



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA AMBIENTAL



**EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL
PARTICULADO CON DIAMETRO IGUAL O MENOR A
10 MICRAS A CAUSA DE FUENTES MÓVILES,
SALIDA LAMPA - JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. YANET SOLEDAD CALLOHUANCA TURPO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL
PARTICULADO CON DIAMETRO IGUAL O MENOR A
10 MICRAS A CAUSA DE FUENTES MÓVILES,
SALIDA LAMPA - JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. YANET SOLEDAD CALLOHUANCA TURPO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

PRIMER MIEMBRO

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES

SEGUNDO MIEMBRO

:


Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS

:


M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22



RESOLUCIÓN DECANAL N° 922-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 27 de agosto del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- CU-2189 presentado por el (la) Bachiller: **YANET SOLEDAD CALLOHUANCA TURPO** estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **YANET SOLEDAD CALLOHUANCA TURPO**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO CON DIAMETRO IGUAL O MENOR A 10 MICRAS A CAUSA DE FUENTES MÓVILES, SALIDA LAMPA - JULIACA**, la misma que pertenece a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- * **2do Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, M.Sc. **JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA.**

ARTICULO TERCERO . - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **YANET SOLEDAD CALLOHUANCA TURPO**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO CON DIAMETRO IGUAL O MENOR A 10 MICRAS A CAUSA DE FUENTES MÓVILES, SALIDA LAMPA - JULIACA** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : miércoles 03 de setiembre del 2025
- * **HORA** : 14:30 horas
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. OSCAR V. VIALMONTE CALLA
DECANO (e)
C.I.P. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 878-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 22 de agosto del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 2179, presentado por el señor (a) **YANET SOLEDAD CALLOHUANCA TURPO** solicitando **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, el Proveído del Director de la Unidad de Investigación de la FICP, y la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 1312-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN RESOLUCIÓN DECANAL N° 642-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **YANET SOLEDAD CALLOHUANCA TURPO** ha presentado cambio de asesor de tesis del tema investigación Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO CON DIAMETRO IGUAL O MENOR A 10 MICRAS A CAUSA DE FUENTES MÓVILES, SALIDA LAMPA - JULIACA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la FICP a tomado conocimiento que el asesor **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA** no tiene vínculo laboral en la facultad de ingenierías y ciencias puras y existiendo la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 1312-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN RESOLUCIÓN DECANAL N° 642-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**.

Estando, a la solicitud del ejecutante y en cumplimiento al reglamento al Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención Grados Académicos y Títulos Profesionales; el director de la Unidad de Investigación **Dr. Fritz Willy Mamani Apaza** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió el proveído favorable del cambio de asesor de investigación del tema titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO CON DIAMETRO IGUAL O MENOR A 10 MICRAS A CAUSA DE FUENTES MÓVILES, SALIDA LAMPA - JULIACA**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACION**, designado al señor (a): **YANET SOLEDAD CALLOHUANCA TURPO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO CON DIAMETRO IGUAL O MENOR A 10 MICRAS A CAUSA DE FUENTES MÓVILES, SALIDA LAMPA - JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL**, se le asigna como:

ASESOR: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. OSYAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 642-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 08 de julio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 6847 por el señor (a): **YANET SOLEDAD CALLOHUANCA TURPO** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 409 - 2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 020 - 2025 del integrante del comité de investigación EPISA de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **YANET SOLEDAD CALLOHUANCA TURPO**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO CON DIAMETRO IGUAL O MENOR A 10 MICRAS A CAUSA DE FUENTES MÓVILES, SALIDA LAMPA - JULIACA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación MSc. Jesus Esteban Castillo Machaca de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 020 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO CON DIAMETRO IGUAL O MENOR A 10 MICRAS A CAUSA DE FUENTES MÓVILES, SALIDA LAMPA - JULIACA**, Correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **YANET SOLEDAD CALLOHUANCA TURPO**, para optar el Título Profesional de ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO CON DIAMETRO IGUAL O MENOR A 10 MICRAS A CAUSA DE FUENTES MÓVILES, SALIDA LAMPA - JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), Dr. **EFRAIN PARILLO SOSA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



cc:
Archivo
interesado (a)





UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1312-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 17 de octubre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 11369, presentado el señor (a) **YANET SOLEDAD CALLOHUANCA TURPO** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 1189 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 147-2024 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **YANET SOLEDAD CALLOHUANCA TURPO** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO CON DIAMETRO IGUAL O MENOR A 10 MICRAS A CAUSA DE FUENTES MÓVILES, SALIDA LAMPA - JULIACA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 147-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO CON DIAMETRO IGUAL O MENOR A 10 MICRAS A CAUSA DE FUENTES MÓVILES, SALIDA LAMPA - JULIACA**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **YANET SOLEDAD CALLOHUANCA TURPO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO CON DIAMETRO IGUAL O MENOR A 10 MICRAS A CAUSA DE FUENTES MÓVILES, SALIDA LAMPA - JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
.....
Dr. MILTHON QUISEP HUANCA
DECANO
CIP. 47790

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
.....
Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



15% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 12% Fuentes de Internet
- 4% Publicaciones
- 12% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.


Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO CON DIAMETRO IGUAL O MENOR A 10 MICRAS A CAUSA DE FUENTES MÓVILES, SALIDA LAMPA - JULIACA	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	YANET SOLEDAD CALLOHUANCA TURPO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70412495
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0003-0207-8370
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4595-7589
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02306659
Datos de investigación	
Línea de investigación	Contaminación y calidad ambiental – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Latitud: S 15° 29' 27" Longitud: O 70° 07' 37"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/ughi9rjXwCxKpxZs5</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Octubre 2024 – Julio 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00 Ingeniería ambiental y geológica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS
Dr. Fritz Wally Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo YANET SOLEDAD CALLOHUANCA TURPO, identificado con DNI Nro. 70412495, en mi condición de egresado de:

- [X] Escuela Profesional
[] Programa de Segunda Especialidad,
[] Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

informo que he elaborado el/la [X] Tesis o [] Trabajo de Investigación, [] Trabajo Académico denominada:

EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO CON

DIAMETRO IGUAL O MENOR A 10 MICRAS A CAUSA DE FUENTES

MÓVILES SALIDA LAMPA - JULIACA

Asesorado por: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 09 de octubre del 2025

Firma del Asesor (obligatoria)

Firma del Estudiante (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A mi madre, Apolinaria Turpo Hanco, quien me inspiró a hacer realidad todos mis sueños y me amó incondicionalmente.

A mi hija, quien me da la fuerza para seguir adelante.

A mis hermanos, quienes siempre están ahí para mí y confían en mí, son pacientes conmigo y me apoyan en todo momento.



AGRADECIMIENTO

Siempre estaré agradecido con Dios por su gran amor, protección y sabiduría, y por estar siempre ahí para mí en los momentos difíciles.

A INVEMSAC, quien me ayudó con el proyecto de estudio y nos enseñó mucho durante el mismo, por su ayuda con el monitoreo de la calidad del aire (PM10).

A mi asesor, Parillo Sosa, por todo el tiempo y la ayuda que me brindó mientras trabajaba en este proyecto.

Finalmente, quiero agradecer a mis amigos, instructores y a todos los que me ayudaron con mis estudios y me apoyaron en mi desarrollo profesional.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	xi

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Situación problemática.....	13
1.2 Planteamiento del problema.	14
1.2.1 Problema General.....	14
1.2.2 Problemas Específicos.	14
1.3 Objetivos de la investigación.	15
1.3.1 Objetivo General.....	15
1.3.2 Objetivos Específicos.....	15
1.4 Justificación de la investigación.	15
1.4.1 Justificación Social.....	15
1.4.2 Justificación Económica.....	15
1.4.3 Justificación Ambiental	16
1.5 Hipótesis de la Investigación.	16
1.5.1 Hipótesis General.	16
1.5.2 Hipótesis Específicas.....	16
1.6 Variables e indicadores.....	17
1.6.1 Variable de caracterización.....	17
1.6.2 Variable de interés.....	17
1.7 Operacionalización de Variables.....	18



CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación..... 19
2.1.1 Antecedentes Internacionales..... 19
2.1.2 Antecedente Nacionales..... 24
2.1.3 Antecedentes locales..... 29
2.2 Bases teóricas..... 32
2.2.1 Calidad del aire y material particulado (PM10)..... 32
2.2.1.1 Naturaleza y composición del PM10 33
2.2.1.2 Principales fuentes del PM10 en Latinoamérica..... 33
2.2.1.3 Impactos del PM10 en la salud humana..... 34
2.2.1.4 Límites permisibles y normativas 35
2.2.1.5 Medidas de mitigación y desafíos 35
2.2.2 Fuentes móviles de contaminación 36
2.2.2.1 Naturaleza de las emisiones 36
2.2.2.2 Influencia de la infraestructura y el parque automotor 36
2.2.2.3 Impactos en la salud y el ambiente 37
2.2.2.4 Estrategias de mitigación 37
2.2.3 Dinámica del viento y dispersión de contaminantes 38
2.2.3.1 Rol del viento como agente de transporte 38
2.2.3.2 Efecto de la topografía y condiciones locales..... 39
2.2.3.3 La rosa de vientos como instrumento de análisis 39
2.2.3.4 Implicancias para la gestión ambiental y la salud pública..... 40
2.2.4 Condiciones climáticas y calidad del aire 40
2.2.4.1 Efecto de las precipitaciones sobre el PM10 41
2.2.4.2 Condiciones climáticas altoandinas y comportamiento del PM10..... 41
2.2.4.3 Interacción con otros factores climáticos..... 42
2.2.4.4 Implicancias para la gestión de la calidad del aire..... 43
2.2.5 Normativas sobre calidad del aire 43
2.2.5.1 Retos y perspectivas en la normativa peruana..... 45
2.3 Marco conceptual 46
2.3.1 PM10 46



- 2.3.2 Calidad del aire 46
- 2.3.3 Fuente móvil 47
- 2.3.4 Velocidad del viento 47
- 2.3.5 Dirección del viento 47
- 2.3.6 Precipitaciones 47
- 2.3.7 Normativa ECA Aire 48
- 2.3.8 WRPLOT 48

