

## 6. Modelación con Screen View de la dispersión de contaminantes atmosféricos con datos de la estación de monitoreo de Minatitlán, Veracruz



DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.425.06>

OSWALDO GUZMÁN LÓPEZ \*

LUCIO ÁLVAREZ PÉREZ \*\*

ASHLEY DOMINIQUE REYES MARTÍNEZ \*\*\*

MARÍA DEL CARMEN CUEVAS DÍAZ \*\*\*\*

### Resumen

Las emisiones a la atmósfera relacionadas con el cambio climático pueden agravar los efectos de la contaminación del aire sobre la salud, no solo indirectamente por el impacto en los fenómenos meteorológicos, sino, también por los efectos directos de los contaminantes. En los últimos años, ha tomado mayor relevancia las acciones para reducir las emisiones de gases contaminantes a corto plazo para la reducción del impacto de los contaminantes atmosféricos sobre la salud de los ciudadanos.

El presente estudio tiene como objetivo plantear una metodología de simulación para medir la dispersión de contaminantes atmosféricos por medio de un software gratuito, a partir de datos ya obtenidos de una estación de monitoreo continuo de la calidad del aire de Minatitlán, Veracruz.

---

\* Doctor en Biotecnología. Académico en la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana campus Coatzacoalcos, México. ORCID: 0000-0002-7803-4513; Scopus: 21734064200 correo electrónico: osguzman@uv.mx

\*\* Doctor en Sistemas Computacionales. Académico en la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana campus Coatzacoalcos, México. ORCID: 0009-0006-4964-2655

\*\*\* Licenciada en Ingeniería Ambiental. Egresada de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana campus Coatzacoalcos, México

\*\*\*\* Doctora en Ciencias con especialidad en Ecología y Biotecnología. Académica en la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana campus Coatzacoalcos, México. ORCID: /0000-0002-2909-8545

La modelación se llevó a cabo por medio de Screen View, el cual permite estimar la máxima concentración de contaminantes en cualquier distancia y para cualquier tipo de terreno.

El hecho de que sea Screen View sea un software OpenSource facilita su acceso a la comunidad académica y estudiantil, y es un ejemplo para obtener conocimiento teórico-práctico-computacional y que también puede ser útil como herramienta en educación ambiental.

**Palabras clave:** *emisiones, calidad del aire, simulación.*

## Introducción

Las nuevas directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre la calidad del aire aportan pruebas claras del daño que la contaminación inflige a la salud en concentraciones aún más bajas de lo que se suponía hasta ahora. Estas directrices recomiendan nuevos niveles de calidad del aire para proteger la salud de las poblaciones mediante la reducción de los niveles de los principales contaminantes, algunos de los cuales también contribuyen al cambio climático (OMS 2021).

En la norma mexicana NMX-AA-107-1988, calidad del aire-estimación de la altura efectiva de chimenea y de la dispersión de contaminantes-método de prueba, establece un procedimiento para estimar la altura efectiva y la dispersión de los contaminantes de una chimenea que desaloja los gases de un proceso u operación industrial. La utilización de las chimeneas se considera solo un complemento para el control de los niveles de contaminación ambiental. Esta norma se complementa con las siguientes normas vigentes: NMX-AA-9-1988. Determinación del flujo de gases en un conducto por medio del tubo de Pitot. NMX-AA-10-SCFI. Determinación de la emisión de partículas sólidas contenidas en los gases que se descargan por un conducto. NMX-AA-23-1986 Nomenclatura para definir los términos utilizados en la contaminación atmosférica.

En la estación de monitoreo ubicada en Minatitlán, Ver., se mide de forma continua la calidad del aire bajo los lineamientos establecidos en la NOM-156-SEMARNAT-2012, por lo cual se puede recopilar información de

los contaminantes  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{SO}_2$ , con estos datos posteriormente se pueden determinar los coeficientes de dispersión a través de un programa de código abierto.

La modelación del coeficiente de dispersión ha logrado cumplir un papel crucial dentro de la determinación de legislaciones y normas, permitiendo conocer los valores máximos permisibles de los contaminantes emitidos por los focos emisores.

En la actualidad contamos con una normatividad más estricta, en la que se exige a las industrias mantener dentro de ciertos límites el impacto ambiental derivado de los procesos de producción (Parker, 2021). En el caso del impacto sobre la calidad del aire se requiere de métodos y equipos que ofrezcan resultados confiables. Dicha evaluación representa un problema de gran complejidad no solo deben conocerse las características y la cantidad de los contaminantes emitidos, también es necesario estimar los coeficientes de dispersión en la atmósfera, por lo que depende de las condiciones meteorológicas (Rojano *et al.*, 2016).

