4. Así como lo muestra la figura, el muestreador Hi. Vol. Esta técnica de muestreo permite captar todo el conjunto de los tamaños de partículas, en particular la fracción sedimentable, aspecto que no es posible si sólo se muestrearan PM_{10} .

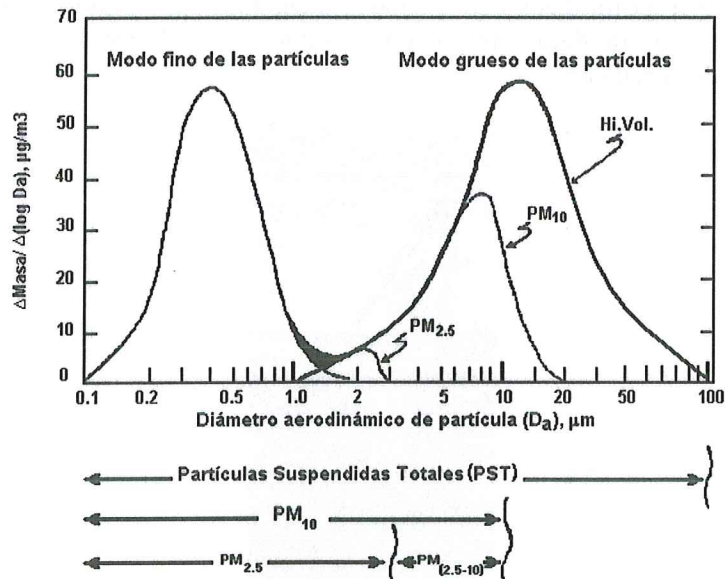


Figura 4. Esquema idealizado de los diferentes modos de acumulación y rangos típicos de partículas colectados por los sistemas de muestreo Hi. Vol. (PST), partículas iguales o menores a 10 μm (PM_{10}) y partículas menores o iguales a 2.5 μm ($\text{PM}_{2.5}$). Fuente (US EPA, 1999).

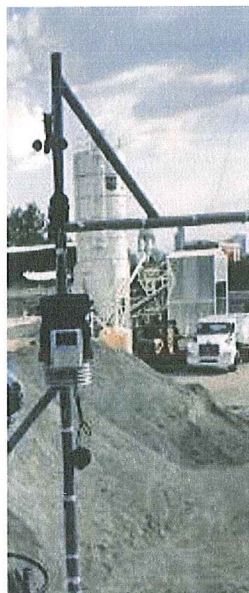
Dependiendo del tipo de filtro utilizado, el intervalo de colección de partículas puede incrementarse hasta cerca de las 100 μm como lo es el filtro de fibra de vidrio. La masa de partículas colectadas es determinada por la diferencia de pesos antes y después de la exposición del filtro a la filtración, mientras que la concentración de la masa de partículas colectada sobre el intervalo de tiempo de muestreo, que por norma es de 24 horas, es obtenida integrando el volumen de aire que se filtró durante este tiempo, y es expresada en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De acuerdo con lo marcado en la NOM-CCAM-002-ECOL/1993, se obtiene la concentración de las PST retenidas en el filtro durante el muestreo continuo por 24 horas, determinando el peso inicial y final del filtro antes y después del muestreo, a temperatura y

¹ El diámetro aerodinámico es el diámetro de una esfera con una densidad unitaria ($1 \text{ g}/\text{cm}^3$) que cae libremente en un flujo laminar a la misma velocidad de una partícula no esférica.

D. G.
D

humedad constante, además de que se obtiene el flujo de aire pasado a través del filtro. Se considera que este valor es representativo de la concentración promedio en un radio del orden aproximado de unos 2-3 kilómetros a partir del sitio de muestreo dependiendo del tipo de terreno. En el estudio se colocó el muestreador Hi. Vol. en tres sitios: la escuela primaria “Maestro Mexicano”, la planta “Concretos Sustentables” y un punto de referencia en el Parque Bicentenario llamado “muelle de la Laguna” (ver Figura 1).