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

- 3.1 Enfoque de la investigación 49
- 3.2 Tipo de la investigación 49
- 3.3 Nivel de la Investigación 50
- 3.4 Diseño de la Investigación 50
- 3.5 Método de la Investigación 51
- 3.6 Población y Muestra 51
 - 3.6.1 Población 51
 - 3.6.2 Muestra 51
- 3.7 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos 52
 - 3.7.1 Técnicas de recolección de datos 52
 - 3.7.2 Instrumentos de recolección de datos 54
- 3.8 Procedimiento para la recolección de datos 56
 - 3.8.1 Desarrollo de plan de investigación 57
- 3.9 Procesamiento de datos 61

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- 4.1 Resultados 62
 - 4.1.1 Concentración de material particulado a causa de fuentes móviles 63
 - 4.1.2 Dinámica del viento en los puntos de monitoreo 66
 - 4.1.3 Fuentes móviles con la concentración de material particulado PM10 70
- 4.2 Discusión de resultados 72



CONCLUSIONES	76
RECOMENDACIONES.....	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
ANEXOS	81



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operación de variables.	18
Tabla 2 Comparación normativa en América Latina.	45
Tabla 3 Concentraciones de PM10 en los puntos de monitoreo.	63
Tabla 4 Comparación de Concentraciones con Normativas.	64
Tabla 5 Factores que Inciden en la Elevada Concentración de PM10.	65
Tabla 6 Relación entre PM10 y Volumen Vehicular.	65
Tabla 7 Velocidad del viento en los puntos de monitoreo.	66
Tabla 8 Dirección predominante del viento.	67
Tabla 9 Relación entre dinámica del viento y concentración de PM10.	69
Tabla 10 Volumen de circulación vehicular en los puntos de monitoreo.	70
Tabla 11 Relación entre volumen vehicular y concentración de PM10.	71
Tabla 12 Influencia de la vía y condiciones ambientales.	71



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Comparación del material particulado con igual o menor a 10 micras con normativas estandarizadas.	64
Figura 2 Dinámica del viento de la Av. Andrés Avelino Cáceres.	67
Figura 3 Dinámica del viento de la Av. Andrés Avelino Cáceres.	68
Figura 4 Dinámica del viento frente a Revisiones Técnica.	68
Figura 5 Dinámica del viento frente a Revisiones Técnicas.....	69



RESUMEN

La tesis titulada "Evaluación de la concentración del material particulado con diámetro igual o menor a 10 micras a causa de fuentes móviles, Salida Lampa - Juliaca", tuvo como objetivo evaluar la calidad del aire en relación con la concentración de material particulado con diámetro igual o menor a 10 micras (PM10) atribuida a fuentes móviles en el sector de salida a Lampa, provincia de San Román. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, con nivel descriptivo, diseño no experimental y utilizando el método científico para la recolección y análisis de datos. Se realizaron monitoreos en dos puntos estratégicos: la Av. Andrés Avelino Cáceres y el área frente a Revisión Técnica, obteniéndose concentraciones promedio de $137.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $114.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 respectivamente, valores que superan los límites establecidos por la normativa nacional (ECA Perú: $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e internacional (OMS: $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$) para 24 horas. El estudio incluyó el análisis de la dinámica del viento, registrando velocidades entre 2.10 y 8.80 m/s con dirección predominante noreste a sureste, lo que favorece la dispersión y resuspensión de partículas. Además, se cuantificó el flujo vehicular, identificando 536 vehículos en la Av. Andrés Avelino Cáceres y 418 frente a Revisión Técnica, confirmando la influencia directa de las fuentes móviles en la contaminación atmosférica. Los resultados evidencian una situación crítica de calidad del aire, con riesgos significativos para la salud pública y el ambiente, especialmente en periodos de estiaje y en vías no asfaltadas. Se recomienda la implementación de medidas de control, como la pavimentación de vías, regulación del tránsito y fortalecimiento del monitoreo ambiental, para mitigar los efectos negativos del PM10 en la zona de estudio.

Palabras clave: PM10, Calidad del aire, Fuentes móviles, Tránsito vehicular.



ABSTRACT

The thesis, entitled "Evaluation of the concentration of the particulate material with diameter equal to or less than 10 microns due to mobile sources, Lampa - Juliaca output", aimed to evaluate air quality in relation to the concentration of particulate material with diameter equal to or less than 10 microns (PM10) attributed to mobile sources in the exit sector to Lampa, San Román province. The research was developed under a quantitative, applied type, descriptive level, non -experimental design and using the scientific method for data collection and analysis. Monitoring in two strategic points were performed: Andrés Avelino Cáceres Av. hours. The study included the analysis of wind dynamics, registering speeds between 2.10 and 8.80 m/s with a predominant direction northeast to southeast, which favors dispersion and resuspension of particles. In addition, the vehicular flow was quantified, identifying 536 vehicles on Av. Andrés Avelino Cáceres and 418 against technical review, confirming the direct influence of mobile sources in air pollution. The results show a critical situation of air quality, with significant risks for public health and the environment, especially in periods of stroke and in non -paved roads. The implementation of control measures, such as road paving, traffic regulation and strengthening of environmental monitoring, is recommended to mitigate the negative effects of the PM10 in the study area.

Keywords: PM10, air quality, mobile sources, vehicular traffic.



INTRODUCCIÓN

La calidad del aire es un componente vital para la salud de la población y el bienestar general de las comunidades. Esto es especialmente cierto en entornos metropolitanos y periurbanos, donde uno de los principales factores de contaminación es el tráfico vehicular a velocidades de autopista. Debido al alto número de automóviles que circulan por carreteras sin pavimentar, la calidad del aire en la provincia de San Román, y más específicamente en la zona de salida de Lampa de la ciudad de Juliaca, se ha visto afectada negativamente. El aumento del número de vehículos en circulación produce mayor material particulado, concretamente partículas con un diámetro de 10 micras o menos (PM10). La presencia de material particulado, y en particular de PM10, en el aire tiene un efecto perjudicial para la salud humana. Además, tiene el potencial de agravar problemas de salud preexistentes, así como de causar enfermedades que afectan los sistemas cardiovascular y respiratorio. Además, es probable que la exposición prolongada a este contaminante contribuya a reducir la calidad de vida de las personas, especialmente en lugares con alta densidad de tráfico e infraestructura vial deficiente. Esta preocupación es especialmente prevalente en lugares con infraestructura vial inadecuada. El objetivo de este estudio es realizar un análisis de la dinámica del viento para comprender la dispersión de material particulado PM10, así como determinar su concentración en la región de salida de Lampa e identificar las fuentes móviles responsables de la misma. Esta investigación se lleva a cabo de acuerdo con las regulaciones que rigen la calidad del aire y la salud de la población en general, las cuales son regidas por organizaciones nacionales e internacionales. Se espera que los datos recopilados influyan en las decisiones que se toman con respecto a la gestión de la contaminación y las técnicas que se implementan para mitigar sus efectos en esta región.

La tesis consta por 4 capítulos:



Capítulo I: Se inicia abordando una problemática específica dentro de un entorno real, planteando las condiciones que motivan su análisis. A partir de ello, se definen los propósitos centrales y el marco que guía la investigación. La temática cobra sentido al enmarcarse en una necesidad concreta dentro del área de estudio.

Capítulo II: Este apartado reúne conocimientos previos relacionados con el tema, seleccionados según su pertinencia y respaldo académico. Sirve como base interpretativa para comprender los elementos tratados a lo largo del estudio. Así, se establece una línea conceptual clara que conecta teoría y aplicación.

Capítulo III: Se describe cómo se organizó el proceso investigativo, indicando los pasos seguidos para recoger y tratar la información. El diseño metodológico responde a los fines del estudio y a su naturaleza. Se precisan criterios, técnicas e instrumentos que sustentan la validez de los datos obtenidos.

Capítulo IV: Aquí se revelan los efectos del trabajo aplicado, ordenando los datos en función de los objetivos trazados. La interpretación de los resultados permite contrastar lo esperado con lo observado. Además, se reflexiona sobre las implicancias y aportes que emergen del análisis realizado.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Situación problemática.

En los últimos años, la calidad del aire en diversas zonas de la provincia de San Román, especialmente en el sector de salida a Lampa, ha sido un tema de creciente preocupación. La actividad vehicular en esta área, principalmente el tránsito de vehículos pesados por vías no asfaltadas, ha incrementado significativamente la emisión de material particulado, especialmente PM10, el cual es uno de los contaminantes más perjudiciales para la salud humana. Según los estudios previos realizados en diversas ciudades del mundo, la exposición a niveles elevados de PM10 está asociada con problemas respiratorios y cardiovasculares, así como con un incremento de enfermedades crónicas y la mortalidad prematura.

A pesar de la creciente evidencia sobre los riesgos de la contaminación por material particulado, existen pocos estudios que aborden específicamente la situación en la provincia de San Román, lo que limita la capacidad de los organismos responsables de la salud pública y del medio ambiente para implementar políticas efectivas para reducir la polución y mitigar sus impactos. A nivel local, se observa una escasa infraestructura vial y la falta de medidas de control de emisiones vehiculares, lo que agrava la situación.



El problema se ve intensificado durante la temporada de estiaje, cuando la ausencia de precipitaciones contribuye a la acumulación del material particulado en el aire, afectando principalmente a las poblaciones cercanas a las principales rutas de tránsito. Además, la dinámica del viento en la región facilita la dispersión de las partículas, lo que aumenta el alcance de la contaminación en áreas circundantes.

En este contexto, es fundamental contar con datos actualizados y específicos sobre la concentración de PM10 y su relación con las fuentes móviles de emisión, con el fin de proporcionar evidencia científica que apoye la toma de disposiciones en manejos oficiales y estrategias de mitigación. Este estudio busca llenar este vacío y ofrecer soluciones basadas en la información obtenida a través del monitoreo y análisis exhaustivo de la calidad del aire en el sector de salida a Lampa.

1.2 Planteamiento del problema.

1.2.1 Problema General.

¿Cómo afecta la concentración del material particulado con diámetro igual o menor a 10 micras, proveniente de fuentes móviles, a la calidad del aire en el sector de salida a Lampa, Provincia de San Román?

1.2.2 Problemas Específicos.

1. ¿Cuál es la concentración de material particulado PM10 en la zona de salida a Lampa debido a las fuentes móviles?
2. ¿Cómo influye la dinámica del viento en la dispersión del material particulado en la zona?
3. ¿Qué fuentes móviles contribuyen de manera significativa a la concentración de PM10 en esa área?



