



Artículo original / Original article

Monitoreo de calidad de aire (PM10 y SO2) en planta de producción asfáltica, 3 de octubre - San Martín

Air quality monitor (PM10 and SO2) at the asphalt production plant, October 3 - San Martín

Aldahyr Junior Reátegui-Rengifo ^{1*}; Alfonso Rojas-Bardález ¹; Andi Lozano-Chung ¹

¹ Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú

Recibido: 15/10/2024

Aceptado: 18/11/2024

Publicado: 30/01/2025

*Autor de correspondencia: ajreátegui@alumno.unsm.edu.pe

Resumen: El planeta enfrenta desafíos ambientales, entre ellos la contaminación del aire, causada por fenómenos naturales y actividades humanas. Diversos países aplican políticas para proteger la salud y preservar el ambiente. La polución atmosférica implica la introducción de elementos nocivos que afectan a seres vivos y materiales, generados principalmente por actividades industriales, vehiculares y domésticas. Esta degradación del aire supone riesgos para la salud, deterioro de materiales, reducción de visibilidad y olores desagradables. El estudio trató sobre la determinación de la calidad del aire (PM10 y SO2) en la planta de producción asfáltica de la localidad de 3 de Octubre, distrito de la Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín. Para ello, se realizaron monitoreos en dos estaciones fijas entre febrero y setiembre de 2024, empleando equipos de bajo volumen (PM10) y un tren de muestreo (SO2). Los resultados fueron: en la estación CA-P.01 (chimenea), 6 µg/m³ de PM10 y 2,3 µg/m³ de SO2; y en CA-P.02 (acopio), 3,3 µg/m³ de PM10 y 2,3 µg/m³ de SO2. Según el laboratorio certificado por INACAL, los valores no superan lo establecido en la norma ambiental vigente (D.S. N° 003-2017-MINAM).

Palabras clave: calidad del aire; gases; material particulado; tren de muestreo

Abstract: The planet suffers from environmental hazards, including air contamination, caused by natural phenomena and human activities. Various countries apply policies to protect health and preserve the environment. Atmospheric pollution involves the introduction of harmful elements that affect our lives and materials, mainly generated by industrial, vehicular and domestic activities. This deterioration of the air is supposed to cause harm to health, deterioration of materials, reduction of visibility and undesirable smells. The study deals with the determination of air quality (PM10 and SO2) at the asphalt production plant in the 3 de Octubre district, Banda de Shilcayo district, province and department of San Martín. For this reason, monitors will be carried out at these stations between February and September 2024, using low volume equipment (PM10) and a three-month program (SO2). The results were: in station CA-P.01 (chimney), 6 µg/m³ of PM10 and 2.3 µg/m³ of SO2; y in CA-P.02 (acopio), 3.3 µg/m³ of PM10 and 2.3 µg/m³ of SO2. Segun the laboratory certified by INACAL, the values are not superan lo establecido en la norma ambiental vigente (D.S. N° 003-2017-MINAM).

Keywords: air quality; gases; particulate matter; sampling train

1. Introducción

El planeta enfrenta múltiples desafíos ambientales, entre ellos la contaminación del aire, ocasionados tanto por fenómenos naturales como por actividades antrópicas. Actualmente, diversos países implementaron políticas destinadas a proteger la salud de la población y preservar el medio ambiente (García, 2024). La contaminación atmosférica de origen humano está estrechamente vinculada a actividades como el transporte, la operación de maquinaria y diversos procesos industriales que modifican la composición natural del aire. Las principales fuentes de emisiones contaminantes incluyen procesos de combustión industrial, vehicular y doméstica, que liberan diversos compuestos químicos como óxidos de carbono, nitrógeno y azufre (Arencibia et al., 2013).

Desde 1987, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha publicado periódicamente recomendaciones sobre la calidad del aire y sus efectos en la salud, con el propósito de guiar a los gobiernos y la sociedad en la disminución de la exposición a la contaminación atmosférica (WHO, 2021). En el informe *air quality guidelines global update 2005, particulate matter ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide* de la oficina regional de la OMS para Europa en 2006, se establecieron valores de referencia para los principales contaminantes atmosféricos perjudiciales para la salud, como material particulado, ozono, dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre, este documento ha tenido un impacto significativo en la formulación de políticas para el control de la contaminación en el mundo (OMS, 2006).