Por otro lado, para identificar la proveniencia potencial de las PST, se montó una estación meteorológica portátil en la planta. La estación utilizada (DAVIS Vantage PRO), opera automáticamente y registra datos bajo periodos integrados de 1 minuto a una hora en un sistema de adquisición de datos (Weather Link) integrado a la estación. La fotografía 1 muestra detalles de la estación.



Fotografía 1. Estación Meteorológica DAVIS Vantage-PRO en el sitio de muestreo.

También se emplearon eventualmente datos meteorológicos de otras fuentes como de la SEDEMA y la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN (ENCB), unidad Casco de Santo Tomás, para completar la investigación en los casos en que se tuvieron dificultades con la estación meteorológica para registrar datos los días 27 y 29 de octubre. Se asumió que los datos meteorológicos registrados en la ENCB podrían ser representativos para la zona de estudio. El programa de trabajo propuesto para el estudio se muestra esquemáticamente en la Figura 5. En total se realizaron seis muestreos en periodos de 24 horas:

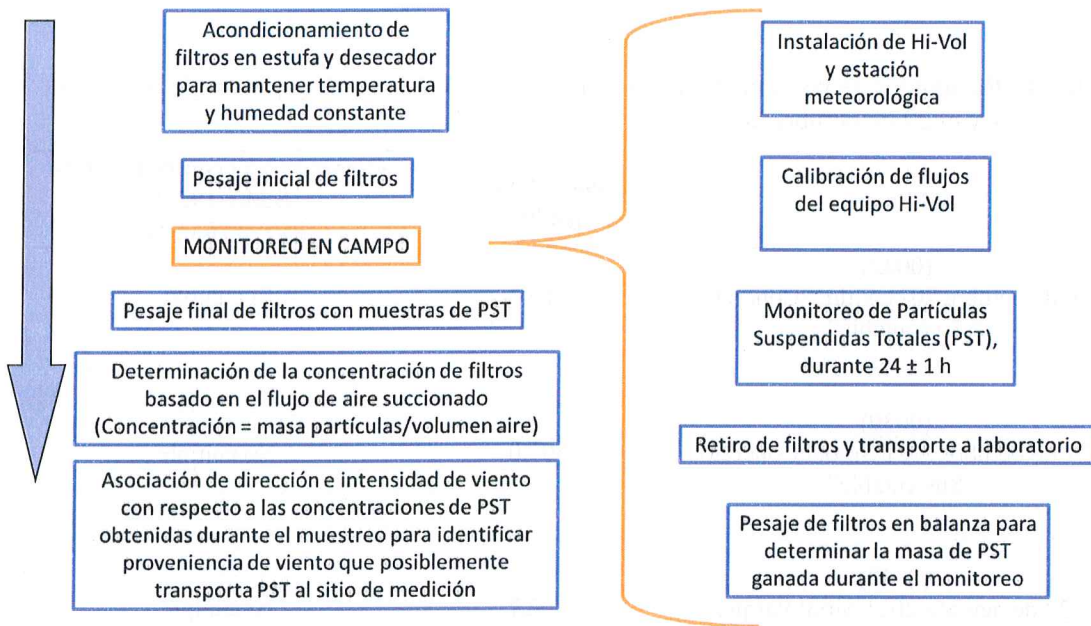


Figura 5. Diagrama de bloques del programa de trabajo.

Resultados

La Tabla 1 presenta las concentraciones observadas en los muestreos realizados y la Figura 6 la rosa de viento general del 18 al 29 octubre obtenida con datos colectados en la zona de estudio y las correspondientes rosas para cada uno de los muestreos.

Las rosas de viento para el periodo de muestreo en general indican la dominancia de vientos del NE y N con pequeñas contribuciones del NE y E. Esto es, sugieren que el patrón posible de dispersión de los polvos emitidos en la planta concretera fue hacia el SE y S, región donde se ubica el Parque Bicentenario y en menor grado hacia el O, y en frecuencias apenas perceptibles hacia el N y NE, es decir que en la rosa de vientos general, los vientos parecen circular de la Escuela “Maestro Mexicano” hacia la planta concreto; sin embargo, para esos días se tuvieron problemas para colectar datos de la estación meteorológica portátil ubicada en la zona.

