TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"MODELAMIENTO AMBIENTAL APLICADO EN LA EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESPACIOTEMPORAL DE EMISIONES PM_{10}, NO_2 Y SO_2 de EMPRESAS INDUSTRIALES EN LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO, 2015-2019"

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Presentado por:

Claudia Anabel Lloclla Gamarra (0000-0001-5612-1344)

Asesor:

Luis Alfredo Roca Infante (0000-0002-3570-3801)

Lima – Perú

2023

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 22 de enero del 2024.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dr. Noé Ordóñez Machicao
Miembro: Mg. Guillermo Gonzálo Lazo Alatrista
Miembro: Mg. Deyvis Jefferson Cano Cochachi

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

"MODELAMIENTO AMBIENTAL APLICADO EN LA EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESPACIOTEMPORAL DE EMISIONES PM10, NO2 Y SO2 de EMPRESAS INDUSTRIALES EN LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO, 2015-2019"

Presentado por la bachiller:

- **Claudia Anabel Lloclla Gamarra**

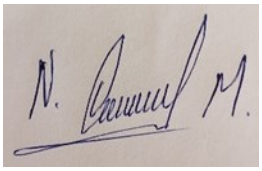
Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Mg. Luis Alfredo Roca Infante

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del tesista de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime ( ) por mayoría simple (X) calificar a:

Tesista: Claudia Anabel Lloclla Gamarra		Nota (en letras): 15 (Quince)	
Aprobado (X)	Aprobado - Muy buena ( )	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Dr. Noé Ordóñez Machicao
Presidente



Mg. Guillermo Gonzálo Lazo Alatrista
Miembro 1



Mg. Deyvis Jefferson Cano Cochachi
Miembro 2



Mg. Luis Alfredo Roca Infante
Asesor

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS[13]

Lima, 28 de Agosto del 2023

Señor,
Carlos Zavalaga Reyes
Director General de Investigación, Desarrollo e Innovación
Universidad Científica del Sur
Presente. –

De nuestra consideración,

Yo: Claudia Anabel Lloclla Gamarra, egresado de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con Luis Alfredo Roca Infante, declaramos que este informe final de trabajo de investigación titulado: Modelamiento ambiental aplicado en la evaluación del comportamiento espaciotemporal de emisiones PM10, NO2 y SO2 de empresas industriales en la Provincia Constitucional del Callao, 2015-2019, sustentado para obtener el título profesional es original.

Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero de mi (nuestra) investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos 14, que afirmamos conocer en su totalidad.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,



Firma tesista
DNI:72643432



Firma del asesor de tesis
DNI:44025143

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Modelamiento ambiental aplicado en la evaluación del comportamiento espaciotemporal de emisiones PM10, NO2 y SO2 de empresas industriales en la provincia constitucional del Callao, 2015-2019

Autores. Claudia Anabel Lloclla Gamarra

Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 2301795617).

Resultado de la evaluación. 6%

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.



Modelamiento ambiental

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%	4%	3%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS Trabajo del estudiante	1%
2	issuu.com Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Cientifica del Sur Trabajo del estudiante	<1%
4	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.unican.es Fuente de Internet	<1%
6	WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "PMA Conversión a Ciclo Combinado de la Central Termoeléctrica Kallpa-IGA0001335", R.D. N° 335-2009-MEM/AAE, 2021 Publicación	<1%

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

RESUMEN

Las empresas industriales son una de las fuentes causantes para la degradación de calidad de aire, representando un riesgo para el medio ambiente y la salud humana. Siendo relevantes en el sector los contaminantes PM_{10}, NO_2 y SO_2. El objetivo de la investigación fue evaluar el comportamiento espacio-temporal de la emisiones en una temporada de 5 años sobre la calidad del aire (2015 – 2019) en la Provincia Constitucional del Callao emitidas por empresas industriales. Se analizaron dos etapas, la primera para predecir las concentraciones de las emisiones con el software SCREEN3, y la segunda para representar la dispersión en un plano cartográfico mediante plumas contaminantes con el software ArcGIS 10.8. Se evaluaron las concentraciones generadas en relación con la norma peruana ECA-Aire (2017) y las directrices de calidad de aire OMS. El modelo de dispersión del PM_{10} estimó que la empresa D (fabricante de sustancias químicas), fue el mayor generador de este contaminante. Los modelos de dispersión de NO_2 y SO_2 de las empresas estudiadas no superaron el ECA-Aire, pero si los de la OMS respecto al año 2015 por las empresas A y B (fabricantes de sulfato de cobre y fundición de plomo). Las plumas contaminantes evidenciaron que las áreas que rodean a las empresas industriales del estudio están expuestas a altas concentraciones de PM_{10}, NO_2 y SO_2, lo que provoca impacto en la salud pública. Este estudio ofrece una referencia para el desarrollo de futuras investigaciones, al emplear un método apropiado que facilita el cálculo de concentraciones contaminantes.

Palabras clave: *Contaminación atmosférica; contaminantes ambientales; empresas industriales; modelo de dispersión; ScreenView*

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ABSTRACT

Industrial companies are one of the sources of air quality degradation, representing a risk to the environmental and human health. The most relevant pollutants in the sector are PM_{10}, NO_2 and SO_2. The aim of the research was to evaluate the spatio-temporal behaviour of emissions in a 5-year season on air quality (2015 – 2019) in the constitutional province of Callao emitted by industrial companies. The model was analysed in two stages, one was to predict the concentrations of emissions with SCREEN3, and the other with ArcGis 10.8 to represent the dispersion in a cartographic plane using pollutant plumes. The generated concentrations which one were evaluated in relation to the Peruvian ECA-Aire standard (2017) and the WHO air quality guidelines. The PM_{10} dispersion model estimated that company D, a chemical factory, was the largest generator of this pollutant. The NO_2 and SO_2 models of the companies studied did not exceed the ECA-Air, but those of the WHO for 2015 for companies A and B (copper sulphate factory and lead smelter factory) did. The pollutant plumes showed that the areas surrounding the industrial companies in the study are exposed to higher concentrations of PM_{10}, NO_2 and SO_2, causing a greater impact on public health. This study provides a reference for future research using a simple method to facilitate the calculation of concentrations with relatively low processing.

Keywords: *Air pollution; environmental pollutants; industrial companies; dispersion modelling; ScreenView*

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

INTRODUCCIÓN

El deterioro de calidad de aire es un tema crucial en la actualidad en el que los diferentes sectores de la sociedad están siendo impactados. Las cifras estadísticas de la Organización Mundial de la Salud (OMS) muestran que se estima nueve de cada diez individuos respiran aire con altos niveles de contaminantes (OMS, 2018). Los principales causantes de la generación de contaminantes en el aire son el aumento progresivo de los procesos de urbanización, actividades comerciales e industriales, fuentes de emisión de tráficos y consumo de energía (Cohen et al., 2017; Li et al., 2021 & Venkataraman et al., 2018). Estas actividades emiten diversos agentes contaminantes, que representan un riesgo latente al ambiente, biodiversidad y salud humana, como material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$, los gases ozono troposférico (O_3), dióxido de nitrógeno (NO_2), compuestos orgánicos volátiles (COV), monóxido de carbono (CO) y dióxido de azufre (SO_2) (European Environment Agency, 2019 & Mannucci & Franchini, 2017).

Las actividades industriales representan un gran impacto en la calidad de aire dentro de las ciudades (Wang et al., 2016; Vidal Daza & Perez Vidal, 2018; Wei et al., 2019; Tyovenda et al., 2021). La contaminación del aire se encuentra relacionada con la proximidad geográfica a la actividad industrial, la producción industrial, la diversidad de actividades económicas y negocios de vida útil (Hu et al., 2019 & Liu et al., 2022). Así mismo, los contaminantes PM_{10}, NO_2 y SO_2 son los más relevantes en este sector, por ello son requeridos en la evaluación de impacto ambiental de las instalaciones industriales para obtener los permisos de operación (Nikolić et al., 2010 & Agus et al., 2020). Por lo tanto, es de gran importancia conocer la variación espacial de los contaminantes en el área para la evaluación de su dispersión.

La modelación de la calidad de aire es una herramienta útil para predecir las concentraciones de muchos tipos de contaminantes en la atmósfera. Dentro de estos, el

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

modelo de dispersión describe el transporte, la dispersión, la transferencia y flujos de los contaminantes en el espacio geoespacial (Lee et al., 2014). Muchos investigadores utilizan este modelo para estimar el impacto de las fuentes de emisión (puntuales) a favor de la calidad del aire mediante el uso de datos de la emisión de una fuente y la meteorología (Modi et al., 2013; Pimonsree et al., 2009; Munir et al., 2020; Li et al., 2021). Así mismo, estos pueden usarse para predecir cambios en el campo de concentración a medida que cambian las emisiones y sus características (Gibson et al., 2013, Özkaynak et al., 2013 & Isakov et al., 2019). La elección del modelo dependerá del tamaño del estudio, los datos disponibles y accesibles, el propósito y la finalidad de elaborar el modelo, los posibles resultados esperados y los criterios analísticos a conocer por el detalle de los especialistas, también el tiempo y los recursos económicos e informáticos disponibles (El-Harbawi, 2013)

Existen diversos tipos de modelos para la dispersión de contaminantes en la atmósfera como el modelo Gaussiano, Lagrange, Euleriana, dinámica de fluidos, fotoquímica, de gas denso, dinámica de aerosoles y “modelo de caja” (Modi et al., 2013). En su mayoría, los modelos de dispersión están basados por el modelo gaussiano tanto en su complejidad como en su conceptualización y diseño, siendo uno de los más antiguos desde 1936 (El-Harbawi, 2013). Asimismo, es el más utilizado para calcular la concentración de un contaminante en cualquier punto del espacio o territorio. Este modelo es utilizado por los programas Screen View y AERMOD desarrollado por la EPA de EE.UU.; y ADMS, por CERC (Cambridge Environmental Research Consultants) para simular la distribución y comportamiento de las concentraciones de gases asociadas a contaminación (El-Harbawi, 2013; Munir et al., 2020; Tyovenda et al., 2021).

El Screen View (Screen3) que se caracteriza por ser un modelo de una sola fuente en comparación del AERMOD analiza múltiples fuentes (El-Harbawi, 2013; USEPA (U.S.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Environmental Protection Agency), 2000). Sin embargo, su aplicación permite relacionar diferentes fuentes de insumos para el modelo. Las investigaciones siguen aplicado esta herramienta como Mohammadi et al.(2016) en estudiar la dispersión de NO_2 en la ciudad de Ahvaz, Irán; Méndez Espinosa et al. (2017) para estimar las emisiones de material particulado resuspendido como PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el proceso de pavimentación (antes, durante y después), y Tricio et al. (2013) para estudiar las emisiones de SO_2 de un proyecto de Explotación Minero metalúrgico para elaborar planes de acción ambientales.

