



40 años



Open Access



40 años

Revista Boliviana de Química 40 años

ISSN 0250-5460 Rev. Bol. Quim. Nov./Dic. 2023 Paper edition
ISSN 2078-3949 Rev. boliv. quim. Nov./Dic. 2023 Electronic edition
Received 05 3 2023 Accepted 12 21 2023 Published 12 30 2023
Revista Boliviana de Química, 40(5), 139-148
Bolivian Journal of Chemistry 40(5), 139-148
DOI: <https://doi.org/10.34098/2078-3949.40.5.2>

MODELAMIENTO DE LA DISPERSIÓN DE PM₁₀ DE LAS LADRILLERAS DEL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO CUSCO

Original article

Peer-reviewed

Verónica Isela Vera-Marmanillo^{1,*}; Edwin Harol Quispe Chávez²

¹Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco UNSAAC, Facultad de Ciencias Biológicas, Av. de la Cultura 733, Cusco, Perú; ²Universidad Andina del Cusco UAC, escuela profesional de Ingeniería Ambiental, ep_ambiental@uandina.edu.pe

Keywords: Air quality, Particulate Matter, Geographic modeling of the brick sector.
Palabras clave: Calidad del aire, Material Particulado, Modelamiento geográfico sector ladrillero.

ABSTRACT

Modeling of the dispersion of PM₁₀ from the brick kiln of the district of San Jerónimo Cusco. The modeling of the geographical dispersion of PM₁₀ produced by the brick sector in the San Jerónimo district, using the AERMOD VIEW10 software was carried out. In accordance with the USEPA protocol, and following the Aermod View program, the measurement of parameters and values was carried out in situ, in a brick kiln: dimensions of the kiln, plume exit velocity, gas exit temperature, fuel consumption, cooking time and raw materials. The values were entered into the Aermod View program in version 9.9.0, determining the type of terrain and identifying the emission sources. The results are shown in the PM₁₀ dispersion map of the brick sector, where it was identified that the monitoring point CA-SJ-01 presents a concentration of 133.12 µg/m³, being the point that exceeds the ECA for air. It is concluded that there is a direct relationship between the dispersion of pollutants and the meteorological parameters of wind speed and direction, validating the air quality monitoring carried out by the OEFA.. *Mail to: veronika.vera@unsaac.edu.pe

RESUMEN

El modelamiento de la dispersión geográfica de PM₁₀ producida por el sector ladrillero en el distrito de San Jerónimo, utilizando el software AERMOD VIEW10 fue realizado. De acuerdo con el protocolo USEPA, y siguiendo el programa Aermod View se realizó la medición de parámetros y valores *in situ*, en un horno ladrillero: dimensiones del horno, velocidad de salida del penacho, temperatura de salida de los gases, consumo de combustible, tiempo de cocción y materia prima. Los valores fueron ingresados al programa Aermod View en su versión 9.9.0 determinando el tipo de terreno e identificando las fuentes de emisión. Los resultados se muestran en el mapa de dispersión de PM₁₀ del sector ladrillero, donde se identificó que el punto de monitoreo CA-SJ-01 presenta una concentración de 133.12 µg/m³ siendo el punto que sobrepasa los ECA para aire. Se concluye que existe una relación directa entre la dispersión de los contaminantes y los parámetros meteorológicos de velocidad y dirección del viento, validando el monitoreo de calidad de aire realizado por el OEFA.

INTRODUCCIÓN

La ciudad del Cusco enfrenta problemas ambientales como producto de la actividad antrópica y el mal uso de sus recursos, uno de los más relevantes es el caso de la actividad ladrillera-artesanal [4,20]. Por su gran influencia en la calidad del aire, el uso de combustible inadecuado en el proceso de la cochura del ladrillo, genera una combustión