Por otro lado, considerando las rosas de viento por fechas, hay un patrón relativamente similar entre toda la campaña. El día 21 de octubre, presenta cierta diferencia con los días 19, 23 y 25 de octubre cuando aparece una componente del O que dispersaría las emisiones hacia el E. No obstante, los días 27 y 29 de octubre, tienen componentes de viento del SE y SO, respectivamente, que sugerirían que hubo posibilidad de acarreo de polvos hacia los sectores opuestos, el NO y NE respectivamente.

Tabla 1. Resultados de las concentraciones de PST registradas en tres puntos de referencia entre el 21 y el 29 de octubre de 2021.

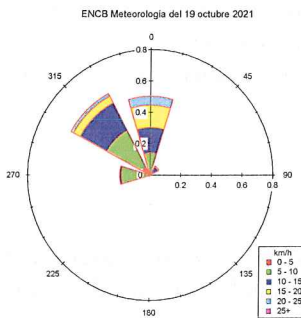
Filtro	Concentración [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Comparación con NOM-025- SSA1-1993* PST < 210 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
(0042) 19 de octubre 2021 Sitio: "Concreto Sustentable"	110.4	Sí cumple
(0039) 21 de octubre 2021 Sitio: "Concreto Sustentable"	507.0	No cumple
(0040) 23 de octubre 2021 Sitio: Parque Bicentenario	202.7	Sí cumple
(0041) 25 de octubre 2021 Sitio: Parque Bicentenario	121.2	Sí cumple
(0043) 27 de octubre 2021 Sitio: Escuela "Maestro Mexicano"	409.5	No cumple
(0044) 29 de octubre 2021 Sitio: Escuela "Maestro Mexicano"	597.1	No cumple

* Actualmente derogada.

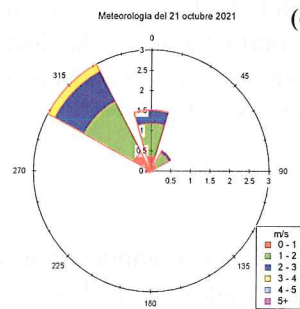
D. G.
D



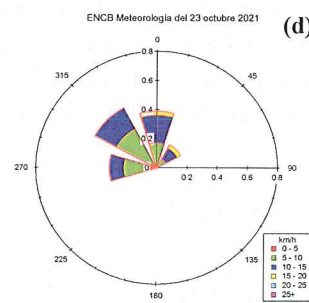
(a)



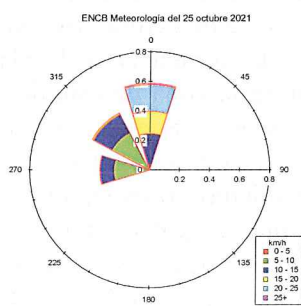
(b)



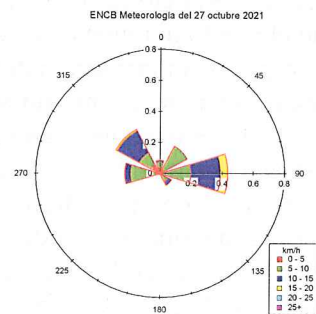
(c)



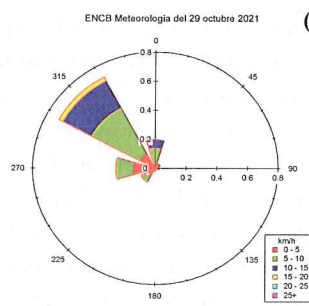
(d)



(e)



(f)



(g)

Figura 6. Rosas de viento para: (a) periodo 18 al 30 de octubre; (b) 19 de octubre; (c) 21 de octubre; (d) 23 de octubre; (e) 25 de octubre; (f) 27 de octubre; y (g) 29 de octubre.

