



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos,
Minería Cerro el Toro y la Arena, Huamachuco, 2022.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

Custodio Laiza, Pedro Amilcar (ORCID: 0000-0002-2627-470X)

ASESOR:

Mg. Honores Balcazar, César Francisco (ORCID: 0000-0003-3202-1327)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales.

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo a mi Madre y
toda mi familia.

Pedro.

Agradecimiento

A mi asesor de tesis por su tiempo y enseñanzas.

Pedro.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA.....	16
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	16
3.2. Variables y operacionalización	17
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	18
3.5. Procedimientos.....	19
3.6. Método de análisis de datos	22
3.7. Aspectos éticos	22
IV. RESULTADOS	23
V. DISCUSIÓN.....	32
VI. CONCLUSIONES	35
VII. RECOMENDACIONES.....	36
REFERENCIAS.....	37
ANEXOS	48

Índice de tablas

Tabla 1. ECA aire.	11
Tabla 2. Valores del índice de calidad del Aire.	14
Tabla 3. Cuidados y Recomendaciones de Calidad del Aire.	15
Tabla 4. Concentración del material particulado (PM ₁₀).	15
Tabla 5. Concentración del material particulado (PM _{2.5}).	15
Tabla 6. Concentración del dióxido de azufre (SO ₂).	15
Tabla 7. Registro de datos.	18

Índice de gráficos y figuras.

Figura 1. Superficie alcanzada de la difusión del PM _{2.5} , minería Cerro el Toro.	23
Figura 2. Longitud de la difusión del PM _{2.5} , minería Cerro el Toro.	24
Figura 3. Superficie alcanzada en la difusión del PM ₁₀ , minería Cerro el Toro.	25
Figura 4. Longitud de la difusión del PM ₁₀ , minería Cerro el Toro.	25
Figura 5. Superficie alcanzada de la difusión del SO ₂ , minería Cerro el Toro.	26
Figura 6. Longitud de la difusión del SO ₂ , minería Cerro el Toro.	27
Figura 7. Superficie alcanzada de la difusión del PM _{2.5} , minería la Arena.	28
Figura 8. Longitud de la difusión del PM _{2.5} , minería la Arena.	28
Figura 9. Superficie alcanzada de la difusión del PM ₁₀ , minería la Arena.	29
Figura 10. Longitud de la difusión del PM ₁₀ , minería la Arena.	30
Figura 11. Superficie alcanzada de la difusión del SO ₂ , minería la Arena.	31
Figura 12. Longitud de la difusión del SO ₂ , minería la Arena.	31

Resumen

La investigación tiene como objetivo general analizar la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, Huamachuco, 2022.

El diseño es descriptivo transversal y de tipo aplicada ya que provee un aporte significativo en el monitoreo de contaminantes atmosféricos, la población de influencia es la minería Cerro el Toro y la Arena, la técnica empleada es la observación, la muestra está dada por las minerías, el modelo fue HYSPLIT y se analiza la superficie y longitud de contaminantes, los resultados mostraron que la dirección del aire es de Este a Oeste, los contaminantes atmosféricos $PM_{2.5}$, PM_{10} y SO_2 de las mineras fue malo e insalubre y la distancia máxima alcanzada por los contaminantes de ambas mineras fue menor a 7.84 km y una superficie menor a 1,904 ha. Como conclusión los contaminantes se encuentran fuera de los límites máximos permisibles en ambas mineras, en la minera Cerro el Toro los intervalos de concentraciones fue muy elevada afectado a la población cercana y al ecosistema, y la minería la Arena afecto solamente al ecosistema debido a que no existe población en la trayectoria, la contaminación fue de un grado desconocido para ambas mineras.

Palabras clave: Difusión, Contaminantes Atmosféricos, Minería, Hysplit.

Abstract

The general objective of the research is to analyze the simulation of the diffusion of atmospheric pollutants, mining Cerro el Toro and the Arena, Huamachuco, 2022.

The design is cross-sectional descriptive and of an applied type since it provides a significant contribution in the monitoring of atmospheric pollutants, the population of influence is the Cerro El Toro and Arena mining, the technique used is observation, the sample is given by the mining companies , the model was HYSPLIT and the surface and length of pollutants are analyzed, the results showed that the direction of the air is from East to West, the atmospheric pollutants PM_{2.5}, PM₁₀ and SO₂ from the mines were bad and unhealthy and the maximum distance reached by the pollutants from both mines was less than 7.84 km and a surface area of less than 1,904 ha. In conclusion, the contaminants are outside the maximum permissible limits in both mining companies, in the Cerro El Toro mining company the concentration ranges were very high, affecting the nearby population and the ecosystem, and the Arena mining affected only the ecosystem because there is no population in the trajectory, the contamination was of an unknown degree for both mining companies.

Keywords: Diffusion, Atmospheric Pollutants, Mining, Hysplit.

I. INTRODUCCIÓN

Estar expuestos a contaminantes atmosféricos causa daños al bienestar de la población, al hábitat, a la productividad y a los recursos económicos del país (Vázquez, et al.,2019, p.2), los residuos de materiales como el polvo que se emanan al medio ambiente, también pueden empujar otros componentes con elevada concentración de gases tóxicos (Pereyra y Peláez, 2017, p.21), los valores por encima de los valores ECAs aire en la capital del Perú, los rangos elevados del material particulado PM_{2.5}. frente a estos escenarios negativos, es necesario que se adopten medidas urgentes para minimizar la contaminación y así reducir los impactos que ocasionan a la población (Hernández y Diaz, 2017), al estar expuesto a contaminantes de la atmósfera se incrementa el riesgo al estrés, el mismo que ocasionan la reducción en la función de los pulmones en niños que sufren con asma (Romero, Calderón, et al. 2017), la dirección de los contaminantes meteorológicos está influenciada con la orientación predominantemente por vientos fuertes, estas condiciones afectan el aspecto visible de la naturaleza y territorio (Vidal, Pérez, 2018), los rangos de concentración del PM_{2.5} y PM₁₀, en provincia del Perú cumplen los ECA (Falcon, 2021, p.81), los rangos más elevados de contaminantes atmosféricos se presentan a horas de la amanecida, ya que existe más estabilidad en la atmosfera, además la velocidad del viento es mucho más baja. Los rangos de concentración fueron de alrededor de 10ug/m³ y mínimos en el Río Mantaro (Falcon, 2021, p.81), la dispersión de contaminantes atmosféricos tiene impactos positivos si se retira a los pobladores de la zona afectada y en zonas contraria a la dirección del viento, también se debe considerar la dirección y velocidad del aire de los registros atmosféricos (Benzal y González, 2013), seguidamente se formuló el problema general: ¿Cómo es la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, Huamachuco, 2022?, los problemas específicos: ¿Cuáles son los efectos del PM₁₀, PM_{2.5} y SO₂, en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena?, ¿Cuál es la superficie afectada por la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena,

Huamachuco?, ¿Cuál es la distancia alcanzada en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, Huamachuco?, la investigación se justifica debido que el esparcimiento de las emanaciones de material particulado es emitido a la atmósfera los cuales superan el Límite Máximo Permissible (LMP) obliga a implementar medidas urgentes donde la calidad del aire no represente riesgos para la salud. (Peláez y Pereira, 2017, p.21); la justificación práctica del estudio realizamos una pequeña contribución al desarrollo del enfoque de monitoreos atmosféricos, analizando diferentes perspectivas; en la justificación social el modelo empleado en esta indagación permitirá conocer nuevos modelos de trayectoria válidos y confiables; la justificación teórica tiene como propósito dar a conocer la efectividad del modelo de trayectoria hysplit; la justificación práctica permitirá a los especialistas determinar los impactos de la contaminación atmosférica. Hysplit modelo de simulación de transporte, dispersión, transformación química, deposición de contaminantes y materiales peligrosos, modelo más usado en estudios atmosféricos (NOAA, 2021). en cuanto al objetivo general Analizar la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, Huamachuco y los objetivos específicos: Determinar los efectos del PM_{10} , $PM_{2.5}$ y SO_2 en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, determinar la superficie afectada en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, Determinar la distancia alcanzada en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, en cuanto a la hipótesis general la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, se encuentran fuera de los límites máximos permisibles, las hipótesis específicas, la concentración del PM_{10} , $PM_{2.5}$ y SO_2 , en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, están fuera del rango ECAs, la simulación de difusión en contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, afectan gravemente al hábitat de la zona, la distancia de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, afectan la flora y fauna del lugar.

II. MARCO TEÓRICO

Uugwanga y Kgabi, 2021, en su investigación como objetivo fue evaluar la dilución y dispersión de material particulado de sitios mineros abandonados a comunidades cercanas. La metodología usada fue el modelo hysplit para modelar la dilución y dispersión de material particulado alrededores de minerías abandonadas. Los resultados más relevantes fueron que la dilución y dispersión de material particulado de sitios mineros abandonados en el mes de enero estuvo ligeramente por encima en un radio de 150 km, febrero y el resto de los meses estuvieron entre 100 y 150 km de radio. Concluyendo que las simulaciones de dispersión del punto no residencial indicaron que la comunidad se ve afectada principalmente por el polvo de relaves a través del viento del Este que transporta el polvo contaminado con relaves a la zona residencial durante la mayor parte de los meses de invierno; mientras que las simulaciones de dispersión del punto no residencial en verano indicado que las partículas se dispersan hacia la dirección noroeste en enero a abril y al suroeste en noviembre, indicó que este punto no es directamente afectados por el polvo de relaves.

Cruz y Bulnes, 2019, en su indignación tuvo por objetivo determinar el impacto de emisiones de incendios forestales. La metodología usada fue el software HYSPLIT para estimar las trayectorias junto con una simulación de esparcimiento de contaminantes del CO₂ y PM_{2.5} en función de la distancia a la población. Los resultados mostraron los niveles de concentraciones de PM_{2.5} superiores al límite diario permisible de la OMS y alcanzaron una distancia de 2.0 km del incendio. El incendio forestal no amenazó vidas ni propiedades porque los pueblos más cercanos estaban a 2.0 km contra el viento. Dado que el incendio se desarrolló en un área natural protegida, el daño fue principalmente al ecosistema. Concluyendo que el incendio forestal liberó al aire una cantidad considerable de contaminantes tóxicos, se quemó una extensa área, las emisiones contaminantes no afectaron directamente a las poblaciones cercanas. Los Resultados han determinado que el impacto de las concentraciones de contaminantes en la comunidad fue moderado. Sin

embargo, el incendio forestal afectó el ecosistema de un área protegida en un grado desconocido.

Méndez, et al., 2018, en su indagación el objetivo fue evaluar una intrusión de polvo sahariano en el aire de Colombia. La metodología empleada se usaron información de los registros de calidad de aire objeto de estudio, además uso el modelo hysplit con la finalidad de evaluar la trayectoria hacia atrás de masas de viento y corroborar el probable origen de emisiones que causan que los niveles de PM₁₀ se incrementen. Los cálculos de las trayectorias hacia atrás de diferentes elevaciones: 1.0, 2.0 y 3.0 km sobre la tierra, el tiempo total de corrida fue 192 horas. Los resultados de los niveles de PM₁₀ fueron elevados en el mes de enero y abril (32-102 µg/m³ en Medellín y 23-92 µg/m³ en Bogotá) y setiembre a diciembre (35-75 µg/m³ en Medellín y 22-99 µg/m³ en Bogotá). Como conclusión del modelo efectuado con Hysplit se afirma que la intrusión de contaminantes atmosféricos de polvo de Sahara a Colombia, además la distancia entre Sahara y Colombia es de 10,809 km.

Saffe, et al., 2018, en su indagación tuvo por objetivo evaluar la localización y monitoreo de penachos de cenizas provenientes de biomasa, la metodología empleada fue el Radar Meteorológico. Los resultados, para el análisis de las situaciones meteorológicas se utilizaron datos de estaciones atmosféricas. La conclusión es que el incendio afectó una superficie de 51.12 ha (aproximadamente), el foco de la emisión de restos tuvo una elevación de 2.0 km, la materia particulada fueron lanzadas por la corriente a más de 60.0 km del centro alcanzado una altura máxima de 5.25 km.

Bera, et al., 2022, en su indagación el objetivo principal fue descubrir la variación espacio temporal y la dispersión de PM₁₀ y PM_{2.5} junto con la infección por COVID-19 en la polvorienta ciudad de Kolkata. La metodología se emplearon los datos de dos años consecutivos de PM₁₀ y PM_{2.5} de diferentes estaciones y se realiza el análisis de la trayectoria hacia adelante a través del modelo HYSPLIT (Trayectoria Integrada Lagrangiana de Partícula Única Híbrida) para encontrar la ruta y la dirección de las partículas de aire.

El resultado mostró que los diversos factores meteorológicos o ambientales (como temperatura, humedad, velocidad del viento, presión y ráfagas de aire) y la ubicación geográfica regulan la variación espaciotemporal. Los rangos de PM_{10} y $PM_{2.5}$ fueron de 67.12 y 37.92 mg/m^3 respectivamente. La alta temperatura, humedad relativa y el viento, dispersan las partículas de norte a sur de la ciudad al exterior durante el verano. Durante el verano (tanto antes como durante el confinamiento), la altura de las partículas se extiende hasta 1.0 km debido a la ventilación atmosférica activa, mientras que en invierno se limita a 100 m. El modelo HYSPLIT especificó claramente que las partículas se dispersaron en dirección sur, suroeste a norte y noreste debido al fuerte viento. El aumento constante de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en la atmósfera inferior conduce a una mayor frecuencia de infecciones y muertes por COVID-19.

Ravindra, et al., 2022. En su indagación tuvo por objetivo evaluar las variaciones estacionales en especies carbonosas de $PM_{2.5}$ aerosoles y su relación con las vías de transporte, incluidas las fuentes potenciales. La metodología fue el análisis de conglomerados HYSPLIT de los trayectos de las aglomeraciones de viento hacia atrás. El resultado más alto de $PM_{2.5}$ se encontró durante la temporada de invierno ($111,3 \pm 25,5 \mu g/m^3$). Las masas de aire se originan dentro del radio de 500 km. La conclusión es que el uso de combustible de biomasa sólida y las actividades de quema de residuos de cultivos, las emisiones vehiculares, los aerosoles, contribuyen a incrementar las concentraciones de $PM_{2.5}$.

Luo, J, et al., 2022. En su indagación el objetivo principal fue el monitoreo satelital de la tormenta de polvo sobre el norte de China, la metodología usada fue el monitoreo de todo el proceso del clima de polvo desde la ocurrencia, desarrollo, transporte y extinción con el modelo de seguimiento hacia atrás de HYSPLIT (Trayectoria Integrada Lagrangiana de Partícula Única Híbrida). Los resultados mostraron fuentes principales de polvo que afectaron el área de estudio durante la tormenta de polvo del norte. La conclusión es que provocó una disminución significativa de la temperatura al mismo que provocó una tormenta de polvo en el norte de China, con una duración de más de 40 horas,

y una distancia de transporte de 3,900 km, y provocó una grave disminución de la calidad atmosférica de la zona de estudio y otras regiones, además fue el clima de polvo más severo en los últimos 20 años en el este de Asia.