En el contexto peruano, la degradación de la calidad del aire es una preocupación, particularmente en ciudades como Lima y Arequipa, donde el incremento del parque automotor y la actividad industrial ha provocado un notable aumento en los niveles de contaminación (Alonso Aenlle et al., 2011). En el contexto local 3 de octubre no presenta actividades industriales en expansión, por ser una localidad relativamente nueva, por ello nace la necesidad de desarrollar esta investigación para determinar las condiciones actuales de la calidad de aire y tener una percepción de las condiciones de vida de la población y el ambiente.

Un estudio de vigilancia atmosférica, fundamentado en la normativa peruana D.S 0032017-MINAM (2017), busca evaluar la presencia de contaminantes en una planta de asfalto ubicada en San Martín, centrándose específicamente en PM10 y SO2. El monitoreo ambiental se realizará mediante dos estaciones fijas de medición, enfocándose en la detección de partículas PM10 y dióxido de azufre, contaminantes típicamente asociados con la producción de asfalto.

En la actualidad, la contaminación del aire se ha convertido en un asunto de gran relevancia, especialmente en áreas con actividad industrial, lo que plantea una interrogante crucial: ¿Cuál es la calidad del aire, específicamente en cuanto a los contaminantes PM10 y SO2, en la planta de producción asfáltica ubicada en 3 de octubre San Martín? cuestionamiento planteado con el fin de evaluar el impacto ambiental en la región. Se proponen dos hipótesis para este estudio: la hipótesis alternativa (H1), que sostiene que la calidad del aire en términos de PM10 y SO2 en la planta de producción asfáltica es de calidad regular, y la hipótesis nula (H0), que afirma que la calidad del aire es mala. Ambos escenarios serán evaluados mediante el análisis de datos recolectados y su comparación con los estándares ambientales vigentes (Murcia Salud, 2022).

Con el propósito de abordar esta problemática, el estudio tiene como objetivo principal evaluar la calidad del aire (PM10 y SO2) en la planta de producción asfáltica de la localidad de 3 de octubre en San Martín. Este análisis permitirá determinar si la operación de la planta se encuentra dentro de los límites establecidos por la normativa ambiental vigente. Los objetivos específicos del estudio incluyen en primer lugar: describir los procesos de producción de la carpeta asfáltica, ya que estos influyen directamente en la emisión de contaminantes; segundo, medir y calcular los niveles de PM10 y SO2 emitidos durante la operación de la planta; y tercero, comparar estos valores con los Estándares de Calidad del Aire vigentes para determinar el cumplimiento de las normativas ambientales.

2. Materiales y métodos

2.1. Ámbito del estudio

La investigación se desarrolló en la localidad de 3 de Octubre, distrito de La Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín (Perú). El monitoreo se efectuó en la planta de producción asfáltica de la empresa MMP ASFALTOS, en dos estaciones de muestreo fijas estratégicamente ubicadas, una próxima a la chimenea y otra en el área de acopio de materiales

El periodo de ejecución comprendió ocho meses, desde el 1 de febrero hasta el 30 de septiembre de 2024, de acuerdo con la Resolución N° 024-2024-UNSM/CFT/FE.

2.2. Consideraciones éticas y de bioseguridad

Se cumplieron protocolos de seguridad ocupacional, empleando equipos de protección personal y espacios delimitados para la toma de muestras. Asimismo, se aplicaron los principios éticos de integridad, respeto a las personas y al ecosistema, procurando minimizar impactos ambientales y garantizar transparencia en el manejo de datos.

2.3. Diseño de investigación

El estudio fue de tipo aplicado, con un diseño descriptivo no experimental y transversal, orientado a la medición de contaminantes atmosféricos (PM10 y SO₂) generados durante la producción de carpeta asfáltica, y su comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el D.S. N° 003-2017-MINAM.

2.4. Procedimientos

Descripción del proceso productivo

La producción de carpeta asfáltica en la planta MMP ASFALTOS incluyó:

- Selección de materiales: áridos (grava, arena, piedra triturada) y betún.
- Mezclado: calentamiento de agregados y asfalto en planta, asegurando homogeneidad.
- Transporte: traslado de la mezcla en volquetes acondicionados para conservar la temperatura.
- Control de calidad: ensayos de laboratorio para verificar que la mezcla cumpla estándares técnicos.