El jueves 21 de octubre, se registró una concentración promedio en 24 horas de $507 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concretera, mostrando que los vientos dominantes circularon del NO y N hacia el SE y S. Esto podría sugerir que la actividad en la concretera y por fuentes móviles circulando en la Av. 5 de mayo fue intensa y tuvo influencia en el muestreador de las PST. El martes 19 los niveles de PST sólo alcanzaron $110.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sugiriendo la combinación de vientos

AG
D

hacia el E y SE con una menor actividad en el predio y en la Av. 5 de mayo. Por otro lado, el sábado 23 de octubre, con el muestreador colocado en el Parque Bicentenario, la concentración promedio en 24 horas fue de $202.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con vientos del O-NO-N y NE, lo cual indicaría que pudo ocurrir transporte de PST de la concretera hasta este parque, aún y cuando la actividad este día en la planta pudo ser reducida y las concentraciones registradas en el parque sí cumplen el anterior estándar mexicano de calidad del aire para PST. Para el lunes 25 de octubre con el muestreador nuevamente localizado en la concretera, se registraron solamente $121 \mu\text{g}/\text{m}^3$, concentración promedio cercana al registro del 21 de octubre con un patrón relativamente similar de vientos dominando los del N. Esto es, la dispersión fue favorecida hacia el sur, lugar donde se ubica el parque. Sin embargo, el miércoles 27 y viernes 29 de este mismo mes, con el muestreador Hi. Vol. ubicado en la escuela, las concentraciones alcanzaron concentraciones promedio de $409.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $507.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, poco más de 2 veces el indicador seleccionado (anterior norma de calidad del aire para PST), siendo incluso ésta última la mayor de la campaña de muestreos. En estos dos días, las rosas de viento mostraron una descomposición con respecto al comportamiento típico con frecuencias distinguibles de componentes de viento tanto del SO como del SE, aunque dominando viento del NO. Incluso, aparece una aparente mayor frecuencia de condiciones vientos ligeros que pudo favorecer la dispersión en el entorno cercano. Es posible que este cambio en los vientos tuvo suficiente influencia como para ocasionar el incremento de PST observado en la escuela.

Discusión de resultados

Es importante destacar que las concentraciones registradas en este muestreo son el resultado de la suma de las posibles emisiones de la concretera más los niveles de fondo ya acarreados por el aire al momento de su paso por los sitios de muestreo donde las zonas industriales de Tlalnepantla, Ceylán y Vallejo tienen una contribución general en la región. Por lo tanto, y considerando que el viento dominante los días 27 y 29 de octubre fueron del E y del NO, respectivamente, se puede inferir que, además de la influencia de la planta concretera, existen otras fuentes de PST en el entorno vecinal de la zona de estudio que podrían estar contribuyendo a las concentraciones determinadas en la escuela, como los vehículos que circulan en las calles que circundan a la escuela, y las obras de reparación de aceras en la Av. 5 de mayo. Sin embargo, este último razonamiento no es concluyente, dado que sólo fueron dos muestreos, aunque hay evidencia de que los polvos fugitivos de las emisiones generadas por las actividades de la concretera están ya dispersos en un radio que abarca posiblemente hasta la avenida de su localización, y que al paso de los vehículos son resuspendidos conformando una zona de alta concentración de PST que se suma a los niveles de fondo altos típicos de este sector de la alcaldía Miguel Hidalgo como producto de las contribuciones incluso de las zonas industriales de Ceylán y Vallejo. Se requiere un estudio de mayor duración con el muestreador Hi. Vol. y la estación meteorológica colocados ambos dentro de la escuela para confirmar las inferencias aquí presentadas y confirmar sin lugar a duda que los vientos dominantes al interior de la Escuela "Maestro Mexicano" circulan del noreste hacia el sureste, es decir, de la escuela hacia la planta de concreto.

Referencias consultadas.

CARB (2013) PM Size and Chemical Speciation Profile for Concrete Batching—PM3431. Prepared by: Wenli Yang, PhD, PE. Air Quality Planning and Science Division. California Air Resources Board. CA.

https://www.arb.ca.gov/ei/speciate/profilreference/concretebatching_pm3431.pdf

Navas de García, Aura; Reyes Gil, Rosa E.; Galván Rico, Luis E. (2015) Impactos ambientales asociados con el proceso de producción del concreto. Enfoque UTE. Vol. 6, Núm. 4, octubre-diciembre, pp. 67-80.