incompleta emitiendo a la atmósfera diferentes contaminantes por medio de las chimeneas [1]. En el último decenio se reportaron alrededor de 1220 casos de muertes a causa del PM_{10} en el Cusco, entre ellas enfermedades respiratorias y cardiovasculares [16]. Para el modelado del presente trabajo se utilizó datos obtenidos *in situ*, y valores meteorológicos por el periodo de un año. Se tomaron como referencia los valores de las concentraciones de Material Particulado PM_{10} en 5 diferentes puntos monitoreados por el Organismo de Evaluación y fiscalización Ambiental (OEFA) del año 2018 en el sector ladrillero, siendo éste un método para la validación de la modelación y el monitoreo realizado [17]. Los problemas ambientales representan un gran riesgo para la salud en toda América; según datos estadísticos se indica que nueve de cada diez personas respiran aire contaminado [2,3] y que alrededor de 7 millones de personas mueren al año debido a la contaminación atmosférica con una tendencia siempre en aumento [18]. Mediante la Resolución Ministerial No 339-2012-MINAM el año 2012 se publicó el Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del Aire el cual detalla en el Artículo N° 1 la preocupación de 13 ciudades que poseen problemas referidos a la contaminación de la calidad del aire y atención prioritaria- Por esta razón se instalaron 196 Grupos de Estudio Técnico Ambientales Zona de Aire (GESTA) en las diferentes provincias [14] con el fin de proponer acciones para mejorar la calidad del aire e impulsar su aprobación por el MINAM y de acuerdo a su grado de alerta imponer medidas con carácter urgente. Entre las causas más comunes está la contaminación generada por el parque automotor de automóviles viejos, los cuales debido al sistema carburante utilizado no presenta una combustión completa (R.M. N° 339-2012-MINAM).

En la ciudad del Cusco la causa principal en referencia a la mala calidad del aire es la gran emisión de contaminantes atmosféricos en el sector ladrillero artesanal del Distrito de San Jerónimo [4]. Entre los principales factores de contaminación, se tiene al Material Particulado (PM_{10} , $PM_{2.5}$), óxidos de Azufre (SOx), óxidos de nitrógeno (NOx), monóxido de carbono (CO) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) [8,9]. Durante el año 2017 el OEFA registró ciento 168 plantas productoras de ladrillos artesanales encontrándose distribuidos en tres sectores del distrito de San Jerónimo las cuales no cuentan con el Instrumentos de Gestión Ambiental certificado, ni Licencia de Funcionamiento [17]. El proceso de cocción del ladrillo entre 800 y 1300 °C se realiza por calentamiento del horno con ramas de eucalipto, madera, aserrín o carbón antracita [20], con una combustión incompleta debido a la falta de oxígeno emitiéndose gran cantidad de material particulado ($PM_{2.5}$ y PM_{10}) entre otros contaminantes atmosféricos. Entre los efectos en la calidad del aire, se cuentan el deterioro de la visibilidad, inversión térmica, contaminación del agua, deposiciones ácidas húmedas. Los problemas de salud pública por esta causa es principalmente la acumulación de partículas en los alveolos pulmonares, entre otros. El PM_{10} se deposita en la sustancia surfactante de los alveolos pulmonares, responsables del intercambio gaseoso, formando una sustancia densa entre el material particulado y la sustancia surfactante alveolar, que desencadena la fibrosis pulmonar [18] y síndromes respiratorios y cardiovasculares [8].

La modelación de la dispersión geográfica de PM_{10} producida por el sector ladrillero se realizó en el software AERMOD VIEW 9.9.0 desarrollado para la Agencia de Protección Ambiental USEPA dando sustento a todos los modelos realizados, validando los resultados [5-7]. El modelamiento realizado tuvo por objetivo conocer el alcance máximo de la emisión de PM_{10} en la ciudad del Cusco, identificar los distritos de mayor influencia directa afectados por el PM_{10} emitido por el sector ladrillero, conocer la concentración máxima, la distancia al punto de emisión de PM_{10} y conocer la influencia de los parámetros meteorológicos en la dispersión de PM_{10} en la ciudad de Cusco.

EXPERIMENTAL

Materiales y métodos

Modelación de la calidad de aire

En el aire hay diferentes concentraciones de contaminantes atmosféricos, lo que se quiere es saber cuál es esa concentración en el presente y cómo es que se desenvolverá en un futuro [13]; estas interrogantes son resueltas por medio de la modelación de la calidad de aire, ya que ésta nos permite conocer cuál es la relación de una emisión y sus determinadas concentraciones de los contaminantes en la atmósfera [22].

Modelación matemática

Hace referencia a los modelos conformados por fórmulas y ecuaciones definiendo determinadas variables y parámetros; además, se considera como la rama de la matemática que estudia la teoría de modelos, actualmente estos son basados en integraciones numéricas teniendo un producto final la Ecuación de Gauss [19,22]. El modelo



Gaussiano posibilita modificar las condiciones meteorológicas al igual que la intensidad de viento y temperatura con el propósito de calcular la concentración de los contaminantes atmosféricos en determinados puntos de estudio

$$C(x, y, z) = \frac{q}{2\pi\sigma_y\sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) - \left(\exp\left(\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2}\right)\right)$$