El Perú, en los últimos diez años, ha registrado concentraciones de PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_2 y NO_2 que sobrepasan los límites permisibles de la OMS y ECA-Aire debido al exceso de emisiones por parte de fuentes móviles y fijas en el área de Lima Metropolitana y Callao (Ministerio del Ambiente (MINAM), 2019; DIGESA, 2011). Las emisiones contaminantes fijas representan el 11.5% de las emisiones totales (PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_2 y NO_x), siendo la actividad industrial con mayor aportación en este tipo de fuente (MINAM, 2019). Ello se evidencia de manera particular en la Provincia Constitucional del Callao, la cual se ha convertido en una de las zonas más afectadas por la contaminación debido al gran parque industrial que se encuentra en esta provincia. Recientes estudios en la Provincia Constitucional de Callao mencionan que los contaminantes PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_2, NO_2 y Pb, generados de fuentes fijas como las industrias, están afectando la salud de los habitantes (Alfaro Marín, 2017; Chávez Quispe, 2018; Canturin Quintana, 2019). Estas investigaciones han recomendado monitorear y estudiar más cerca de las fuentes de contaminación en las zonas industriales.

En este contexto, el objetivo del presente estudio es el de evaluar el comportamiento espacio-temporal de las emisiones PM_{10}, NO_2 y SO_2 en la zona industrial en la Provincia Constitucional del Callao en los años 2015-2019. Para ello, se utilizó el modelo de dispersión para predecir los niveles de concentración de dichos contaminantes. De esta

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

manera, se clasificaron los niveles de exposición a los contaminantes según la normativa vigente ECA-aire y las directrices de la OMS (2005 y 2021), a fin de conocer el estado del área estudiada como también priorizar la implementación de medidas de mitigación para el cuidado del ambiente y salud pública.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio y puntos de muestreo

Para el presente estudio, se seleccionó a la Provincia Constitucional de Callao como objeto de análisis debido a que dentro de su jurisdicción territorial se ubican diferentes tipos de empresas industriales que han ido en constante crecimiento. Esta provincia Constitucional se ha especializado en actividades industriales, pesca, comercio y manufactura (Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018), que se encuentran emplazadas en las zonas de Concentración Industrial y servicios logísticos, además de considerarla zona con aptitud para expansión industrial (ZEE Callao)(Gobierno Regional del Callao, 2011). Las empresas evaluadas se eligieron en base el tipo de actividad (metalúrgicas y químicas) y en la disponibilidad de datos, su descripción y detalle se puede visualizar en el **cuadro I**.

Las empresas estudiadas (A, B y C) se encuentran en Av. Revolución de Zona Industrial de Ventanilla. Asimismo, la otra empresa D se ubica entre la Av. Oquendo y Av. Néstor Gambetta. Se puede observar las estaciones de muestreo de las empresas en la **figura 1**.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

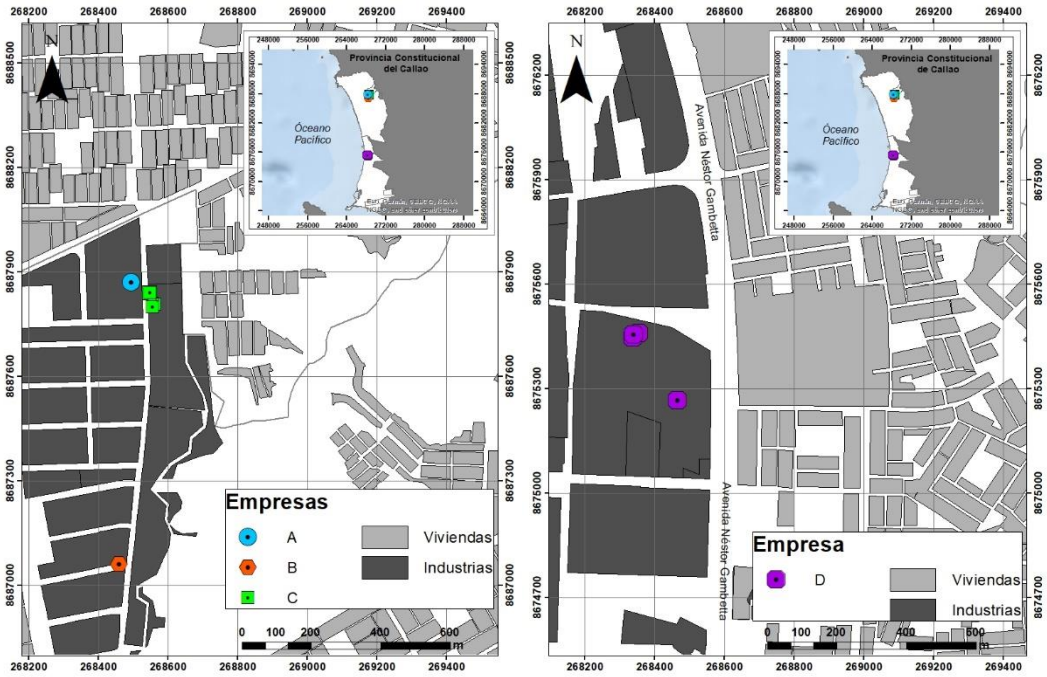
TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

CUADRO I. DESCRIPCIÓN DE LAS EMPRESAS ESTUDIADAS

Empresa	Descripción	Relación de estaciones	Ubicación (UTM) WGS84 Zona 18S	
			E	N
Empresa A	Cuenta con una planta de elaboración, comercialización y exportación de sulfato de cobre, oxicloruro e hidróxido de cobre, caldo bordeles y sulfato de zinc. Dentro de sus procesos se encuentran calderos que son operados por carbón mineral y gas natural.	EG-01 Caldero	268495	8687870
Empresa B	Planta de fundición de plomo derivado de baterías de plomo acido en desusos, chatarra de plomo para producción de plomo buillon y/o aleaciones de plomo. Dentro de sus procesos de fundición y refinación de plomo utiliza como combustible el petróleo R-500	CH-01 Fundición	268495	8687870
Empresa C	Planta de elaboración Flakes, peletizado de plástico reciclado y fabricación de bujes. Este último requiere de utilización de plomo de alta calidad donde lo llevaran en procesos fundición y refinamiento utilizando como combustible GLP.	EM-01 Fundición	268566	8687808
		EM-02 Refinamiento	268575	8687816
		EM-03 Gases secundarios	268548	8687841
Empresa D	Cuenta con varias plantas donde se realizan actividades relativas a la fabricación de sustancias químicas básicas. Cuenta con procesos de secados de los productos de sal cloruro de sodio, fosfato bicálcico, soda caustica sólida y cloruro de calcio sólido, para su funcionamiento utilizan GLP. Se incluye a la Planta fosfato bicálcico (E-1, E-5, E-6) , Planta refinería de Sal (E-7).	E-6 Secador Rotatorio	268338	8675447
		E-1 Secador Flash	268341	8675456
		E-5 Secador Flash	268355	8675460
		E-7 Secador Flash	268466	8675263

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR



Escala 1: 500,000

Fig 1. Ubicación de las estaciones de monitoreo de las empresas estudiadas en la Provincia Constitucional del Callao, Perú.

Fuentes de datos

En esta investigación, los datos de los contaminantes por las empresas en estudio se derivan de una fuente pública. Para ello, se elaboró una solicitud al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) mediante su portal de solicitud de accedo a la información (https://www.oefa.gob.pe/solicitud-de-acceso-a-la-informacion-publica). Los datos de emisiones se obtienen de los informes ambientales trimestrales y semestrales de las empresas presentadas a la entidad pública, dichos datos son la altura y diámetro interno de la chimenea (m), caudal volumétrico real del contaminante de chimenea (m^3/s), temperatura (K°) y velocidad del contaminante desde la chimenea (v/s), temperatura del ambiente (K) y la tasa de emisión del contaminate (g/s). Tambien se utilizó la ecuación (1) para tener datos de la tasa de emisión del contaminante (National Pollutant Invetory (NPi), 1999).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

$$E_i = (C * Q * OpHrs) / 10^6 \quad \ldots \text{Ecuación 1}$$

Donde:

E_i = Emisión del contaminante, kg/año

C = Concentración del contaminante, mg/Nm^3

Q = Caudal volumetrico real de gas de chimenea, m^3/s

OpHrs = Horas de funcionamiento, hr/año

De acuerdo con la información de las cuatro empresas (A, B, C y D) proporcionadas por la entidad del período de 2015 a 2019, se recogieron 9, 7, 18 y 44 muestras, respectivamente, para su posterior análisis.

Modelo de dispersión

El Screen View (SCREEN 3) usa un modelo de pluma Gaussiana para modelar impactos de fuente única. Esta modelación esta diseñado para simulaciones de corto alcance (hasta 50 km) en condiciones meteorológicas que se supone que son constantes y además calcula concentraciones durante un periódo de 1 hora (USEPA, 2000). Este modelamiento de la dispersión incorpora factores relacionados a la fuentes y factores meteorológicos para calcular las concentraciones continuas, asumiendo que la pluma del contaminante no experimenta ningún proceso químico durante su transporte desde la fuente (Cabrera Fernández, 2012). El SCREEN3 sigue siendo utilizado por su sencillez, facilidad de uso, requerir datos y procesamiento relativamente bajos, y además por ser un software gratuito de la US-EPA (El-Harbawi, 2013).

Esta investigación se realizó con uso del software SCREEN3 (versión 4.0.1). Se requirió datos de emisión de los contaminantes seleccionados: ratio de emisión (g/s), altura y diámetro interno de la chimenea, temperatura y velocidad del gas desde la chimenea, temperatura del ambiente (K) y la tasa de emisión del contaminante). También, como tipo

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

de fuente (puntual), coeficiente de dispersión (urbana) y tipo de terreno (simple terrain – flat terrain). La meteorología fue obtenido a traves de revisión bibliográfica, revelando una estabilidad atmosferica inestable mencionado en los boletines mensuales (Lima-Callao) del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi) (2019), la elección de la categoría dentro de la clasificación de Pasquill (1961) fue categoría B (Venkatram, 1996). La opción de arreglo de distancias automática se consideró en un rango de 10 m a 5 km, dado que el Screen permite colocar las distancias mínimas y máximas (hasta 50km).

Elaboración de los mapas

La proyección de plumas contaminantes en ArcGis 10.8 se utilizó para describir la dispersión del contaminante en un plano cartográfico. Mediante el apoyo de la herramienta model builder se construyó la ecuación del modelo Gaussiano, ecuación (2):

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right]\left\{exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right]\right\} \ldots \text{Ecuación 2}$$

Donde:

x, y, z : coordenadas de la ubicación de la fuente en metros (m)

$C(x,y,z)$: concentración de contaminante en un punto (x,y,z) (µg/m3)

Q : caudal de emisión (g/s)

$\sigma_y; \sigma_z$: coeficientes de dispersión (m)

u : velocidad media del viento (m/s) en el sentido del eje x

H: altura efectiva de emisión (m)

Y para los coeficientes de dispersión σ_y y σ_z se utiliza la ecuación (3) (McMullen, 1975):

$$\sigma = exp[I + J(lnx) + K(lnx)^2] \ldots \text{Ecuación 3}$$

Donde:

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

σ: Desviación normal de la concentración del contaminate (horizontal y verticarl)

lnx : Logaritmo natural de la distancia a nivel del suelo, expresada en metros

I, J, K : constantes empíricas para una condición de estabilidad

Se necesitaron tres tipos de datos de entrada para realizar la ejecución del modelo en el software: elevación del terreno, datos meteorológicos y datos de emisión de contaminante. Los datos de elevación del terreno fueron necesarios para conocer la distancia a nivel del suelo de cada punto donde se utilizó una imagen satelital Alos Palser DEM de 12.5 metros. En los datos meteorologicos fueron requeridos la velocidad y dirección del viento como también la clase de estabilidad para la elección de los valores de las constantes empiricas (I, J, K). Establecieron supuestos según la elección de estabilidad siendo inestabilidad atmosferica, considerando una velocidad de viento de 2.5 m/s y una radiación solar fuerte-moderada (Venkatram, 1996; Senamhi, 2019). Las emisión de las fuentes de las fabricas se necesitó la concentración de los contaminantes y altura de las chimeneas.