La modelación de la dispersión de contaminantes atmosféricos es un área de investigación importante dentro de los estudios de impacto ambiental; Screen View Version 4.0.1 es un software OpenSource de Lakes Environment (Thé *et al.*, 2016) basado en el modelo de la EPA SCREEN3 (Lakes Environmental Software, 2016), que tiene la capacidad de estimar la máxima concentración de contaminantes en cualquier distancia y para cualquier tipo de terreno, también mide el nivel de detección de un modelo de dispersión atmosférico y permite realizar un análisis de investigación de la calidad del aire, con estimaciones del tipo “peor caso” en impactos en la calidad del aire originados por contaminantes de una fuente fija.

El preprocesamiento para obtener resultados iniciales o preliminares dentro del programa están basados en los modelos gaussianos simples, este análisis tipo sondeo, parte principalmente de condiciones de emisiones de la fuente, y de las características meteorológicas y topográficas de la zona. Y en el caso del procesamiento de los datos, considera que los contaminantes primarios dispersados siguen la forma de una campana de gauss (distribución normal).

En Screen View se puede determinar únicamente por medio de fuentes fijas, esto quiere decir que se identifica por ser una chimenea, planta pequeña

de energía, fábrica, instalaciones industriales de escala media o similar y los datos que se manejan de entrada para la fuente son: tasa de emisiones, altura de la chimenea, diámetro interno de la chimenea, velocidad o flujo volumétrico del gas a la salida de la chimenea, temperatura del gas a la salida de la chimenea y la temperatura al aire ambiente.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es evaluar la dispersión de contaminantes atmosféricos en Minatitlán, Veracruz por medio de un software gratuito y que pueda ser utilizado como ejemplo didáctico para la comunidad estudiantil y académica.

## **Materiales y métodos**

### **Área de estudio**

Se llevó a cabo en la ciudad de Minatitlán, Veracruz, México, ubicada al sur de Veracruz en las coordenadas 17° 59' 00" latitud norte y 94° 33' 38" longitud oeste, a una altura de 20 metros sobre el nivel del mar. La estación meteorológica se encuentra ubicada en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Minatitlán, y cumple con los lineamientos marcados en la NOM-156-SEMARNAT-2012 la cual nos menciona que su principal objetivo es especificar las condiciones mínimas que deben ser observadas para el establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire. La muestra final para el estudio fue con 17 empresas de la ciudad como fuentes fijas de emisión y se obtuvieron datos en los meses de enero, abril, julio y octubre del 2024.

### **Simulación en Screen View**

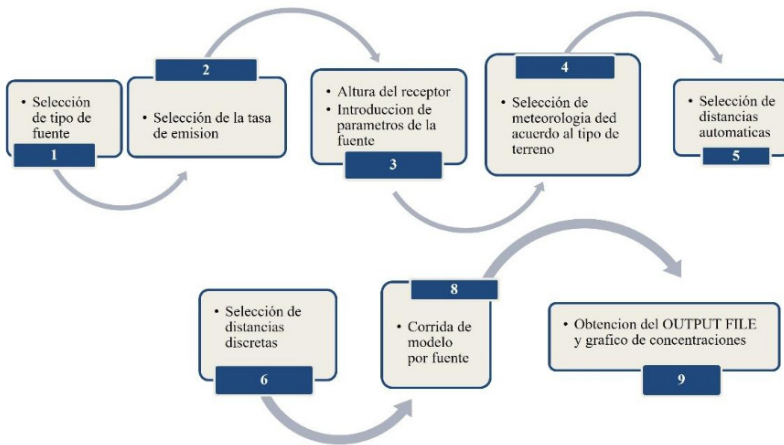
En la ventana principal del software se escoge el tipo de fuente (Source Type), esta puede ser tipo de punto, área, flama o volumen. Es muy importante identificar la zona de estudio, la cual dependerá del coeficiente de dispersión y mutuamente, la zona de estudio identificada puede ser urbana o rural, en caso de que alcance una población mayor a 750 personas/km<sup>2</sup> se utilizará la

opción de urbana. Se eligió por esta razón como fuente puntual, coeficiente de dispersión urbana y una altura de receptor de 0 m.