Donde:

q : Resistencia de la fuente

h : Altura de la chimenea

σ_y, σ_z : Coeficientes de dispersión lateral y vertical

x, y, z : Variables

AERMOD VIEW 9.9.0

El programa de AERMOD está avalado por la Agencia de Protección Ambiental de los EE. UU con el propósito de ser utilizado para el diagnóstico y evaluación en los planes ambientales. El modelo de AERMOD aplica la dispersión de un contaminante en un penacho de humo de manera estacionaria en el sentido vertical y horizontal teniendo en cuenta la estructura de la turbulencia en la atmósfera, a esto se agregan las emisiones elevadas superficiales y la forma del terreno. Este modelo se puede aplicar tanto en zonas urbanas como rurales adecuándose con mucha facilidad a las condiciones teniendo 10 km como alcance de estudio [7,8,10,12,21].

Estructura del Modelo

El modelo de dispersión de Gauss describe una dispersión tridimensional tomando en cuenta el relieve del terreno, la estructura está compuesta por 02 preprocesadores:

Aermet view. Esta herramienta procesa los datos meteorológicos de la zona de estudio tomando en cuenta datos como velocidad de viento, turbulencia y temperatura entre otros, los cuales son ingresados en el programa; al momento de procesar dichos datos se generarán dos archivos los cuales deben de ser ingresados en él [12].

Aermod view. Dichos archivos son el perfil de salida con la extensión (.PFL) y la superficie de salida con la extensión (.SFL).

Aermap. Por medio de este procesador se realiza la combinación de dos casos, el primer es el que tiene un penacho de seguimiento de la superficie y el segundo es un penacho en estado horizontal el cual se proyecta con el terreno, para calcular la concentración se tiene que realizar la ponderación de la suma de los dos casos [21]-

La muestra son las emisiones de PM₁₀ recolectada *in situ* en la chimenea de hornos monitoreados en los sectores ladrilleros Pícol Orcompujio, Suco Aucaylle y Apurante Huayco y en el área de influencia directa en el distrito de San Jerónimo (Tabla 1).

Tabla 1. Coordenadas de los puntos de Estudio

Punto de Estudio	Código	Coordenadas UTM Este (m)	Coordenadas UTM Norte (m)	Altitud (m.s.n.m.)
01	CA-SJ-01	186442	8499830	3262
02	CA-SJ-02	186404	8500097	3262
03	CA-SJ-03	186165	8500281	3268
04	CA-SJ-04	186625	8499617	3282
05	CA-SJ-05	185807	8500588	3275

Técnica de recolección de datos

Se midieron las dimensiones de los hornos ladrilleros para el diseño y modelación en el programa Aermod View avalado por la USEPA.

Temperatura de Salida



Tabla 2. Valores de temperatura de salida del gas a las 12 horas de cochura del ladrillo

Tiempo (min)	Temperatura (°C)
0	150
5	146.3
10	195.6
15	206.3
20	190.6
25	194
30	202
35	193
40	161.3
45	166.5
50	246
55	241
60	213.6
Promedio	192.58