Muestreo de material particulado (PM10)

Se utilizó un muestreador de bajo volumen PQ-200, que funciona a un caudal de 16,7 L/min durante 24 horas. Las partículas fueron retenidas en filtros de cuarzo de 47 mm y posteriormente analizadas en laboratorio acreditado por INACAL (SOMALAB) mediante gravimetría por diferencia de peso.

Muestreo de dióxido de azufre (SO₂)

Se aplicó el método de absorción química, usando un tren de muestreo con solución absorbente (50 ml). El equipo operó a un flujo de 0,6 L/min durante 24 horas. Las soluciones resultantes fueron almacenadas en recipientes plásticos y enviadas a SOMALAB para su análisis cuantitativo.

Análisis y comparación normativa

Los resultados obtenidos se contrastaron con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire (D.S. N° 003-2017-MINAM), que establecen 100 µg/m³ para PM10 (promedio 24 h) y 250 µg/m³ para SO₂ (promedio 24 h).

3. Resultados

3.1. Procesos de producción de carpeta asfáltica en la planta de asfalto

La empresa MMP ASFALTOS es una compañía especializada en proyectos de infraestructura vial. Pese a ser relativamente nueva en el mercado constructivo, cuenta con un equipo de profesionales altamente experimentados, con una trayectoria de aproximadamente dos décadas en el sector. Esta experiencia les ha permitido ganar la confianza de varios clientes que recurren a sus productos para la conservación y construcción de carreteras, así como para el desarrollo de proyectos urbanísticos. La empresa se enfoca en dos productos principales derivados del asfalto:

- Asfalto en caliente: Utilizado principalmente en la construcción de pistas y carreteras.
- Emulsión asfáltica: Empleada para el mantenimiento de estas vías.

MMP ASFALTOS se distingue por su compromiso con la calidad, ofreciendo soluciones que superan las expectativas de sus clientes y aprovechando su amplia experiencia en el sector.

3.2. Ubicación de la planta

La empresa destinada a la producción de asfalto está ubicada en la vía Marginal Sur, a 150 metros aproximadamente de la localidad de 3 de octubre en la provincia de San Martín. Entre las coordenadas UTM WGS 84; E= 351199.00 y N= 9276383.00 (Estudio de Impacto Ambiental, 2020).

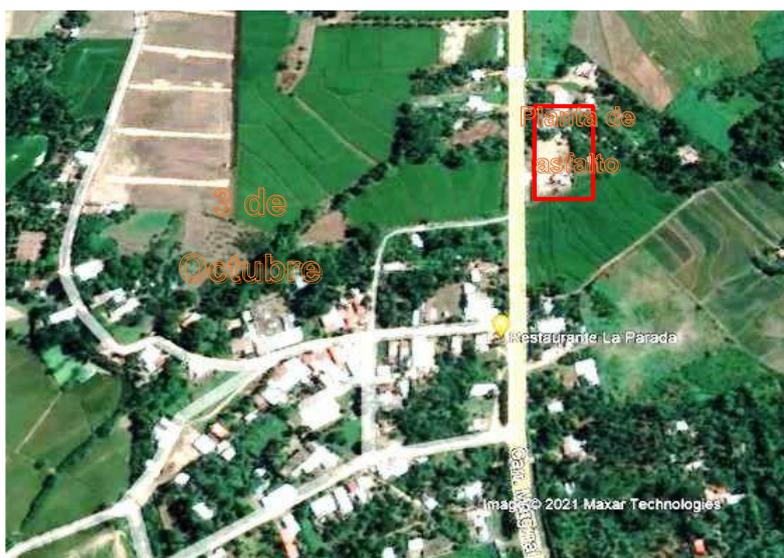


Figura 1. Ubicación y vista de la planta de Asfalto MMP

3.3. Sobre la planta de asfalto de la empresa MMP

La planta de asfalto de la Empresa MMP ASFALTOS cuenta con el siguiente equipamiento:

Tolvas

La planta cuenta con cuatro tolvas que se llenan con materiales utilizando un cargador frontal. Estas tolvas incluyen una zaranda incorporada.