1.3 Objetivos de la investigación.

1.3.1 Objetivo General

Evaluar la calidad del aire en el sector de salida a Lampa, Provincia de San Román, en relación con la concentración de material particulado (PM10) proveniente de fuentes móviles.

1.3.2 Objetivos Específicos.

1. Monitorear las concentraciones de material particulado (PM10) en el área de salida a Lampa, causadas por fuentes móviles.
2. Analizar la dinámica del viento en los puntos de monitoreo.
3. Localizar las fuentes móviles que contribuyen a las concentraciones de material particulado en el área.

1.4 Justificación de la investigación.

1.4.1 Justificación Social

La contaminación por PM10 afecta directamente la salud de la población, incrementando el riesgo de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, especialmente en grupos vulnerables como niños y adultos mayores. Este estudio contribuye a sensibilizar a la comunidad sobre los riesgos asociados a la exposición a material particulado y promueve la participación ciudadana en la vigilancia ambiental. Además, la divulgación de los resultados puede motivar cambios en los hábitos de movilidad y fortalecer la conciencia colectiva sobre la importancia de un entorno saludable.

1.4.2 Justificación Económica

El deterioro de la calidad del aire tiene impactos económicos significativos, tanto por el aumento de los costos en salud pública como por la disminución de la productividad

laboral debido a enfermedades asociadas a la contaminación. La investigación permitirá cuantificar y visibilizar estos impactos, justificando la inversión en estrategias de control y prevención de emisiones vehiculares. Asimismo, una mejor calidad del aire puede favorecer el desarrollo económico sostenible, al hacer más atractiva la zona para la inversión y el turismo, y reducir los gastos asociados a la atención de enfermedades ambientales.

1.4.3 Justificación Ambiental

El material particulado PM10 no solo afecta la salud humana, sino también los ecosistemas locales, alterando la calidad del suelo, el agua y la vegetación. El estudio permitirá identificar los efectos ambientales de la contaminación por fuentes móviles y proponer acciones para mitigar el deterioro ambiental. Además, contribuirá a la protección de la biodiversidad y a la preservación de los recursos naturales, alineándose con los justos de progreso razonable y la misión integral del ambiente.

1.5 Hipótesis de la Investigación.

1.5.1 Hipótesis General.

La concentración de material particulado con diámetro igual o menor a 10 micras (PM10) en el sector de salida a Lampa de la provincia de San Román, superara los estándares de calidad ambiental del aire debido a la influencia de fuentes móviles.

1.5.2 Hipótesis Específicas.

- a) La concentración de PM10 en los puntos de monitoreo varía significativamente en función del flujo vehicular registrado en el sector de salida a Lampa.
- b) La dinámica del viento (velocidad y dirección) influye en la dispersión y concentración de PM10 en los puntos de monitoreo seleccionados.



- c) La localización de fuentes móviles (zonas de mayor tráfico vehicular) se asocia con los picos más altos de concentración de PM10 en el área de estudio.

1.6 Variables e indicadores.

1.6.1 Variable de caracterización.

Fuentes móviles

Dimensiones:

- Tráfico vehicular
- Dinámica del viento.
- Condiciones climáticas.

Indicadores:

- V.C.: 1 (Tráfico vehicular): Se registra el volumen de vehículos circulando en las franjas horarias establecidas (07:00-08:00, 12:30-13:30, 16:00-17:00), correlacionando el tráfico con la concentración de PM10.
- V.C.: 2 (Dinámica del viento): Se mide la velocidad y dirección (m/s) usando el modelado WRPLOT, para observar cómo afecta la dispersión de las partículas.
- V.C.: 3 (Condiciones climáticas): Se considera la falta de precipitaciones en el período de medición, ya que puede influir en la dispersión del material particulado.

1.6.2 Variable de interés

Concentración de material particulado

Dimensiones:

- Concentración de PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Calidad del aire según límites de ECA en el Aire y la OMS



1.7 Operacionalización de Variables.

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable de Caracterización	Definición	Dimensión	Indicadores	Inst. de medición
Fuentes móviles	Las fuentes móviles están comprendidas como los factores que influyen sobre un determinado campo o grupo, en este caso son los vehículos motorizados que emiten PM10 al aire en la zona de estudio. La velocidad y dirección del viento que dispersa el PM10. Y las precipitaciones que afectan la dispersión del PM10.	Tráfico vehicular	- Volumen de vehículos (07:00-08:00, 12:30-13:30, 16:00-17:00)	Conteo manual o automático de vehículos.
		Viento	- Velocidad del viento (m/s). - Dirección del viento (noreste-sureste)	Modelado con WRPLOT.
		Precipitaciones	- Precipitaciones diarias (mm/día)	Datos meteorológicos locales.
Variable de Interés	Definición	Dimensión	Indicadores	Inst. de Medición
Concentración de material particulado	La concentración de material particulado se refiere a la cantidad de partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire, manifestada como la masa de estas partículas dividida por el volumen de aire muestreado, estudiándose la concentración de PM10 en el aire en puntos específicos.	Concentración de PM10	Concentración promedio de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Comparación según ECA y OMS.	Monitores de PM10 (automáticos o manuales).

Nota. Elaboración propia



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación.

2.1.1 *Antecedentes Internacionales.*

Según Fabricio. (2019). Su investigación "Propuesta para la evaluación de material particulado mp2. 5 μm y mp10 μm generado por fuentes fijas y móviles en la avenida San Juan Bosco sector fertisa Sur De Guayaquil." Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), aproximadamente una de cada nueve muertes en el mundo está vinculada directamente con la exposición prolongada a contaminantes atmosféricos, siendo el material particulado (MP), especialmente las fracciones PM2.5 y PM10, una de las amenazas más críticas. Estas partículas, debido a su reducido tamaño, pueden penetrar profundamente en el sistema respiratorio e incluso llegar al torrente sanguíneo, desencadenando procesos inflamatorios sistémicos. En este contexto, la ciudad de Guayaquil constituye un caso representativo de esta problemática. Para el año 2019, se estimaba que circulaban aproximadamente 500,000 vehículos en la ciudad, con un incremento anual de cerca de 45,000 unidades. Este crecimiento sostenido del parque automotor, sumado a la falta de políticas ambientales efectivas y a la ausencia de transporte público masivo eficiente, plantea una amenaza creciente para la salud ambiental y humana. A pesar de esta situación, aún no se cuenta con estudios epidemiológicos



sistemáticos que establezcan una correlación directa entre la exposición a contaminantes y la incidencia de enfermedades respiratorias en la población guayaquileña. Los resultados revelaron un alto nivel de preocupación: el 80 % de los encuestados manifestó inquietud por su salud, el 45 % indicó padecer hipertensión, el 30 % reportó afecciones pulmonares, el 15 % asma y, de forma alarmante, un 30 % afirmó haber perdido a un familiar por causas relacionadas con enfermedades respiratorias. Estos hallazgos reflejan una situación de vulnerabilidad que exige respuestas inmediatas. La EPA recomienda enfáticamente la implementación de estrategias de mitigación que incluyan la reducción de emisiones, tanto a nivel industrial como vehicular. En esa línea, se plantea la necesidad de un programa de prevención integral, que contemple campañas de sensibilización ambiental, difusión de información científica comprensible y jornadas de capacitación comunitaria, con el objetivo de empoderar a la ciudadanía para actuar frente a los riesgos asociados a la contaminación del aire.

Según (Chiluza Ramirez, 2019) su estudio "Evaluación de la Concentración de Material Particulado PM10 y PM2.5 en la Parroquia Belisario Quevedo de la Provincia de Cotopaxi en el periodo 2018 – 2019". El tamaño de las partículas es un factor determinante en su capacidad para causar efectos adversos en la salud humana, especialmente aquellas que logran penetrar profundamente en el sistema respiratorio. Estas partículas, producto de diversas fuentes antropogénicas como el tráfico vehicular, la actividad industrial y la combustión de biomasa, pueden encontrarse tanto depositadas en el suelo como suspendidas en el aire. En el ámbito de la eficacia del aire, se clasifica al material particulado en función de su diámetro aerodinámico: las partículas gruesas (PM10), con un tamaño de hasta 10 micrómetros (μm), y las partículas finas (PM2.5), con un diámetro igual o menor a 2.5 μm , siendo estas últimas las más perjudiciales por su facilidad para ingresar al sistema pulmonar y circulatorio. Con este estudio, esperamos recopilar información precisa que oriente el desarrollo de planes de mitigación para mejorar la salud pública y proteger el delicado equilibrio ecológico de la zona. Este enfoque metodológico



permitió comparar los niveles de concentración de partículas en ambientes con distintas características geográficas y de actividad humana, con el fin de identificar patrones de comportamiento del contaminante según la hora del día y la dinámica del entorno. En los registros obtenidos en el sector Galpón Bajo, correspondiente a la zona rural, se identificaron niveles de PM10 dentro de los límites establecidos, con un valor máximo de $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrado a las 5:00 a. m., mientras que para PM2.5 se obtuvo un pico de $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 7:00 a. m. En varias horas del día se registraron valores cercanos a cero, lo que refleja una baja actividad vehicular y, por ende, una mínima generación de material particulado. En contraste, en el sector urbano del centro parroquial se observaron picos más elevados, alcanzando $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM10 entre las 19:00 y 20:00 horas, y un valor máximo de $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM2.5 a las 19:00 horas. Estos resultados indican una mayor concentración de contaminantes en las horas de mayor congestión vehicular. A pesar de estos picos, todas las mediciones se mantuvieron por debajo de los límites permisibles establecidos por la normativa vigente, aunque es necesario considerar la exposición acumulativa de la población, lo cual justifica la implementación de políticas preventivas y de control de emisiones en las zonas urbanas más críticas.