El desarrollo del modelo se complementó con un shapefile de área urbana de la provincia del Callao del CENSO NACIONAL INEI 2017, requerida por el INEI (https://www.gob.pe/20416-acceder-a-mesa-de-partes?child=15519). Estas áreas incluian información de manzanas, viviendas y poblaciones censadas en el área. En este estudio, fue necesario esta información para determinar a cuantos pobladores son expuestos por las plumas contaminantes.

Análisis de las plumas contaminantes

Para este trabajo se analizó un área de influencia con radio de 500 metros por cada empresa, incluyéndose a la zona residencial del área de estudio. El modelo de dispersión gaussiana se proyectó en dirección a la zona urbana debido a que uno de los propósitos del objetivo es conocer si la población expuesta tiene un ambiente sujeto a los estándares

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

de calidad de aire. Por ello, se crearon dos zonas de análisis como zona media y alta en relación con la normativa peruana y OMS (**Cuadro II**). La estimación de población expuesta a la pluma contaminante se está tomando a partir de las zonas medias y altas de concentración del contaminante.

CUADRO II. LÍMITES DE LAS PLUMAS CONTAMINANTES

	PM_{10}	**NO_2**	**SO_2**
Zona media ($\mu g/m^3$)	15-50	10-40	20-40
Zona alta ($\mu g/m^3$)	>50[a]	>40[b]	>40[c]

[a] Normativa de ECA-aire (2017)

[b] OMS 2005

[c] OMS 2021

Tipos de datos obtenidos

Para el análisis con el programa Screen3, se generó las concentraciones a una distancia de 100 m desde la chimenea de emisión, para que estén en las mismas condiciones las comparaciones. Se utilizaron las concentraciones promedios por chimenea en cada año. No se pudo utilizar datos de todos lo meses de cada año porque solo se utilizó la información proporcionada. Los datos puntuales se utilizaron para simular el impacto de estas empresas sobre la calidad de aire en la determinada zona estudiada.

Análisis estadísticos

Para los datos faltantes de los informes de emisiones (omisión de temperatura, velocidad y caudal volumetrico del contaminante) se utilizó la técnica estadística de imputación simple de valores faltantes. Realizando una prueba de normalidad (test shapiro-wilk) con el software R.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Los resultados del modelo (Screen view) generó datos de concentración del contaminante (tiempo de exposición de 1 hora, μg m^{-3}) a diferentes distancias de la chimenea. Para realizar un análisis comparativo con la normativa ambiental vigente D.S. N° 003-2017-MINAM (ECA – aire) (MINAM, 2017) y las directrices mundiales de la OMS sobre calidad del aire del 2021 como también del año 2005, siendo aún válida, se encuentra en el **cuadro III**. Se realizaron a los resultados de PM_{10} y NO_2 una conversión anual y para a los resultados de SO_2 se convirtió en exposión 24 horas, se puede observar los factores de conversión en el **cuadro IV** (Environmental Protection Agency (EPA), 1992).

CUADRO III. LÍMITES SOBRE LOS CONTAMINANTES ESTUDIADOS

Exposición	PM_{10} (μg/m^3) anual	NO_2 (μg/m^3) anual	SO_2 (μg/m^3) 24 horas
ECA	50	100	250
OMS 2005	20	40	20
OMS 2021	15	10	40

CUADRO IV. CONVERSIÓN DE LAS CONCENTRACIONES EN TIEMPO DE EXPOSICIÓN

Tiempo promedio a …	Factor multiplicador
24 horas	0.4 (+- 0.02).
Anual	0.08 (+- 0.02).

RESULTADOS

Resultados de concentraciones de PM_{10} con Screenview

Se presentaron solamente las concentraciones de PM_{10} de la empresa D, debido a que los resultados de las empresas A, B y C se encuentran por debajo a la normativa peruana vigente y directrices de la OMS cumpliendo los estándares. Según el análisis, la empresa

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

D tuvo valores que superaron a los límites, como se muestra en la **figura 2**. En el año 2015, las cuatro fuentes emisoras superan los tres limites comparativos y en el 2016, la chimenea E-7 con 56.1 µg/m^3 supera solamente lo establecido en la normativa peruana. Posterior a ello, las concentraciones están por debajo del ECA-aire, pero siguen superando las directrices de OMS en algunas chimeneas. Se puede observar en la **figura 2**, las chimeneas E-6 (20.49 µg/m^3) y E-7 (56.10 µg/m^3) tiene valores superiores en el año 2016, las chimeneas E-1 (46.61 µg/m^3), E-5 (46.21 µg/m^3) y E-7 (28.20 µg/m^3) en el año 2017, la chimenea E-7 (46.10 µg/m^3) en el año 2018, y las chimeneas E-1 (17.68 µg/m^3), E-5 (50.35 µg/m^3) y E-7 (16.02 µg/m^3) en el 2019.

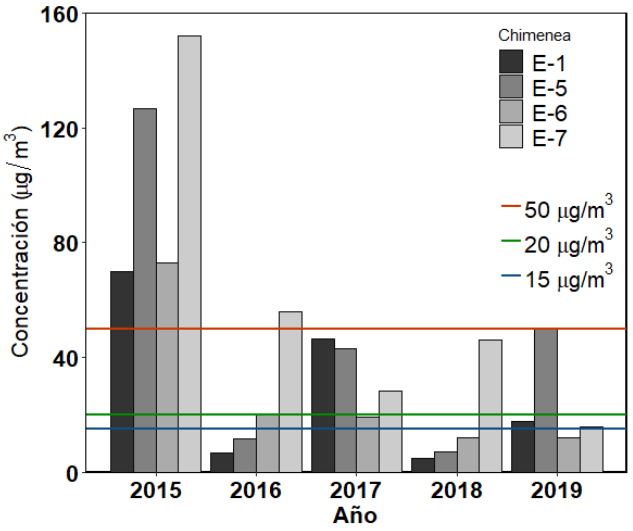


Fig 2. Concentración media anual de PM_{10} por la empresa D, que tiene cuatro fuentes de emisiones "chimeneas". Aquí, la normativa de ECA-aire (2017) es representado PM_{10} > 50 µg/m^3 y las directrices de la OMS corresponden del año 2015 a PM_{10} > 20 µg/m^3 y a la del año 2021, PM_{10} > 15 µg/m^3.

Resultados de concentraciones de NO_2 y SO_2 con Screenview

Junto con las partículas del PM_{10} provenientes de las empresas industriales, también se emiten gases al aire NO_2 y SO_2 que suponen un riesgo para la salud, ya que se introducen en las vías respiratorias por inhalación. En el caso del contaminante de NO_2, las empresas

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

B, C y D se encuentran por debajo los niveles establecidos por ECA – Aire y OMS (2005, 2021) (100, 40 y 10 µg µg/m^3 en un tiempo de exposición anual) por consiguiente, solo se detalló a la empresa A. Se puede visualizar en la **figura 3** que, en el año 2015, se presentó una elevada concentración (33.8 µg/$m^{3)}$ en comparación a la directriz de OMS 2021, pero estuvo por debajo a los otros límites. También se puede observar que las concentraciones han tenido un desarrollo decreciente en el tiempo.

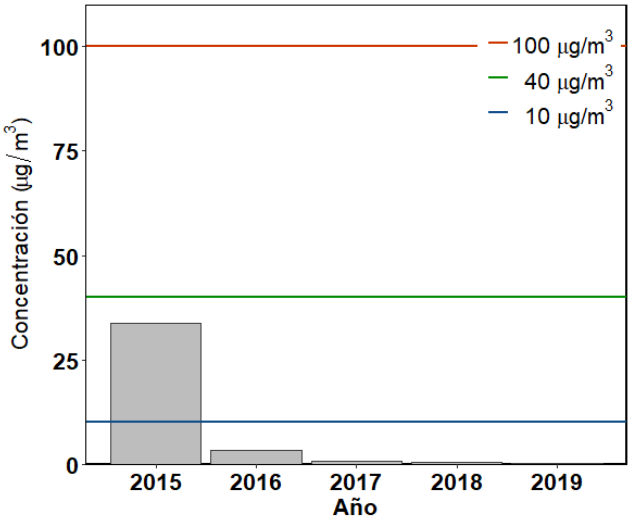


Fig 3. Concentración media anual de NO_2 por la empresa A, que tiene solo una fuente de emisión. Aquí, la normativa de ECA-aire (2017) es representado NO_2 > 100 µg/m^3 y las directrices de la OMS corresponden del año 2015 a NO_2 > 40 µg/m^3 y a la del año 2021, NO_2 > 10 µg/m^3.

En el caso del contaminante de SO_2 (ver **Fig. 4**), solo se mostrará a las empresas A y B debido a que los resultados de las empresas C y D se encuentran por debajo a la normativa peruana vigente y directrices de la OMS cumpliendo los estándares. Los resultados de SO_2 emitidos por las empresas A y B al comparar con los límites según la OMS 2005 (20 µg/m^3 en un tiempo de exposición de 24 horas) muestran que se excedieron en los años 2015 (225.2 µg/m^3), 2016 (80.3 µg/m^3) y 2018 (27.31µg/m^3) para la empresa A, y solo en el año 2015 (45.96 µg/m^3), para la empresa B. Y, al comparar con la OMS – 2021 (40 µg/m^3 en un tiempo de exposición de 24 horas) por tener un mayor límite de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

concentración, los años fueron 2015 y 2016 para la empresa A, y 2015 para la empresa B.

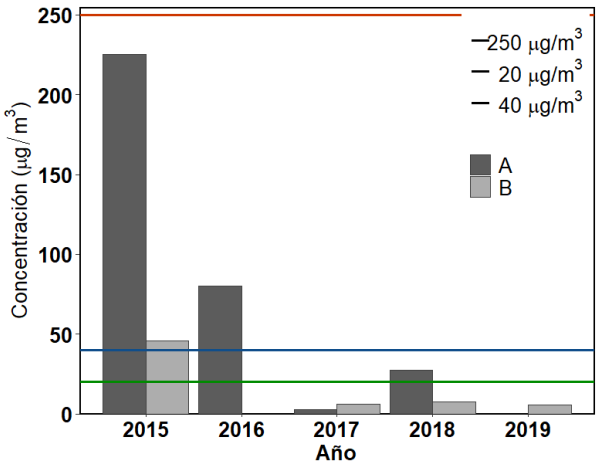


Fig 4. Concentración media de 24- horas de SO_2 por la empresa A y B, que tienen solo una fuente de emisión. Aquí, la normativa de ECA-aire (2017) es representado SO_2 > 250 µg/m^3 y las directrices de la OMS corresponden del año 2015 a SO_2 > 20 µg/m^3 y a la del año 2021, SO_2 > 40 µg/m^3.