Figura 2. Tolvas con zaranda incorporada

Horno rotativo de contraflujo

Los materiales pasan por fajas transportadoras hasta llegar al horno rotativo. Este opera a una temperatura de llama de aproximadamente 800°C, controlada desde una cabina. Los agregados se calientan gradualmente hasta alcanzar 150°C. El término "contraflujo" se refiere a que los agregados entran por un extremo mientras los gases salen por el otro. Es crucial extraer estos gases para mantener el nivel de oxígeno necesario para la llama.



Figura 3. Horno rotativo y generador de llama

Se llama contraflujo porque los agregados entran por un lado y los gases salen por el otro, estos gases deben ser retirados del horno, de lo contrario el horno se saturará y no habrá oxígeno para que se forme la llama.

Elevador de cangilones

Después del calentamiento, los áridos a 150°C pasan a un sistema de poleas que los eleva mediante cangilones.



Figura 4. Elevador de la carpeta asfáltica y descarga a volquetes

3.4. Proceso de extracción de gases

Junto con la preparación de la mezcla, es necesario procesar los gases y polvo generados en el horno rotatorio.

Extractor de gases

Utiliza un ciclón donde el aire entra y crea un vórtice. Las partículas más pesadas son devueltas al horno mediante un elevador de cangilones.



Figura 5. Extractor de gases y chimenea

Lavador de finos

Las partículas más pequeñas que no son capturadas por el ciclón se transportan por tuberías hasta esta máquina. Aquí son liberadas en forma de señal (agua), rodeadas por una barrera de agua, y caen en un pozo o vertedero.



Figura 6. Lavador de finos

Como se puede apreciar hay varias operaciones para la producción de la carpeta asfáltica, y donde MMP ASFALTOS se enfoca en los derivados del asfalto al caliente y las emulsiones asfálticas, similares resultados encontró en su investigación Cálculo de los valores de la calidad de aire emitidos (PM10 y SO2) por el proceso de producción de carpeta asfáltica.

Tabla 1. Estaciones de muestreo de calidad ambiental de aire

Punto	Lugar de monitoreo	X	Y
CA-P-01	Cerca del área de chimenea	351211	9276358
CA-P-02	Cerca del área de acopio de materiales	351196	9276401

Tabla 2. Métodos de monitoreo, equipos y función

Parámetro	Equipo	Serie	Modelo	Uso
PM ₁₀	Muestreador de Bajo Volumen PQ-200	2851	PQ-200	PM ₁₀
SO ₂ (24 horas)	Tren de muestreo	P/N:116041-00 VFA-22 Gases		

3.5. Análisis de laboratorio de las muestras tomadas

Los resultados obtenidos de los análisis realizados en SOMALAB se muestran a continuación.

Tabla 3. Determinación de la concentración de material particulado PM10, calculada en función al volumen de aire captado por el equipo PQ-200, durante el tiempo de 24 horas

Volumen de aire	Flujo (L/min)	Tiempo (min)	Resultado
	16.7 L/min)	1 440 min	24 48 L. 24.048 m ³

Tabla 4. Determinación de la concentración de SO₂, calculada en función al volumen de aire captado por el tren de muestreo, durante el tiempo de 24 horas

Volumen de aire	Flujo (L/min)	Tiempo (min)	Resultado
	0.2 L/min	1 440 min	0.2 L/min/1 440 min. 288 L 6 ug/m ³

Tabla 5. Determinación de la concentración de PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el punto CA-P-01.

	Peso (ug)	Volumen m³	Resultado
Concentración de PM ₁₀	143 ug	24 048 m ³	143 ug/24 048 m ³ . 6 ug/m³

Tabla 6. Determinación de la concentración de PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el punto CA-P-02

	Peso (ug)	Volumen m³	Resultado
Concentración de PM ₁₀	81 ug	24 048 m ³	143 ug/24 048 m ³ . 3.3 ug/m³

Tabla 7. Determinación de la concentración de SO2 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el punto CA-P-01

	Peso (ug)	Volumen m³	Resultado
Concentración de PM ₁₀	0,67 ug	0,288 m ³	0.67 ug/0,288 m ³ . 2,3 ug/m³

Tabla 8. Determinación de la concentración de SO2 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el punto CA-P-02

	Peso (ug)	Volumen m³	Resultado
Concentración de PM ₁₀	0,67 ug	0,288 m ³	0.67 ug/0,288 m ³ . 2,3 ug/m³

Como se puede observar todos los cálculos realizados tanto para PM10 y SO2, los resultados están por debajo de lo que establece la normativa ambiental peruana, que determina 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para material particulado y 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el dióxido de azufre.