Ambastha y Haritash, 2022, tuvo por objetivo estimar la emisión de partículas ($PM_{2.5}$ y PM_{10}) de diferentes actividades realizadas en la extracción de piedra y evaluar la emisión de polvo respirable procedente de la explotación de canteras, posibles efectos sobre la salud y su gestión. La metodología empleada fue el modelado del transporte de polvo sobre el modelo híbrido de trayectoria integrada de Lagrangiana. Los resultados obtenidos indicaron que la perforación, la voladura y la carga fueron responsables de la emisión de una fracción más alta de PM_{10} , la trituración y la resuspensión del polvo al borde de la carretera por el movimiento de los vehículos resultó en la generación de una fracción relativamente más alta de polvo más fino ($PM_{2.5}$). El modelado HYSPLIT reveló que la partícula emitida puede moverse hasta una distancia de aproximadamente 40 km dentro de las 4 horas. El estudio concluyó que la generación de $PM_{2.5}$ partículas de tamaño pequeño pueden imponer efectos graves en la salud respiratoria de los trabajadores que se dedican a la extracción, trituración y transporte de arenisca. Además, la población que reside a sotavento del área minera es particularmente vulnerable a los efectos pulmonares por inhalación de polvo.

Wang et al., 2019, en su indagación el objetivo fue las características de la distribución temporal y espacial de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y análisis de factores de influencia. La metodología usada es el modelo HYSPLIT, para estudiar las características de transmisión de PM, este estudio simula una trayectoria hacia atrás por hora y la altura inicial de la simulación es de 100 m. El resultado de las concentraciones de masa promedio mensuales de $PM_{2.5}$ y PM_{10} variaron de 17,24 a 90,40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y de 36,85 a 111,14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Alcanzando longitud de trayectoria entre 116.46 a 1094.92 km. Concluyendo que los altos valores de materia particulada se deben a factores como la alta contribución de los vehículos, la quema a cielo abierto

de residuos de cultivos, polvo de construcción y las condiciones meteorológicas, impactando en la población.

Saeed, et., al, 2020. en la indagación tuvo por objetivos principal la evaluación de la seguridad en la selección del sitio para una nueva central nuclear, considerando la seguridad nuclear en cuanto al riesgo para la salud humana del peligro que constituye la emisión de material radiactivo. La metodología fue el modelo hysplit utilizado y configurado en base a condiciones terrestres y meteorológicas. El resultado de los contaminantes radiactivos dispersos frente a un accidente hipotético mostraron que la probabilidad de incidencia de cáncer debido a la distribución espacial de los contaminantes radiactivos dispersos en las regiones, las direcciones de sureste a noreste a lo largo de 30.0 km desde el sitio potencial fue alta superando los límites de dosis permitidos por la International Commission on Radiological Protection (ICRP), las regiones en dirección norte registraron una rápida reducción de la dosis de exposición hasta convertirse en cero a una distancia de 40.0 km. Concluyendo que para minimizar los impactos radiológicos en la población, se requieren procedimientos de emergencia en las regiones que se encuentran al oeste y suroeste del sitio, estas acciones correctivas de contramedidas deben incluir la evacuación, el refugio, la prohibición de la venta de productos agrícolas y el reasentamiento a largo plazo de la población.

Shikwambana, et., al, 2021, tuvo como objetivo evaluar el estudio cualitativo sobre las observaciones de las emisiones, el transporte y la influencia de los factores climáticos de la combustión de la caña. La metodología usada fue el modelo hysplit con gráficos de trayectoria hacia adelante, para determinar la recepción ambiente o área de impacto de una fuente en particular. Los resultados de las trayectorias estacionales de las plantaciones de caña de azúcar para una altura de 4000 m la dirección fue de suroeste alcanzando una distancia de 3000 km de la fuente, las masas de aire confirman que la contaminación es transfronteriza y para una altura de 6000 m las masas de aire muestran que los contaminantes de los sitios de quema de biomasa de caña de azúcar viajaron más lejos hasta alcanzar 6660 km desde la fuente.

Concluyendo que la industria azucarera hace una importante contribución a la economía generando empleo. Sin embargo, la quema con fines de cosecha incorpora un peligro para la población, la OMS muestra que la exposición a largo plazo de SO₂ puede conducir a problemas cardiopulmonares mortales, mientras que los aumentos de CO₂ pueden conducir a un cambio climático. Las columnas de humo a alturas de 4, 6 y 9 km son transportadas a países vecinos hasta 6600 km. Debido al transporte de estos contaminantes, las áreas circundantes y las áreas lejanas se ven afectadas y podría conducir a problemas en la salud y cuestiones de variabilidad climática.

Shen, et., al, 2017, tuvo como objetivo evaluar la tecnología de advertencia para la difusión de la contaminación nuclear del aire de la planta de energía nuclear. La metodología fue modelo de trayectorias lagrangianas híbridas de una sola partícula, se estableció el escenario de difusión de la contaminación nuclear y se impulsó el modelo HYSPLIT con datos meteorológicos. Los resultados mostraron que la masa de aire de contaminación nuclear comenzando a las 0:00:00 de la posición del reactor la difusión al área de emergencia el penacho de humo tuvo un área de emergencia cruce de 10 km y se extendió a lo largo de 30 km. Concluyendo en la contaminación nuclear ocasiona una alerta temprana y tiempo de respuesta de emergencia de la propagación de la infección, para ello se debe desarrollar planes tácticos específicos por parte de las fuerzas químicas.

MA, et al., 2020, en su indagación tuvo por objetivo descubrir las características de las emisiones de contaminantes atmosféricos y análisis del modelo HYSPLIT durante el período de calefacción. La metodología usada para descubrir las características y fuentes de los contaminantes atmosféricos durante el período de calentamiento se utilizaron datos de seis contaminantes atmosféricos típicos (SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2.5},) de noviembre a marzo, en 11 estaciones de monitoreo, también se usó el modelo HYSPLIT para la simulación de la trayectoria hacia atrás de un clima muy contaminado. PM₁₀ y PM_{2.5} son los principales contaminantes durante el período de calentamiento con concentraciones promedio de 90.26 y 56.92 µg/m³, respectivamente. Las

concentraciones fueron relativamente altas en el área suroeste, disminuyendo gradualmente hacia el noreste. Se concluye que del análisis de la trayectoria hacia atrás de este evento de contaminación intensa utilizando HYSPLIT muestran que las masas de aire de las áreas del interior, como el suroeste y el noroeste, trajeron algunas partículas y contaminantes atmosféricos, lo que exacerbó a la población.

Cui, H., et al., 2018, evaluó la relación entre Factores Meteorológicos y Difusión de contaminantes meteorológicos (PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, CO, O₃, NO₂). La metodología usada fue el individual air quality index (IAQI), el AQI es un numérico que detalla cuantitativamente los valores de calidad atmosférica, y es un número adimensional con un valor que va de 0 a 500. Los resultados en la concentración del SO₂ se concentra principalmente en invierno superando considerablemente los niveles promedio máxima de 24 horas de 858 µg/m³, valor de 4.7 veces de estándar del SO₂, y la concentración de otras temporadas es generalmente baja. Concluyendo que, en el período sin calefacción, la temperatura, velocidad del viento, precipitación y otros componentes atmosféricos afectan la calidad del aire.

La OMS, 2021, indicó que la contaminación atmosférica simboliza un peligro ambiental perjudicial para la población. La reducción de valores de contaminación del aire. La reducción de niveles de morbilidad en enfermedades cerebrovasculares, cánceres y neumopatías, asma. La mala calidad del aire en las zonas urbanas y rurales a nivel mundial causa 4,2 millones de muertes, por consecuencia de partículas menores a 2.5 micras, las mismas que ocasionan enfermedades respiratorias y cardiovasculares y cáncer. Gran parte de la población mundial vivía en zonas donde las medidas de calidad ambiental de la OMS no se respetaban. La implementación de políticas e inversiones ayudarán a la disminución de fuentes principales de contaminación atmosférica.

Shahid, Imran et al., 2019, en su indagación el objetivo fue examinar el estado de la contaminación de la atmósfera. La metodología usada se midió los valores de concentración del PM₁₀, SO₂, empleando equipo móvil para medir la contaminación atmosférica. Los resultados mostraron que las concentraciones más altas de PM₁₀ fueron de (184 µg/m³), los niveles bajos fueron de (121 µg/m³) y se procesaron en el modelo HYSPLIT. Los niveles de SO₂ en la mayoría de los sitios estudiados estuvieron dentro de los límites permisibles, valores entre 28,9 a 22,4 µg/m³, respectivamente. Concluyendo que dichos valores cumplen con los estándares de la Environmental protection agency (EUA) del área de estudio.

FU, C., et al., 2021, tuvo por objetivo las características y causas de un proceso continuo de contaminación del aire, la metodología empleada fue el modelo de trayectoria hacia atrás HYSPLIT, los resultados indicaron sobre la trayectoria hacia atrás muestra que la dirección y flujo de contaminantes en diferentes niveles fueron diferentes. contaminación del aire en O₃ fueron (114 y 175,3 µg·m⁻³), los valores estuvieron por encima de 0,21 y 40 % respectivamente, O₃ inestable contribuye a la formación de SO₂ de la contaminación del aire.

Zhu, et., al 2020, en su indagación el objetivo fue explorar la relación entre los contaminantes del aire ambiental y la infección causada por el nuevo coronavirus. La metodología aplicada se usó el modelo aditivo generalizado para investigar las asociaciones de contaminación atmosférica (PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂) con casos confirmados de COVID-19. Los resultados fueron que se obtuvieron casos diarios confirmados de concentración de contaminación del aire y variables meteorológicas, se observaron asociaciones significativamente positivas de PM_{2.5}, PM₁₀, incrementando los niveles en 10 µg/m³, el resultado evidencia una estrecha correlación muy relevante de la calidad atmosférica y el COVID-19. Concluyendo que la calidad atmosférica es un componente de peligro para las infecciones respiratorias al trasladar microbios y perturbar la resistencia de un ser vivo a un agente dañino.

Yang et al., 2020, en su indagación tuvo como objetivos evaluar el impacto de los componentes PM_{2.5} en la mortalidad, el método se usaron los datos de mortalidad diaria del sistema de puntos de vigilancia de enfermedades, las concentraciones diarias de los principales componentes de PM_{2.5}, se estimaron utilizando el modelo de calidad del aire comunitario multiescala modificado y el modelo de regresión de cuasi-Poisson y modelos polinómicos de retraso distribuido para estimar los efectos de los componentes de PM_{2.5} en la mortalidad por causas específicas, luego, se calcularon mediante un metaanálisis aleatoria basado en la estimación de máxima verosimilitud restringida. Se realizaron análisis de estratificación por región, género, grupo de edad y nivel educativo para identificar las poblaciones vulnerables. Los resultados fueron más fuertes para las muertes por enfermedad cardiovascular. las conclusiones sugieren asociaciones positivas entre los componentes de PM_{2.5} y la mortalidad por causa específica, particularmente para el infarto de miocardio.

Alva, 2018, en su indagación el objetivo fue establecer la concentración de materia particulada (PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂), que se crea en la obtención de óxido de calcio. La metodología empleada fue el método Gaussiano, las distancias alcanzadas fueron de 0.5 km y 1.0 km del origen de emisión. Los resultados PM₁₀ y PM_{2.5} fueron (12,64 y 18,13 µg/m³) respectivamente y 17,01 µg/m³ de SO₂. Concluyendo que los niveles de concentración bajan a niveles inferiores a los ECA aire.

Los valores ECA-aire MINAM y los valores directrices OMS.

Tabla 1. ECA aire.

CONTAMINANTE	FRECUENCIA	ECA-aire MINAM (µg/m³)	Valores directrices OMS (µg/m³)
Materia Particulada PM ₁₀		100	45
Materia Particulada PM _{2.5}	24 horas (día)	50	15
Dióxido de azufre - SO ₂		250	40

Fuente: D.S. N° 003-2017-MINAM y Valores Directrices OMS,2021.

Contaminantes de la atmósfera, se obtienen de la combinación amplia de contaminantes que provienen de automóviles, industria, minería,

incineradoras, agroindustria, entre otras (Raheison, 2020 p. 1). Contaminantes en el medio ambiente, se asocian con enfermedades respiratorias y cardiovasculares y mortalidad (Wang et al., 2019) y el ecosistema también afecta a varios procesos meteorológicos como radiación, formación de nubes (Gasparac, et al., 2019), precipitación y clima regional al alterar el núcleo y balance energético (Tu et al., 2019).

Material particulado (PM) en entornos de la población es una mezcla compleja con componentes con diversas características físicas o químicas, la exposición al PM y el riesgo se complican por esta heterogeneidad y la posibilidad de que el potencial de las partículas para causar lesiones varía con el tamaño y otras características físicas, composición química y fuentes (WHO Regional Office for Europe, 2021).

Diferentes características de PM pueden ser relevantes para diferentes condiciones de salud y efectos. Los hallazgos de investigaciones más recientes continúan destacando esta complejidad y la naturaleza dinámica de las partículas suspendidas en el aire, ya que se forman primaria o secundariamente y luego continúa experimentando transformaciones químicas y físicas en la atmósfera (WHO Regional Office for Europe, 2021).

El PM_{2.5} antropogénico está compuesto por numerosos elementos como compuestos a base de carbono, sulfato, nitratos y sustancias metálicas (Kumar et al., 2020). El material particulado fino 2.5 se considera un elemento fatal para la salud humana ya que es capaz de acumularse en vías respiratorias y pulmones. La existencia excesiva de ingredientes metálicos de PM_{2.5} en el cuerpo humano es gravemente perjudicial para las proteínas, los lípidos y el ADN celular (Huang et al., 2018). El minuto partículas en suspensión tienen la capacidad de llevar la carga de víctimas en todo el mundo (Yang et al., 2020).

SO₂, en concentraciones bajas es un gas incoloro, en concentraciones altas es un gas color ocre. Se forma en la combustión fósil. Muy dañino para los humanos y el ecosistema, ayuda a las lluvias acidas en precipitación. Es un gas altamente dañino en la atmósfera (Swatz, 2020).

Los modelos de calidad del aire en la gestión de la contaminación de la atmósfera. Por esta razón, la comprensión de las habilidades y actuaciones del modelo es obligatoria (Gasparac, et al., 2019).