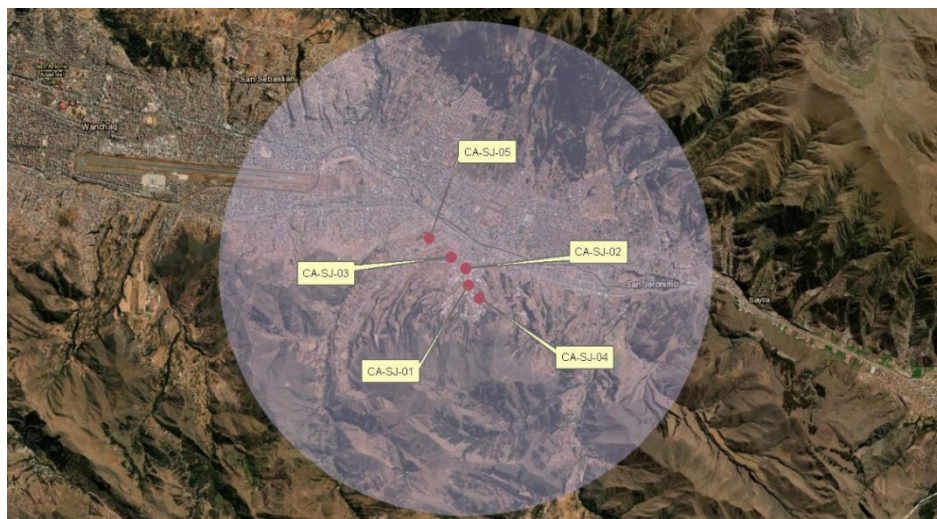


Figura 1. Delimitación de la zona de estudio

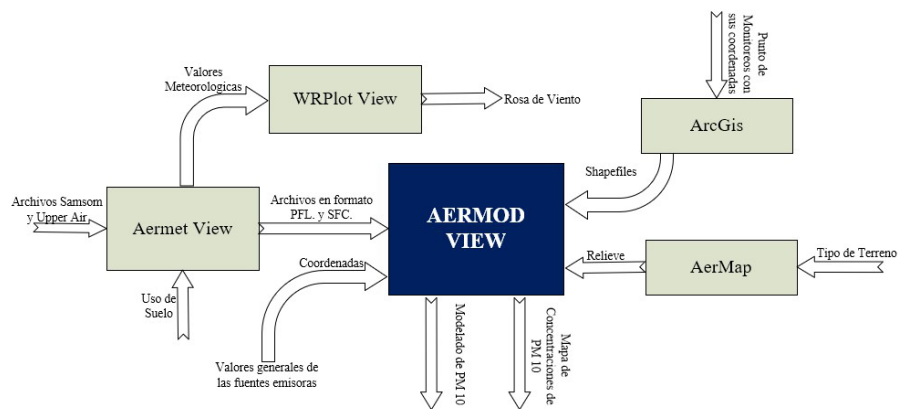


Figura 2. Algoritmo de modelación



Velocidad de salida de las emisiones

Tabla 3. Valores de velocidad de salida de PM₁₀

Tiempo (min)	Velocidad (m/s)
0	1.4
5	0.9
10000	2.6
15	1.9
20	1.7
25	1.9
30	1.7
35	2.9
40	0.8
Promedio	1.76

Cálculo de Tasa de Emisión

$$E = FE * A * (1 - (ER / 100))$$

Donde:

- E: Tasa de emisión (g/s)
- FE: Factor de emisión (g/kg)
- A: Intensidad de la actividad (kg/s)
- ER: Eficiencia global (%) de acuerdo con la UNEP

Tabla 4. Factor de Emisión IPC

Proceso	Cont.	Factor de emisión	Variable explicativa
Tejares	CO	6 kg/t (toneladas producidas)	Toneladas de cerámica al año
	PM ₁₀	29 kg/t	Toneladas de cerámica al año
	COVDM	165 kg/t	Toneladas de cerámica al año
	SO ₂	198 kg/t	Toneladas de cerámica al año
	NO _x	525 kg/t	Toneladas de cerámica al año

En base a la tabla 4 se tiene un factor de emisión de 29 kg/t para PM-10, dicho valor es estandarizado de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud y Organización Panamericana de la Salud [12], es decir el uso de 7.18 t de combustible en un tiempo de 24 hs que es la cocción de los ladrillos en el sector ladrillero (datos recolectados *in situ*). El valor de 7.6% de reducción de emisiones se define como objetivo primordial a nivel global según el Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) planteado en Ginebra el 26 de noviembre de 2019 en la COP 25.

Factor de emisión

$$FE = \frac{29kg}{t} * \frac{1000g}{1kg} * \frac{1t}{1000kg}$$

$$FE = 29g/kg$$

Intensidad de la actividad

$$24 h \rightarrow 7.18 t$$



$$\text{Consumo en 1 hora} = 7.18\text{t} * 1\text{hr}/24\text{hr}$$

$$\text{Consumo en 1 hora} = 0.30\text{t}$$

$$A = 0.08\text{ kg/s}$$

Reemplazando todos los valores obtenidos en la ecuación general para el cálculo de la tasa de emisión:

$$E = 29\text{ g kg} * 0.08\text{ kg s} * (1 - 7.6\%/100)$$

$$E = 29\text{ g kg} * 0.08\text{ kg/ s} * 0.924$$

$$E = 2.14\text{ g/s}$$

Teniendo una tasa de emisión de 2.14g(PM₁₀)/s para el modelamiento del presente trabajo de investigación en el sector ladrillero de San Jerónimo, dicho valor será ingresado mediante la herramienta de fuentes de emisión.