Según (Rodríguez Castro, 2019) su estudio "Evaluación de la concentración de material particulado de pm 2.5 y pm 10 en la Parroquia La Matriz en el Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi en el período 2018 – 2019". El objetivo principal fue evaluar los niveles de concentración de material particulado en ambas zonas, caracterizando los puntos de muestreo según sus condiciones geográficas y actividades predominantes. Para ello, se empleó un enfoque de muestreo probabilístico y se utilizó el equipo E-BAM, instrumento de alta precisión que permite obtener datos en tiempo real sobre la calidad del aire. El monitoreo se realizó en dos jornadas consecutivas de 24 horas: del 15 de mayo a las 15h00 hasta el 16 de mayo a las 14h00 en la plaza El Salto, y del 16 de mayo a las 15h00 hasta el 17 de mayo a las 14h00 en la plaza San Agustín. Durante el proceso de monitoreo, se identificaron los valores horarios de mayor concentración y se compararon



con los límites permisibles establecidos en el Libro VI, Anexo 4 de la normativa ecuatoriana TULSMA, que fija en $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el valor máximo permitido para PM_{10} y en $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $\text{PM}_{2.5}$. En la plaza El Salto, los registros más elevados de PM_{10} se presentaron a las 14h00 con $79 \mu\text{g}/\text{m}^3$, seguido de picos menores a las 19h00 ($22 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y 20h00 ($24 \mu\text{g}/\text{m}^3$), con un promedio general de $13,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Para el caso del $\text{PM}_{2.5}$, el valor máximo se registró a las 21h00 con $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, seguido por $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 19h00 y $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 18h00, obteniéndose un promedio de $6,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos valores, aunque reflejan cierta variabilidad en las horas pico, se encuentran por debajo de los niveles críticos, lo que indica una situación aceptable de calidad del aire en dicha zona durante el período de estudio. Por su parte, en la plaza San Agustín, se evidenció una mayor carga de material particulado, especialmente en las horas de mayor tránsito y actividad. Para PM_{10} , el pico más alto fue de $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 7h00, seguido de $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 24h00 y $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 10h00, alcanzando un promedio de $14,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En cuanto al $\text{PM}_{2.5}$, se registraron niveles máximos de $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a la 01h00, $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 20h00 y $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 07h00, con un promedio de $14,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Aunque estos valores se mantuvieron dentro de los límites permisibles, superaron los promedios registrados en la plaza El Salto, lo que sugiere una mayor afectación en términos de calidad del aire en la zona céntrica. En conclusión, ambos sectores cumplen con la normativa ecuatoriana vigente; sin embargo, los datos evidencian la miseria de realizar moderadas de inspección ambiental y movilidad urbana sostenible, especialmente en áreas con mayor flujo vehicular y densidad poblacional, a fin de prevenir impactos negativos acumulativos en la salud pública y el ambiente.

Según (Jaya Lema, 2024) su estudio "Evaluación de la concentración de material particulado $\text{pm}_{2,5}$ y pm_{10} en el terminal terrestre del cantón Salcedo de la provincia de Cotopaxi". Las actividades humanas cotidianas, especialmente en entornos urbanos, suelen tener un impacto directo sobre la atmósfera, generando emisiones de material particulado (MP) y gases contaminantes que afectan al medio ambiente como salud pública. La exhibición dilatada a contaminantes como PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$ ha sido relacionada



con enfermedades respiratorias y cardiovasculares, lo que convierte su monitoreo y control en una necesidad prioritaria. Este estudio se propuso abordar esta cuestión midiendo los niveles de PM_{2.5} y PM₁₀ en el aire cerca de la terminal de autobuses del cantón Salcedo, en la provincia de Cotopaxi, y sugiriendo maneras de reducir dichos niveles y mejorar la calidad del aire en esta región densamente poblada. Se estableció un método aceptable para detectar partículas suspendidas en el aire mediante la observación directa de la región de estudio, lo cual contribuyó al desarrollo de la investigación. Se seleccionaron tres puntos estratégicos dentro y alrededor del terminal terrestre, donde se instalaron los equipos de monitoreo E-BAM, los cuales funcionan mediante el principio de atenuación de radiación beta y permiten medir el peso del material particulado que se deposita en un filtro durante un periodo de 24 horas continuas. Esta técnica, reconocida por su precisión, cumple con los lineamientos establecidos por la normativa ambiental ecuatoriana TULSMA, particularmente el Libro VI, Anexo 4, que fija como límites máximos permisibles 100 µg/m³ para PM₁₀ y 50 µg/m³ para PM_{2.5}. Los datos fueron recolectados automáticamente y posteriormente analizados y comparados con los valores establecidos por la normativa vigente, con el fin de determinar el nivel de afectación ambiental en el área intervenida. Los resultados del monitoreo evidenciaron que los niveles de material particulado registrados en los tres puntos de muestreo se mantuvieron, en general, por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por la legislación ambiental. No obstante, se identificaron picos horarios en ciertos días donde los valores de concentración aumentaron significativamente, lo cual se atribuye a factores como el incremento del flujo vehicular, la resuspensión de polvo por el viento, y la falta de zonas verdes o amortiguamiento ambiental en los alrededores del terminal. En función de estos hallazgos, se proponen estrategias de mitigación enfocadas en el control del tránsito, la implementación de campañas de educación ambiental dirigidas a los usuarios y trabajadores del terminal, así como la instalación de barreras vegetales y zonas de amortiguamiento ecológico. Estas acciones buscan mantener la calidad del aire dentro de parámetros aceptables y prevenir un incremento futuro de la contaminación atmosférica en esta área clave del cantón Salcedo.



2.1.2 Antecedente Nacionales.

Según (Aquino Aylas, 2019) su tesis "Evaluación del Riesgo por Inmisión de Material Particulado 2.5 en El Condominio Los Robles del Distrito de El Agustino". A nivel mundial, tanto en países ricos como en desarrollo, la población está sufriendo los efectos de la contaminación atmosférica, que se ha convertido rápidamente en una importante preocupación ambiental. Este problema surge cuando existe un desajuste entre la actividad humana y la preservación del medio ambiente, lo que provoca la liberación de gases y partículas que modifican la atmósfera y representan una amenaza para los ecosistemas y la salud humana. Entre los contaminantes más perjudiciales destacan el material particulado (PM10 y PM2.5), el ozono troposférico (O₃), el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el dióxido de azufre (SO₂), según lo establece la (OMS) en sus Guías de Calidad del Aire. En el año 2012, la OMS reportó cerca de tres millones de muertes prematuras asociadas a la contaminación atmosférica, de las cuales un 72 % correspondió a enfermedades cardiovasculares, un 14 % a enfermedades pulmonares obstructivas y otro 14 % a cáncer pulmonar, siendo el PM2.5 el contaminante con mayor grado de responsabilidad en estos desenlaces fatales. En el contexto nacional, el Perú ha enfrentado importantes desafíos en aptitud de aire. En Lima, capital del país, presenta los mayores índices de contaminación atmosférica, con concentraciones que en algunos sectores llegan a superar los 80 µg/m³ de PM10. Según datos de la Dirección de Salud V (DISA V), en el año 2011, Lima Este registró valores de PM2.5 que excedieron los límites máximos permisibles establecidos (50 µg/m³), alcanzando niveles de 64.48 µg/m³ en enero y 77.68 µg/m³ en marzo, con un promedio anual de 52 µg/m³. Estas cifras, además, se correlacionan con una tasa de morbilidad por enfermedades respiratorias del 25 % en Lima Metropolitana durante los años 2006 y 2007. Si bien el Estado ha emitido normativas clave —como el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (DS N.º 074-2001-PCM) y el Reglamento de Estados de Alerta Nacional para Contaminantes del Aire (DS N.º 009-2003-SA)—, la implementación de estas medidas ha tenido un impacto limitado. Esto refleja la urgencia de fortalecer los mecanismos de fiscalización y control,



así como de sensibilizar a la población sobre los efectos de la contaminación. Actualmente, el Ministerio del Ambiente (MINAM) identifica al parque automotor como la principal fuente de contaminación del aire en Lima Metropolitana, generando aproximadamente el 70 % del total de emisiones, mientras que el 30 % restante proviene de fuentes industriales estacionarias. Dentro de todos los contaminantes atmosféricos, el material particulado (especialmente PM_{2.5}) representa el mayor peligro para la salud pública, debido a su capacidad de penetrar profundamente en los pulmones y alcanzar el sistema circulatorio. Diversos estudios evidencian que su exposición está asociada con un aumento en las enfermedades respiratorias como asma, bronquitis, EPOC y también con casos de mortalidad prematura. Ante este panorama, el presente trabajo de investigación se propone analizar, de forma localizada y temporal, los horizontes de reunión del basto particulado en zonas específicas de la ciudad, y evaluar su impacto sobre la población cercana a los puntos de monitoreo. Ello permitirá identificar zonas de mayor vulnerabilidad y proponer medidas concretas para reducir la exposición ciudadana a estos contaminantes críticos.

Según (Cruz Ramos & Salcedo Ccallohuanca, 2019) su tesis "Determinación de material particulado menor a 10 μm y 2.5 μm , nitratos y sulfatos, y su relación con la disminución de la función pulmonar en vendedores ambulantes expuestos en el Centro Histórico del Cusco". El objetivo principal de esta investigación fue cuantificar los niveles de PM_{2,5} y PM₁₀, o partículas menores de 10 micrómetros, así como de compuestos químicos asociados como nitratos y sulfatos. Para ello, se establecieron cinco puntos estratégicos de muestreo dentro del Centro Histórico, donde se recolectaron muestras de PM₁₀ y PM_{2.5} mediante el método gravimétrico, y se analizaron los niveles de nitratos y sulfatos utilizando técnicas espectrofotométricas en laboratorio. Este enfoque metodológico permitió integrar datos ambientales con indicadores fisiológicos de salud respiratoria en una población laboralmente expuesta. Los resultados indicaron que el promedio de concentración de PM₁₀ fue de 35.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valor que se encuentra por debajo



de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos tanto por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como por el Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM). En cambio, el promedio de PM_{2.5} fue de 47.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, superando el umbral protegido por la OMS (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), aunque aún dentro del límite permitido por el MINAM (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). En cuanto a los contaminantes secundarios, se halló que la concentración promedio de nitratos en PM₁₀ y PM_{2.5} fue de 0.26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 0.35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, mientras que junta de sulfatos fue de 1.80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM₁₀ y 1.32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM_{2.5}. Estas cifras reflejan una carga moderada de contaminantes en el aire de esta zona urbana de alta actividad comercial y turística, donde los vendedores ambulantes están sometidos a exposición continua sin protección adecuada. Respecto a la función pulmonar de los trabajadores evaluados, los parámetros espirométricos revelaron una media de Capacidad Vital Forzada (FVC) de 3.01 L (± 0.85), un Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo (FEV₁) de 2.48 L (± 0.71) y una relación FEV₁/FVC de 82.53% (± 6.26), valores dentro del rango fisiológico normal. Además, se halló que el porcentaje promedio de FVC y FEV₁ respecto a los valores esperados fue de 105.10% y 106.55% respectivamente. No obstante, el 20% de los evaluados presentó un patrón espirométrico obstructivo, mientras que el 80% mostró resultados normales. A pesar de los niveles detectados de contaminantes atmosféricos, el análisis estadístico no evidenció una relación significativa entre las concentraciones de PM₁₀, PM_{2.5}, nitratos y sulfatos con los valores de FVC (%) y FEV₁ (%). Esta ausencia de correlación podría explicarse por la duración limitada del estudio, el tamaño de la muestra o factores individuales como el uso intermitente de mascarillas o exposición previa. Sin embargo, los hallazgos resaltan la necesidad de implementar medidas de prevención y monitoreo continuo para proteger la salud de las personas expuestas de forma crónica a contaminantes del aire.