3.6. Comparación de los valores de calidad de aire emitidos (PM10 y SO2) en el proceso de producción asfáltica con los Estándares de Calidad del Aire vigente

Estándares de comparación

Para esta comparación, se utiliza como referencia el D.S. N° 003-2017-MINAM, "Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire".

Características generales de la toma de muestra

En el siguiente cuadro muestra la totalidad de la información recopilada durante el proceso de muestreo en los puntos establecidos.

Tabla 9. Data recopilada en el muestreo de calidad del aire

N° estación	Descripción punto de muestreo	Distrito	Provincia	Fecha y hora	Coordenadas UTM	
					X	Y
CAP - 01	Cerca del área de chimenea	Banda de Shilcayo	San Martín	14/02/2024 6:00 a.m.	351211	9276358
CAP - 02	Cerca del área de acopio de materiales	3 de octubre	San Martín	15/02/2024 6:00 a.m.	351196	9276401

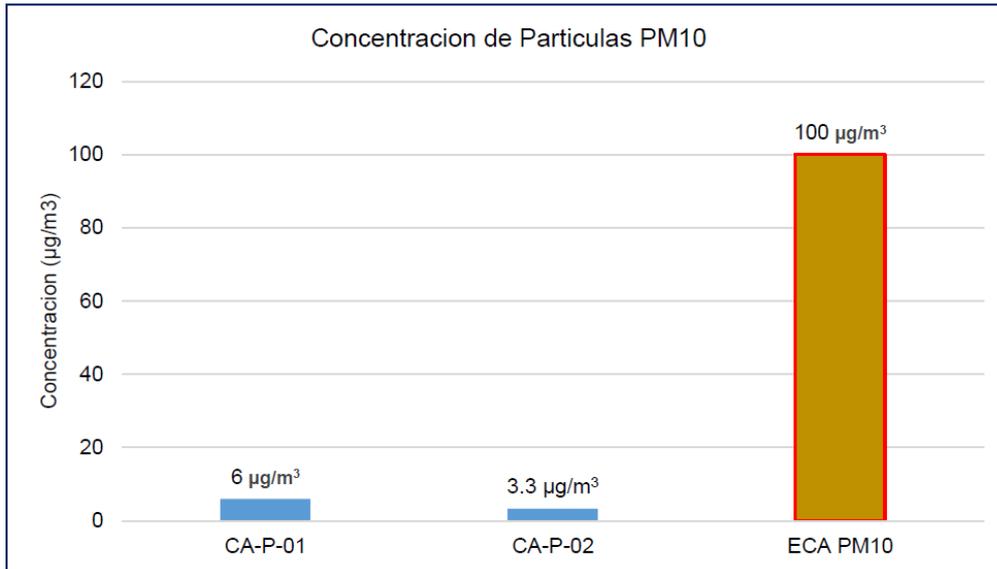


Figura 7. Resultados de material particulado (PM10)

Interpretación

En la Figura 7 se muestran los resultados obtenidos del monitoreo ambiental de la calidad de aire; referente a material particulado (PM10), donde el resultado en el punto CA-P-01 fue de 6 µg/m³; mientras en el punto CA-P-02 el valor fue de 3,3 µg/m³; por lo tanto, los puntos NO SUPERAN lo establecido en la normatividad vigente D.S N° 003-2017- MINAM, donde el límite establecido es de 100 µg/m³.