Identificación de receptores

Por medio del software Aermid View se generaron las grillas en base la exactitud de los resultados que se quiere obtener, mientras más fina sea la grilla, más exacto será el valor de la concentración [10], se obtuvieron 40 receptores dentro de toda el área de estudio haciendo referencia a colegios, parques, mercados cercanos, avenidas transitadas

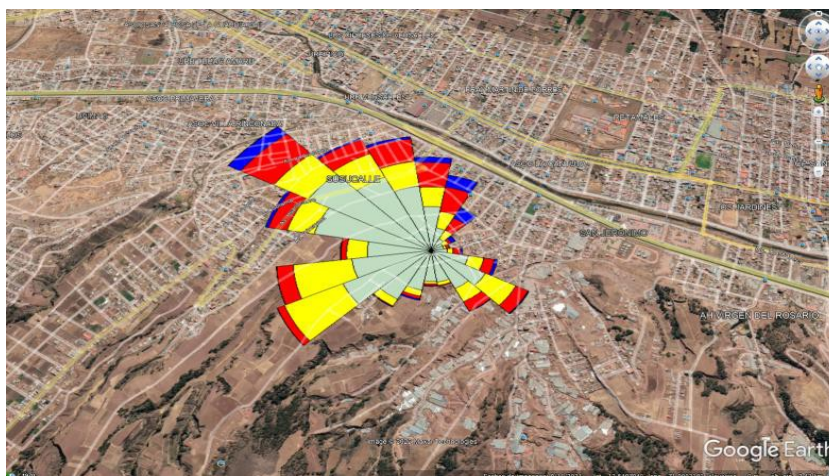


Figura 3. Vista de rosa de viento en el programa Google Earth

La rosa de vientos obtenida en el programa WRPLOT con los parámetros meteorológicos, indican que el origen del viento es el sur este, teniendo una dirección predominante hacia el noroeste con una frecuencia del 9.8% alcanzando una velocidad promedio de 7 m/s y en general de 1.68 m/s.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mapa de Concentraciones de PM₁₀ (Fig. 4-6)

Una vez procesados los datos en el software, se tiene como resultado el modelamiento de la dispersión de Material Particulado PM₁₀ mediante la ventana del mapa del programa de Aermid.

Se calculó la dispersión de PM₁₀ mediante isolíneas de color/concentración en un periodo tiempo de 24 horas, obteniéndose las siguientes concentraciones: 1) en el punto de monitoreo CA-SJ-01: una concentración de 133.12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2) en el punto de monitoreo CA-SJ-02: una concentración de 41.27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 3) en el punto de monitoreo CA-SJ-03: una concentración de 59.99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 4) en el punto de monitoreo CA-SJ-04: una concentración de 22.91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 5) en el punto de monitoreo CA-SJ-05: una concentración de 45.65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Realizada la comparación con los estándares de calidad ambiental de Aire, el único punto de monitoreo que sobrepasa los valores admitidos de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ es CA-SJ-01.

En el efecto building downwash las estructuras físicas como los cerros hacen la función de barreras que impide que el contaminante de Material Particulado se disperse.