Hysplit es el método de trayectoria utilizado ampliamente en el análisis y la investigación de la contaminación (Tatsuta, et al., 2017). Debido al incremento de eventos locales y al tener recursos como el internet y el acceso a programas de cómputo, se aplican el modelo HYSPLIT a resoluciones espaciales para resolver particularidades de los flujos máxicos del aire (Rolph et al., 2017).

Trayectoria de avance a través del modelo HYSPLIT. El estudio de la trayectoria de avance es una herramienta muy importante de la ciencia atmosférica que también proporciona un modelo de simulación de la dirección y la trayectoria de la masa de aire. Aquí, la trayectoria de avance se calcula para algunos días seleccionados horas específicas y a través del modelo HYSPLIT, recomendado por el Laboratorio de Recursos del Aire de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de EE. UU. (NOAA ARL, 2021).

El sistema de análisis de datos globales (GDAS) se ha utilizado para lograr el conjunto de datos. Una sola trayectoria no puede explicar el crecimiento de la masa de partículas debido a la desviación de la altura del viento. La (figura 1) nos permite evaluar información geográfica adecuada en la plataforma Google Earth en dos puntos del proceso de flujo, donde el sector minería y los gobiernos podrían reducir las incertidumbres de los geodatos y actualizar la información en menor tiempo (NOAA ARL, 2021).

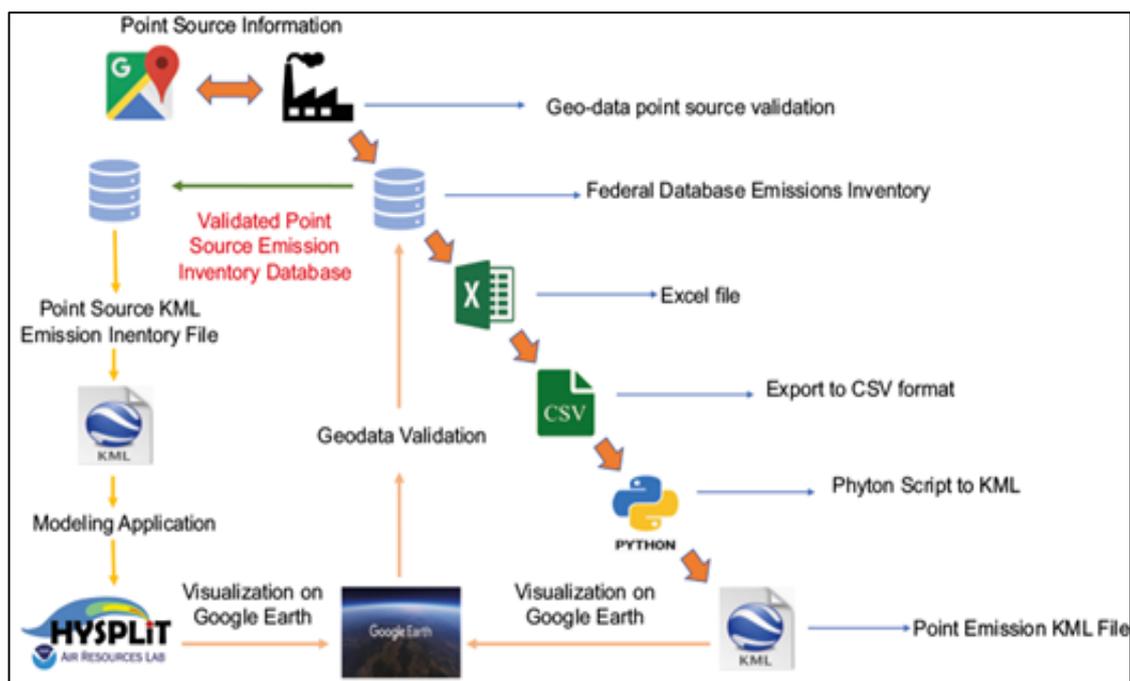


Figura 1. Flujograma del modelo hysplit.

Fuente: Ortinez, et al., 2021

El Ministerio del Ambiente del Perú a través de la Resolución Ministerial N° 181-2016-MINAM, 2016, Establece el Índice de Calidad de Aire – INCA, según como se detalla a continuación (Tabla 3, 4, 5 6 y 7), promedio 24 horas.

Tabla 2. Valores del índice de calidad del Aire.

CALIFICACIÓN	VALORES INCA	COLORES
Buena	0 – 50	Verde
Moderada	51-100	Amarillo
Mala	101-VUEC*	Anaranjado
VUEC*	>VUEC*	Rojo

*VUEC: Valor umbral del estado de cuidado.

Tabla 3. Cuidados y Recomendaciones de Calidad del Aire.

CALIFICACIÓN	CUIDADOS	RECOMENDACIONES
Buena	La calidad del aire es satisfactoria y no representa un riesgo para la salud.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de aire. Puede realizarse actividades al aire libre.
Moderada	La población sensible (niños, madres gestantes, personas con enfermedades respiratorias crónicas y cardiovasculares) podrían experimentar algunos problemas de salud.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de aire. Puede realizarse actividades al aire libre con ciertas restricciones para la población sensible.
Mala	La población sensible podría experimentar problemas de salud. La población en general podría sentirse afectada.	Mantenerse atento a los informes de calidad del aire. Evitar realizar ejercicio y actividades al aire libre.
Umbral de Cuidado	La concentración del contaminante puede causar efectos en la salud de cualquier persona y efectos serios en la población sensible, tales como niños, ancianos, madres gestantes, personas con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y cardiovasculares.	Reportar a la Autoridad de Salud para que declare los Niveles de Estados de Alerta de acuerdo al Decreto Supremo N° 009-2003-SA y su modificatoria Decreto Supremo N° 012-2005-SA.

Tabla 4. Concentración del material particulado (PM₁₀).

Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (µg/m ³)	Ecuación
0-50	0-75	$I(\text{PM}_{10}) = [\text{PM}_{10}] * 100 / 150$
51-100	76-150	
101-167	151-250	
>167	>250	

Tabla 5. Concentración del material particulado (PM_{2.5}).

Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (µg/m ³)	Ecuación
0-50	0-12.5	$I(\text{PM}_{2.5}) = [\text{PM}_{2.5}] * 100 / 25$
51-100	12.6-25	
101-500	25.1-125	
>500	>125	

Tabla 6. Concentración del dióxido de azufre (SO₂).

Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (µg/m ³)	Ecuación
0-50	0-10	$I(\text{SO}_2) = [\text{SO}_2] * 100 / 20$
51-100	11-20	
101-625	21-500	
>625	>500	

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Aplicada, basada en evidencia, la ciencia de la implementación y la transferencia innovadora de conocimiento y tecnología, y así mismo, esta investigación aporta soluciones a resolver la problemática que afecta a la colectividad (Hernández, Campillo y Sánchez, 2018).

La investigación aplicada ha demostrado ser, con mucho, el mejor enfoque porque puede funcionar en la cadena de producción para optimizar el tiempo y la calidad de cada proceso (Ramos, Vina y Gutiérrez, 2021).

Esta investigación es aplicada porque nosotros vamos a dar un aporte significativo en el monitoreo del comportamiento de los contaminantes atmosféricos, cuando son afectados por variables meteorológicas como la dirección de contaminantes, distancia alcanzada y sus concentraciones en las ciudades cercanas al área de estudio.

3.1.2. Diseño de investigación

Diseño descriptivo transversal, es un diseño que acumula información en un tiempo específico, considerando la prevalencia, efecto y magnitud de la población, se realiza durante un período de tiempo definido (Castro, 2017). Los diseños transversales son rápidos, económicos y permiten la muestra y consecuencia durante un período (Cvetkovic et al., 2021). El diseño descriptivo transversal es un estudio que persigue analizar la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos y su impacto que produce en las ciudades cercanas al área de estudio en un lapso de tiempo.

3.2. Variables y operacionalización

Las variables son dimensiones, que a su vez se traducen en métricas que permiten la observación y medición directa. Variables independientes y dependientes, esta clasificación es de gran utilidad por su aplicación, sencillez e importancia de conceptualización, diseño y extensión de los valores producto de indagaciones (Espinoza, 2019). En la presente investigación se tiene una sola variable.

Variable 1: Difusión de contaminantes atmosféricos.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

3.3.1. Población

La influencia directa es la minería del Cerro el Toro y la Arena, para efectuar el estudio se usará el programa “hysplit” considerando las condiciones de: ubicación (coordenadas UTM), altura, orientación, humedad, temperatura, concentración de materia particulada PM_{2.5}, PM₁₀ y SO₂, superficie y longitud del área de la presente investigación, también, es necesario precisar que, nuestra población se ubica en Huamachuco-Perú.

Para realizar estudios se requiere modelamientos de monitoreos específicos del esparcimiento de contaminantes, la indagación es la población completa, con las restricciones que esto involucra (Ferrero, *et al.* 2019).

3.3.2. Muestra

Se realizará un muestreo dirigido puntual, ya que se considera puntos específicos y representativos del lugar de la presente investigación, la población elegida está ubicada alrededor de los tajos abiertos de la minería del Cerro el Toro y la Arena. Para los procedimientos cuantitativos, una muestra forma parte de la población, para ello se recopilaron data los cuales deben precisar y concretar con precisión con anticipación y ser representativa (Hernández et al., 2014).

3.3.3. Muestreo

Técnica de muestreo aleatorio simple: Garantiza a las personas de la población tengan las mismas posibilidades y ser considerados parte de la muestra. Esto quiere decir que la posibilidad de optar un objeto de investigación “x” es autónomo de la posibilidad de los demás objetos que componen la población (Otzen y Manterola, 2017, p. 228).

3.3.4. Unidad de análisis

Esta investigación está centrada en la minería del Cerro el Toro y la Arena. Esta unidad de evaluación incumbe a los objetivos representativa y específicos de la investigación en una medida y se refiere a quien el objetivo de la indagación. (Moreno y Galindo, 2022).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas

Técnica empleada observación de superficie meteorológicas, para ello se emplearon recursos bibliográficos: Libros, Tesis y Artículos científicos, Revisión de estudios ambientales, documentos de páginas web: SENAMHI, MINAM, recursos informáticos: Internet, Google Earth, Hysplit, mapas meteorológicos.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Cuaderno con notas, fichas, registro de datos, registro de comentarios existente, estos datos se emplearán para el programa Hysplit, en siguiente registro se llenará dicha información.

En la (tabla 7) se registrará la información necesaria, posteriormente se llenaron los datos en el modelo hysplit.

Tabla 7. Registro de datos.

Nº	Ubicación Minería.	Coordenadas UTM (Longitud, Latitud)	Fecha	Altura (m)	Periodo (horas)	Flujo másico contaminante*			Superficie del contaminante (m ²)	Longitud de contaminante (m)
						PM _{2.5}	PM ₁₀	SO ₂		
1	Cerro el Toro.									
2	La Arena.									

3.5. Procedimientos

Para esta investigación se tomarán los datos de ubicación de la minería del Cerro el Toro y la Arena, ingresando al modelo hysplit, se mostrará la plataforma de la NOAA, en donde se ingresará toda la información requerida para su evaluación.

Los pasos para ingresar al HYSPLIT son: Ingresar a la página: <https://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php>; ejecute el modelo de trayectoria HYSPLIT (no es necesario registrarse); selecciones dispersión del archivo informático; determine el tipo de lanzamiento: Material Desconocido (Masa Genérica, < 24 hrs); selecciones Meteorología: GDAS (1 grado, global, 2006-presente); cerrar Limitaciones de HYSPLIT; ingresar coordenadas UTM (Latitud y Longitud); Opciones avanzadas: Si; ingresar Parámetros del término fuente; Parámetros de tiempo de ejecución; Opciones avanzadas; Opciones de pantalla; y por último solicitar ejecución de dispersión, obteniendo los resultados.

The screenshot displays the HYSPLIT web interface. On the left is a navigation menu with categories: Inicio, Modelo HYSPLIT, LISTO, and Noticias LISTO. The main content area features a banner for HYSPLIT with the text: 'El modelo HYSPLIT puede ejecutarse de forma interactiva en el sitio web de READY o instalarse en una PC (Mac) o estación de trabajo LINUX y ejecutarse mediante una interfaz gráfica de usuario (GUI) o script.' Below this, there are two links: 'Ejecute el modelo de trayectoria HYSPLIT (no es necesario registrarse)' and 'Ejecute el modelo de dispersión HYSPLIT (incluye ceniza volcánica)'. The second link is highlighted with a red box and a blue arrow. Below this is a section titled 'HYSPLIT-WEB (basado en Internet)' with a link to 'Dispersión de archivos (todos los usuarios)'. This link is also highlighted with a red box and a blue arrow. Underneath, there are several options: 'Dispersión del archivo informático' (highlighted with a red box and blue arrow), 'Recuperar resultados de modelos anteriores', 'Reiniciar sesión de usuario (borrar entradas de usuario)', and 'Volver a la página principal de HYSPLIT'. At the bottom, there are two dropdown menus: 'Tipo de lanzamiento:' set to 'Material Desconocido (Masa Genérica, < 24 hrs)' and 'Meteorología:' set to 'GDAS (1 grado, global, 2006-presente)'. Both dropdowns are highlighted with red boxes and blue arrows. Below these is a section for 'Ubicación de origen (ingrese usando uno de los siguientes métodos):'.

Haga clic en una ubicación en el mapa o seleccione una de las siguientes:

Grados decimales Latitud: Longitud:

DDD/MM/SS Latitud: Longitud:

Ciudad (País o Estado: nombre: lat: lon):

Identificación del aeropuerto o de la OMM (es decir, dca): [Busqueda de ID](#)

[Siguiete>>](#)

Archivo meteorológico y otra información de configuración

Tipo de evento: Ejercicio - Sin especificar
Liberar: Desconocido
Contaminante: Desconocido
Meteorología: GDAS1 archivado
Ubicación de origen: Latitud: -7.828351 Longitud: 78.007050

Elija un archivo meteorológico archivado: [Más información >](#)

Declaración: [Más información >](#)

Opciones avanzadas: [Más información >](#)

[Siguiete>>](#)

Detalles de ejecución del modelo

El archivo de datos archivados (GDAS1) tiene datos a partir del 15/02/22 0000 UTC.