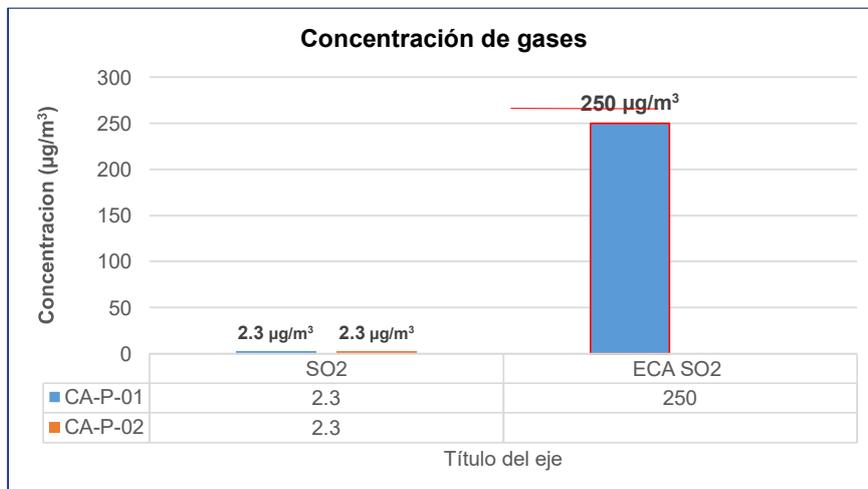


Figura 8. Resultados de gases CO, NO2 y SO2

Interpretación

La Figura 8 presenta los resultados del monitoreo ambiental de la calidad de aire en relación con el SO2, se observa que los valores obtenidos en los puntos CA-P-01 y CAP-02 se encuentran por debajo del límite establecido en la normativa vigente, lo que indica que CUMPLEN con lo estipulado en el D.S N° 003-2017-MINAM, Estándares Nacionales de Calidad del Aire.

4. Discusión

Morales & Suyo (2022) en su investigación aplacaron cinco criterios de clasificación, entre ellos, destacando los "Huecos de vacío de la mezcla", diferenciando entre mezclas cerradas o abiertas, así como aquellas con una estructura altamente porosa. Además, emplearon el criterio de clasificación II, que abarcan la producción en caliente, semi caliente, templadas y en frío.

Rojas Bardales & Guerra-Saldaña (2022) en su investigación encontraron resultados similares en la cuenca del Alto Mayo, donde el material particulado PM10 no supera lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental para Aire, la que establece en un periodo de 24 horas valores de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, concluyendo que durante el tiempo de monitoreo todos los puntos establecidos para PM10 y PM2.5, no superan lo estipulado en la normativa ambiental vigente, para medir estas concentraciones se emplearon equipos de muestreo de alto y bajo volumen respectivamente, aplicando el método gravímetro de diferencias de pesos en los filtros de cuarzo, los cuales permitirán en un futuro caracterizar de manera más eficiente la concentración de material particulado presente en la atmósfera.

Saravia Solares (2021) llevó a cabo un análisis cualitativo y estimaciones para determinar el impacto de la quema del diablo en la calidad del aire, donde se instalaron sensores para determinar la concentración de PM10 y PM2.5, donde encontraron valores promedios de PM2.5, de 15 y 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con un máximo de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que para PM10, los promedios variaron de 26 a 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, alcanzando un pico de 267 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Concluyendo que las concentraciones de material particulado se dan entre las 18:00 a 21:00 horas, alcanzando los valores más altos a partir de las 22:40 horas, lo que podría atribuirse al arrastre de contaminantes por los vientos predominantes del noreste. Además, se constató que los niveles superaban los límites recomendados por las guías de la OMS del 2005, que establecen un máximo de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM10 y 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM2.5 respectivamente.

Sanchez Imaña (2021) evaluó la relación entre el consumo de leña y la concentración de monóxido de carbono (CO) en hogares de la localidad de Calzada, donde encontró una correlación moderada entre el número de personas por hogar y la concentración de CO (0,58), y una correlación alta entre el consumo de leña y el tamaño de la familia (0,61). Concluyendo, que el consumo de leña aumenta en aproximadamente 0,05 kg por cada miembro adicional en la familia, lo que muestra la importancia de optimizar la leña como combustible en áreas rurales para cuidar la calidad del aire con gases contaminantes.

5. Conclusiones

Los niveles de concentración del PM₁₀ y SO₂ en el proceso productivo de planta de asfalto fueron 6 y 3.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 2.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, revelando que se encuentran dentro de lo permitido en D.S. N° 003-2017-MINAM, condiciones que permiten concluir que la calidad del aire es buena dentro del área de influencia del proyecto y no constituye un riesgo para la salud de la población ni del ambiente.