Según (De La Cruz Cruz, 2020) su tesis "Parámetros físicos en condiciones meteorológicas que afectan la remoción de material particulado en una cámara de sedimentación por gravedad". Los investigadores se propusieron determinar cómo



diversos factores físicos afectaban la eficacia de la eliminación de átomos en un aparato de precipitación gravitacional bajo condiciones climáticas variables. Se utilizaron experimentos de laboratorio correlacionales explicativos para explorar el efecto de los factores físicos en el comportamiento del sistema, incluyendo la velocidad angular, la frecuencia y el caudal. Se utilizó como muestra 0,500 kg de chuño, un material particulado con un diámetro promedio mayor a 50 μm , seleccionado por su similitud con partículas suspendidas en ambientes semi-industriales. Para el diseño estructural del sistema se empleó el software SolidWorks 2018, y en la construcción de los componentes —el soplador centrífugo, la cámara de sedimentación y el elevador— se utilizaron materiales como planchas galvanizadas, acrílico transparente y ángulos de hierro negro, garantizando tanto funcionalidad como visibilidad del proceso. El experimento se desarrolló en condiciones ambientales de primavera, específicamente durante el mes de diciembre del año 2019. A lo largo del estudio se recopiló 40 series de datos correspondientes a la eficiencia de captura del material particulado frente a diversos parámetros físicos. El análisis estadístico reveló una fuerte correlación entre estas variables, con coeficientes de determinación (R^2) que oscilaron entre 0.9054 y 0.9922. Estos resultados fueron expresados mediante ecuaciones de ajuste de tipo exponencial de segundo grado y polinómicas cuadráticas, lo que evidencia un comportamiento no lineal en la respuesta del sistema ante variaciones físicas controladas. Asimismo, se observó que en el rango de frecuencia entre 54 Hz y 60 Hz la curva de crecimiento de la eficiencia de captura presentaba una pendiente poco pronunciada, lo que indica un incremento lento en la remoción del material particulado bajo dichas condiciones. El valor máximo de eficiencia de captura alcanzado fue del 96.052 %, registrado cuando el soplador centrífugo operó a una velocidad angular de 4618.7 revoluciones por minuto (RPM). Este hallazgo destaca la importancia del control preciso de las condiciones operativas del sistema para optimizar el proceso de sedimentación. Sin embargo, se concluyó que las condiciones meteorológicas —como temperatura ambiente, humedad relativa y presión atmosférica— no presentaron una relación matemática significativa con la eficiencia del sistema, lo que limita su inclusión



en modelos predictivos precisos. A pesar de ello, este estudio aporta evidencia valiosa para el diseño y optimización de cámaras de sedimentación por gravedad, y sienta las bases para futuras investigaciones que integren variaciones ambientales más amplias y prolongadas en el tiempo, con el fin de desarrollar tecnologías sostenibles de control de emisiones particuladas.

Según (Cabrera Díaz, 2019) su tesis "Material particulado 2.5 micrómetros (μM) y la morbilidad respiratoria en los habitantes de Santa Luzmila en el distrito de Comas". Este estudio tuvo como objetivo examinar la correlación entre la exposición a $\text{PM}_{2.5}$ y la frecuencia de trastornos respiratorios en la Urbanización Santa Luzmila, ubicada en el distrito limeño de Comas. Entre 2012 y 2017, se revisaron 459 casos de asma, bronquitis aguda, faringoamigdalitis aguda, amigdalitis aguda y bronquitis inespecífica. La información recopilada por DIGESA y el establecimiento de salud Santa Luzmila (MINSA) se utilizó en la investigación longitudinal no experimental. La relación entre los niveles de $\text{PM}_{2.5}$ y los casos de amigdalitis aguda inespecífica (J039) resultó ser estadísticamente significativa ($r = 0,265$). Si bien este valor indica una relación de magnitud moderada, resulta relevante desde el punto de vista epidemiológico, ya que sugiere que la exposición a contaminantes del aire podría incidir en la aparición o agravamiento de esta enfermedad respiratoria. En contraste, las pruebas de hipótesis aplicadas a las otras seis patologías respiratorias analizadas no arrojaron resultados estadísticamente significativos, lo cual podría estar asociado a múltiples factores como la variabilidad estacional, diferencias en la susceptibilidad individual, o la interacción con otros contaminantes no contemplados en el presente estudio. En conclusión, se puede inferir que el material particulado $\text{PM}_{2.5}$ representa un posible factor coadyuvante en la incidencia de la Amigdalitis Aguda en la urbanización de Santa Luzmila, aunque no puede considerarse como causa única o principal. Su presencia en el aire contaminado actúa probablemente en combinación con otros elementos del entorno, tales como condiciones meteorológicas, hábitos de salud de la población, exposición a otros contaminantes atmosféricos o factores socioeconómicos.



Estos hallazgos refuerzan la necesidad de continuar con investigaciones más amplias que incluyan análisis multivariados y un seguimiento continuo de la calidad del aire, con el fin de identificar con mayor precisión los factores de riesgo respiratorio y promover políticas públicas orientadas a mejorar la salud ambiental y prevenir enfermedades respiratorias en zonas urbanas densamente pobladas.

2.1.3 Antecedentes locales.

Según (Flores Contreras, 2023) su trabajo "Evaluación de la calidad del aire respecto al parámetro material particulado menores a 10 micrómetros en el contexto de la Covid-19 en la ciudad de Puno". El objetivo principal de esta tesis es evaluar, desde un enfoque comparativo, la calidad del aire en la ciudad de Puno, Perú, antes y durante el contexto de la pandemia por la Covid-19, específicamente en relación con las concentraciones de material particulado con diámetro aerodinámico menor a 10 micrómetros (PM10). La categoría de examen reside en que, durante la pandemia, muchas actividades humanas particularmente el transporte vehicular e industrial se vieron drásticamente reducidas, lo que permite establecer un contraste significativo respecto a los niveles de contaminación atmosférica en contextos de alta y baja actividad antrópica. La recolección de datos se desplegó en tres cursos: (1) colección de pesquisa secundaria proveniente de investigaciones y registros previos a la pandemia, lo que proporcionó una base histórica confiable; (2) realización de dos campañas de monitoreo específicas durante el periodo de confinamiento, utilizando el equipo Hi-Vol de la marca Thermo, reconocido por su precisión en la medición de material particulado; y (3) comparación estadística de los valores mediante la aplicación de la prueba t de Student, para determinar si las diferencias observadas eran significativas. En el periodo anterior a la pandemia, las concentraciones de PM10 registradas fueron de 50.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 87.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 49.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que durante la pandemia se obtuvieron valores de 10.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 28.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 35.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Todos estos resultados se ubicaron por debajo del límite permitido por el Estándar de Calidad Ambiental para Aire (ECA-Aire) establecido en el D.S. N.º 003-2017-MINAM, el



cual fija como valor máximo para PM10 una concentración de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para promedios diarios. El análisis comparativo evidencia una disminución significativa de los niveles de PM10 durante la pandemia, lo cual pone de manifiesto el impacto directo que las actividades humanas tienen sobre la calidad del aire. El promedio de concentración de PM10 antes de la pandemia fue considerablemente mayor en comparación con el promedio registrado durante el periodo de confinamiento, lo que corrobora la hipótesis de que la reducción en la movilidad y en las fuentes emisoras estacionarias contribuyó a mejorar temporalmente las condiciones atmosféricas de la ciudad. Este hallazgo no solo refuerza la necesidad de implementar políticas ambientales sostenibles que regulen las emisiones de fuentes móviles e industriales, sino que también plantea una oportunidad para repensar modelos urbanos que prioricen la salud pública mediante un mejor encargo de aptitud del aire, especialmente en ciudades de altitud como Puno, donde las condiciones atmosféricas pueden favorecer la acumulación de contaminantes.

Según (Ccapa Huayta, 2022) su tesis "Determinación de los niveles de concentración de material particulado en el área de influencia del proyecto Minero Jesús 2004 TRES, distrito de Ananea-2022". Esta evaluación resulta fundamental dada la cercanía del proyecto a centros poblados y su posible impacto en la calidad del aire y en la salud de la población circundante. El estudio adoptó un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, longitudinal de tipo comparativo-descriptivo, lo cual permitió analizar y contrastar los paralelismos de reunión de basto particulado en diferentes momentos del año. El monitoreo se realizó bajo los lineamientos del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire del Ministerio del Ambiente (MINAM), utilizando muestreadores de alto volumen Hi-Vol para PM10 y muestreadores de bajo volumen Lo-Vol para PM2.5, de probada precisión y confiabilidad en mediciones ambientales. Las campañas de monitoreo se llevaron a cabo en dos estaciones de control, identificadas como P1-CA y P2-CA, durante los meses de marzo y junio. Los datos muestran que la concentración de material particulado fue ligeramente mayor en la estación P1-CA,



particularmente durante el mes de junio, lo cual podría atribuirse a condiciones específicas de viento, actividad minera o aumento de tránsito vehicular en las cercanías del proyecto. No obstante, en todos los casos, las concentraciones registradas se mantuvieron por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental para aire establecidos en el D.S. N.º 003-2017-MINAM. A pesar de que los niveles de PM10 y PM2.5 no superaron los límites normativos, su presencia constante, aunque en bajas concentraciones, evidencia una exposición crónica de la urbe a contaminantes atmosféricos. Diversos estudios internacionales han demostrado que incluso niveles bajos de material particulado pueden provocar efectos adversos en la salud cuando la exposición es prolongada, especialmente en grupos vulnerables como niños, adultos mayores y personas con enfermedades respiratorias o cardiovasculares. Por tanto, se concluye que, si bien el Proyecto Minero Jesús 2004 Tres actualmente no genera una contaminación crítica del aire, es indispensable mantener un monitoreo ambiental permanente y adoptar medidas preventivas que mitiguen el incremento futuro de emisiones.