US EPA (1986) Interim Report to State/Local APC Agencies of Particle Size Distributions and Emission Factors (Including PM₁₀). Criteria Emissions Section. Air Quality Management Technology Branch. Monitoring and Data Analysis Division. Office of Air Quality Planning and Standards. US Environmental Protection Agency. Research Triangle Park, NC. 27711. July.

US EPA (1977) Selecting Sites for Monitoring Total Suspended Particulates. Office of Air Quality Planning and Standards. EPA-450/3-77-018. US Environmental Protection Agency. Research Triangle Park, NC. 27711. December.

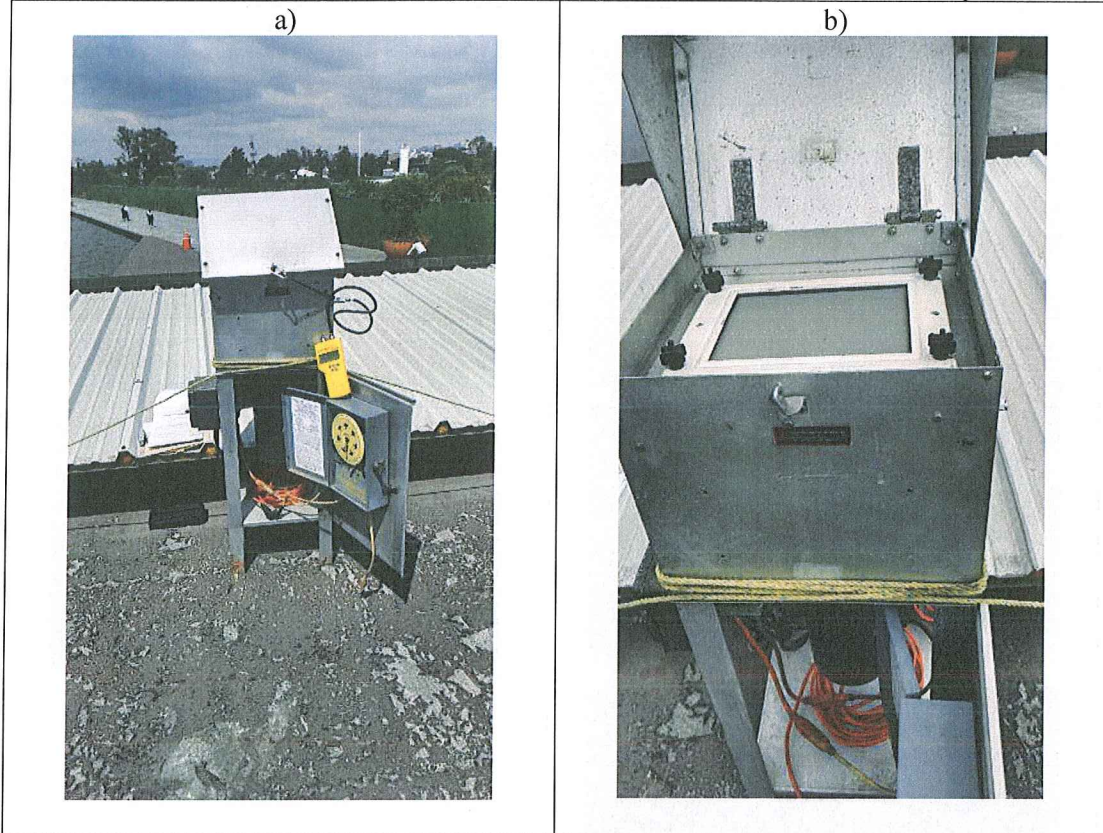
US EPA (1999) Compendium Method IO-3.1, Selection, preparation and extraction of filter material. EPA/625/R-96/0102. Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency. Cincinnati, OH 445266. July.