Parámetros del término fuente

Dirección de dispersión: Hacia adelante Atrás (¡Cambie la hora de inicio predeterminada!) [Más información >](#)

Hora de inicio del lanzamiento (UTC): [Más información >](#)
 Hora actual: 20:24

Latitud de origen: grados [Más información >](#)

Longitud de la fuente: grados (Oeste es negativo) [Más información >](#)

Suelte la parte superior: metros AGL [Más información >](#)

Suelte la parte inferior: metros AGL

Cantidad de liberación: [Más información >](#)

Duración del lanzamiento: horas) minutos [Más información >](#)

Parámetros de tiempo de ejecución

Duración total: horas) [Más información >](#)

Período promedio/Intervalo de salida: horas) [Más información >](#)

Parte superior de la capa promediada: metros AGL (debe ser >= 100m) [Más información >](#)

Calcular la trayectoria del centro de masa: sí No [Más información >](#)

Opciones avanzadas (SETUP.CFG - Consulte la [Guía del usuario de HYSPLIT](#))

Resolución de cuadrícula de concentración Automático
 Manual usando la configuración a continuación

Espaciado de cuadrícula de concentración (grados):

Intervalo de la cuadrícula de concentración en latitud (grados):

Intervalo de cuadrícula de concentración en longitud (grados):

Número de partículas o soplos liberados (NUMPAR):

Número Máximo de Partículas (MAXPAR):

Tipo de ejecución del modelo (INITD):

- Partícula Horizontal y Vertical (0) ←
- Puff de sombrero de copa horizontal, partícula vertical (4)
- Soplo gaussiano horizontal, soplo de sombrero de copa vertical (1)
- Puff de sombrero de copa horizontal y vertical (2)
- Soplo gaussiano horizontal, partícula vertical (3)
- Cambio automático de INITD=0 a INITD=3
- Cambio automático de INITD=0 a INITD=4

Opciones de pantalla

¿Salida GIS de contornos? Ninguna Google Earth (kmz) Archivos de formas GIS [Más información ▶](#)

Las siguientes opciones se aplican solo a los resultados de GIF, PDF y PS (no a Google Earth)

Resolución de la trama (dpi) : [Más información ▶](#)

Factor de acercamiento: [Más información ▶](#)

Superposición de círculo de distancia: Ninguna Auto 4 círculos espaciados km de distancia [Más información ▶](#)

¿Fronteras de los condados de EE. UU.? sí No [Más información ▶](#)

¿Archivo de posdata? sí No [Más información ▶](#)

¿Crear archivo PDF de gráficos? sí No

Resultados

HYSPLIT MODEL RESULTS FOR JOB NUMBER 24878

Calculation Started ... please be patient

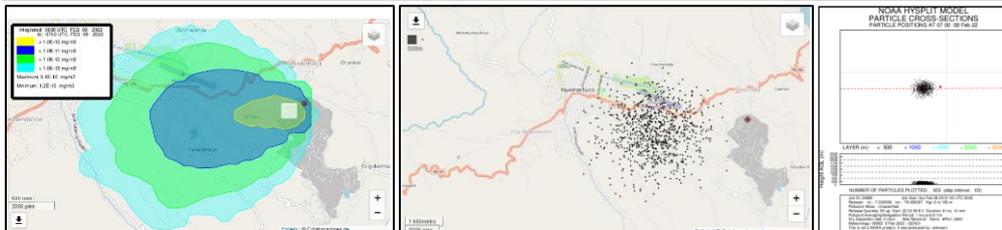
Model Status:
 SETUP.24878
 NOTICE main: using namelist file -

There are no graphics files available yet. This page will reload every 10 seconds until the model and graphics have finished.

- [HYSPLIT SETUP file.](#)
- [HYSPLIT CONTROL file.](#)
- [Model Status \(diagnostics\) file.](#)

[Return to main menu \(keep user inputs\)](#)

[Return to main menu \(start a new session\)](#)



3.6. Método de análisis de datos

La indagación alcanzada, se creará la data de la información para subir posteriormente al programa Hysplit. La información que se obtendrá en el proceso se comparará con los valores ECA aire.

El modelo HYSPLIT, determina los cálculos de las trayectorias simples del aire y las simulaciones más complejas de esparcimiento de contaminantes.

El procedimiento de sistematización es el método lagrangiana, en donde el aire se mueve dentro de un lugar última para resolver la difusión y advección y el procedimiento euleriano.

El modelo HYSPLIT tiene asociados la información geográfica, para ello solo es necesario datos meteorológicos del viento. Los datos empleados serán del Global Forecast System (GFS) de la NOAA. A continuación, se muestra la información en el programa hysplit usando el registro (tabla 7).

3.7. Aspectos éticos

Como se puede ver a lo largo de la investigación, el enfoque de la ética ambiental para un problema dado es amplio y las limitaciones son muy difusas. Todo lo que hagamos en algún lugar que sea bueno para el medio ambiente tendrá un efecto beneficioso sobre las regiones.

La investigación se realizará de acuerdo con los códigos éticos de la Universidad, en cumplimiento de las normas ISO 690, Directrices de la Universidad, antiplagio Turnitin y el uso del programa hysplit, que está en línea con la calidad de la investigación. Como resultado, este estudio permitirá obtener resultados confiables, incluyendo metodologías, incluyendo análisis, proceso y modelado de dispersión de contaminantes atmosféricos, resultados de la minería de Cerro el Toro y la Arena, a través del repositorio de la Universidad César Vallejo. Por tanto, se aplican los criterios de autenticidad, autonomía y legitimidad en el proceso y realización del proyecto de indagación.

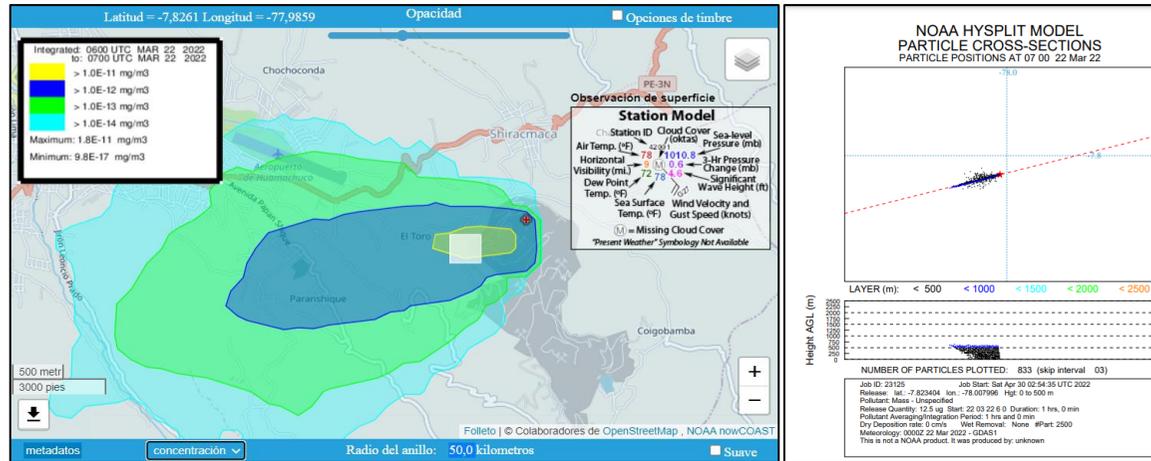


Figura 2. Longitud de la difusión del PM_{2.5}, minería Cerro el Toro.

En la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro El Toro, la dirección del aire es de este a oeste, las partículas PM₁₀ con intervalo de concentraciones mayores a 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ la calidad de aire es malo para la salud el cual alcanza una superficie de 0.0127 ha y una distancia desde el origen de 0.87 km. Además, el estado insalubre para grupos sensibles es de 186 ha afectado al sector de Paranshique, Chugurgamba, Quinta Alta y zonas aledañas en un radio de 2.94 km, por otro lado, la calidad de aire moderada con una superficie de 428 ha y un radio de 4.27 km de distancia, y la calidad del aire es buena alcanzando una superficie de 710 ha y un radio de 5.95 km. El área total máxima que alcanza el PM₁₀ es 1,324 ha y la distancia máxima alcanzada es de 7.70 km (Figura 3 y 4).

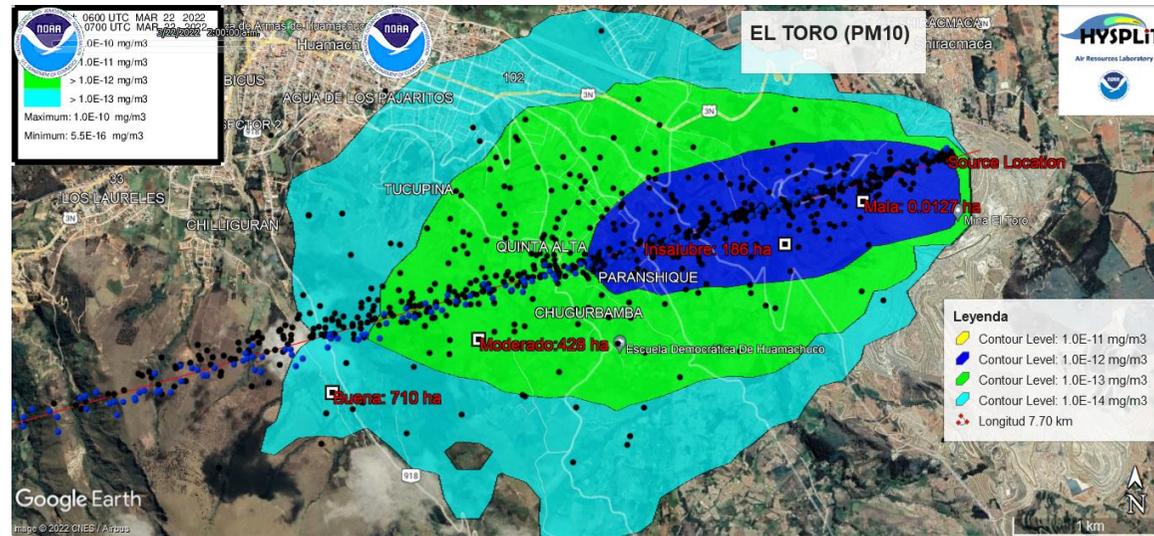


Figura 3. Superficie alcanzada en la difusión del PM₁₀, minería Cerro el Toro.

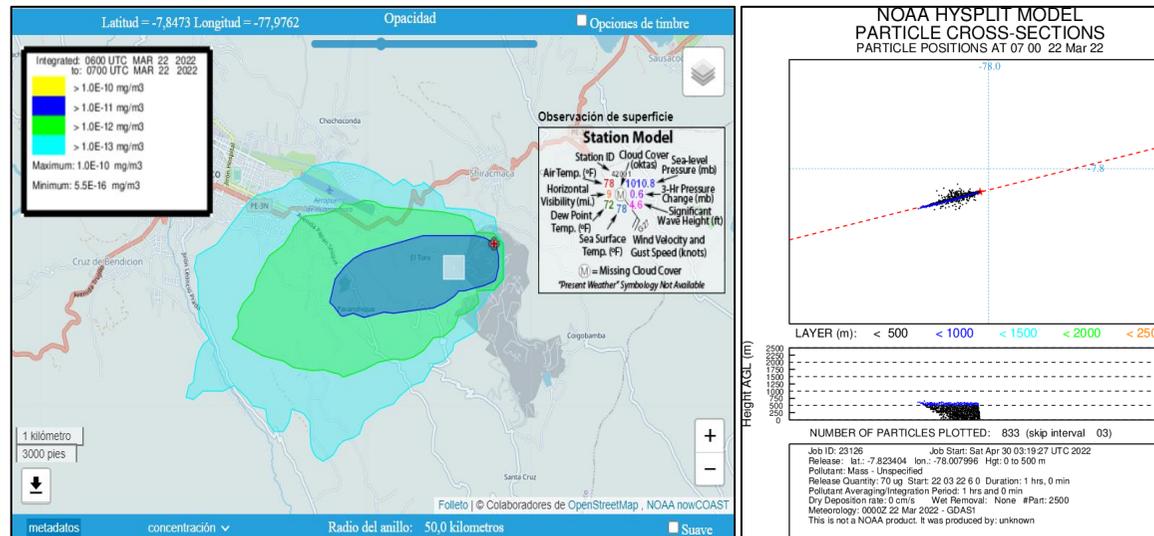


Figura 4. Longitud de la difusión del PM₁₀, minería Cerro el Toro.

En la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, de la minería de Cerro el Toro, la dirección del aire es de este a Sur a Oeste, el SO₂ con rangos mayores a 250 µg/m³ en el estado de calidad de aire es malo para la salud y cubre un área de 138 ha y 2.23 km. Además, el estado insalubre para grupos sensibles es de 404 ha y 3.77 km la misma que afecta a la población de las ciudades cercanas de Paranshique, Chugurgamba y la Quinta Alta, por otro lado, la calidad de aire moderada alcanzan una superficie de 657 ha y 4.68 km, la calidad del aire es buena alcanza una superficie de 730 ha y 5.35 km, el mismo que no llega a afectar a la población de la ciudad de Huamachuco, el área total máximo que alcanza el SO₂ es 1,904 hectáreas y la distancia máxima es de 7.1 Km. (Figura 5 y 6).

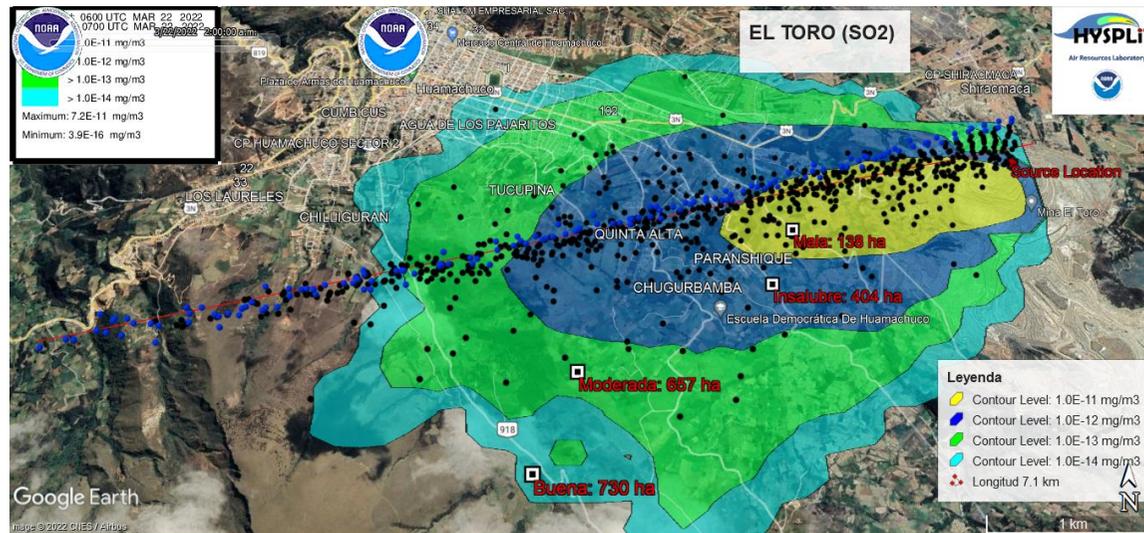


Figura 5. Superficie alcanzada de la difusión del SO₂, minería Cerro el Toro.