Según (Mullisaca Apaza, 2024) su trabajo "Caracterización de la calidad del aire en función a parámetros microbiológicos y material particulado del distrito de San Miguel – 2023". En este contexto, el objetivo principal de la presente investigación fue caracterizar la calidad del aire del distrito de San Miguel durante el año 2023, evaluando de manera integrada los parámetros físico-químicos (PM2.5 y PM10) y microbiológicos (hongos y bacterias aerotransportadas), así como su relación con las variables meteorológicas locales. El monitoreo se llevó a cabo durante el periodo de estiaje, específicamente en el mes de septiembre, estableciendo seis estaciones de muestreo estratégicamente distribuidas en el distrito. Se recolectaron un total de 24 muestras: seis para PM2.5, seis para PM10, seis para microorganismos tipo hongo y seis para bacterias, siguiendo protocolos estandarizados. Se utilizó el enfoque gravimétrico para analizar los niveles de PM2.5 y PM10 liberados a la atmósfera utilizando filtros de captación en equipos de bajo volumen, mientras que el análisis microbiológico se efectuó mediante la técnica de



sedimentación pasiva en placas Petri, tal como lo recomienda la Organización Mundial de la Salud (OMS). Las condiciones meteorológicas (temperatura, humedad relativa y velocidad del viento) se registraron en tiempo real el uso de una cogida atmosférica portátil marca RainWise. Esta triangulación metodológica permitió obtener datos integrados de aptitud del viento y analogía con el entorno climático inmediato. Los resultados revelaron niveles de contaminación preocupantes. Para PM_{2.5}, las concentraciones más elevadas se registraron en los puntos PM-01 (83.95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), PM-02 (71.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), PM-05 (63.74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y PM-06 (59.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), todos ellos por encima del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) establecido en el D.S. N.º 003-2017-MINAM. Asimismo, para PM₁₀, se identificaron valores de 148.97, 127.01, 124.08 y 112.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en los mismos puntos, superando también los límites permitidos. En cuanto a la carga microbiológica, se registró un valor de 137.54 UFC/ m^3 de bacterias en el punto PM-05 (nivel intermedio según OMS), y para hongos, concentraciones de 157.19, 127.72 y 108.07 UFC/ m^3 en los puntos PM-05, PM-01 y PM-02 respectivamente, igualmente clasificadas como intermedias.

2.2 Bases teóricas.

2.2.1 Calidad del aire y material particulado (PM₁₀).

La calidad del aire constituye un indicador esencial del bienestar ambiental y humano. Se refiere al estado del aire en relación con la presencia de sustancias contaminantes que pueden afectar negativamente la salud, los ecosistemas y los bienes materiales. En los entornos urbanos, la calidad del aire se ve comprometida principalmente por actividades antropogénicas, entre ellas el transporte vehicular, la industria, la construcción y la quema de residuos. Diversas organizaciones internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) han destacado la calidad del aire como un determinante clave de la salud pública, relacionándola directamente con enfermedades respiratorias, cardiovasculares y neurológicas (OPS, 2021).

Uno de los contaminantes más significativos y peligrosos es el material particulado (MP), que incluye partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire. De este grupo, las partículas con línea esbelto igual o mínimo a 10 micras (PM10) son especialmente relevantes debido a su capacidad de penetrar en el sistema respiratorio, alojarse en los bronquios y generar procesos inflamatorios, fibrosis e incluso daño estructural pulmonar (González et al., 2021).

2.2.1.1 Naturaleza y composición del PM10

El PM10 no es una sustancia única, sino una mezcla de diversos componentes, como polvo del suelo, cenizas, polen, fragmentos metálicos, sales, residuos biológicos, compuestos orgánicos y otros elementos generados por procesos de combustión e industria. Su origen puede ser natural como la resuspensión de suelos, emisiones volcánicas y sal marina o antrópico, siendo esta última categoría la más prevalente en centros urbanos (Bravo et al., 2020).

En América Latina, la constitución del PM10 varía según la geografía, el uso del suelo y la actividad económica. Por ejemplo, en ciudades costeras, como Guayaquil o Lima, el material particulado contiene una mayor proporción de sales marinas, mientras que en ciudades andinas como La Paz o Cusco predominan partículas derivadas de la resuspensión de suelos y emisiones vehiculares (Martínez et al., 2022). En ciudades con fuerte presencia industrial, como Monterrey o São Paulo, el PM10 suele contener metales pesados como plomo, cadmio y zinc, así como hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), altamente peligrosos para la salud humana (Rodríguez et al., 2020).

2.2.1.2 Principales fuentes del PM10 en Latinoamérica

Las fuentes del PM10 en el contexto latinoamericano pueden clasificarse en:

- Tránsito vehicular: Es la fuente predominante en zonas urbanas. El desgaste de neumáticos, frenos y el polvo resuspendido contribuyen significativamente a la carga total de PM10. Además, la quema incompleta de combustibles fósiles genera partículas de carbono elemental y compuestos orgánicos (González et al., 2021).



- Construcción y urbanización informal: La ejecución de obras civiles sin medidas de control de polvo, así como la urbanización no planificada, son causas comunes del incremento de partículas en suspensión.
- Actividades industriales y mineras: En países como Chile, Perú o Bolivia, la minería a cielo abierto genera grandes cantidades de polvo fino. En zonas industriales, las emisiones sin filtros o con tecnologías obsoletas contribuyen al problema.
- Incendios forestales y quema de biomasa: Son frecuentes en Brasil, Bolivia, Paraguay y partes de la Amazonía peruana, generando partículas finas y gases que afectan la calidad del aire incluso a cientos de kilómetros de distancia (OPS, 2021).
- Vías no pavimentadas y suelos secos: En zonas periurbanas y rurales de los Andes o la región amazónica, la falta de pavimentación y la sequía favorecen la resuspensión de partículas, agravada por el viento y el tráfico vehicular.

2.2.1.3 Impactos del PM10 en la salud humana

Se asocia con una amplia gama de efectos adversos para la salud. Las partículas ingresan por la nariz y boca, alcanzan los bronquios y pueden alojarse en las vías respiratorias inferiores, provocando inflamación, estrés oxidativo y reducción de la función pulmonar. Esto incrementa el riesgo de enfermedades respiratorias agudas (como infecciones respiratorias) y crónicas (asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica - EPOC), además de enfermedades cardiovasculares e incluso cáncer de pulmón (Bravo et al., 2020).

En poblaciones vulnerables como niños, ancianos y personas con comorbilidades, el riesgo es mayor. Por ejemplo, un estudio realizado en Santa Marta (Colombia) reveló que la incidencia de enfermedades respiratorias agudas se incrementaba hasta en un 45% durante los picos de concentración de PM10 en época seca (Rodríguez et al., 2020).

Asimismo, investigaciones en Lima Metropolitana han mostrado una relación directa entre los días con mayores concentraciones de PM10 y el aumento en

hospitalizaciones por asma infantil y enfermedades pulmonares obstructivas (González et al., 2021).

2.2.1.4 Límites permisibles y normativas

La OMS, en sus guías actualizadas de calidad del aire (2021), recomienda un límite anual promedio de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM₁₀, y un límite diario de $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$. No obstante, muchas ciudades latinoamericanas exceden estos valores de manera constante, principalmente debido a una débil implementación de políticas de control de emisiones, insuficiencia en la fiscalización y carencias tecnológicas en los sistemas de monitoreo (OPS, 2021).

Algunos países han adoptado estándares propios, como Perú, que establece un límite anual de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM₁₀ según su Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental del Aire (DS N.º 003-2017-MINAM), valor superior al recomendado por la OMS.

2.2.1.5 Medidas de mitigación y desafíos

Aunque diversos gobiernos han implementado redes de monitoreo de calidad del aire, la cobertura suele ser limitada. En Lima, por ejemplo, solo existen unas pocas estaciones activas para una metrópoli de más de 10 millones de habitantes. A esto se suman desafíos como la falta de acceso a tecnologías limpias, el uso extendido de vehículos antiguos y la informalidad en actividades industriales.

Entre las medidas más efectivas destacan:

- Promoción del transporte público eléctrico y no motorizado.
- Pavimentación de vías y control de polvo en obras civiles.
- Fiscalización de emisiones industriales y uso de filtros.
- Campañas de reforestación y control de incendios.
- Educación ambiental y participación ciudadana.

Sin embargo, estos esfuerzos requieren financiamiento sostenido, voluntad política y cooperación multisectorial para generar impactos reales en la calidad del aire y la salud pública.

2.2.2 Fuentes móviles de contaminación

Las fuentes móviles de contaminación comprenden todos aquellos vehículos automotores capaces de desplazarse por sí mismos a través de vías terrestres, y que generan emisiones de contaminantes atmosféricos durante el proceso de combustión de combustibles fósiles o por desgaste mecánico. Estas fuentes se clasifican en dos grandes grupos: vehículos livianos (automóviles particulares, motocicletas, mototaxis) y vehículos pesados (camiones de carga, transporte público, maquinaria pesada, buses interprovinciales), todos los cuales contribuyen significativamente a la degradación de la calidad del aire urbano y periurbano (González et al., 2021).

2.2.2.1 Naturaleza de las emisiones

Las emisiones generadas por las fuentes móviles se dividen en dos categorías principales:

- ✓ Emisiones del tubo de escape: Proviene de la quema de gasolina, diésel o gas natural en el motor del vehículo. Estas emisiones contienen gases como dióxido de nitrógeno (NO_2), monóxido de carbono (CO), dióxidos de azufre (SO_2), compuestos orgánicos volátiles (COV) y material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀), altamente nocivos para la salud humana.
- ✓ Emisiones no relacionadas al escape: Incluyen el desgaste de frenos, embragues, neumáticos y la resuspensión de polvo depositado en las superficies viales, especialmente en vías sin pavimentar o con mantenimiento deficiente. Estas emisiones también contribuyen significativamente al contenido de PM₁₀ en el aire ambiente (Bravo et al., 2020).