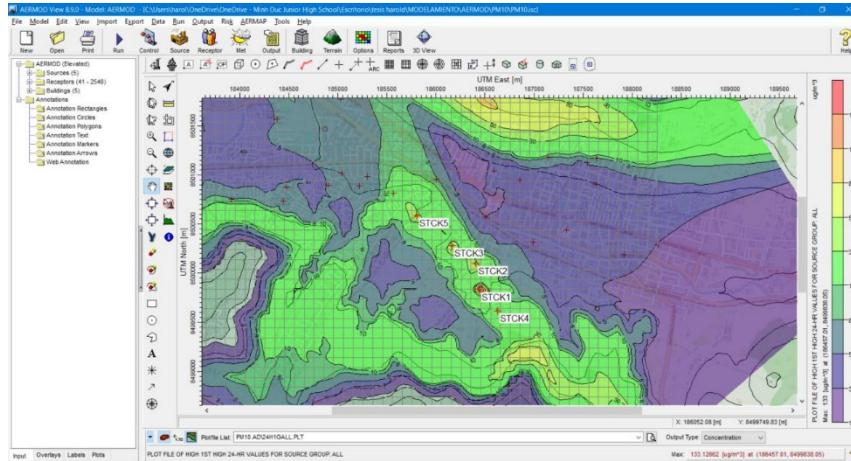


Figura 4. Dispersión de Material Particulado

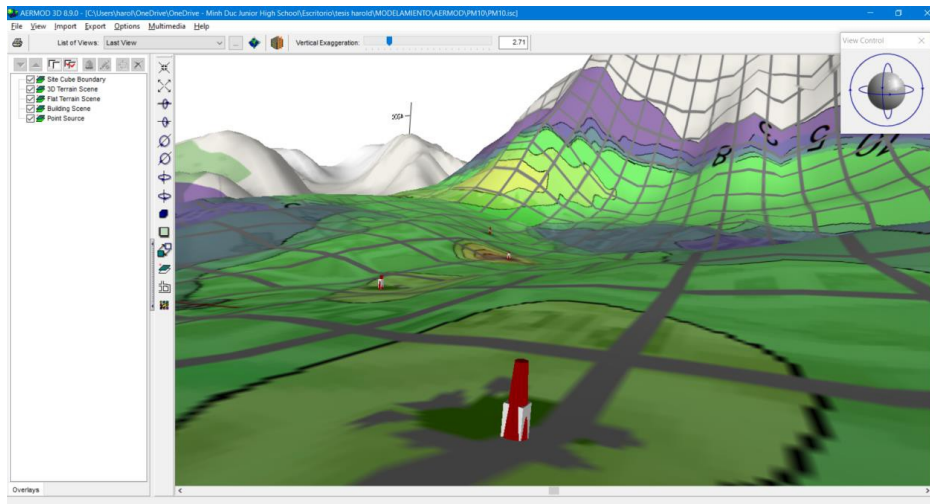


Figura 5. Vista 3D de la dispersión de Material Particulado

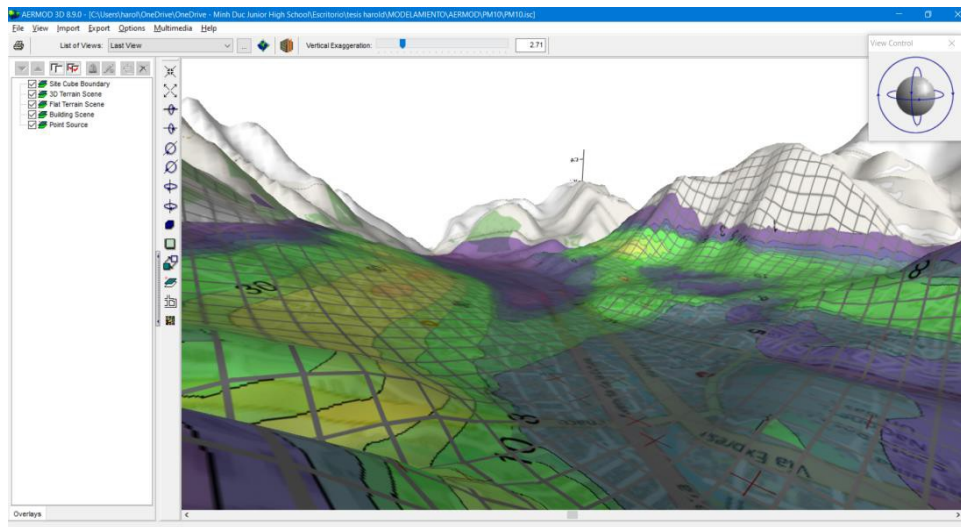


Figura 6. Vista 3D del efecto building downwash



Resultados de las concentraciones

En la Tabla 5 se muestra las concentraciones de Material Particulado PM₁₀ simuladas por el modelo de dispersión, en base a los diferentes datos ingresados al programa.

Tabla 5. Concentraciones de PM₁₀ obtenidas por el modelo de dispersión Aermod View en las ladrilleras del distrito de San Jerónimo

Contaminante	Punto de Monitoreo	Periodo	Unidades	Concentración estimada
Material Particulado PM ₁₀	CA_SJ-01	24 Horas	µg/m ³	133.12
	CA_SJ-02	24 Horas	µg/m ³	41.27
	CA_SJ-03	24 Horas	µg/m ³	59.99
	CA_SJ-04	24 Horas	µg/m ³	22.91
	CA_SJ-05	24 Horas	µg/m ³	45.65

Las concentraciones estimadas por el programa se compararon con la norma ambiental vigente (Estándares de Calidad Ambiental del Aire - ECA), y se estableció el respectivo cumplimiento o incumplimiento.

Tabla 6. Comparación de las concentraciones de PM 10 obtenidas por el modelo de dispersión Aermod View en las ladrilleras del distrito de San Jerónimo con los ECA de Aire

Contaminante	Punto de Monitoreo	Periodo	Concentración estimada (µg/m ³)	ECA Aire (µg/m ³)	Cumplimiento
Material Particulado PM ₁₀	CA_SJ-01	24 Horas	133.12	100	No cumple
	CA_SJ-02	24 Horas	41.27	100	cumple
	CA_SJ-03	24 Horas	59.99	100	cumple
	CA_SJ-04	24 Horas	22.91	100	cumple
	CA_SJ-05	24 Horas	45.65	100	cumple

El punto de monitoreo CA_SJ_01 es el único que sobrepasa los valores establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para Aire con una concentración de 133.12 µg/m³. (Tabla 6).