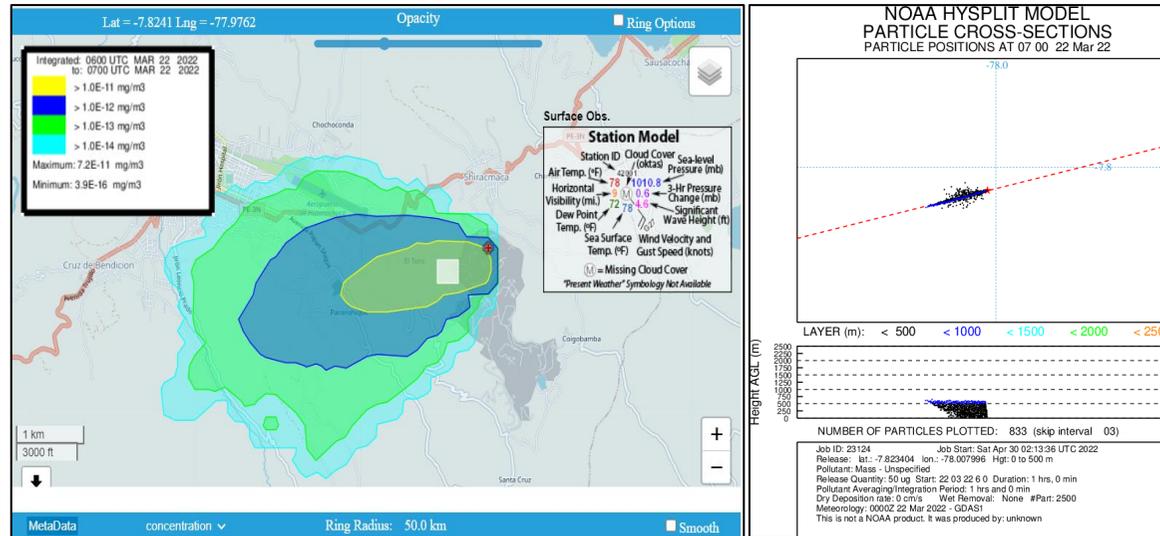


Figura 6. Longitud de la difusión del SO₂, minería Cerro el Toro.

En la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería la Arena, la dirección del aire es de este a oeste, las partículas PM_{2.5} con intervalo de concentraciones mayores a 50 µg/m³ la calidad de aire es malo para la salud alcanzando una superficie de 14.5 ha y un radio desde el origen de 0.77 km, además, el estado insalubre para grupos sensibles la superficie alcanzada es de 262 ha y un radio de 2.88 km no afectando a población alguno debido que no existe población cercana solamente a la flora y fauna presente en la zona, la calidad de aire es moderada y alcanza una superficie de 506 ha y una distancia de radio de 4.18 km, y la calidad del aire es buena alcanzando una superficie de 681 ha y una distancia de 5.26 km. El área total máximo que alcanza el PM_{2.5} es 1,463 ha y el radio máxima es de 7.80 km (Figura 7 y 8).

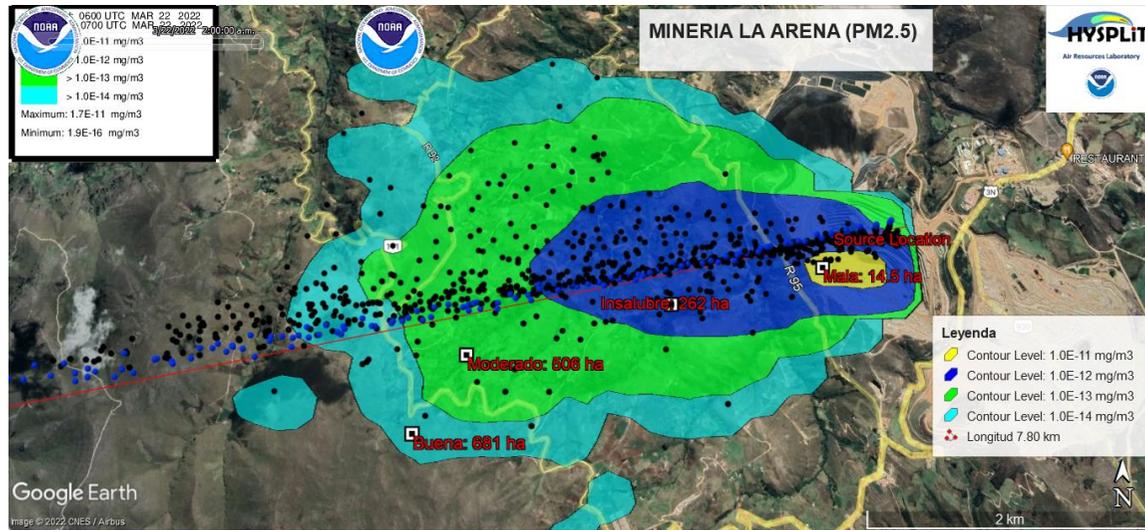


Figura 7. Superficie alanzada de la difusión del PM_{2.5}, minería la Arena.

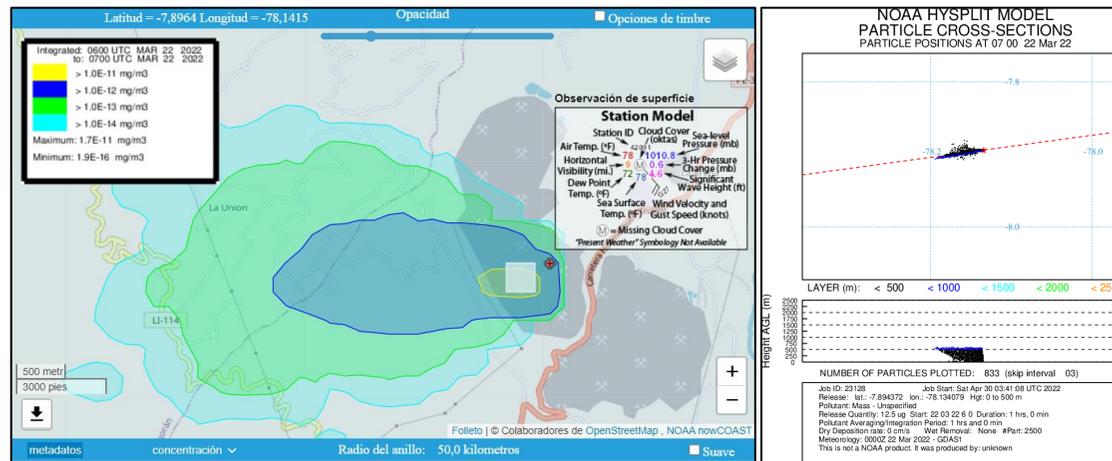


Figura 8. Longitud de la difusión del PM_{2.5}, minería la Arena.

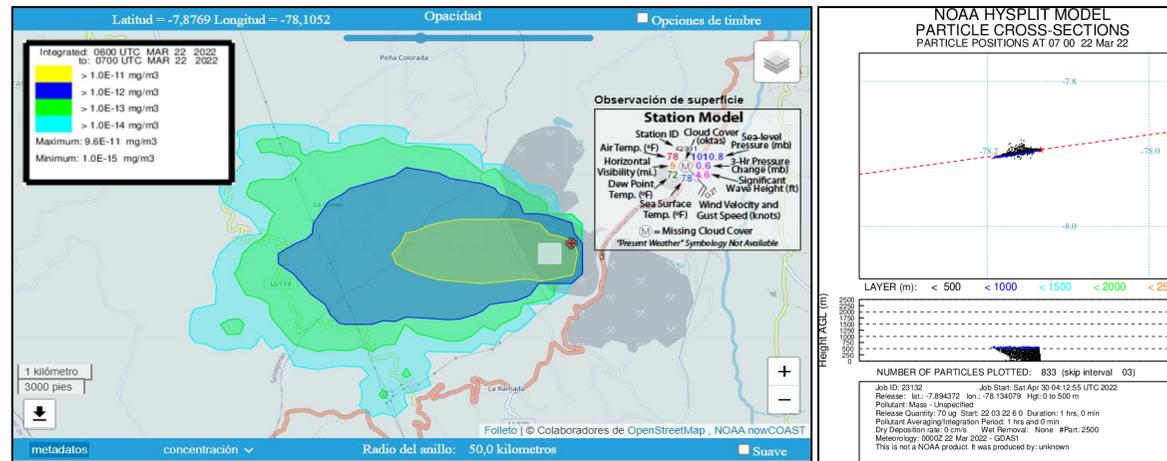


Figura 10. Longitud de la difusión del PM₁₀, minería la Arena.

En la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, de la minería de la Arena, la dirección del aire es de este a sur oeste, el SO₂ con rangos mayores a 250 µg/m³ en el estado de calidad de aire es malo para la salud y cubre un área de 0.64 ha y 1.37 km. Además, el estado insalubre para grupos sensibles es de 431 ha y 3.53 km la misma que no afecta a la población de las ciudades cercanas, la calidad de aire moderada alcanza una superficie de 467 ha y 4.39 km, la calidad del aire es buena alcanza una superficie de 369 ha y 5.20 km, el mismo que no llega a afectar a la población de la ciudad de Huamachuco, la superficie máxima que alcanza el SO₂ es 1,267 ha y la distancia máxima es de 7.17 Km. (Figura 11 y 12).

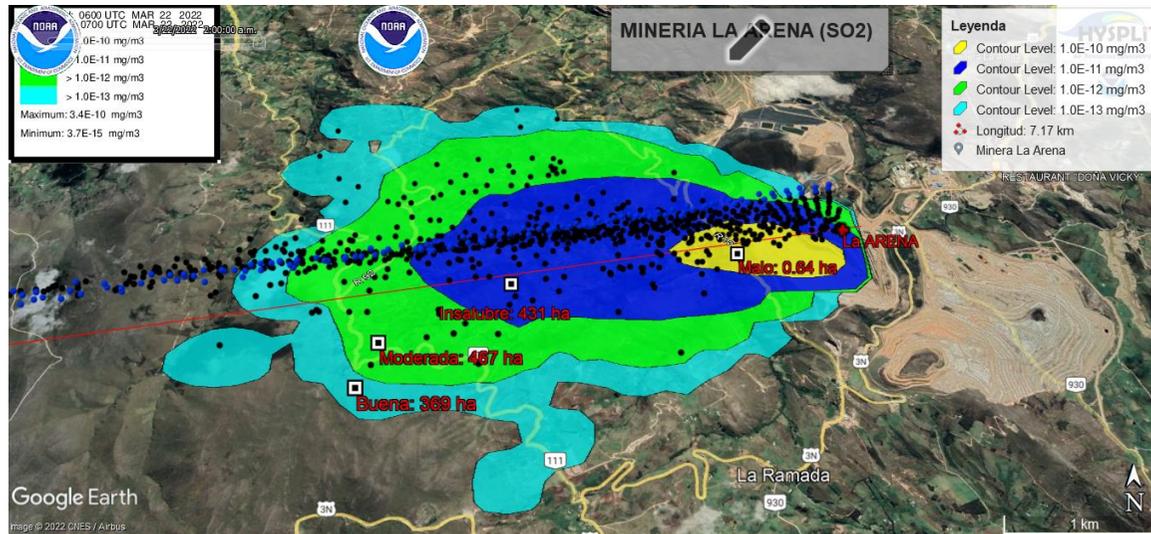


Figura 11. Superficie alcanzada de la difusión del SO₂, minería la Arena.

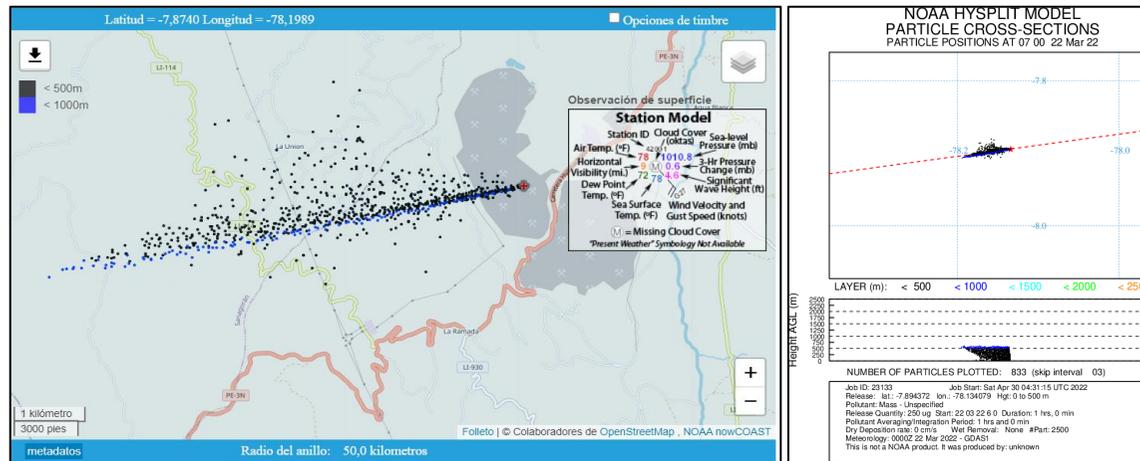


Figura 12. Longitud de la difusión del SO₂, minería la Arena.