Modelaciones cartográficas con ArcGIs

Se generaron las plumas contaminantes direccionadas a la zona urbana expuesta en el ámbito de ubicación de estas empresas consideradas en la evaluación. El objetivo de llevar a la modelación al plano cartográfico fue conocer la extensión de las plumas contaminantes. Solamente se mostró las concentraciones de PM_{10} de la empresa D, debido a que los resultados de las empresas A, B y C se encuentran por debajo 5 µg/m^3 (cumpliendo límites del ECA-aire y OMS); y el programa no llegaba a generar y representar plumas visibles. Se puede observar en la **figura 5, 6, 7 y 8** los mapas de dispersión gaussiana de la emisión de PM_{10} obtenidas para el periodo 2015 – 2019 por la empresa D teniendo cuatro chimeneas (E-7, E-1, E-5, E-6) descritas en el **cuadro I**.

De la **figura 5** representando a la chimenea E-7 se puede ver que la concentración de PM_{10} más alto (>50 µg/m^3) se manifiesta en los primeros años 2015 y 2016, abarcando

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

áreas a mayores de 500 metros del punto de emisión. La pluma generada en el 2015 (**Fig. 5a**) ha llegado alrededor de 383 viviendas expuestas - se encuentran en las zonas amarillas a rojas - con un total de 1619 pobladores, en comparación con los años posteriores que va descendiendo a 286, 167, 266 y 152 viviendas siendo un aproximado de 1231, 657, 1127 y 589 pobladores, respectivamente (CENSO INEI, 2017).

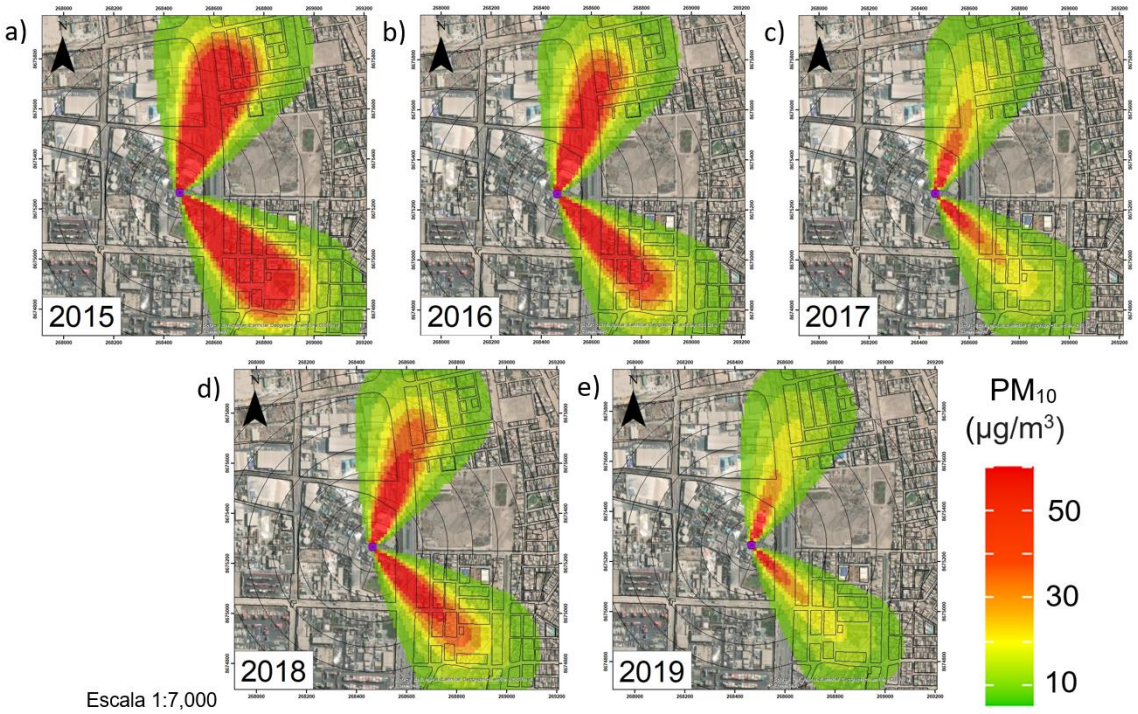


Fig. 5. Modelo de dispersión del material particulado PM_{10} ($\mu g/m^3$) sobre el área de estudio emitida por la empresa D, Planta refinería de Sal (E-7), obtenida a partir de la metodología del modelo de dispersión Gaussiana mediante ArcGis versión 10.8.

La **figura 6** siendo la chimenea E-1, se puede observar que la pluma de PM_{10} se expande en mayor grado en los años 2015 y 2017, creando mayor área a las zonas medias y altas de concentración. En estas áreas se encuentran 450 y 333 viviendas con alrededor de 2061 y 1512 pobladores. Los demás años, la expansión de la pluma de alta concentración disminuyó; así alejándose de las viviendas cercanas. Asimismo, en el 2019 (**fig. 6e**) se

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

observa que los habitantes se encuentran en zonas medias de concentración del contaminante, exponiendo a 154 viviendas con una población de 664.

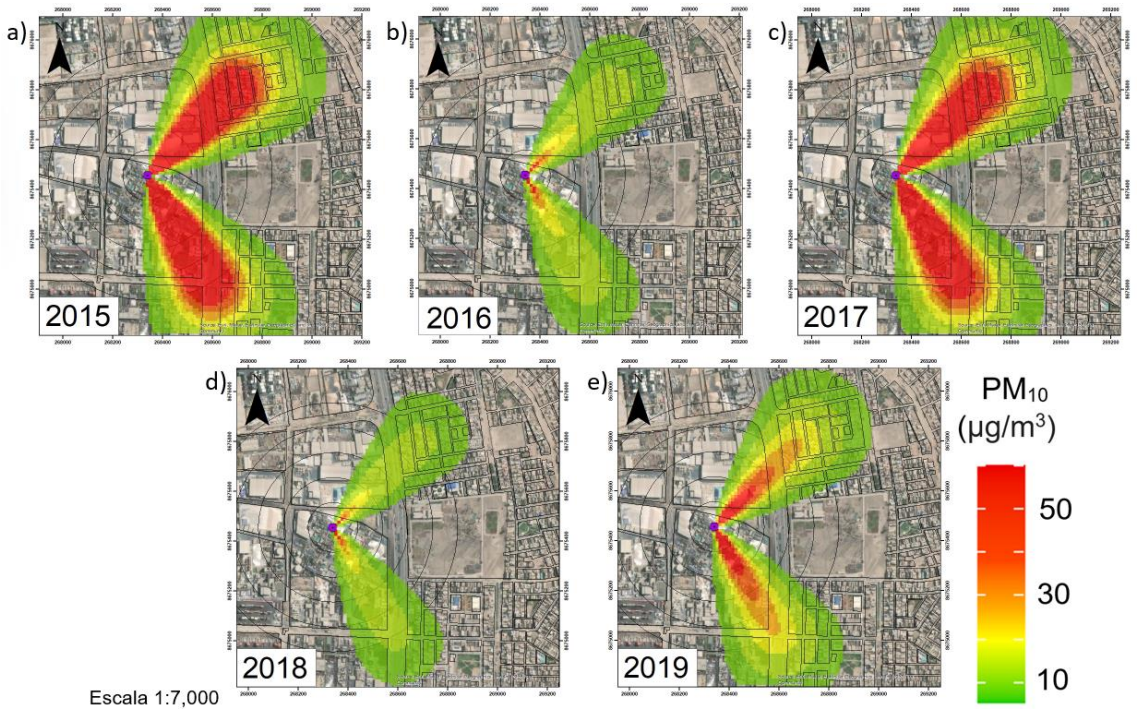


Fig. 6. Modelo de dispersión del material particulado PM_{10} ($\mu g/m^3$) sobre el área de estudio emitida por la empresa D de su Planta fosfato bicálcico (E-1), obtenida a partir de la metodología de del modelo de dispersión Gaussiana mediante ArcGis versión 10.8.

De la **figura 7** siendo la chimenea E-5, se puede observar que la pluma tiene mayor expansión de media y alta concentración (15 – 50 $\mu g/m^3$ y > 50 $\mu g/m^3$) en el año 2015, en comparación a los años posteriores alcanzado a cubrir a un promedio de 573 viviendas. Y, los años 2016, 2017, 2018 y 2019 llega a cubrir un promedio de 138, 347, 17 y 388 viviendas con una población de 576, 1582, 60 y 1765, respectivamente.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

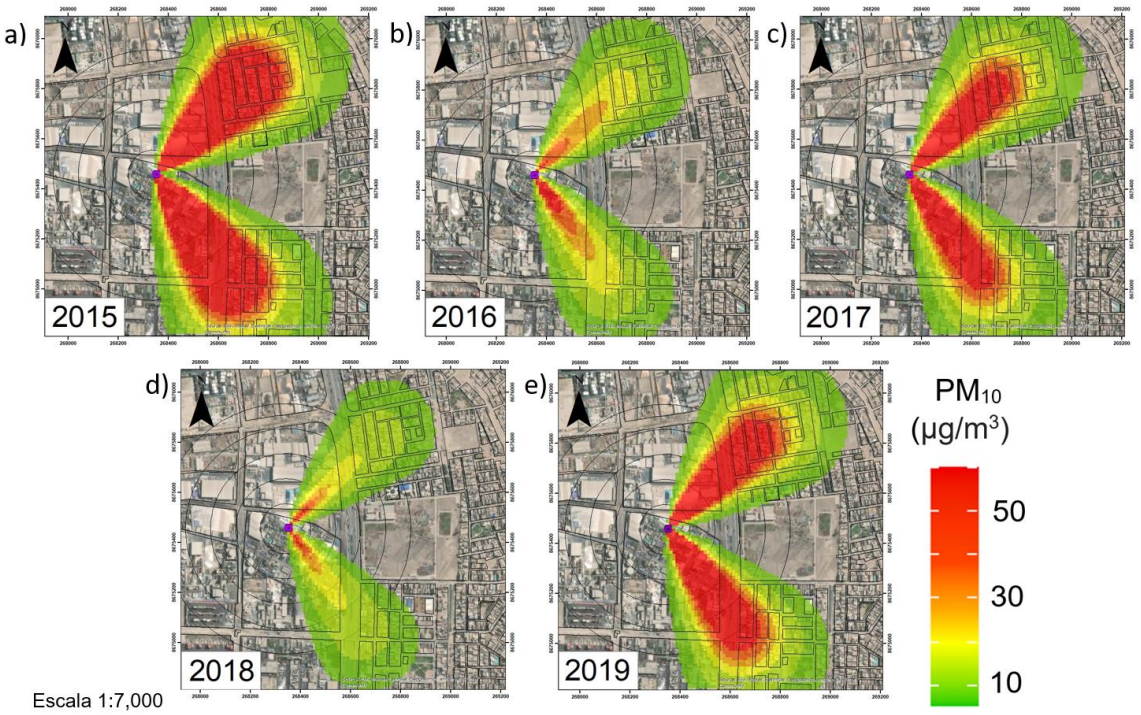


Fig. 7. Modelo de dispersión del material particulado PM_{10} ($\mu g/m^3$) sobre el área de estudio emitida por la empresa D de su Planta fosfato bicálcico (E-5), obtenida a partir de la metodología de del modelo de dispersión Gaussiana mediante ArcGis versión 10.8.