El monitoreo riguroso del contenido de humedad en los agregados resulta determinante para asegurar la adherencia óptima del ligante, factor crítico en la calidad final del producto. La selección meticulosa de materias primas combinadas con la incorporación estratégica de aditivos especializados permite potenciar significativamente tanto la textura superficial como la resistencia temporal del pavimento, garantizando su desempeño bajo condiciones adversas de tráfico y clima.

El monitoreo ambiental ejecutado en estaciones de muestreo estratégicamente ubicadas en la planta de producción asfáltica reveló que las concentraciones de material particulado (PM₁₀) y dióxido de azufre (SO₂) se mantienen significativamente por debajo de los límites establecidos en la norma ambiental, peruana (D.S N° 003-2017-MINAM), el cual estipula un umbral máximo de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Los análisis cuantitativos arrojaron valores de PM10 de apenas 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 3,3

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ en los puntos de control CA-P-01 y CAP-02 respectivamente, lo que representa menos del 6% del valor límite permisible, de manera similar las concentraciones de SO_2 se mantuvieron de $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en ambos puntos de muestreo muy por debajo de $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido en la norma, evidenciando que las operaciones de la planta de producción asfáltica implementan controles efectivos y no generan impactos significativos sobre la calidad atmosférica del entorno local.

Se concluye que el material particulado (PM10) y el dióxido de azufre (SO_2) están dentro de lo que establece el D. S. N° 003-2017-MINAM reflejando el control adecuado de las emisiones en la planta de asfalto, no constituyendo un riesgo ambiental en la zona, esto asegura que las operaciones que se realizan en la son ambientalmente seguras.

Financiamiento

Ninguno.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Contribución de autores

R-R, A. J., R-B, A. y L-CH, A.: conceptualización, análisis formal, investigación, metodología, curación de datos escritura (preparación del borrador final).

Referencias bibliográficas

- Alonso Aenlle, A., Álvarez Goris, H., & Pires Rivas, S. (2011). Evaluación del impacto ambiental en una planta de producción de mezcla asfáltica en caliente, considerando los factores calidad del aire y ruido. *Revista técnica de la Asociación Española de la Carretera*, 179, 81-91. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3782588>
- Arencibia, E., Junco, J., & Perera, M. (2013). Análisis de la contaminación atmosférica de la planta de asfalto caliente "Abel Santamaría", de Coliseo. *Revista Avanzada Científica*, 2-15. <http://avanzada.idict.cu/index.php/avanzada/article/view/428%0D>
- García, L. F. (2024). *Evaluación y monitoreo de polvo atmosférico sedimentable en la vía pavimentada de la Av. Ferrocarril en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo, mediante el método de placas receptoras*. Universidad Continental.
- MINAM. (2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. *Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. Diario Oficial El Peruano*. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-003-2017-MINAM.pdf>
- Morales, S. J. C., & Suyo, E. (2022). *Métodos de medición de la textura de la carpeta asfáltica para hallar la incidencia en el riesgo de accidentes* [Universidad Ricardo Palma]. <https://repositorio.urp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/2ee4f8ca-a32d-4d9a-a34b-8fd7a4954a7a/content>
- Murcia Salud. (2022). *Contaminación del aire ambiente*. Servicio de Sanidad Ambiental. <https://www.murciasalud.es/web/sanidad-ambiental/contaminacion-del-aire-ambiente>
- OMS. (2006). *Air quality guidelines: Global update 2005*. Organización Mundial de la Salud. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/107823/9789289021920eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rojas Bardales, A., & Guerra-Saldaña, M. (2022). Nivel de contaminación del aire urbano por

partículas suspendidas respirables (PM-10 y PM-2,5). *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 1(2), e373. <https://doi.org/10.51252/reacae.v1i2.373>

Sanchez Imaña, M. (2021). *Evaluación del monóxido de carbono en espacios interiores y su relación con el consumo de leña en la localidad de Calzada, 2019* [Universidad Nacional de San Martín]. <http://hdl.handle.net/11458/4498>

Saravia Solares, C. E. (2021). Evaluación de la contaminación del aire por la quema del diablo. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 16(1), 35-45. <https://doi.org/10.36829/08ASA.v16i1.1095>

WHO. (2021). *Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire*. World Health Organization. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/346062/9789240035461-spa.pdf>