V. DISCUSIÓN

La dirección del aire en ambas mineras es de Este a Oeste. Las partículas $PM_{2.5}$ con intervalos de concentraciones superiores a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ la contaminación atmosférica es mala e insalubre para la población sensible en la minería Cerro el Toro alcanzan una distancia de 4.36 Km del origen y una superficie de 491 ha afectado a la población y ecosistema de los sectores de Paranshique, Chugurgamba, Quinta Alta y zonas aledañas en un grado desconocido (Figura 1 y 2); por otro lado, en la minería la Arena la contaminación atmosférica es mala e insalubre para la población perceptible alcanzando una distancia de 2.88 Km y una superficie de 262 ha afectado principalmente al ecosistema ya que no existe población cercana (Figura 7 y 8). Con respecto a las Partículas PM_{10} con intervalo de concentraciones mayores a $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ los contaminantes atmosféricos es dañino para cierta población perceptible en la minera el Toro alcanzando distancia de hasta 2.94 Km del origen y cubriendo una superficie de 186 ha afectado a la población y ecosistema de los sectores de Paranshique, Chugurgamba, Quinta Alta y zonas aledañas (Figura 3 y 4); por otro lado, en la minería la Arena la contaminación atmosférica es dañina para algunos grupos perceptibles, alcanzando una distancia de 4 km y una superficie de 644 ha afectado principalmente al ecosistema ya que no existe población cercana (Figura 9 y 10). Con respecto al SO_2 con intervalos de concentraciones superiores a $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ la contaminación de la atmósfera es dañina para algunos grupos perceptibles en la minería Cerro el Toro alcanzando una distancia de 3.77 Km del origen y una superficie de 404 ha afectado a la población y ecosistema de los sectores de Paranshique, Chugurgamba, Quinta Alta y zonas aledañas en un grado desconocido (Figura 5 y 6); por otro lado, en la minería la Arena la contaminación de la atmósfera es dañina para algunos grupos perceptibles, alcanzando una distancia de 3.53 Km y una superficie de 431 ha afectado principalmente al ecosistema ya que no existe población (Figura 11 y 12). Estos resultados concuerdan con la indagación de (Cruz y Bulnes, 2019) donde los niveles de concentraciones de $PM_{2.5}$ del incendio forestal fueron superiores al límite permisible y

alcanzaron una distancia de 2.0 km causando daño principalmente al ecosistema liberando contaminantes tóxicos, también (Bera, et al., 2022) determinaron que la distancia de las partículas es de 0.1 a 1.0 km estos rangos conduce a una mayor frecuencia de infecciones y muertes por COVID-19; además (Shen, et., al, 2017) determinaron que el atmósfera contaminada de la planta de energía nuclear el penacho de humo alcanzó un área de emergencia cruce de 10 km y se extendió a largo de 30 km; igualmente (MA, et al., 2020) las emisiones de PM₁₀ y PM_{2.5} fueron 90.26 y 56.92 µg/m³ respectivamente valores contaminantes atmosféricos muy altas lo que exacerbó a la población; además (Cui, H., et al., 2018) las concentración en período con calefacción del SO₂ alcanzó rangos de 858 µg/m³ superando los ECA, donde las concentraciones afectaron gravemente a la población en un radio menor a 10 Km. Por otro lado, (Saffe, et al., 2018) determinaron que las cenizas en el incendio afectaron una superficie de 51.12 ha y la materia particulada alcanzó una dista de 60.0 km del centro; igualmente (Ravindra, et al., 2022) determinaron que las masas de aire alcanzaron un radio de 500 km; además (Luo, J, et al., 2022) determinaron que la tormenta de polvo alcanzo una distancia de 3,900 km, y provocó una grave disminución de la calidad atmosférica de la zona de estudio y otras regiones; asimismo (Ambastha y Haritash, 2022) determinaron que las emisión de partículas de una minera las partículas alcanzaron una distancia de 40 km afectando gravemente a la salud respiratoria de trabajadores y la población, también (Wang et al., 2019) determinó que las partículas originadas por movimiento de vehículos, quema a cielo abierto de residuos de cultivos, polvo de construcción alcanzaron una longitud de 116.46 y 1094.92 km generando e impactando en la población cercana; (Saeed, et., al, 2020) en la selección de sitio para una central nuclear mostraron que los contaminantes radiactivos alcanzaron una distancia de 30.0 y 40 km superando los límites de dosis permitidos por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP); también (Shikwambana, et., al, 2021) determinado que la trayectoria de la combustión de biomasa de caña de azúcar las columnas de humo son transportados a países vecinos de 3000 a 6600 km ocasionado peligros para las comunidades cercanas y alejadas

al generar problemas cardiopulmonares mortales, y afectando el cambio climático; Coincidiendo con nuestra investigación en donde el recorrido alcanza distancias muy lejanas transportando contaminantes atmosféricos. Por otro lado (Shahid, Imran et al. 2019) determinaron que las concentraciones de PM_{10} fue de $184 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $121 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y los niveles de SO_2 estuvieron dentro de los límites permisibles de la Agencia de Protección Ambiental de EUA; y (Alva, 2018) las concentraciones de contaminantes de una planta de óxido de calcio las distancias alcanzaron 0.5 km y 1.0 km del origen, los valores de PM_{10} y $PM_{2.5}$ fueron ($12,64$ y $18,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y $17,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 los niveles cumplen los ECA, estos resultados no concordaron con los resultados conseguidos en nuestra indagación.

VI. CONCLUSIONES

Con los resultados logrados concluimos que al analizar la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos de la minera Cerro el Toro y la Arena, la dirección de contaminantes fue de Este a Oeste, los contaminantes se encuentran fuera de los límites máximos permisibles en ambas mineras, pero debemos mencionar que la minera Cerro el Toro los intervalos de concentraciones fueron muy elevados afectado a la población cercana y al ecosistema, mientras que la minería la Arena afectó solamente al ecosistema debido a que no existe población en la trayectoria de dichos contaminantes, la contaminación fue de un grado desconocido para ambas mineras.

Se determinó que los efectos del PM₁₀, PM_{2.5} y SO₂ en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena los cuales estuvieron fuera del rango de los ECA aire, donde resultó malo e insalubre para la población cercanas a la zona de influencia de ambas mineras.

Se determinó la superficie afectada en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, los cuales la minería Cerro el Toro alcanzó una superficie de 491 ha afectado a la población y ecosistema de los sectores de Paranshique, Chugurgamba, Quinta Alta y zonas aledañas, y la minera la Arena alcanzó una mayor superficie de 644 ha afectado principalmente al ecosistema ya que no existe población en la zona.

Se determinó la distancia alcanzada en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, los cuales la minería Cerro el Toro alcanzó una distancia de 4.36 Km del origen afectado a la población y ecosistema de los sectores de Paranshique, Chugurgamba, Quinta Alta y zonas aledañas, y la minera la Arena alcanzó una mayor distancia de 4 km afectado principalmente al ecosistema ya que no existe población cercana, es preciso indicar que la distancia máxima alcanzada por los contaminantes de ambas mineras fue menor a 7.84 km y menor a 1,904 ha.

VII. RECOMENDACIONES

En concordancia con los resultados obtenidos se recomienda que las autoridades de fiscalización OEFA, Gobierno Regional La Libertad, Gobierno Local, y demás autoridades, implementen medidas preventivas en las zonas de influencia de estas mineras, con la finalidad de que la población y ecosistema no sufran efectos futuros en enfermedades pulmonares y se afecte el ecosistema como agua, suelo, aire, del área de influencia.

Población sensible deberá de evitar efectuar ejercicio o esfuerzo a la intemperie, además de tener estricto cuidado a la presencia de algunos síntomas como es la tos o cuando existe alguna dificultad del sistema respiratorio lo que se recomienda evitar realizar actividades al aire libre, en las zonas cercanas a las mineras según los indica la Resolución Ministerial N° 181-2016-MINAM, 2016.

Usar en próximas investigaciones de simulación de contaminantes atmosféricos realizando el método hysplit con diferentes horas del día para obtener más información del recorrido de contaminantes y obtener información del radio de influencia de los contaminantes en función de la dirección del viento.

Al no existir monitoreos de calidad atmosférica en el área de influencia de las mineras se recomienda que las autoridades consideren el modelo hysplit, tal como se realizó en esta indagación con la finalidad de garantizar una atmósfera con calidad de aire más limpia, lo mismo redundará en beneficios para la salud del área de influencia.

REFERENCIAS

1. Alva Huamán, Daniel Alejandro, 2019. *Concentración de material particulado, monóxido de carbono, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno en la planta de producción de óxido de calcio puylucana, Cajamarca 2018*. [citado el 26-02-2022]. Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/>.
2. Amable Alvarez, Isabel¹, et al., 2017. *Influencia de los contaminantes atmosféricos sobre la salud*. *Rev. Med. Electrón.* [online], vol.39, n.5 [consulta: 22 enero 2022], pp.1160-1170. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242017000500017&lng=es&nrm=iso. ISSN 1684-1824.
3. Ambastha, S. K., & Haritash, A. K. (2022). *Emission of respirable dust from stone quarrying, potential health effects, and its management*. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(5), 6670-6677. doi:10.1007/s11356-021-16079-4. [citado el 05-03-2022]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85113655859>.
4. Bera, B., Bhattacharjee, S., Sengupta, N., & Saha, S. (2022). *Variation and dispersal of PM10 and PM2.5 during COVID-19 lockdown over kolkata metropolitan city, india investigated through HYSPLIT model*. *Geoscience Frontiers*, 13(1) doi:10.1016/j.gsf.2021.101291. [consulta: 05 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri>.
5. Chen, Ming, et al., 2019, *Document details - Effects of neighborhood green space on PM2.5 mitigation: Evidence from five megacities in China*. *Edificación y Medio Ambiente*, 2019, vol. 156, pág. 33-45. [citado el 18-02-2022]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid>.
6. CRUZ NUNEZ, Xochitl and BULNESAQUINO, Estefanía. *Impacto de emisiones de incendios forestales: El Tepozteco 2016*. *Atmósfera* [en

- línea]. 2019, vol.32, n.2 [citado el 15-02-2022], pp.85-93. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-62362019000200085&lng=en&nrm=iso.
7. Cui, H., Ma, R., Gao, F. Document details - *Relationship between meteorological factors and diffusion of atmospheric pollutants*, 2018. Chemical Engineering Transactions, 71, pp. 1417-4122. [citado el 13-02-2022]. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0>. DOI: 10.3303/CET1871237.
 8. Cvetkovic Vega, A, Jorge L. Maguiña, Alonso Soto, Jaime Lama-Valdivia, Lucy E. Correa-López. *Estudios transversales*. Rev. Fac. Med. Hum. Enero 2021; 21(1):164-170. DOI 10.25176/RFMH.v21i1.3069 <http://www.scielo.org.pe/pdf/rfmh/v21n1/2308-0531-rfmh-21-01-179.pdf>.
 9. EPA, 2021, *Conceptos básicos sobre el material particulado*. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles#PM>, [consulta: 15 febrero 2022].
 10. Espinoza Freire, Eudaldo Enrique. *Las variables y su operacionalización en la investigación educativa*. Segunda parte. Conrado [online]. 2019, vol.15, n.69 [citado 2022-02-16], pp.171-180. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442019000400171&lng=es&nrm=iso.
 11. Ferrero, Fernando; ABRUTZKY, Rosana; OSSORIO, María F and TORRES, Fernando. *Efectos de la contaminación y el clima en las consultas pediátricas por infección respiratoria aguda en la Ciudad de Buenos Aires*. Arco. plata. pediatria. [en línea]. 2019, vol.117, n.6 [citado el 16-02-2022], pp.368-374. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/scielo>. <http://dx.doi.org/10.5546/aap.2019.368>.
 12. Fu Chuanbo, DAN Li, TONG Jinhe. 2021: *Characteristics and source analysis of a multi-day air pollution episode in Haikou City in autumn*

2017, *Environmental Chemistry*, (4): 1048-1058. [citado el 16-02-2022].
Disponible en: 10.7524/j.issn.0254-6108.2019112704.

13. Gasparac, G., Jericevic, A., Kumar, P. y Grisogono, B.: *Modelado a escala regional para la evaluación de las concentraciones de partículas atmosféricas en ubicaciones de fondo rural en Europa*, *Atmos. química Phys.*, 20, 6395–6415. [citado el 23-02-2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.5194/acp-20-6395-2020>, 2020. <https://acp.copernicus.org/articles/20/6395/2020/#section11>.
14. Gómez, M. (2016). *Elementos de Estadística Descriptiva*. (Tercera Edición). San José, Costa Rica: EUNED. [citado el 16-02-2022]. Disponible en: <https://editorial.uned.ac.cr/book/U08773>.
15. Hernández Garces, A. et al., 2016. *Aplicaciones del modelo lagrangiano de dispersión atmosférica CALPUFF*. *Revista Ciencias de la Tierra y el Espacio*. 2016, 17 (1), 32-44. ISSN 1729-3790. [citado 2022-02-15]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/321950910>.
16. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014). *Selección de la muestra*. En *Metodología de la Investigación* (6ª ed., pp. 170-191). México: McGraw-Hill. [citado el 16-02-2022]. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>.
17. Hernández Carrillo, Flora; Campillo Labrandero, Magda and Sanchez-Mendiola, Melchor. *Investigación traslacional en ciencias de la salud: implicaciones y desafíos educativos*. *Educ. médico* [en línea]. 2018, vol.7, n.28 [citado el 16-02-2022], pp.85-97. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572018000400085&lng=en&nrm=iso. <https://doi.org/10.22201/facmed.20075057e.2018.28.18146>.

18. HERNANDEZ-VASQUEZ, Akram y DIAZ-SEIJAS, Deysi, 2017. *Contaminación ambiental y repositorios de datos históricos de contaminantes atmosféricos en Perú*. Salud pública México [online]. vol.59, n.5 [citado 2022-01-22], pp.507-508. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342017000500507&lng=es&nrm=iso. ISSN 0036-3634. <https://doi.org/10.21149/8476>.
19. Huang, B.-F., Chang, Y.-C., Han, A.-L. y Hsu, H.-T. (2018). *The metallic composition of environmental PM_{2.5} influences the lung function of schoolchildren: a case study of a school located near an electric arc furnace factory*. *Toxicología y Salud Industrial*, 34 (4), 253–261. [citado el 23-02-2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0748233717754173>.
20. Jun Yang, Maigeng Zhou, Mengmeng Li, Peng Yin, Jianlin Hu, Chunlin Zhang, Hao Wang, Qiyong Liu, Boguang Wang. *Fine particulate matter constituents and cause-specific mortality in China: A nationwide modelling study*, *Environment International*, Volume 143, 2020, 105927, ISSN 0160-4120, [citado el 20-02-2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105927>.
21. Kumar, A., Yadav, IC, Shukla, A. et al. 2020, *Variación estacional de PM_{2.5} en la Llanura Indo-Gangética central (Patna) de la India: caracterización química y evaluación de la fuente*. *SN Apl. ciencia* 2, 1366 (2020). [citado el 23-02-2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42452-020-3160-y>.
22. LORENA RUÍZ, Bautista, 2019. *Impacto cardiovascular de las PM_{2,5} de las emisiones de las centrales térmicas de carbón en España durante 2014* *Medicina Clínica*. Volumen 153, Número 3, 2 de agosto de 2019, Páginas 100-105. [consulta 22 January 2022]. disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025775318307450>.