De la **figura 8** siendo la chimenea E-6, se puede ver que la pluma del año 2015 (**Fig. 8a**) ha generado una mayor zona de alta concentración del PM_{10} en comparación a los años posteriores exponiendo a mayor cantidad de población. Durante los años, se ha visto un decrecimiento del grado de concentración de la pluma y se puede comparar con los pobladores. En el año 2015, las zonas medias y altas se encontraban 412 viviendas y en los años posteriores fueron 242, 168, 137 y 146 con una población de 1763, 1090, 728, 589 y 620, respectivamente. Por otro lado, los resultados de las Empresa A, B y C se encuentran por debajo 5 $\mu g/m^3$, por lo que el programa no llegaba a generar y representar plumas visibles.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

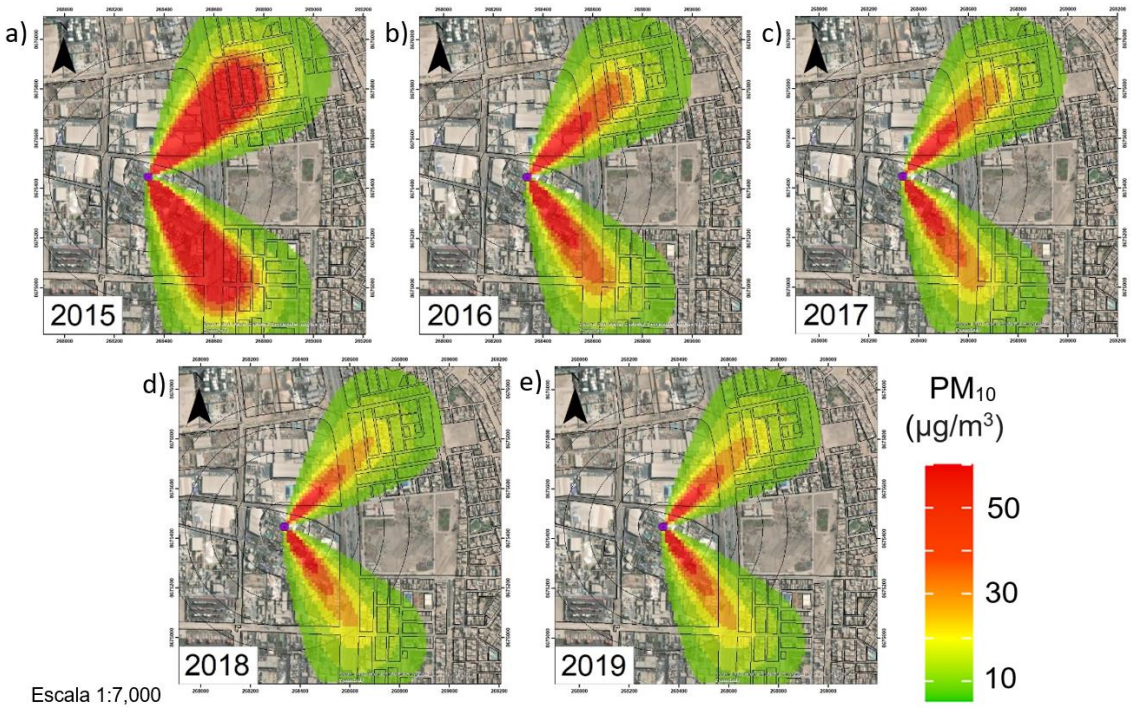


Figura 8. Modelo de dispersión del material particulado PM_{10} ($\mu g/m^3$) sobre el área de estudio emitida por la empresa D de su Planta fosfato bicálcico (E-6), obtenida a partir de la metodología de del modelo de dispersión Gaussiana mediante ArcGis versión 10.8.

Respecto a las plumas de NO_2 y SO_2 de las empresas B, C y D no se logró visualizar en el plano cartográfico debido a que las concentraciones eran relativamente muy bajas – de igual forma cumpliendo límites del ECA-aire y OMS – y el programa no llegaba a generarlas. El caso de la empresa A fue diferente, como se puede observar en **la figura 9 y 10**. De la **figura 9a**, se ve que la pluma de la empresa A alcanza a zonas medias con concentración de 10 a 40 $\mu g/m^3$ de NO_2 a 32 viviendas del lado este y unas 31 viviendas de lado norte, teniendo un alcance mayor de 200 metros desde el punto de emisión, siendo un total 252 de personas afectadas. Sobre el contaminante SO_2 (**Fig. 10**), se observa como en la **figura 10a,** año 2015, las plumas tuvieron un alcance a 16 viviendas del lado norte y 8 viviendas en el lado este, con una población expuesta de 92; y los posteriores años se encontraron en un rango de baja concentración.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

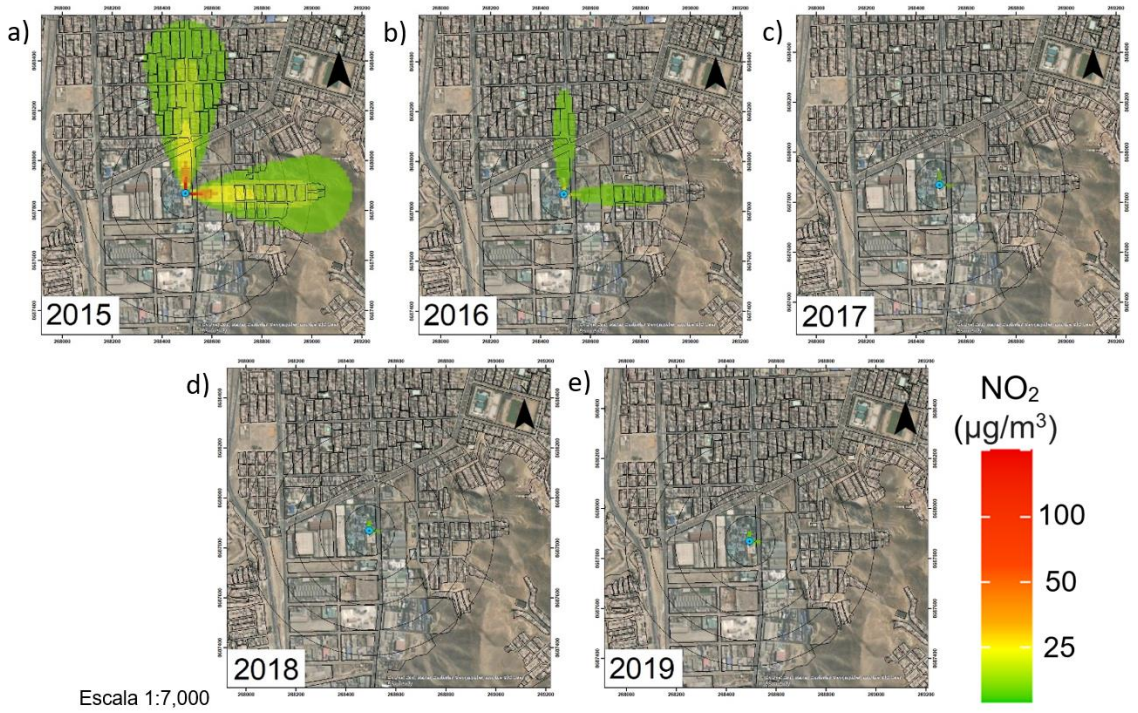


Figura 9. Modelo de dispersión del NO_2 ($\mu g/m^3$) sobre el área de estudio emitida por la empresa A, obtenida a partir de la metodología de del modelo de dispersión Gaussiana mediante ArcGis.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

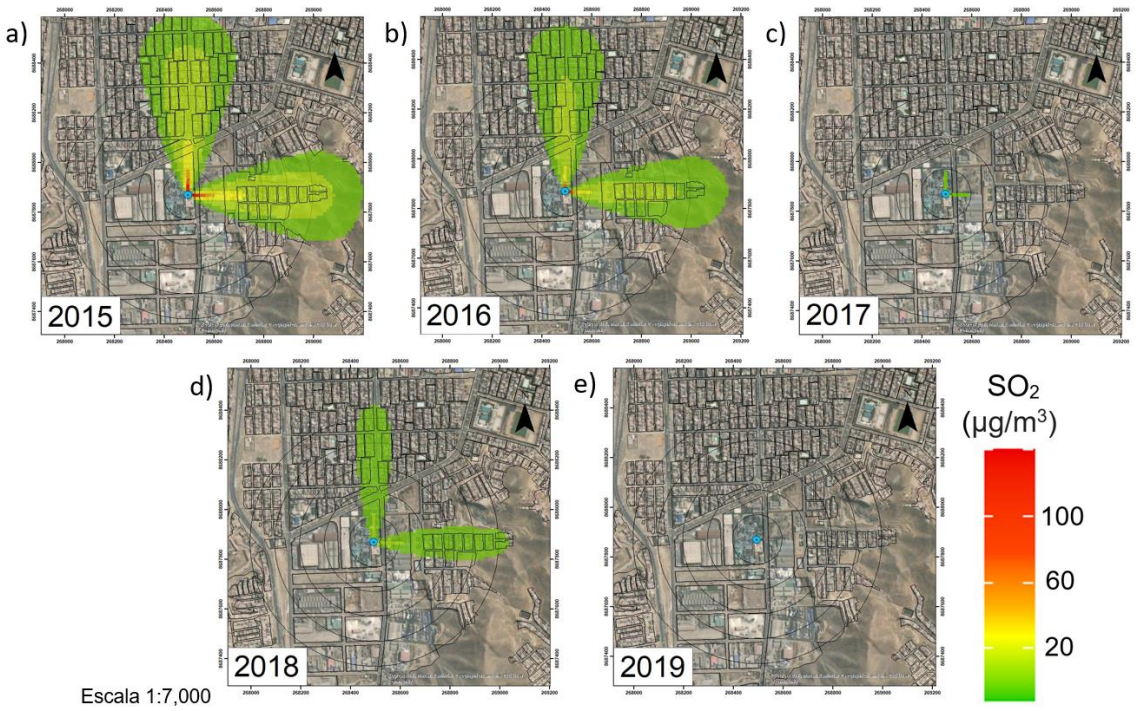


Figura 10. Modelo de dispersión del SO_2 (µg/m^3) sobre el área de estudio emitida por la empresa A, obtenida a partir de la metodología de del modelo de dispersión Gaussiana mediante ArcGis.

DISCUSIONES

El estudio tuvo por objetivo el evaluar la dispersión de los contaminantes atmosféricos de PM_{10}, NO_2 y SO_2 emitidos por las empresas industriales. Se encontró diferencias en los niveles de los contaminantes a través de los años de estudio en cada empresa.