### Metodología en Screen View

El procesamiento de datos en la interface SCREEN View contiene un modelamiento ambiental integrado. Se inició con el ingreso de los datos en la entrada tales como la tasa de emisión de los contaminantes a analizar, altura y diámetro de la fuente, temperatura de salida del gas y temperatura ambiental (Thé *et al.*, 2016).

Figura 6.1. Estrategia para el uso de Screen View



Fuente: Elaboración propia

Los datos requeridos por el software fueron los siguientes:

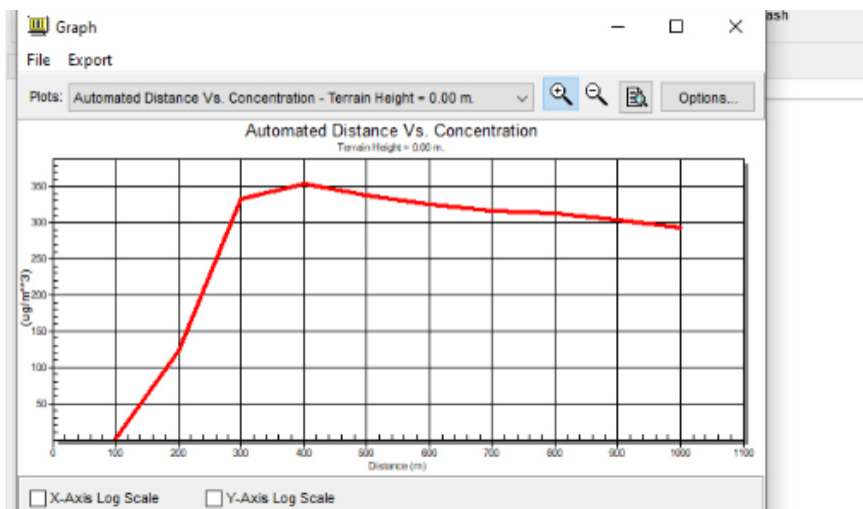
- Tipo de fuente: puntual
- Coeficiente de dispersión: urbana
- Altura del receptor: 0 m
- Tasa de emisión: 42.27382089 g/s
- Altura de la fuente: 36.57 m

- Diámetro de la fuente: 2.13 m
- Velocidad de salida: 2.47 m/s
- T° de salida de gases: 550 k
- T° ambiente: 296.43 k
- Meteorología: FULL METEOROLOGY
- Opciones de terreno: Simple
- Terreno simple: Plano
- Distancia Automáticas: 1m - mínimo; 1000 m - máximo

## Resultados y discusión

El gráfico resultante de cada simulación presenta en el eje x la distancia a la que se dispersa el contaminante y en el eje Y se muestra la concentración máxima. En la figura 6.2, se presenta una captura de pantalla representativa de una simulación bajo ciertas condiciones y se puede observar que a 400 m de distancia se logra alcanzar la concentración máxima de contaminante ( $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Figura 6.2. Simulación del coeficiente de dispersión del contaminante NO en el mes de Enero.



Fuente: Elaboración propia

De esta manera, al hacer las simulaciones las concentraciones se obtuvieron en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sin embargo, para homologar con la normatividad, se reportan en este estudio las concentraciones máximas de dispersión en ppm de contaminante. Los resultados obtenidos en el modelamiento con Screen View durante los cuatro meses en los que se obtuvieron datos se presentan en la tabla 1. En donde hace hincapié de que los valores obtenidos son mensuales, mientras que en la norma se reportan como valores anuales o en 24 h, sin embargo lo que se puede apreciar es que todos están dentro o cercanos al límite máximo permisible a excepción de las partículas  $\text{PM}_{2.5}$ , lo que puede ser explicado la alta zona industrial que hay en Minatitlán, lo que puede traer como consecuencias problemas para la salud a nivel respiratorio o vascular.

Tabla 6.1. Concentraciones máximas obtenidas de los contaminantes y distancias máximas

Contaminante	Concentración máxima de dispersión mensual en ppm			
	Enero	Abril	Julio	Octubre
	distancia máxima 350 m	distancia máxima 765 m	distancia máxima 763 m	distancia máxima 719 m
NO	0.2425	2.99	2.09	0.66
NO <sub>2</sub>	0.3744	0.91	0.21	0.28
NO <sub>x</sub>	0.9875	2.97	1.33	0.71
O <sub>3</sub>	0.2955	0.99	1.29	1.17
PM <sub>2.5</sub>	0.00000141	20.51	13.89	9.26
SO <sub>2</sub>	0.2045	0.25	0.11	0.224

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, de acuerdo con los resultados se observa que las concentraciones máximas de dispersión varían según el contaminante evaluado, siendo que en enero a los 350 m fue el sitio donde menor distancia alcanza la mayor concentración. Para los meses de abril, julio y octubre, las distancias máximas de dispersión alcanzaron valores arriba de los 700 m, esto sugiere la posibilidad de que la contaminación pueda afectar áreas más amplias de lo esperado inicialmente, lo que subraya la necesidad de considerar no solo las fuentes de emisión directa, sino también los efectos a largo alcance.