2.2.2.2 Influencia de la infraestructura y el parque automotor

En muchos países latinoamericanos, las fuentes móviles representan la principal causa del material particulado PM₁₀ en el aire, debido a varios factores estructurales:

- ✓ Antigüedad del parque automotor: Una gran proporción de los vehículos en circulación superan los 15 o 20 años de antigüedad, carecen de tecnologías modernas de control de emisiones y utilizan combustibles de baja calidad con alto contenido de azufre, lo que incrementa la generación de material particulado (OPS, 2021).



- ✓ Infraestructura vial deficiente: Calles en mal estado, sin pavimentar o con presencia de baches y tierra suelta generan condiciones ideales para la resuspensión del polvo, especialmente en climas secos. En zonas como Juliaca, Puno, donde predominan las vías de tierra o afirmado, la contribución de las fuentes móviles a la concentración de PM10 se ve acentuada.
- ✓ Congestión vehicular y tráfico lento: La circulación intermitente y prolongada de vehículos, especialmente en horas punta, no solo aumenta las emisiones, sino que también reduce la eficiencia del motor, promoviendo una combustión incompleta y generando más contaminantes.

2.2.2.3 Impactos en la salud y el ambiente

La exposición prolongada a emisiones provenientes de fuentes móviles se asocia directamente con el desarrollo de enfermedades respiratorias crónicas como asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), bronquitis y rinitis alérgica. Asimismo, el material particulado puede transportar metales pesados y compuestos orgánicos tóxicos, que ingresan al sistema respiratorio y, en algunos casos, alcanzan el sistema circulatorio, generando efectos cardiovasculares e incluso neurotóxicos (Rodríguez et al., 2020).

En estudios realizados en Bogotá y Ciudad de México, estar a la mira un aumento en el canon de hospitalizaciones pediátricas y en adultos mayores correlacionada con los días de mayor concentración de PM10 derivado del tránsito vehicular. De forma similar, en Lima Metropolitana, el transporte público, mayoritariamente alimentado por diésel de baja calidad, ha sido identificado como el mayor responsable de la contaminación del aire (González et al., 2021).

2.2.2.4 Estrategias de mitigación

Diversos países latinoamericanos han implementado medidas para reducir las emisiones de las fuentes móviles, entre ellas:

- ✓ Normas de emisiones vehiculares (como Euro IV o similares), aunque su cumplimiento aún es limitado.



- ✓ Restricción de circulación de vehículos antiguos mediante programas como el "pico y placa" o "hoy no circula".
- ✓ Promoción de vehículos eléctricos e híbridos, especialmente en flotas de transporte público (por ejemplo, en Santiago de Chile y Medellín).
- ✓ Fiscalización técnica vehicular, aunque con desigual implementación según el país.
- ✓ Mejoramiento de la infraestructura vial y pavimentación de calles para reducir la resuspensión de polvo.

Sin embargo, la eficacia de estas medidas depende en gran medida del compromiso político, la inversión pública, la capacidad institucional y la sensibilización ciudadana. En áreas como la región altiplánica peruana, donde se presentan condiciones ambientales adversas (como alta radiación solar, viento y clima seco), las estrategias deben adaptarse a los contextos geográficos y socioculturales locales.

2.2.3 Dinámica del viento y dispersión de contaminantes

La dinámica del viento es uno de los principales factores meteorológicos que condiciona el comportamiento de los contaminantes atmosféricos, en particular del material particulado PM10, cuyo transporte, concentración y dispersión dependen en gran medida de la interacción entre las emisiones locales y las condiciones atmosféricas. Comprender cómo actúan el viento y otros elementos meteorológicos (temperatura, humedad, presión atmosférica) es clave para caracterizar los patrones espaciales y temporales de la contaminación del aire en entornos urbanos y rurales (Crespo et al., 2021; OPS, 2021).

2.2.3.1 Rol del viento como agente de transporte

El viento actúa como el principal agente natural de dispersión de contaminantes. Su velocidad y dirección determinan si las partículas permanecen acumuladas en un área o si se dispersan hacia zonas más alejadas. Un viento fuerte y sostenido favorece la dilución y transporte de los contaminantes, mientras que vientos débiles o inestables contribuyen a la acumulación local, generando zonas de alta concentración que pueden representar un riesgo significativo para la salud pública (González et al., 2021).

Además de su intensidad y orientación, la altura de la capa límite atmosférica — que varía durante el día— también afecta la dispersión vertical del material particulado. Durante las mañanas, las capas térmicas suelen ser más bajas, restringiendo el movimiento vertical del aire y favoreciendo la acumulación de PM10 cerca de la superficie. En cambio, durante las horas de mayor radiación solar, el aumento de la convección permite una mejor mezcla del aire y favorece la dispersión (Martínez et al., 2022).

2.2.3.2 Efecto de la topografía y condiciones locales

En zonas altoandinas o con relieve accidentado, como sucede en las ciudades del sur andino del Perú (Juliaca, Cusco, Puno), la topografía influye notablemente en la circulación del viento y la distribución de contaminantes. Las inversiones térmicas nocturnas son comunes en estas regiones, lo que implica un estancamiento del aire frío en las capas más bajas, atrapando los contaminantes en superficie y aumentando su concentración. Este fenómeno puede prolongarse hasta horas avanzadas de la mañana, retrasando la dispersión de los contaminantes generados por fuentes móviles durante el pico del tránsito matutino (OPS, 2021; Crespo et al., 2021).

Asimismo, la ubicación de edificaciones, corredores viales, parques y cuerpos de agua genera microclimas urbanos que alteran el flujo del viento a pequeña escala, favoreciendo la acumulación de partículas en intersecciones viales o áreas con escasa ventilación. Las zonas cercanas a vías sin pavimentar, terminales de transporte y mercados populares suelen ser puntos críticos de concentración de PM10 en ciudades intermedias de la región andina.

2.2.3.3 La rosa de vientos como instrumento de análisis

La rosa de vientos es una herramienta gráfica fundamental para representar la frecuencia e intensidad del viento en distintas direcciones. Esta herramienta permite identificar patrones estacionales o diarios del viento, facilitando el análisis del transporte y la dispersión de contaminantes desde las fuentes emisoras hasta las áreas receptoras. En el contexto de estudios ambientales, la rosa de vientos es utilizada para:

- ✓ Determinar la dirección predominante de dispersión de contaminantes como el PM10.

- ✓ Ubicar estratégicamente estaciones de monitoreo de calidad del aire para obtener datos representativos.
- ✓ Diseñar estrategias de mitigación orientadas a zonas receptoras recurrentes de contaminación.
- ✓ Predecir escenarios de acumulación o transporte mediante modelos de simulación.

En Lima Metropolitana, por ejemplo, los estudios de calidad del aire han mostrado que durante los meses de verano el viento predomina desde el sur, lo que desplaza los contaminantes del centro hacia las zonas norte y este, donde las condiciones geográficas limitan la ventilación natural y agravan los niveles de PM10 (González et al., 2021). De manera similar, en Juliaca, los registros meteorológicos evidencian la existencia de vientos frecuentes del suroeste durante la tarde, los cuales favorecen el arrastre del polvo y material particulado desde zonas no pavimentadas hacia el centro urbano.

2.2.3.4 Implicancias para la gestión ambiental y la salud pública

Permite no solo identificar zonas de riesgo ambiental, sino también anticipar eventos críticos de contaminación y activar alertas tempranas. Esto es particularmente relevante en áreas donde coinciden altas emisiones por fuentes móviles, condiciones meteorológicas desfavorables y presencia de población vulnerable, como niños, adultos mayores y personas con enfermedades respiratorias.

En ese sentido, la integración de modelos meteorológicos con modelos de dispersión atmosférica (como AERMOD, CALPUFF o WRF-Chem) ofrece una herramienta poderosa para simular escenarios de contaminación y evaluar el impacto potencial de diversas fuentes emisoras bajo diferentes condiciones de viento. Esto permite a las autoridades ambientales adoptar decisiones informadas y aplicar estrategias basadas en evidencia científica (Bravo et al., 2020).

2.2.4 Condiciones climáticas y calidad del aire

La calidad del aire está estrechamente relacionada con las condiciones climáticas, las cuales determinan la permanencia, dispersión, transformación y remoción de los

contaminantes atmosféricos, incluyendo el material particulado PM10. Factores como la precipitación, la temperatura, la radiación solar, la presión atmosférica, la humedad relativa y los patrones estacionales modulan la concentración y comportamiento de los contaminantes, generando diferencias significativas entre periodos húmedos y secos (OPS, 2021; Martínez et al., 2022).

2.2.4.1 Efecto de las precipitaciones sobre el PM10

La precipitación pluvial representa uno de los mecanismos naturales más eficaces para la remoción de contaminantes en la atmósfera, a través del proceso conocido como lavado atmosférico (wet deposition). En este fenómeno, las gotas de lluvia arrastran partículas en suspensión, entre ellas el PM10, hacia la superficie terrestre, lo que disminuye su concentración en el aire (Bravo et al., 2020). Durante episodios de lluvia intensa o continua, se ha documentado una reducción de hasta el 60 % de las concentraciones de PM10 en zonas urbanas (Crespo et al., 2021).

En contraposición, durante la temporada seca o de estiaje, la ausencia de precipitaciones impide este proceso de limpieza atmosférica, lo que propicia la acumulación progresiva de partículas finas. Esta acumulación se ve agravada por otras condiciones como la baja humedad relativa y el incremento en la resuspensión de polvo debido al tránsito vehicular, especialmente en vías sin pavimentar. La falta de lluvias favorece también la permanencia de contaminantes emitidos por fuentes móviles e industriales en las capas más bajas de la atmósfera, lo que genera riesgos significativos para la salud de la población expuesta.

2.2.4.2 Condiciones climáticas altoandinas y comportamiento del PM10

En ciudades altoandinas como Juliaca, Puno y Huancayo, la calidad del aire varía significativamente entre estaciones del año debido a los regímenes de precipitación. Durante los meses secos (de mayo a septiembre), el incremento de vientos secos, la fuerte radiación solar y la ausencia de lluvias conducen a la acumulación de partículas en el aire. Esta situación se ve agravada por factores antrópicos como la combustión de residuos

sólidos, el uso de leña en viviendas y el tránsito constante de vehículos por calles sin pavimentar (González et al., 2021).