Los niveles de concentración de PM_{10} de la empresa D durante del año 2015 – 2019 sobrepasaban los límites establecidos. Al analizar el 2015, tuvo las mayores concentraciones de 50 µg/m^3 representando ya un riesgo para la salud y ambiente, según descrito por el ECA-aire. Posterior a ese año, los niveles de concentración van disminuyendo, a pesar de ello, la calidad de aire vulnera la salud de las poblaciones con concentraciones mayores a 15 o 20 µg/m^3 (OMS, 2005, 2021). Cerca de la ubicación de la empresa D, Vivanco Espinoza (2019) realizó una evaluación de PM_{10} alrededor de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

depósitos de minerales donde reportó una concentración anual en el año 2016 con un valor de 87.4 μg/m^3, en la avenida Gambetta, en el distrito del Callao, Lima. Este valor alto se puede atribuir, además de estar alrededor de depósitos minerales, a que está siendo influencia por la alta afluencia de tránsito de camiones y vehículos. La avenida Gambeta es conocida por ser una avenida con mayor afluencia de tránsito de vehículos livianos y pesados (Espinoza Gomez & Tito Meza, 2019). Por consiguiente, se sigue creando un ambiente con altos niveles de contaminación no solo por las fuentes fijas sino también por las fuentes móviles. Dicho lo anterior, es necesario tener mayor investigación sobre el PM_{10} cerca de lugar para poder mejor la calidad del aire.

El ScreenView estimó las concentraciones de NO_2 en el aire de las empresas estudiadas y se encuentran dentro los límites predichos por las directivas. Solo la empresa A, en el año 2015 (33.8 μg/m^3), superó tres veces más al límite dicho por la (OMS, 2021). La razón de la elevada concentración probablemente se deba en el proceso de combustión donde se quema de carbón para generar calor y energía en el caldero, teniendo impurezas de azufre y nitrógeno, que se convierten en gases contaminantes cuando se queman (Ren et al., 2017; Mallik et al., 2019). Según los informes de monitoreos registrados, la empresa ha estado utilizando carbón hasta el año 2018. A pesar de ello, los demás años de la empresa A estuvieron por debajo de los límites. Esto puede indicar que en los posteriores años hubo mejores prácticas operativas o actualización de equipos y tecnologías.

La generación de SO_2 en las empresas industriales (metalúrgicos y químicos) es debido a los procesos de combustión donde utilizan combustible fósil o carbón que al quemar generan este contaminante (Ren et al., 2017; Mallik et al., 2019). En ese sentido la empresa A tienen una mayor concentración comparado con las otras empresas, dado que utiliza como combustible carbón mineral. Se pudo observar que los primeros años 2015 y 2016, los niveles de concentración resultaron muy superiores a lo establecido por la

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

OMS (2005) pero dentro de lo permitido del ECA-Aire (2017) , de igual forma dentro de los anteriores decretos D.S. N° 074-2001-PCM y D.S. N° 003-2008-MINAM, mostrando cierta permisibilidad de la normativa peruana.

Se observó que estos modelos brindaron una estimación de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos ayudando a evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad de aire. Los modelos de dispersión proporcionan una representación confiable de la calidad del área, siendo una de las herramientas de análisis que ayuda en la gestión de calidad de aire para estimar concentraciones ambientales, y también apoyando en salvaguardar la salud pública (Stein et al., 2007 & Vidal Daza & Perez Vidal, 2018). Por otro lado, también fue necesario las proyecciones de las plumas en los mapas direccionadas a las zona urbana o receptores poblacionales que están a mayores de 200 metros de las fuentes fijas para poder visualizar la exposición de las emisiones por parte de las empresas hacia los habitantes.

El receptor más impactado fueron las primeras casas que están ubicadas a partir de los 400 metros y estuvieron expuesto a altas concentraciones de PM_{10} en el área de la empresa D. Las concentraciones bajas de las plumas contaminantes no impactaron en su mayoría a las viviendas posiblemente por estar a mayor distancia de la fuente de emisión y por la estabilidad atmosférica. Esta estabilidad atmosférica de la zona de estudio (clase B, inestable) generalmente son favorables para diluir y dispersar los contaminantes, ayudando la disminución de concentraciones de contaminantes a medida que aumenta la distancia desde la fuente fija (Colman et al., 2018; Vidal Daza & Perez Vidal, 2018), ayudando a proteger la salud de los pobladores. A pesar de que los resultados de las otras fuentes de las empresas estudiadas no generaron mayor emisión de PM_{10}, NO_2 y SO_2 sobre los receptores, es necesario considerar que las áreas estudiadas existen otras empresa industriales, fuentes fijas y fuentes móviles que podrían acelerar al deterioro de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

la calidad del aire para el ambiente y pobladores, siendo recomendable realizar monitoreos y modelizaciones integrales que considere a todas las emisiones fijas como móviles que actualmente afecta la zona de estudio.

Una de las limitaciones de este estudio radica en la discontinuidad de los datos, atribuible a su disponibilidad restringida, lo cual impactó negativamente en la precisión de los resultados obtenidos. Asimismo, se identificó como limitación la ausencia de una red de monitoreo meteorológico específica para este análisis; en su lugar, se recurrió a información secundaria obtenida de la literatura existente. Aunque dichos datos son generalmente reconocidos y aceptados, para investigaciones enfocadas en la contaminación atmosférica es preferible contar con un sistema de monitoreo meteorológico propio que permita una comprensión integral de la dispersión de contaminantes y sus efectos en el entorno.

En el presente estudio, se recomienda a que las investigaciones futuras incorporen un proceso continuo de recopilación de datos, ya sea de manera diaria o mensual, para abarcar un período anual completo. Asimismo, se subraya la importancia de emplear datos procedentes de estaciones meteorológicas para el seguimiento de variables atmosféricas críticas, como la velocidad y la dirección del viento, debido a su relevancia significativa. Tal enfoque no solo enriquecerá la comprensión de la dispersión de contaminantes, sino que también contribuirá a la mejora de la precisión de los resultados obtenidos

CONCLUSIONES

Se empleó un modelo de dispersión para evaluar el comportamiento espacio – temporal de los contaminantes (PM_{10}, NO_2 y SO_2) en el área industrial de la provincia del Callao. El modelo se analizó en dos etapas una fue para predecir las concentraciones de las

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

emisiones con SCREEN3, y con el ArcGis 10.8 para representar la dispersión en un plano cartográfico mediante plumas contaminantes. Asimismo, se hizo una comparativa con el ECA – Aire y OMS (2005, 2021). Se tomaron datos de libre acceso mediante el acceso a la Información Pública de OEFA dentro de un periodo del 2015 a 2019.

El modelo de dispersión del PM_{10} estimó que la empresa D fue el mayor generador de este contaminante superando las normativa peruana y OMS del 2005 y 2021. Por otro lado, los modelos de NO_2 y SO_2 de las empresas estudiadas no superaron el ECA-Aire, pero si los de la OMS respecto al año 2015 por las empresas A y B. Esto puede ser importante ya que muestra cierta permisibilidad de la normativa peruana. La normativa de Aire peruana debería adoptar o asimilar los estándares de calidad de aire que sugiere en las Guías de Calidad de Aire de la OMS, de esa manera realmente combatir con la contaminación atmosférica en el territorio peruano.

En la representación de la dispersión en un plano cartográfico mediante plumas contaminantes se evidenciaron que las áreas que rodean a las empresas industriales del estudio están expuestas a mayores concentraciones de PM_{10}, NO_2 y SO_2, lo que provoca un mayor impacto en la salud pública. Si bien se lo logró visualizar las plumas, sólo fueron de las empresas A y D. Dado que las demás concentraciones de los contaminantes de las empresas industriales se encontraron por debajo de 5 $\mu g/m^3$, por lo que el programa no llegaba a generar y representar plumas visibles.

Estos hallazgos revelan lo necesario para realizar estudios sobre las emisiones industriales y su exposición al público y ambiente. Asimismo, la necesidad de comparar los monitoreos de calidad de aire con los estándares de la OMS, siendo más exigente. Esta investigación ha aportado conocimiento e información al área, proporcionando una referencia para futuras investigaciones.

REFERENCIAS

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Agus, R. M., Mallongi, A., Hatta, M., Syac, A., Muhith, A., Siyoto, S., & Saleh, M. (2020). Ambient air quality of SO2 and NO2 in settlements around industrial area of Makassar 2019. *Enfermería Clínica*, *30*, 328–332. https://doi.org/10.1016/j.enfcli.2019.10.093

Alfaro Marín, Y. L. (2017). *La contaminación del aire y sus impactos en la salud pública en la urbanización Santa Cruz, distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao-2017*. Universidad Césa Vallejo.

Cabrera Fernández, J. A. (2012). *Aplicación de un modelo de dispersión atmosférica*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Canturin Quintana, E. A. (2019). Concetración de material particulado respirable (PM10) en Av. Nauta-Callao [Universidad Nacional Tecnlógica de Lima Sur]. In *Universidad Nacional Tecnològica de Lima Sur*. http://repositorio.untels.edu.pe/handle/UNTELS/166

Chávez Quispe, A. (2018). *Determinación de niveles de plomo en pobladores adultos del Asentamiento Humano "Virgen de Guadalupe", distrito Mi Perú, de la Provincia Constitucional del Callao* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/4082%0Ahttp://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/4147/Diaz_rc.pdf;jsessionid=CD5A7FF3022F1A5526948369A600356D?sequence=1

Cohen, A. J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H. R., Frostad, J., Estep, K., Balakrishnan, K., Brunekreef, B., Dandona, L., Dandona, R., Feigin, V., Freedman, G., Hubbell, B., Jobling, A., Kan, H., Knibbs, L., Liu, Y., Martin, R., Morawska, L., … Forouzanfar, M. H. (2017). Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *The Lancet*, *389*(10082), 1907–1918.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30505-6

Colman, E., Sanchez, E., & Porta, A. (2018). Calidad del aire. Monitoreo y modelado de contaminantes atmosféricos. Efectos en la salud publica. In *Editorial de la Universidad de la Plata*.

DIGESA. (2011). *Estudio de saturación Lima Metropolitana y Callao, año 2011* (p. 66). https://www.yumpu.com/es/document/view/13237199/ii-estudio-de-saturacion-de-la-calidad-del-aire-en-lima-

El-Harbawi, M. (2013). Air quality modelling, simulation, and computational methods: a review. *Environmental Reviews*, *21*(3), 149–179. https://doi.org/10.1139/er-2012-0056

Environmental Protection Agency (EPA). (1992). Screening Procedures for Estimating the Air Quality Impact of Stationary Sources , Revised. In *Network* (Issue October). https://www3.epa.gov/scram001/guidance/guide/EPA-454R-92-019_OCR.pdf

Espinoza Gomez, A., & Tito Meza, S. K. (2019). *Distribución espacial de las particulas en suspensión PM10 en realción al viento y la temperatura del aire en la zona sur del cercado del callao*. Universidad Nacional del Callao.

European Environment Agency (EEA). (2019). Air quality in Europe 2019. In *EEA Report* (Issue 10). https://doi.org/10.2800/822355European Environment AgencyKongens Nytorv 61050 Copenhagen KDenmarkTel.: +45 33 36 71 00Internet: eea.europa.euEnquiries: eea.europa.eu/enquiriesCover design: EEACover photo: © Arif Miletli, Sustainably

Gibson, M. D., Kundu, S., & Satish, M. (2013). Dispersion model evaluation of PM2.5, NOX and SO2 from point and major line sources in Nova Scotia, Canada using AERMOD Gaussian plume air dispersion model. *Atmospheric Pollution Research*, *4*(2), 157–167. https://doi.org/10.5094/APR.2013.016

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Gobierno Regional del Callao. (2011). *Mapa de microzonificación ecológica económica de la Provincia Constitucional del Callao*.