DISCUSIÓN

En relación con el trabajo de investigación de Herrera Cieza del año 2019 en la ciudad de Lima, se utilizó información meteorológica proporcionada por el SENAMHI; sin embargo, en el presente trabajo de investigaciones se hizo uso de los valores obtenidos por la página web MeteoSim la cual proporciona un grado mayor de confiabilidad debido a la gran trayectoria, soporte y garantía de los datos obtenidos, así como también las referencias de varios estudios similares. Con relación a la tesis realizada por Neyra Rosario el año 2019 en la ciudad de Lima, se evidenció que dados los parámetros meteorológicos, Temperatura, Humedad, Velocidad y dirección de viento, existe una relación entre la dirección del viento y el contaminante. De acuerdo con el trabajo de investigación de Anyosa Tapia el año 2019 se realizó la validación de las concentraciones de PM₁₀, PM_{2.5}, CO, CO₂ y SO_x con el punto de monitoreo más cercano de la fuente de emisión. De manera similar, en el presente trabajo se realizó la validación del monitoreo del OEFA siendo ésta la manera de validar la modelación y reafirmando la credibilidad.

CONCLUSIONES

De acuerdo con la modelación de Material Particulado PM₁₀ en el sector ladrillero de San Jerónimo con el programa Aermod View 9.9.0, se pudo identificar que el sector Sucso Aucaylle (San Jerónimo) es afectado de manera directa puesto que existe una mayor concentración superando los Estándares de Calidad Ambiental. Los distritos de



40 años



San Jerónimo y San Sebastián se encuentran con mayor vulnerabilidad por contaminación de Material Particulado PM₁₀ de acuerdo con lo establecido en la modelación. La dispersión PM₁₀ en el sector ladrillero se ve influenciado por los parámetros meteorológicos, tales como: temperatura, velocidad y dirección de viento.

Los mapas de dispersión obtenidos por el programa Aermod View, permitieron visualizar las concentraciones de PM₁₀ mediante isolíneas colorimétricas en un periodo de 24 horas, identificando un valor de 133.17 µg/m³ en la fuente de emisión CA-SJ-01 y encontrándose una concentración de 85.52 µg/m³ a una distancia promedio de 2 km, con referencia al punto de emisión CA-SJ-01, siendo éstas las concentraciones más relevantes de la modelación; se evidenció una dispersión de los contaminantes en dirección hacia el Noroeste teniendo relación con la velocidad y dirección del viento y el efecto Blinding downwash.

El resultado de las concentraciones del modelamiento de PM₁₀ fue comparado con los ECA de aire según el DS. 003-2017-MINAM excediéndose la norma únicamente en el punto de monitoreo de calidad de aire por el OEFA CA-SJ-01 con una concentración de 133.12 µg/m³ en un periodo de 24 horas, de acuerdo con los valores meteorológicos, de terreno y características del contaminante ingresados a programa Aermod View.