23. Lucas Vaz Pérez Damaris, Kirsch Pinheiro Luis Ángel, Steffene David Mendes José, Valentín Bagestón Gabriela, Dornelles Bittencourt André, Passaglia Schuchvagner Anabor, Neusa María Paes Leme Nelson, Jorge Schuch Hassan Bencherif, 2019. *Monitoreo a Largo Plazo y Climatología de Campos Estratosféricos cuando Ocorre la Influencia del Agujero de Ozono Antártico sobre Eventos del Sur de Brasil*, [citado el 16-02-2022]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/vhHkNDXjpsxxNHBp7HqNCyj/?lang=pt#>.
24. Luo, J., Huang, F., Gao, S., Liu, S., Liu, R., & Devasthale, A. (2022). *Satellite monitoring of the dust storm over northern china on 15 march 2021*. *Atmosphere*, 13(2) DOI:10.3390/atmos13020157. [citado el 05-03-2022]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri>.
25. Ma, Y., Wang, M., Wang, S., Wang, Y., Feng, L., & Wu, K. (2020). *Air pollutant emission characteristics and HYSPLIT model analysis during heating period in Shenyang, China*. *Environmental monitoring and assessment*, 193(1), 9. [citado el 16-02-2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08767-4>.
26. MANZUR M.E., BENZAL G. y GONZALEZ S.N. *Simulación de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos*. Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia. Universidad Nacional de Tucumán. # Ayacucho 471. (4000) Tucumán. memanzur@fbqf.unt.edu.ar [citado el 15-02-2022]. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/2387/Art-%20ext%20CERELA.pdf?sequence=4&isAllowed>.
27. MATIAS FALCON, M., 2022. *Modelamiento de dispersión de contaminantes atmosféricos influenciado por la actividad minera a través del software de AERMOD en el distrito de Tinyahuarco*. [online]

Repositorio.undac.edu.pe. [Accessed 22 January 2022]. Disponible en: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2145>.

28. MENDEZ, Juan Felipe; PINTO HERRERA, Laura Catalina and BELALCAZAR-CERON, Luis Carlos. *Estudio de una intrusión de polvo sahariano en la atmósfera de Colombia*. Rev. ing. univ. Medellín [online]. 2018, vol.17, n.32, pp.17-34. ISSN 1692-3324. [citado el 18-02-2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.22395/rium.v17n32a1>.
29. Mohammed Saeed, I. M., Saleh, M. A. M., Hashim, S., Hama, Y. M. S., Hamza, K., & Al-Shatri, S. H. (2020). *The radiological assessment, hazard evaluation, and spatial distribution for a hypothetical nuclear power plant accident at baiji potential site*. Environmental Sciences Europe, 32(1) doi:10.1186/s12302-020-0288-8 [citado el 09-04-2022]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid>.
30. MORALES, Pilataxi; JHON, Luis. Simulación numérica de la contaminación ambiental de origen primario emitido por fuentes móviles de la ciudad de Quito. 2019. Visualizado el 15/02/2022.
31. MORENO-GALINDO, E. y perfil, V., 2022. *La Población en una Investigación*. [en línea] Tesis-investigacion-cientifica.blogspot.com. [citado el 16-02-2022]. Disponible en: <https://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.com/2013/08/que-es-la-poblacion.html>.
32. ORCELLET, Emiliana E.; VILLANOVA, Martina y NOIR, Jorge O. *Validación del modelo ARPS-STO-MCLM empleando el modelo HYSPLIT*. Revista ciencias tecnología. [online]. 2019, n.31 [citado 2022-02-15], pp.1-10. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-75872019000100002&lng=es&nrm=iso. ISSN 1851-7587.

33. ORDONEZ-SANCHEZ, Yan Carlos; REINOSA-VALLADARES, Mirtha; HERNANDEZ-GARCES, Anel y CANCIANO-FERNANDEZ, Janet, 2018. *Aplicación de modelos simplificados para la dispersión de contaminantes atmosféricos. Caso de estudio*. Rev Cub Quim [online]. 2018, vol.30, n.1 [citado 2022-02-15], pp.90-103. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212018000100008&lng=es&nrm=iso. ISSN 2224-5421.
34. Organización Mundial de la Salud, 2021. *Contaminación del aire ambiente (exterior)*. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
35. Organización Mundial de la Salud, 2021. *Directrices globales de calidad del aire de la OMS: material particulado (PM2.5 y PM10), ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y monóxido de carbono*. Organización Mundial de la Salud. [Accessed 22 January 2022]. disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>.
36. ORTINEZ ALVAREZ, Abraham et al., 2021. *Visualización de fuentes puntuales de inventario de emisiones en Google Earth e integrado con el modelo HYSPLIT*. Ambiente [en línea]. 2021, vol.34, n.2 [citado el 15-02-2022], pp.143-156. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-62362021000200143&lng=en&nrm=iso. Epub 28-mayo-2021. ISSN 0187-6236. <https://doi.org/10.20937/atm.52834> .
37. OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos. *Técnicas de muestreo en una población de estudio*. En t. J. Morphol. [en línea]. 2017, vol.35, n.1 [citado el 16-02-2022], pp.227-232. [citado el 13-02-2022]. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022017000100037&lng=en&nrm=iso. ISSN 0717-9502. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>.

38. PEREIRA PELAEZ, Daniel, 2018. *Simulación de la dispersión de contaminantes en la atmósfera de una planta de generación de electricidad a biomasa*. *Revista Acta Nova*. [online]. vol.8, n.3 [consulta: 15 enero de 2022], pp.376-396. Disponible en: <http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892018000100007&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1683-0789.
39. PILATAXI MORALES, Luis Jhon. (2019). *Simulación numérica de la contaminación ambiental de origen primario emitido por fuentes móviles de la ciudad de Quito*. oai:repositorio.espe.edu.ec:21000/16072 [visualizado 15 enero 2022]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/16072>.
40. RAHERISON SEMJEN, C, *Contaminación atmosférica y medioambiental y patología respiratoria*, EMC - Tratado de Medicina, Volume 24, Issue 3, 2020, Pages 1-9, ISSN 1636-5410,). [citado el 22-02-2022]. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1636-5410\(20\)44024-3](https://doi.org/10.1016/S1636-5410(20)44024-3).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1636541020440243>.
41. RAMOS DÍAZ, R; VINA ROMERO, MM and GUTIERREZ NICOLAS, F. *Investigación aplicada en tiempos de COVID-19*. *Rev. OFIL-ILAPHAR* [en línea]. 2020, vol.30, n.2 [citado el 5-03-2022], pp.93-93. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/scielo.php>.
42. RAVINDRA, K., SINGH, T., MANDAL, T. K., SHARMA, S. K., & MOR, S. (2022). *Seasonal variations in carbonaceous species of PM_{2.5} aerosols at an urban location situated in indo-gangetic plain and its relationship with transport pathways, including the potential sources*. *Journal of Environmental Management*, 303 doi:10.1016/j.jenvman.2021.114049. [citado el 5-03-2022], pp.93-93. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid>.

43. ROLPH, Glenn; STEIN, Ariel; STUNDER, Bárbara. *Aplicaciones ambientales en tiempo real y sistema de visualización: LISTO*. Modelado ambiental y software, 2017, vol. 95, pág. 210-228.
44. ROMERO CALDERON, Ana Teresa et al., 2017. *Estrés oxidativo, función pulmonar y exposición a contaminantes atmosféricos en escolares mexicanos con y sin asma*. Salud pública México [online]. vol.59, n.6 [citado 2022-01-22], pp.630-638. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php>.
45. SAFFE, JN, García Ferreyra, MF, Poffo, D., Carantá, GM, Comes, RA, Rodríguez, A., Martina, A., & Ingaramo, R. (2018). *Detección y monitoreo de penachos de cenizas provenientes de biomasa utilizando el Radar Meteorológico Argentino (RMA)*. 2018 Congreso Bienal IEEE de Argentina (ARGENCON) , 1-8. Disponible en: <https://www.researchgate.net/profile>.
46. SENAMHI 2020, Monitoreo de la Calidad de Aire, para Lima Metropolitana, citado el 16-02-2022] Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=calidad-del-aire>
47. SHAHID, Imran et al. *State of air quality in twin cities of Pakistan: Islamabad and Rawalpindi*. *Atmósfera* [online]. 2019, vol.32, n.1 [citado 2022-03-05], pp.71-84. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-62362019000100071&lng=es&nrm=iso. ISSN 0187-6236. <https://doi.org/10.20937/atm.2019.32.01.06>.
48. Shen, Y., Hu, X. -, Ma, Y. -, & Chen, G. -. (2017). *Warning technology for air nuclear pollution diffusion of nuclear power plant*. *Dongbei Daxue Xuebao/Journal of Northeastern University*, 38(10), 1482-1485 and 1490. doi:10.12068/j.issn.1005-3026.2017.10.023 [citado el 09-04-2022]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid>.

49. Shikwambana, L., Nciphha, X., Sangeetha, S. K., Sivakumar, V., & Mhangara, P. (2021). *Qualitative study on the observations of emissions, transport and the influence of climatic factors from sugarcane burning: A south african perspective*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(14) doi:10.3390/ijerph18147672. [citado 09.04.2022], pp.71-84. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid>.
50. SWATZ, J.-S., et al. Veintiún años de monitoreo de muestreo pasivo de SO₂, NO₂ y O₃ en la estación de la VAG de Cape Point, Sudáfrica. *Medio ambiente atmosférico*, 2020, vol. 222, pág. 117128.
51. TATSUTA, S., Shimada, K., Chan, C.K., Kim, Y.P., Lin, N.H., Takami, A. and Hatakeyama, S. (2017). *Contributions of Long-Range Transported and Locally Emitted Nitrate in Size-Segregated Aerosols in Japan at Kyushu and Okinawa*. *Aerosol Air Qual. Res.* 17: 3119-3127. [citado el 20-02-2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.4209/aaqr.2016.12.0587>.
52. TSHEHLA, Cheledi and DJOLOV, George. *Source profiling, source apportionment and cluster transport analysis to identify the sources of PM and the origin of air masses to an industrialised rural area in Limpopo*. *Clean Air J.* [online]. 2018, vol.28, n.2 [cited 2022-03-05], pp.54-66. Available from: <http://www.scielo.org.za/scielo.php>.
53. TU, Xiaoping, LU, Yun, YAO, Risheng y ZHU, Jiamin. Air Quality in Ningbo and Transport Trajectory Characteristics of Primary Pollutants in Autumn and Winter. *Ambiente* [en línea]. 5 de marzo de 2019. vol. 10, núm. 3, pág. 120. DOI 10.3390/atmos10030120. [citado el 23-02-2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/atmos10030120>.
54. Uugwanga, M. N., & Kgabi, N. A. (2021). Dilution and dispersion of particulate matter from abandoned mine sites to nearby communities in Namibia. *Heliyon*, 7(4), e06643. [citado el 26-02-2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06643>.

55. Vidal Daza, Oscar Andrés and PEREZ-VIDAL, Andrea, 2018. Estimación de la Dispersión de Contaminantes Atmosféricos Emitidos por una Industria Papelera Mediante el Modelo AERMOD. *ing.* [online]. 2018, vol.23, n.1 [Accessed 2022-01-22], pp.31-47. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php>.
56. Wang, Ju, Xin Xie y Chunsheng Fang. 2019. *Temporal and Spatial Distribution Characteristics of Atmospheric Particulate Matter (PM₁₀ and PM_{2.5}) in Changchun and Analysis of Its Influencing Factors*. *Atmosphere* 10, no. 11: 651. [citado el 23-02-2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/atmos10110651>.
57. World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. World Health Organization. [citado el 08-04-2022]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
58. Yongjian Zhu, Jingui Xie, Fengming Huang, Liqing Cao, *Association between short-term exposure to air pollution and COVID-19 infection: Evidence from China*, *Science of The Total Environment*, Volume 727, 2020, 138704, ISSN 0048-9697, [citado el 16-02-2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138704>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896972032221>)

ANEXOS

Anexo 1. Variables y operacionalización

Simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, Huamachuco, 2022.								
Problema	Objetivo	Hipótesis	variable	Marco conceptual	Operacionalización de la variable	Dimensiones	Indicadores	Escala
¿Cómo es la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, Huamachuco, 2022?	Analizar la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena.	La simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, están fuera de los LMP.	Variable 1: Difusión de contaminantes atmosféricos	La dirección contaminante atmosférica está influenciada por la orientación predominantemente de vientos fuertes, estas condiciones afectan el aspecto visible de la naturaleza y territorio (Vidal, Pérez, 2018). La orientación y velocidad del viento afectan la calidad del aire (Falcon, 2021, p.81).	Para Analizar la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, de la minería Cerro el Toro y la Arena, usando modelo hysplit, es necesario tener datos: coordenadas UTM, altura, velocidad y dirección del viento, húmeda, temperatura y coordenadas UTM.	Ubicación.	Coordenadas UTM.	Latitud y Longitud.
					Altura.	Altura.	Metros.	
					Periodo de Observación.	Tiempo.	Horas.	
					Fecha	Fecha	Fecha	
Específicos								
¿Cuáles son los efectos del PM ₁₀ , PM _{2.5} y SO ₂ , en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena?	Determinar los efectos del PM ₁₀ , PM _{2.5} y SO ₂ en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena.	La concentración del PM ₁₀ , PM _{2.5} y SO ₂ , en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, están fuera del rango ECAs.	Variable 1: Difusión de contaminantes atmosféricos	Los rangos por encima de los valores ECAs, de la concentración del material particulado PM _{2.5} , PM ₁₀ y SO ₂ . Frente a estos escenarios negativos, es necesario que se adopten medidas urgentes para minimizar la contaminación y así reducir los impactos que ocasionan a la salud de la población (Hernández y Díaz, 2017)	Mediante la comparación de la relación que existe entre las concentraciones del PM _{2.5} , PM ₁₀ y SO ₂ , el área y longitud que alcanzan la difusión de contaminantes atmosféricos se observaran los cambios y efectos que producen a la población.	Flujo másico por contaminante	Concentración PM _{2.5} , PM ₁₀ y SO ₂	µg/m ³
¿Cuál es la superficie afectada por la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, Huamachuco?	Determinar la superficie afectada en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena.	a simulación de difusión en contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, afectan gravemente al hábitat de la zona,			Superficie	Área	m ²	
¿Cuál es la distancia alcanzada en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, Huamachuco?	Determinar la distancia alcanzada en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena.	a distancia de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, afectan la flora y fauna del lugar.			Distancia o longitud alcanzada	Metros	metros	

**EXPEDIENTE PARA VALIDAR LOS
INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN A TRAVÉS DE
JUICIO DE EXPERTOS**

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor (a): Cesar Francisco Honores Balcazar

Presente:

Asunto: "Validación de instrumento a través de Juicio de expertos"

Me es grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de pregrado en la Educación de la Universidad Cesar Vallejo, en la sede de Lima Este, y siendo requisito la validación de los instrumentos con las cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación, gracias a la cual optaré el grado académico de Ingeniero Ambiental.

El título de mi proyecto de investigación es "**Simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, Huamachuco, 2022**", y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas ambientales y/o investigación ambiental.