Hu, Z., Miao, C., & Yuan, F. (2019). Impact of industrial spatial and organizational agglomeration patterns on industrial SO2 emissions of prefecture-level cities in China. *Dili Xuebao/Acta Geographica Sinica*, *74*(10), 2045–2061. https://doi.org/10.11821/dlxb201910007

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2018). *Perú: Estructura Empresarial, 2018* (Vol. 53, Issue 9).

Isakov, V., Arunachalam, S., Baldauf, R., Breen, M., Deshmukh, P., Hawkins, A., Kimbrough, S., Krabbe, S., Naess, B., Serre, M., & Valencia, A. (2019). Combining dispersion modeling and monitoring data for community-scale air quality characterization. *Atmosphere*, *10*(10), 1. https://doi.org/10.3390/atmos10100610

Lee, H., Yoo, J., Kang, M., Kang, J., Jung, J., & Oh, K. (2014). Evaluation of concentrations and source contribution of PM 10 and SO 2 emitted from industrial complexes in Ulsan, Korea: Interfacing of the WRF–CALPUFF modeling tools. *Atmospheric Pollution Research*, *5*(4), 664–676. https://doi.org/10.5094/APR.2014.076

Li, X., Hussain, S. A., Sobri, S., & Md Said, M. S. (2021). Overviewing the air quality models on air pollution in Sichuan Basin, China. *Chemosphere*, *271*, 129502. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129502

Liu, Y., Su, H., Gu, J., Tian, Z., & Li, K. (2022). Quantifying multiple effects of industrial patterns on air quality: Evidence from 284 prefecture-level cities in China. *Ecological Indicators*, *145*, 109722. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109722

Mallik, C., Mahapatra, P. S., Kumar, P., Panda, S., Boopathy, R., Das, T., & Lal, S. (2019). Influence of regional emissions on SO2 concentrations over Bhubaneswar,

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

a capital city in eastern India downwind of the Indian SO2 hotspots. *Atmospheric Environment*, *209*, 220–232. https://doi.org/10.1016/J.ATMOSENV.2019.04.006

Mannucci, P. M., & Franchini, M. (2017). Health effects of ambient air pollution in developing countries. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 14, Issue 9, p. 1048). MDPI AG. https://doi.org/10.3390/ijerph14091048

McMullen, R. W. (1975). The Change of Concentration Standard Deviations with Distance. *Journal of the Air Pollution Control Association*, *25*(10), 1057–1058. https://doi.org/10.1080/00022470.1975.10470179

Méndez Espinosa, J. F., Pinto Herrera, L. C., Galvis Remolina, B. R., & Pachón, J. E. (2017). Estimación de factores de emisión de material particulado resuspendido antes, durante y despues de la pavimentación de una vía en BOGOTÁ. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, *27*(1), 43–60. https://doi.org/10.18359/rcin.1797

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2017). Aprueban Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen disposiciones complementarias. In *El Peruano*. http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2019). *Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao*. https://sinia.minam.gob.pe/documentos/diagnostico-gestion-calidad-ambiental-aire-lima-callao

Modi, M., P, V. R., Sk, L. A., & Hussain, Z. (2013). A review on theoretical air pollutants dispersion models. *IJPCBS*, *3*(4), 1224–1230.

Mohammadi, M. J., Goudarzi, G., Geravandi, S., Yari, A. R., Ghalani, B., Shirali, S., Zallaghi, E., & Esmaili, M. (2016). Dispersion Modeling of Nitrogen Dioxide in

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Ambient Air of Ahvaz City. *Health Scope*, *5*(2). https://doi.org/10.17795/jhealthscope-32540

Munir, S., Mayfield, M., Coca, D., Mihaylova, L. S., & Osammor, O. (2020). Analysis of air pollution in urban areas with airviro dispersion model-A case study in the city of Sheffield, United Kingdom. *Atmosphere*, *11*(3), 285. https://doi.org/10.3390/atmos11030285

National Pollutant Invetory (NPi). (1999). *Emission Estimation Technique Manual for Non-Metallic Mineral Product Manufacture* (Issue December).

Nikolić, D., Milošević, N., Mihajlović, I., Živković, Ž., Tasić, V., Kovačević, R., & Petrović, N. (2010). Multi-criteria analysis of air pollution with SO2 and PM 10 in urban area around the copper smelter in Bor, Serbia. *Water, Air, and Soil Pollution*, *206*(1–4), 369–383. https://doi.org/10.1007/s11270-009-0113-x

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2005). Guías de calidad del aire y su fundamento. In *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre Actualización* (Vol. 5, Issue 1, pp. 1–21). https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf;jsessionid=970454FA25DFB60943EBC3409FF7E87B?sequence=1

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2018, May 2). *Calidad del aire y salud en el mundo*. https://www.who.int/es/news/item/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). WHO global air quality guidelines. In *Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*.

Özkaynak, H., Baxter, L. K., Dionisio, K. L., & Burke, J. (2013). Air pollution exposure

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

prediction approaches used in air pollution epidemiology studies. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology 2013 23:6*, *23*(6), 566–572. https://doi.org/10.1038/jes.2013.15

Pimonsree, S., Wongwises, P., Pan-Aram, R., & Zhang, M. (2009). Model Analysis of PM10 Concentration Variations Over a Mineral Products Industrial Area in Saraburi, Thailand. *Water, Air, and Soil Pollution*, *201*(1–4), 239–251. https://doi.org/10.1007/s11270-008-9941-3

Ren, X., Sun, R., Meng, X., Vorobiev, N., Schiemann, M., & Levendis, Y. A. (2017). Carbon, sulfur and nitrogen oxide emissions from combustion of pulverized raw and torrefied biomass. *Fuel*, *188*, 310–323. https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2016.10.017

Senamhi. (2019). *Vigilancia de la calidad del aire* (Vol. 19). https://moovitapp.com/insights/es/Moovit_Insights_Índice_de_Transporte_Público-countries.

Stein, A. F., Isakov, V., Godowitch, J., & Draxler, R. R. (2007). A hybrid modeling approach to resolve pollutant concentrations in an urban area. *Atmospheric Environment*, *41*(40), 9410–9426. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.09.004

Tricio, V., Montes de Oca, L., Rodríguez, R., Pierra, A., & O., C. (2013). Aplicación de modelos de dispersión atmosférica en la elaboración de planes de acción locales para mejorar la calidad del aire y estudios de impacto ambiental : estudio de caso. *Conama*, *CONAMA*, 1–31. http://www.conama9.conama.org/conama9/download/files/CTs/2753_VTricio.pdf

Tyovenda, A. A., Ayua, T. J., & Sombo, T. (2021). Modeling of gaseous pollutants (CO and NO2) emission from an industrial stack in Kano city, northwestern Nigeria. *Atmospheric Environment*, *253*, 118356. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118356

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). (2000). *Guía del Usuario del Modelo SCREEN3* (Issue 1645).

Venkataraman, C., Brauer, M., Tibrewal, K., Sadavarte, P., Ma, Q., Cohen, A., Chaliyakunnel, S., Frostad, J., Klimont, Z., Martin, R. V., Millet, D. B., Philip, S., Walker, K., & Wang, S. (2018). Source influence on emission pathways and ambient PM2.5 pollution over India (2015-2050). *Atmospheric Chemistry and Physics*, *18*(11), 8017–8039. https://doi.org/10.5194/acp-18-8017-2018

Venkatram, A. (1996). An examination of the Pasquill-Gifford-Turner dispersion scheme. *Atmospheric Environment*, *30*(8), 1283–1290. https://doi.org/10.1016/1352-2310(95)00367-3

Vidal Daza, O. A., & Perez Vidal, A. (2018). Estimación de la Dispersión de Contaminantes Atmosféricos Emitidos por una Industria Papelera Mediante el Modelo AERMOD. *Ingeniería*, *23*(1), 31. https://doi.org/10.14483/23448393.12262

Vivanco Espinoza, E. J. (2019). *Evaluación de la concentración de PM10 y plomo en el aire ambiental, en los pueblos jóvenes cercanos a los depósitos de minerales en el Callao.* Universidad Nacional Agraria La Molina.

Wang, K., Tian, H., Hua, S., Zhu, C., Gao, J., Xue, Y., Hao, J., Wang, Y., & Zhou, J. (2016). A comprehensive emission inventory of multiple air pollutants from iron and steel industry in China: Temporal trends and spatial variation characteristics. *Science of The Total Environment*, *559*, 7–14. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.125

Wei, D., Liu, Y., & Zhang, N. (2019). Does industry upgrade transfer pollution: Evidence from a natural experiment of Guangdong province in China. *Journal of Cleaner Production*, *229*, 902–910. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.294

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexos

Anexo N°1: Copia de documento de aprobación del comité de ética.

COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN CON ANIMALES Y BIODIVERSIDAD

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

CONSTANCIA N° 064-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2022

El presidente del Comité Institucional de Ética en Investigación con Animales y Biodiversidad de la Universidad Científica del Sur (CIEI-AB-CIENTÍFICA) da constancia que el proyecto de investigación, cuyos datos se registran a continuación, ha sido **aprobado**.

Código de registro:	**547-2021-PRE11**
Título:	**MODELAMIENTO AMBIENTAL APLICADO EN LA EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESPACIOTEMPORAL DE EMISIONES PM10, NO2 Y SO2 de EMPRESAS INDUSTRIALES EN LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO, 2015-2019**
Investigador(a):	**Claudia Anabel Llocila Gamarra**

La aprobación del proyecto de investigación implica que el documento presentado a evaluación cumple con los lineamientos de Universidad en materia de investigación y ética, los cuales se sustentan en la normativa internacional vigente. Adicionalmente, en el contexto de la pandemia de enfermedad por COVID-19, le recomendamos cumplir con las normas publicadas por el estado peruano.

En tal sentido, esta aprobación carecerá de valor si es que el proyecto de investigación arriba indicado es modificado de cualquier forma. Toda enmienda, añadido, eliminación o eventualidad (eventos adversos, etc.) posterior a la fecha de aprobación debe ser reportado al CIEI-AB-CIENTÍFICA.

La vigencia de la aprobación de este documento es de dieciocho (18) meses (**hasta el 18 de enero de 2024**), periodo en el que puede desarrollarse el proyecto. Cualquier trámite para su renovación deberá ser enviado antes del término de la vigencia de este documento, debiendo suspenderse todo desarrollo hasta que la renovación sea aprobada.

Villa El Salvador, 19 de julio de 2022

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR - Comité Institucional de Ética en Investigación con Animales y Biodiversidad - UCSUR

Méd. Vet. Milena Paola Montenegro Vega
Presidenta (e)
Comité Institucional de Ética en Investigación
con Animales y Biodiversidad

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexo N°2: Copia de resolución directoral de aprobación del proyecto de tesis

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

INFORME DE REVISIÓN DEL PROYECTO DE TESIS

Lima, 18 de abril de 2022.