ANEXOS

Anexo 1. Toma de muestra de PST dentro de las instalaciones de Concreto Sustentable, a) Verificación de flujo para la toma de muestra el día 19 de octubre de 2021, b) Filtro con muestra de partículas después de un periodo de aproximadamente 24 horas de operación

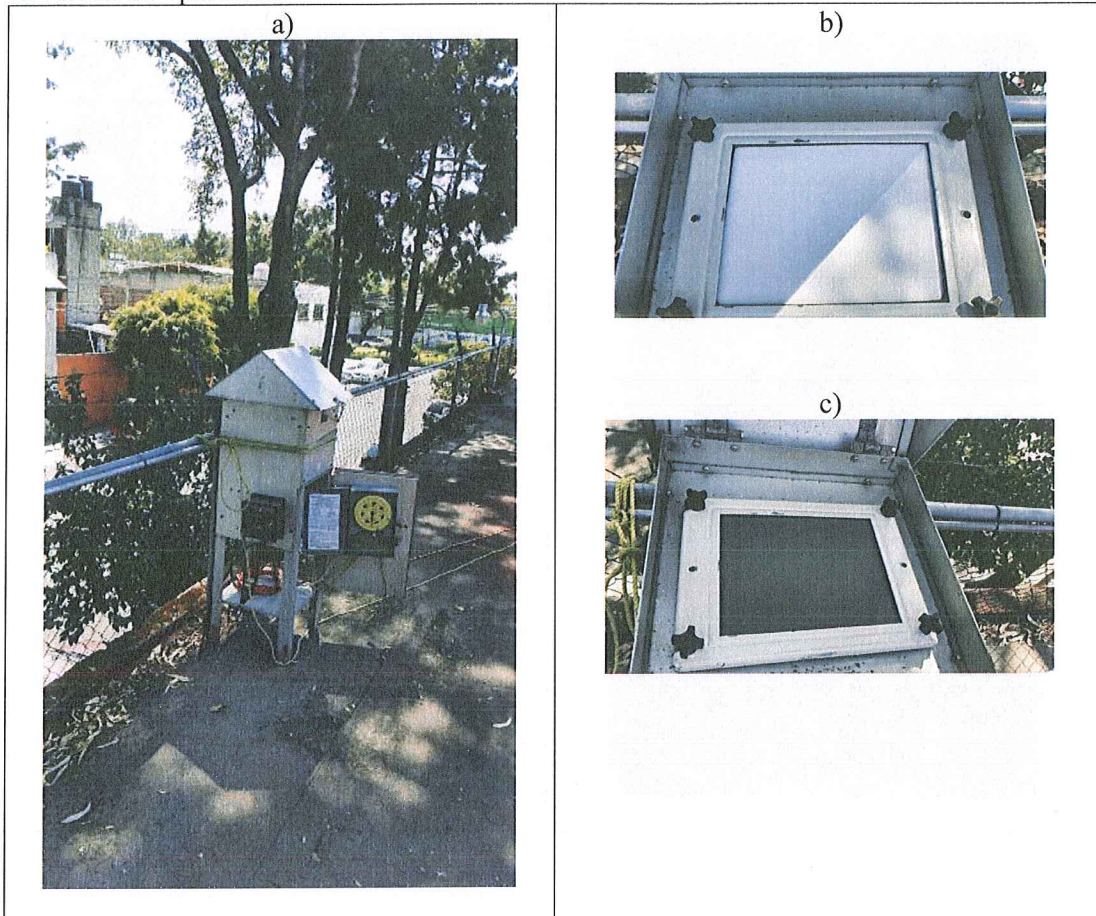


Anexo 2. Toma de muestra de PST dentro de las instalaciones de Parque Bicentenario, a) Verificación de flujo para la toma de muestra el día 23 de octubre de 2021, b) Filtro con muestra de partículas después de un periodo de aproximadamente 24 horas de operación



DA
D

Anexo 3. Toma de muestra de PST dentro de las instalaciones de la Escuela “Maestro Mexicano”, a) Verificación de flujo para la toma de muestra el día 27 de octubre de 2021, b) Filtro con muestra de partículas antes y después (c) de un periodo de aproximadamente 24 horas de operación



Ca
D.
D