El expediente de validación, adjunto al presente, contiene:

1. **Anexo N°01:** Matriz de operacionalización.
2. **Anexo N°02:** Instrumentos de recolección de datos para las difusión de contaminantes atmosféricos.
3. **Anexo N°03:** Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole mi sentimiento de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Firma

Apellidos y Nombres: Custodio Laiza Pedro Amilcar

DNI: 42495168

Anexo N°01: Matriz de operacionalización

Simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, Huamachuco, 2022.								
Problema	Objetivo	Hipótesis	variable	Marco conceptual	Operacionalización de la variable	Dimensiones	Indicadores	Escala
¿Cómo es la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, modelo hysplit, Huamachuco, 2022?.	Analizar la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, modelo hysplit.	La simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, están fuera de los LMP.	Variable 1: Difusión de contaminantes atmosféricos	La dirección contaminantes atmosféricos está influenciada por la orientación predominantemente de vientos fuertes, estas condiciones afectan el aspecto visible de la naturaleza y territorio (Vidal, Pérez, 2018). La orientación y velocidad del viento afectan la calidad del aire (Falcon, 2021, p.81).	Para Analizar la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, de la minería Cerro el Toro y la Arena, usando modelo hysplit, es necesario tener datos: coordenadas UTM, altura, velocidad y dirección del viento, húmeda, temperatura y coordenadas UTM.	Ubicación.	Coordenadas UTM.	Latitud y Longitud.
						Altura.	Altura.	Metros.
						Periodo de Observación.	Tiempo.	Horas.
						Fecha	Fecha	Fecha
Específicos								
¿Cuáles son los efectos del PM ₁₀ , PM _{2.5} y SO ₂ , en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena?.	Determinar los efectos del PM ₁₀ , PM _{2.5} y SO ₂ en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena.	La concentración del PM ₁₀ , PM _{2.5} y SO ₂ , en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, están fuera del rango ECAs.		Los rangos por encima de los valores ECAs, de la concentración del material particulado PM _{2.5} , PM ₁₀ y SO ₂ . Frente a estos escenarios negativos, es necesario que se adopten medidas urgentes para minimizar la contaminación y así reducir los impactos que ocasionan a la salud de la población (Hernández y Diaz, 2017)	Mediante la comparación de la relación que existe entre la concentraciones del PM _{2.5} , PM ₁₀ y SO ₂ , el área y longitud que alcanzan la difusión de contaminantes atmosféricos se observaran los cambios y efectos que producen a la población.	Flujo másico por contaminante	Concentración PM _{2.5} , PM ₁₀ y SO ₂	µg/m ³
¿Cuál es la superficie afectada por la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, Huamachuco?.	Determinar la superficie afectada en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena.	La simulación de difusión en contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, afectan gravemente al hábitat de la zona,				Superficie	Área	m ²
¿Cuál es la distancia alcanzada en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, Huamachuco?.	Determinar la distancia alcanzada en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena.	La distancia de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, afectan la flora y fauna del lugar.				Distancia o longitud alcanzada	Metros	metros

Fuente: Elaboración propia

Anexo N°02: Instrumentos de recolección de datos para las difusión de contaminantes atmosféricos.

N°	Ubicación	Coordenadas UTM (Longitud, Latitud)	Fecha	Altura (m)	Periodo (horas)	Flujo másico contaminante			Superficie del contaminante (m ²)	Longitud de contaminante. (m)
						PM _{2.5}	PM ₁₀	SO ₂		
1	Minería Cerro el Toro.									
2	Minera la Arena.									
ECA nacional (µg/m ³).										
ECA-OMS (µg/m ³).										

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N°05: CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres del validador: Cesar Francisco Honores Balcazar

1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / Universidad Cesar Vallejo

1.3. Especialidad del validador: MAGISTER EN CIENCIAS DE LA EDUCACION

1.4. Nombre del instrumento: Modelo HYSPLIT.

1.5. Título de la investigación:

“Simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, Huamachuco, 2022.”

1.6. Autor del instrumento: Custodio Laiza Pedro Amilcar.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.					81
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.					81
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					81
4. Organización	Existe una organización lógica.					81
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					81
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					81
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos.					81
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones					81
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					81
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					81
PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN						81

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS

✚ **Variable 1:** contaminantes atmosféricos

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Estándares de calidad del aire	PM ₁₀ , PM _{2.5} y SO ₂ .	x		
Parámetros meteorológicos	Ubicación Coordenadas UTM (Longitud, Latitud); Fecha; Altura (m); Tiempo (horas).	x		

IV. **PROMEDIO DE VALORACIÓN:** 81 %

- () El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
() El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lima, 06 de marzo del 2022



Nombre: Cesar Francisco Honores Balcazar

DNI N°: 41134159

Teléfono N° 970334583

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor (a): Milton Tullume Chavesta

Presente:

Asunto: "Validación de instrumento a través de Juicio de expertos"

Me es grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de pregrado en la Educación de la Universidad Cesar Vallejo, en la sede de Lima Este, y siendo requisito la validación de los instrumentos con las cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación, gracias a la cual optaré el grado académico de Ingeniero Ambiental.

El título de mi proyecto de investigación es "**Simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, Huamachuco, 2022**", y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas ambientales y/o investigación ambiental.

El expediente de validación, adjunto al presente, contiene:

1. **Anexo N°01:** Matriz de operacionalización.
2. **Anexo N°02:** Instrumentos de recolección de datos para la difusión de contaminantes atmosféricos.
3. **Anexo N°03:** Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole mi sentimiento de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Firma

Apellidos y Nombres: Custodio Laiza Pedro Amilcar

DNI: 42495168

Anexo N°01: Matriz de operacionalización

Simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, Huamachuco, 2022.								
Problema	Objetivo	Hipótesis	variable	Marco conceptual	Operacionalización de la variable	Dimensiones	Indicadores	Escala
¿Cómo es la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, modelo hysplit, Huamachuco, 2022?.	Analizar la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, modelo hysplit.	La simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, están fuera de los LMP.	Variable 1: Difusión de contaminantes atmosféricos	La dirección contaminante atmosféricos está influenciada por la orientación predominantemente de vientos fuertes, estas condiciones afectan el aspecto visible de la naturaleza y territorio (Vidal, Pérez, 2018). La orientación y velocidad del viento afectan la calidad del aire (Falcon, 2021, p.81).	Para Analizar la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, de la minería Cerro el Toro y la Arena, usando modelo hysplit, es necesario tener datos: coordenadas UTM, altura, velocidad y dirección del viento, húmeda, temperatura y coordenadas UTM.	Ubicación.	Coordenadas UTM.	Latitud y Longitud.
						Altura.	Altura.	Metros.
						Periodo de Observación.	Tiempo.	Horas.
						Fecha	Fecha	Fecha
Específicos								
¿Cuáles son los efectos del PM ₁₀ , PM _{2.5} y SO ₂ , en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena?.	Determinar los efectos del PM ₁₀ , PM _{2.5} y SO ₂ en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena.	La concentración del PM ₁₀ , PM _{2.5} y SO ₂ , en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, están fuera del rango ECAs.	Variable 1: Difusión de contaminantes atmosféricos	Los rangos por encima de los valores ECAs, de la concentración del material particulado PM _{2.5} , PM ₁₀ y SO ₂ . Frente a estos escenarios negativos, es necesario que se adopten medidas urgentes para minimizar la contaminación y así reducir los impactos que ocasionan a la salud de la población (Hernández y Diaz, 2017)	Mediante la comparación de la relación que existe entre la concentración del PM _{2.5} , PM ₁₀ y SO ₂ , el área y longitud que alcanzan la difusión de contaminantes atmosféricos se observaran los cambios y efectos que producen a la población.	Flujo másico por contaminante	Concentración PM _{2.5} , PM ₁₀ y SO ₂	µg/m ³
¿Cuál es la superficie afectada por la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, Huamachuco?.	Determinar la superficie afectada en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena.	La simulación de difusión en contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, afectan gravemente al hábitat de la zona,				Superficie	Área	m ²
¿Cuál es la distancia alcanzada en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, Huamachuco?.	Determinar la distancia alcanzada en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena.	La distancia de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, afectan la flora y fauna del lugar.				Distancia o longitud alcanzada	Metros	metros

Fuente: Elaboración propia

Anexo N°02: Instrumentos de recolección de datos para la difusión de contaminantes atmosféricos.

N°	Ubicación	Coordenadas UTM (Longitud, Latitud)	Fecha	Altura (m)	Periodo (horas)	Flujo másico contaminante			Superficie del contaminante (m ²)	Longitud de contaminante. (m)
						PM _{2.5}	PM ₁₀	SO ₂		
1	Minería Cerro el Toro.									
2	Minera la Arena.									
ECA nacional (µg/m ³).										
ECA-OMS (µg/m ³).										

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N°05: CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres del validador:** Milton Tullume Chavesta
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente / Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. **Especialidad del validador:** Dr. en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible
- 1.4. **Nombre del instrumento:** Modelo HYSPLIT.
- 1.5. **Título de la investigación:**
 "Simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, Huamachuco, 2022."
- 1.6. **Autor del instrumento:** Custodio Laiza Pedro Amilcar.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.					85
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.					85
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					85
4. Organización	Existe una organización lógica.					85
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					85
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					85
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos.					85
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones					85
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					85
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					85
PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN						85

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS

+ **Variable 1:** contaminantes atmosféricos

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Estándares de calidad del aire	PM _{2.5} , PM ₁₀ y SO ₂ .	x		
Parámetros meteorológicos	Ubicación Coordenadas UTM (Longitud, Latitud); Fecha; Altura (m); Tiempo (horas).	x		

IV. **PROMEDIO DE VALORACIÓN:** %

- () El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
() El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lima, 06 de marzo del 2022



Nombre: Milton Tullume Chavesta

DNI N°: 68521234

Teléfono N° 966255191

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor (a): Samuel Carlos Reyna Mandujano

Presente:

Asunto: "Validación de instrumento a través de Juicio de expertos"

Me es grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de pregrado en la Educación de la Universidad Cesar Vallejo, en la sede de Lima Este, y siendo requisito la validación de los instrumentos con las cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación, gracias a la cual optaré el grado académico de Ingeniero Ambiental.

El título de mi proyecto de investigación es "**Simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, Huamachuco, 2022**", y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas ambientales y/o investigación ambiental.

El expediente de validación, adjunto al presente, contiene:

1. **Anexo N°01:** Matriz de operacionalización.
2. **Anexo N°02:** Instrumentos de recolección de datos para la difusión de contaminantes atmosféricos.
3. **Anexo N°03:** Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole mi sentimiento de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Firma

Apellidos y Nombres: Custodio Laiza Pedro Amilcar

DNI: 42495168

Anexo N°01: Matriz de operacionalización

Simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, Huamachuco, 2022.								
Problema	Objetivo	Hipótesis	variable	Marco conceptual	Operacionalización de la variable	Dimensiones	Indicadores	Escala
¿Cómo es la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, modelo hysplit, Huamachuco, 2022?	Analizar la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, modelo hysplit.	La simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, están fuera de los LMP.	Variable 1: Difusión de contaminantes atmosféricos	La dirección de contaminantes atmosféricos está influenciada por la orientación predominantemente de vientos fuertes, estas condiciones afectan el aspecto visible de la naturaleza y territorio (Vidal, Pérez, 2018). La orientación y velocidad del viento afectan la calidad del aire (Falcon, 2021, p.81).	Para Analizar la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, de la minería Cerro el Toro y la Arena, usando modelo hysplit, es necesario tener datos: coordenadas UTM, altura, velocidad y dirección del viento, húmeda, temperatura y coordenadas UTM.	Ubicación.	Coordenadas UTM.	Latitud y Longitud.
						Altura.	Altura.	Metros.
						Período de Observación.	Tiempo.	Horas.
						Fecha	Fecha	Fecha
Específicos								
¿Cuáles son los efectos del PM ₁₀ , PM _{2.5} y SO ₂ , en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena?	Determinar los efectos del PM ₁₀ , PM _{2.5} y SO ₂ en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena.	La concentración del PM ₁₀ , PM _{2.5} y SO ₂ , en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, están fuera del rango ECAs.		Los rangos por encima de los valores ECAs, de la concentración del material particulado PM _{2.5} , PM ₁₀ y SO ₂ . Frente a estos escenarios negativos, es necesario que se adopten medidas urgentes para minimizar la contaminación y así reducir los impactos que ocasionan a la salud de la población (Hernández y Diaz, 2017)		Flujo másico por contaminante	Concentración PM _{2.5} , PM ₁₀ y SO ₂	µg/m ³
¿Cuál es la superficie afectada por la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, Huamachuco?	Determinar la superficie afectada en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena.	La simulación de difusión en contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, afectan gravemente al hábitat de la zona,			Mediante la comparación de la relación que existe entre las concentraciones del PM _{2.5} , PM ₁₀ y SO ₂ , el área y longitud que alcanzan la difusión de contaminantes atmosféricos se observaran los cambios y efectos que producen a la población.	Superficie	Área	m ²
¿Cuál es la distancia alcanzada en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, Huamachuco?	Determinar la distancia alcanzada en la simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena.	La distancia de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, afectan la flora y fauna del lugar.				Distancia o longitud alcanzada	Metros	metros

Fuente: Elaboración propia

Anexo N°02: Instrumentos de recolección de datos para la difusión de contaminantes atmosféricos.

N°	Ubicación	Coordenadas UTM (Longitud, Latitud)	Fecha	Altura (m)	Periodo (horas)	Flujo másico contaminante			Superficie del contaminante (m ²)	Longitud de contaminante. (m)
						PM _{2.5}	PM ₁₀	SO ₂		
1	Minería Cerro el Toro.									
2	Minera la Arena.									
ECA nacional (µg/m ³).										
ECA-OMS (µg/m ³).										

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N°05: CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador:** Samuel Carlos Reyna Mandujano
- 1.2. Cargo e institución donde labora:** Docente / Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad del validador:** **MAGISTER EN GESTION PUBLICA**
- 1.4. Nombre del instrumento:** Modelo HYSPLIT.
- 1.5. Título de la investigación:**
 "Simulación de la difusión de contaminantes atmosféricos, minería Cerro el Toro y la Arena, Huamachuco, 2022."
- 1.6. Autor del instrumento:** Custodio Laiza Pedro Amilcar.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.					85
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.					85
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					85
4. Organización	Existe una organización lógica.					85
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					85
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					85
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos.					85
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones					85
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					85
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					85
PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN						85

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS

✚ **Variable 1:** contaminantes atmosféricos

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Estándares de calidad del aire	PM _{2.5} , PM ₁₀ y SO ₂ .	x		
Parámetros meteorológicos	Ubicación Coordenadas UTM (Longitud, Latitud); Fecha; Altura (m); Tiempo (horas).	x		

IV. **PROMEDIO DE VALORACIÓN:** 85 %

() El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

() El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lima, 06 de marzo del 2022



Nombre: Samuel Carlos Reyna Mandujano

DNI N°: 31662440

Teléfono N° 915 243 320