Estos resultados resaltan la importancia de abordar de manera integral la contaminación atmosférica en Minatitlán. Es esencial implementar medidas de control y mitigación adecuadas, así como promover prácticas industriales más sostenibles y el uso de tecnologías limpias (Parker, 2021). Además, se debe continuar monitoreando la calidad del aire y realizando estudios periódicos para evaluar los efectos de la contaminación en la salud pública y ambiental.

## Conclusión

La evaluación de la calidad del aire en Minatitlán, Veracruz, es un tema de suma importancia dado el impacto directo que tiene sobre la salud humana y el ambiente. El estudio llevado a cabo tuvo como permitió utilizar a Screen View para poder evaluar la dispersión de gases contaminantes emitidos por las industrias químicas en la región, utilizando datos recopilados de una estación fija de monitoreo. Este análisis se realizó con la finalidad de comprender mejor la distribución y concentración de los contaminantes en el aire, así como para identificar posibles riesgos para la salud pública y el entorno natural.

Este análisis es fundamental para comprender la dinámica de la contaminación atmosférica y para identificar áreas vulnerables o de riesgo. Es indispensable continuar con la vigilancia y el monitoreo de la calidad del aire, así como con la implementación de medidas efectivas de control de la contaminación, con el fin de proteger el medio ambiente y garantizar el bienestar de la población actual y futura.

Por último, esta modelación de la dispersión de las cargas contaminantes utilizando el software Screen View demuestra que es una herramienta que proporciona un enfoque predictivo que permite simular diferentes escenarios y evaluar el impacto potencial de las emisiones industriales en el medio ambiente circundante. Actualmente la modelación se vuelve una herramienta poderosa para la planificación y toma de decisiones en materia de gestión ambiental.

## Referencias

- Bustos Salas, C. (2004). *Aplicación de modelos de dispersión atmosférica en la evaluación de impacto ambiental: Análisis del proceso* [Tesis de maestría, Universidad de Chile]. Repositorio Institucional de la Universidad de Chile.
- Lakes Environmental Software. (2016). *SCREEN3 air pollution dispersion model user's guide*. <https://www.weblakes.com/software/freeware/screen-view/>
- NMX-AA-009-SCFI-1993. (1993). *Determinación del flujo de gases en un conducto por medio del tubo de Pitot*. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- NMX-AA-010-SCFI-2001. (2001). *Contaminación atmosférica—Fuentes fijas—Determinación de la emisión de partículas contenidas en los gases que fluyen por un conducto—Método isocinéxico*. Secretaría de Economía.
- NMX-AA-023-1986. (1986). *Nomenclatura para definir los términos utilizados en la contaminación atmosférica*. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- NMX-AA-107-1988. (1988). *Calidad del aire—Estimación de la altura efectiva de chimenea y de la dispersión de contaminantes—Método de prueba*. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- NOM-156-SEMARNAT-2012. (2012, 14 de junio). *Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación.
- Organización Meteorológica Mundial, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. (2001). *Cambio climático 2001: Impactos, adaptación y vulnerabilidad*. <https://www.ipcc.ch/report/ar3/wg2/>
- Parker, A. (2021). *Contaminación del aire por la industria*. Reverté.
- Rojano, R. E., Mendoza, Y. I., Arregoces, H. y Restrepo, G. M. (2016). Dispersión de contaminantes del aire (PM10, NO<sub>2</sub>, CO, COV y HAP) emitidos desde una estación modular de compresión, tratamiento y medición de gas natural. *Información Tecnológica*, 27(5), 99–110. doi.org
- Thé, J. L., Thé, C. L. y Johnson, M. A. (2016). *SCREEN View user's guide: Screening air dispersion model (SCREEN3)*. Lakes Environmental Software. [https://www.weblakes.com/products/screen/resources/lakes\\_screen\\_view\\_user\\_guide.pdf](https://www.weblakes.com/products/screen/resources/lakes_screen_view_user_guide.pdf)