Estimado Coordinador de Investigación de la carrera Ingeniería Ambiental

A fin de cumplir con el encargo de revisar el proyecto de tesis, le presento mi revisión:

Tesista:	**Claudia Anabel Llocila Gamarra**	
Título de: Proyecto de tesis	MODELAMIENTO AMBIENTAL APLICADO EN LA EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESPACIOTEMPORAL DE EMISIONES PM2.5, NO2 Y SO2 de EMPRESAS INDUSTRIALES EN LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO, 2015-2019	
Comentario / recomendación / observaciones	Se observa que se levantaron las observaciones anteriormente realizadas. No se realizaron nuevos comentarios al documento.	
Luego de haber revisado el informe, se resuelve:		
Aprobado (X)	Aprobado si se levanta la observación ( )	Rechazado ( )
Revisor / Jurado:	Catherine Mariela Coronado León	Presidente ( ) ☐ Miembro ( ) Comité* ( )
***Comité Evaluador**		Horas trabajadas/ reunión

*comité: en el caso de comité de evaluación, agregar los nombres de los miembros e indicar quien es el presidente y las horas de reunión junto con el acta de reunión)

Atentamente,

Jurado /comité /docente de curso
Nombres y apellidos:
Catherine Mariela Coronado León

Responsable de Investigación
Nombres y apellidos:
Dámaso Wilfredo Ramírez Huaroto

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexo N°3: Evidencia del envío a revista científica (Scopus) - Revista Internacional de Contaminación Ambiental



[RICA] Envio recibido Recibidos ×

Claudio M. Amescua Garcia <rica@atmosfera.unam.mx> 19:52 (hace 0 minutos)
para mí

Claudia Lloclla Gamarra:

Gracias por enviarnos su manuscrito "MODELAMIENTO AMBIENTAL DE PM10, NO2 Y SO2 EMITIDOS POR INDUSTRIAS EN LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO, PERÚ" a Revista Internacional de Contaminación Ambiental. Gracias al sistema de gestión de revistas online que usamos podrá seguir su progreso a través del proceso editorial identificándose en el sitio web de la revista:

URL del manuscrito: https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/authorDashboard/submission/55220
Nombre de usuaria/o: claullocll a

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactar con nosotros/as. Gracias por tener en cuenta esta revista para difundir su trabajo.

Claudio M. Amescua Garcia

Revista Internacional de Contaminación Ambiental https://www.revistascca.unam.mx/rica

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexo N°4: Información recibida por OEFA

PERÚ | Ministerio del Ambiente | Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental | Responsable de Acceso a la Información Pública

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Lima, 05 de mayo de 2021

2021-E01-036313

CARTA N° 01020-2021-OEFA/RAI

Señora
CLAUDIA ANABEL LLOCLLA GAMARRA
clloclagamarra@gmail.com

Referencia : Solicitudes de acceso a la información pública de fechas 21.04.2021 y 22.04.2021 (Expedientes N° 2021-E01-036313 y 036443)

De mi mayor consideración:

Es grato dirigirme a usted, en atención a los documentos de la referencia, mediante los cuales requiere que se le brinde la siguiente información:

> *"[SIC] Solicito los informes de monitoreo de emisiones gaseosas trimestral y semestral e informes de Monitoreo de Calidad del Aire correspondientes a los años 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019 de las empresas de la provincia constitucional del Callao. También solicita los informes de ensayo de laboratorio de emisiones gaseosas de esas empresas correspondiente a los años evaluados. Sulfato de Cobre S.A FABRICA NACIONA DE ACUMULADORES ETNA S.A SOCIEDAD QUIMICA ALEMANA S.A. GLOBAL FRESH S.A.C. MAZAL CORP S.A METALEXACTO S.R.L. REFINERIA LA PAMPILLA S.A.A ENVASES INDUSTRIALES SAC SIMA - CALLAO PERU paitan sac INDUSTRIAL CONTROLS SAC PERUANA DE MOLDEADOS S.A. INDUSTRIAS DEL ENVASE S.A. ABG planta callao QUIMPAC - Industria química"*

Sobre el particular, la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas (en adelante, la ***DSEM***) remitió vía correo electrónico institucional de fecha 03.05.2021 dirigido al Responsable de Acceso a la Información Pública las copias digitales de los informes de monitoreo ambiental (IMA) de emisiones gaseosas, así como los Informes Ambientales Anuales (IAA) presentados por Refinería La Pampilla S.A.A. durante el periodo 2015 al 2019.

Asimismo, la DSEM indicó que los informes de ensayo se encuentran incluidos en los informes de monitoreos ambientales remitidos y la información referida a los monitoreos de calidad de aire se encuentra contemplada en los IAA.

Por su parte, la Dirección de Supervisión Ambiental en Actividades Productivas remitió vía correo electrónico institucional de fecha 04.05.2021 dirigido al Responsable de Acceso a la Información Pública, las copias digitales de la información requerida respecto de las empresas SULFATO DE COBRE S.A, FABRICA NACIONAL DE ACUMULADORES ETNA S.A., SOCIEDAD QUIMICA ALEMANA S.A., MAZAL CORP S.A, METALEXACTO S.R.L., ENVASES INDUSTRIALES SAC, SIMA - CALLAO PERU, INDUSTRIAL CONTROLS S.A.C., PAITAN S.A.C., PERUANA DE MOLDEADOS S.A., INDUSTRIAS DEL ENVASE S.A. ABG PLANTA CALLAO y QUIMPAC S.A., conforme lo señalado en el siguiente cuadro:

INFORME DE MONITOREO AMBIENTAL					
ADMINISTRADO/ AÑO	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
Sulfato de Cobre S.A	□	□	□	□	□
FABRICA NACIONA DE ACUMULADORES ETNA S.A	□	□	□	□	□
SOCIEDAD QUIMICA ALEMANA S.A.	□	□	□	□	□
MAZAL CORP S.A	□	□	□	□	□
METALEXACTO S.R.L.	□	□	□	□	□

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ENVASES INDUSTRIALES SAC	□	□	□	□	□
SIMA - CALLAO PERU	□	□	□	□	□
PAITAN S.A.C.	□	□	□	□	□
INDUSTRIAL CONTROLS SAC	□	□	□	□	□
PERUANA DE MOLDEADOS S.A.	□	□	□	□	□
INDUSTRIAS DEL ENVASE S.A.	□	□	□	□	□
ABG planta callao	□	□	□	□	□
QUIMPAC	□	□	□	□	□

En ese sentido, se pone a su disposición la mencionada información, la misma que será remitida sin costo alguno al correo electrónico consignado en su solicitud, conforme a lo estipulado en el Artículo 12° del Reglamento de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 072-2003-PCM.

Por otro lado, con relación a la información correspondiente a los recuadros marcados con □ en el mencionado cuadro, la Dirección de Supervisión Ambiental en Actividades Productivas comunicó vía correo electrónico institucional que, posterior a la búsqueda realizada en el acervo documentario de la mencionada Dirección, se determinó que no se cuenta con registro de la mencionada documentación.

Asimismo, respecto del administrado *GLOBAL FRESH S.A.C.*, la DSAP comunicó mediante correo electrónico institucional de fecha 03.05.2021 dirigido al Responsable de Acceso a la Información Pública que, posterior a la búsqueda realizada en sus acervos documentarios, se determinó que no se cuenta con la información solicitada respecto al mencionado administrado.

Es preciso indicar que, en el marco de lo establecido en el tercer párrafo del artículo 13° del Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N°043-2003-PCM, la solicitud de información no implica la obligación de las entidades de la Administración Pública de crear o producir información con la que no cuente o no tenga obligación de contar al momento de efectuado el pedido.

Atentamente,

Oefa

Firmado digitalmente por: ALPACA FEBRES Daniel Ernesto FAU 20521286769 soft
Cargo: Responsable (e) de Acceso a la Información Pública (RAI)
Lugar: Sede Central - Lima/Lima/Jesus Maria
Motivo: Soy el autor del documento

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexo N°5: Información recibida por INEI

PERÚ | Presidencia del Consejo de Ministros | Instituto Nacional de Estadística e Informática

INEI Director Nacional Adjunto DNCE
Firmado digitalmente por HUERTAS CHUMBES Jose Luis FAU 20131369981 soft
Motivo: Por encargo
Fecha: 27.06.2023 10:04:59 -05:00

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Lima, 27 de Junio del 2023

OFICIO N° 002770-2023-INEI/DNCE

Señora
CLAUDIA ANABEL LLOCLLA GAMARRA
DNI N°. 72643432

Asunto : Se remite información estadística.

Referencia : Solicitud S/N EXP. N° 7967-2023

Tengo el agrado de dirigirme a usted para saludarla cordialmente y, en atención al documento de la referencia, a través del cual solicita información de los censos últimos de personas que habitan, personas que habitan por casa y manzanas de los distritos de la provincia del Callao; así como también requiere un Shapefile donde tiene las manzanas y viviendas.

Al respecto, se remite información estadística disponible de acuerdo a los resultados de los Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, según detalle.

- Provincia Constitucional del Callao: Características de las Viviendas Particulares con Ocupantes Presentes, Según Manzanas Agrupadas 2017, en formato Excel.
- Provincia Constitucional del Callao: Características de los Hogares en Viviendas Particulares con Ocupantes Presentes, según Manzanas Agrupadas 2017, en formato Excel.
- Provincia Constitucional del Callao: Características de la Población Censada, según Manzanas Agrupadas 2017, en formato Excel.
- Provincia Constitucional del Callao: Base de Datos en formato Shapes Files.

Sin otro particular, hago propicia la oportunidad para expresar a usted las muestras de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,

JOSÉ LUIS HUERTAS CHUMBES
Director Nacional (e)
Dirección Nacional de Censos y Encuestas
Instituto Nacional de Estadística e Informática
Documento firmado digitalmente

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°031 -2023-DACIA-DAFCA-U. CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Lima, 16 de febrero del 2023

VISTO:
El informe de revisión académica independiente y la aprobación de un Comité de Ética (**N° de Constancia: 064-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2022**) del proyecto de tesis titulado: ***MODELAMIENTO AMBIENTAL APLICADO EN LA EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESPACIOTEMPORAL DE EMISIONES PM10, NO2 Y SO2 de EMPRESAS INDUSTRIALES EN LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO, 2015-2019***, presentado por:

- **CLAUDIA ANABEL LLOCLLA GAMARRA**

CONSIDERANDO:
Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el título profesional de **Ingeniero(a) Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, según la modalidad elegida, es necesario la realización y sustentación de una tesis.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:
Aprobar e inscribir el proyecto de tesis titulado: ***MODELAMIENTO AMBIENTAL APLICADO EN LA EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESPACIOTEMPORAL DE EMISIONES PM10, NO2 Y SO2 de EMPRESAS INDUSTRIALES EN LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO, 2015-2019*** con N° de registro: **547-2021-PRE11**, y establecer el inicio del periodo de ejecución del mencionado proyecto.

Nombrar al docente **Luis Alfredo Roca Infante** como **asesor** y al docente **Claude Armando Meléndez Chota** como **co-asesor** para el desarrollo de la tesis en cuestión.

Regístrese, comuníquese y archívese,

Dr. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico
Carrera de Ingeniería Ambiental