REFERENCIAS

1. Ambiente, P. D. 2019, Reducir las emisiones 7,6% anual en la próxima década para lograr objetivo de 1,5°C. Ginebra: UNEP. Retrieved from <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/el-mundo-debe-reducir-las-emisiones-76-anual-en-la#:-:text=%2D%20Las%20emisiones%20globales%20de%20gases,UNEP%20lanzando%20hoy%20en%20Ginebra>.
2. Avilés Flores, D. M., & Rivera Banegas, M. A. (2018). Dispersión de contaminantes atmosféricos por fuentes fijas de combustión del Parque Industrial de la ciudad de Cuenca, mediante los software Screen view 3 y Disper 5.2, (BSc tesis). Retrieved from <http://dspace.uceuna.edu.ec/handle/123456789/28810>.
3. Astudillo R., M. 2012, Modelación de dispersión espacial de contaminantes del aire en la ciudad de Cuenca, (MSc tesis), Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador. Recuperado de https://issuu.com/unigis_latina/docs/astudillo_marcelo
4. Delgado, S. 2020, Obtenido de kunko: <https://www.idl.org.pe/elporque-de-la-demanda-contra-las-ladrilleras-informales-del-cusco/>
5. Depaz Ramos, A.H. 2017, Modelamiento de dispersión de material particulado mediante la aplicación del modelo gaussiano para determinar la zona vulnerable del sector industrial de Puente Piedra 2017, (BSc tesis), Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Retrieved from <https://hdl.handle.net/20.500.12692/17417>
6. Digesa. 2005, Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos. Retrieved from chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Protocolo-de-Calidad-del-Aire.pdf
7. Espinoza, C. 2018, Determinación de la dispersión geográfica de los gases nox, co, so2 y partículas (pm10), emitidos por una central térmica aplicando el modelo Aermod. Villa El Salvador, (BSc tesis) Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Retrieved from <http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/237>
8. Felipe, T. 2017, Análisis de dispersión de gases. Obtenido de <https://www.esss.co/es/blog/analisis-de-dispersion-de-gases/>
9. Carlos F. Gaviria, C.F., Benavides, P.C., Tangarife, C.A. 2011, Contaminación por material particulado (PM_{2,5} y PM₁₀) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín (2008-2009). *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, 29(3), 241-250. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/120/12021452003.pdf>
10. Herrera Cieza, E.B. 2019, Determinación del comportamiento de la dispersión del material particulado de la planta Unacem en el distrito de Villa María del Triunfo utilizando el software Aermod view, (BSc tesis), Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Retrieved from <https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/209>
11. Herrera Ramos, S., Magaña Villegas, E., Carrera Velueta J.M. 2019, Introducción a la modelación de la calidad del aire, del agua y del transporte de contaminantes en el suelo, *Catálogo de Publicaciones UJAT*. DOI: <https://doi.org/10.19136/book.45>
12. Huaynatis, N. 2019, Modelamiento de la dispersión de gases utilizando el Aermod versión 8.9 y su relación con los parámetros meteorológicos del centro poblado Santa María de Huachipa, (BSc tesis), Universidad Cesar Vallejo, Lima Perú. Retrieved from <https://hdl.handle.net/20.500.12692/40527>
13. Ledesma, M. Principios de meteorología y climatología, Paraninfo, 2011, Madrid, España
14. Minam. 2021, Minam. Obtenido De <https://www.Minam.Gob.Pe/GestionAmbiental/Comisiones-Ambientales/>
15. Mintegui, S. Manual de intoxicaciones en pediatría, Ergon, 3ª Edition, 2012, Madrid, España, pp 281.
16. Moscoso, D., Astudillo, A., Vazquez, V. 2015, Modelamiento de la calidad del aire en la ciudad de Cuenca-Ecuador, *Iteckne*, 12(2), 188-197. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1692-17982015000200010&lng=en&nrm=iso&tlang=es
17. OEFA. 2018, Evaluación ambiental en el ámbito de influencia de la zona de ladrilleras de San Jerónimo, ubicada en el distrito de san Jerónimo, provincia y departamento del Cusco – 2018, Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. OEFA. 2018, Evaluación ambiental en el ámbito de influencia de la zona de ladrilleras de San Jerónimo, ubicada en el distrito de san Jerónimo, provincia y departamento del Cusco
18. OMS. Organización Mundial de la Salud. Contaminación Del Aire. https://www.who.int/es/health-topics/air-pollution#tab=tab_1
19. Noticias ONU. [Respirar aire contaminado causa cerca de siete millones de muertes prematuras al año | Noticias ONU \(un.org\)](https://www.un.org/es/news/story/2023/03/Respirar-aire-contaminado-causa-cerca-de-siete-millones-de-muertes-prematuras-al-año).
20. Perdiz Dávila, J.M. 2016, Modelado y simulación de la dispersión de contaminantes en la pluma de una chimenea por el método de dispersión gaussiano, (MSc tesis), Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
21. Produce. 2010, Guía de buenas prácticas para ladrilleras artesanales. Lima: Ministerio de la Producción. <https://es.scribd.com/document/320578043/Guia-de-Buenas-Practicas-Ladrilleras-Artesanales>
22. Reyes Ureta, G.M. 2020, Evaluación del transporte y dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por la refinera "La Libertad" mediante el modelo Aermod View, (MSc), Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil, Ecuador.
23. Rojas Chávez, F.J. 2018, Modelación numérica del transporte de contaminantes atmosféricos y su relación con las condiciones meteorológicas en Lima metropolitana, (PhD tesis), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Retrieved from <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3809>



40 años



Verónica Isela Vera-Marmanillo et Edwin Harol Quispe Chávez / *Rev. Bol. Quim.* **2023** Vol.40 No.5 pp. 139-148

DOI: <https://doi.org/10.34098/2078-3949.40.5.2>

24. Serrano Gutiérrez,, J.A. **2007**, Estudio comparativo de la simulacion de dispersion de contaminantes en la atmósfera para estudios de impacto ambiental. (MSc tesis) Universidad Autónoma de México, México, D.F., México. Retrieved from <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000620243>