Durante la temporada de lluvias (octubre a abril), los niveles de PM10 tienden a descender, favorecidos por la mayor humedad del suelo, menor resuspensión de polvo y el lavado atmosférico. Sin embargo, en zonas donde persiste el tráfico intenso o la quema de biomasa (como ocurre en zonas rurales vecinas), las reducciones pueden ser parciales si no se implementan medidas de control eficaces.

2.2.4.3 Interacción con otros factores climáticos

Además de las precipitaciones, otros elementos climáticos inciden en la concentración y comportamiento del PM10:

- ✓ Temperatura del aire: Influye en los procesos de convección. Altas temperaturas favorecen el ascenso de masas de aire contaminado y su dispersión vertical. Sin embargo, en condiciones de estabilidad atmosférica o inversiones térmicas (frecuentes durante noches despejadas), las partículas pueden quedar atrapadas cerca del suelo, incrementando su concentración superficial (Martínez et al., 2022).
- ✓ Humedad relativa: Afecta las propiedades fisicoquímicas de las partículas. En ambientes secos, el polvo y las partículas minerales pueden permanecer más tiempo suspendidas en el aire, mientras que en condiciones húmedas tienden a aglomerarse y sedimentar más fácilmente.
- ✓ Radiación solar: Incide en los procesos fotoquímicos que transforman contaminantes gaseosos como óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles en ozono troposférico y partículas secundarias. Esto influye indirectamente en la carga de material particulado en la atmósfera.
- ✓ Presión atmosférica: Presiones elevadas están asociadas con condiciones de estabilidad que limitan el movimiento vertical del aire, favoreciendo la acumulación de contaminantes.

2.2.4.4 Implicancias para la gestión de la calidad del aire

La comprensión de los efectos climáticos sobre la calidad del aire permite establecer estrategias preventivas y de mitigación más efectivas. Por ejemplo, durante la temporada seca, es fundamental:

- ✓ Intensificar el riego de vías no pavimentadas para evitar la resuspensión de partículas.
- ✓ Restringir la quema de residuos al aire libre.
- ✓ Implementar campañas de sensibilización y monitoreo en tiempo real.
- ✓ Establecer planes de contingencia ante concentraciones críticas de PM10.

De igual modo, los registros meteorológicos históricos y en tiempo real permiten prever episodios de mala calidad del aire y emitir alertas tempranas para proteger a la población más vulnerable, como niños, adultos mayores y personas con enfermedades respiratorias crónicas.

2.2.5 Normativas sobre calidad del aire

La normativa sobre calidad del aire representa un componente esencial en los sistemas nacionales e internacionales de gestión ambiental, ya que establece los límites permisibles de concentración de contaminantes atmosféricos para salvaguardar la salud humana y proteger los ecosistemas. Estas regulaciones tienen como finalidad prevenir o reducir la exposición de la población a contaminantes peligrosos, como el material particulado de diámetro igual o menor a 10 micras (PM10), el cual ha sido asociado con diversos efectos adversos para la salud pública, particularmente en áreas urbanas con elevada densidad poblacional y tráfico vehicular (OMS, 2021).

1. Normativa peruana: Estándares de Calidad Ambiental para Aire

En el contexto nacional, la calidad del aire en el Perú está regulada mediante los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM, vigente desde julio de 2017. Esta norma establece un valor límite de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio de 24 horas para el PM10, y un promedio anual de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos límites aplican a todo el territorio nacional y sirven como referencia para las autoridades

ambientales, gobiernos regionales y locales para evaluar la calidad del aire y tomar decisiones en materia de gestión ambiental (MINAM, 2017).

El ECA es una herramienta legal que tiene carácter preventivo y correctivo. En caso de que los niveles de contaminantes superen los umbrales permitidos, se deben activar planes de acción para mitigar la contaminación, tales como restricciones al tránsito vehicular, control de fuentes industriales, clausura temporal de actividades emisoras y campañas de sensibilización. Sin embargo, a pesar de su existencia, diversos informes técnicos han evidenciado que muchas ciudades peruanas —entre ellas Lima, Arequipa, Juliaca y Cerro de Pasco— superan los niveles normativos de PM₁₀, especialmente durante la temporada seca (González et al., 2021).

2. Norma internacional: Recomendaciones de la OMS (2021)

En septiembre de 2021, la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó una actualización de sus Guías Globales de Calidad del Aire, basadas en una revisión sistemática de más de 500 estudios epidemiológicos. Estas nuevas directrices recomiendan una reducción significativa de los valores límites para PM₁₀, estableciendo:

- ✓ 45 µg/m³ como promedio de 24 horas
- ✓ 15 µg/m³ como promedio anual

Estas cifras reflejan el conocimiento actualizado sobre los efectos nocivos del material particulado en bajas concentraciones. La OMS argumenta que no existe un nivel seguro de exposición a PM₁₀, y por ello recomienda a los países adoptar límites más estrictos en la medida de sus capacidades técnicas y económicas (OMS, 2021).

Aunque estas directrices no tienen carácter obligatorio, sirven como parámetro de referencia internacional y son utilizadas como base por organizaciones regionales como la OPS, CEPAL y Red Panamericana de Información sobre la Aptitud del Aire (PANAIR) para promover estándares más exigentes en América Latina.

3. Comparación normativa en América Latina

A nivel regional, los límites normativos para PM10 presentan variaciones importantes entre países. Algunos han avanzado en adoptar valores más cercanos a los propuestos por la OMS, mientras que otros mantienen límites más permisivos.

Tabla 2

Comparación normativa en América Latina.

País	Límite Diario ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Límite Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Norma
Perú	100	50	D.S. N.º 003-2017-MINAM
Chile	150	50	Norma de Calidad del Aire para MP10 (D.S. N.º 59/1998)
Colombia	100	50	Resolución 2254 de 2017
México	75	40	NOM-025-SSA1-2014
Argentina	150	50	Norma IRAM 17025
OMS (2021)	45	15	Guías Globales OMS

Nota. Adaptado de OPS (2021), OMS (2021), MINAM (2017), y normativas oficiales nacionales.

Esta disparidad normativa refleja tanto la heterogeneidad en capacidades institucionales como las diferencias en los enfoques de salud pública y desarrollo sostenible de cada país. La armonización de los estándares regionales hacia valores más protectores permitiría una respuesta más equitativa y eficaz frente a los riesgos ambientales compartidos.

2.2.5.1 Retos y perspectivas en la normativa peruana

Aunque el Perú ha avanzado en la formulación de estándares legales, existen desafíos significativos para su cumplimiento efectivo:

- ✓ Débil fiscalización ambiental, debido a la limitada capacidad operativa de organismos como OEFA y DIGESA a nivel regional.



- ✓ Insuficiente cobertura de estaciones de monitoreo automático, especialmente en ciudades intermedias y altoandinas.
- ✓ Desactualización de los estándares frente a los avances científicos internacionales, lo que limita su eficacia protectora.
- ✓ Falta de articulación intergubernamental, que dificulta la implementación coordinada de planes de mejora de calidad del aire.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 PM10

El PM10 es un tipo de material particulado con un diámetro aerodinámico igual o menor a 10 micras. Estas partículas son lo suficientemente pequeñas como para ser inhaladas y alcanzar las vías respiratorias superiores e inferiores. Su origen puede ser natural (polvo, ceniza) o antropogénico (emisiones vehiculares e industriales). El PM10 está asociado con enfermedades respiratorias, cardiovasculares y aumento de la mortalidad prematura. Por ello, su concentración en el aire es regulada por normas nacionales e internacionales.

2.3.2 Calidad del aire

La calidad del aire hace referencia al grado de pureza del aire que respiramos, determinado por la concentración de contaminantes atmosféricos. Se considera buena cuando los niveles de contaminantes están por debajo de los límites establecidos por las autoridades sanitarias. Una mala calidad del aire afecta la salud humana, la visibilidad, los materiales y los ecosistemas. El monitoreo de contaminantes como PM10 y NO₂ permite clasificar la calidad del aire.



2.3.3 Fuente móvil

Las fuentes móviles son aquellas que emiten contaminantes atmosféricos mientras se desplazan, como vehículos automotores, motocicletas, camiones y buses. Estas fuentes son responsables de una parte significativa del material particulado y gases tóxicos en áreas urbanas. Su impacto depende del tipo de combustible, mantenimiento y condiciones viales. En zonas con alto tráfico y vías sin pavimentar, su influencia sobre el PM10 es aún mayor. Controlarlas requiere políticas de movilidad sostenible y fiscalización ambiental.

2.3.4 Velocidad del viento

La velocidad del viento es un factor meteorológico clave que influye en la dispersión de contaminantes atmosféricos. Vientos intensos pueden diluir y transportar contaminantes lejos de sus fuentes, reduciendo su concentración local. En cambio, vientos débiles pueden causar acumulación de partículas como PM10 en áreas urbanas. Su variación diaria y estacional afecta los patrones de calidad del aire. Se mide comúnmente en metros por segundo (m/s) y es parte de los modelos de predicción ambiental.

2.3.5 Dirección del viento

Indica el rumbo desde donde sopla el viento y se expresa en grados o puntos cardinales. Es fundamental para comprender cómo se transportan los contaminantes en la atmósfera. Permite identificar zonas de dispersión y acumulación de material particulado en función de las fuentes emisoras. Se analiza mediante diagramas de rosa de vientos generados con herramientas como WRPlot. Su estudio es vital en evaluaciones de impacto ambiental y diseño de estaciones de monitoreo.

2.3.6 Precipitaciones

Las precipitaciones, principalmente en forma de lluvia, tienen un efecto directo sobre la calidad del aire debido al lavado atmosférico. Este proceso remueve partículas en suspensión como el PM10, reduciendo temporalmente su concentración. La ausencia de



lluvias durante la temporada seca favorece la acumulación de contaminantes. En regiones altoandinas, la variabilidad estacional de precipitaciones condiciona la calidad del aire. Su monitoreo es clave en la interpretación de datos de contaminación atmosférica.

2.3.7 Normativa ECA Aire

La normativa ECA (Estándar de Calidad Ambiental) del aire en Perú se establece mediante el D.S. N.º 003-2017-MINAM. Esta norma define los límites máximos permisibles para contaminantes como el PM10 en periodos diarios y anuales. Su objetivo es proteger la salud pública y el ambiente frente a niveles peligrosos de polución. Sirve como referencia para monitoreo, fiscalización y planes de mejora de la calidad del aire. Aunque vigente, es menos estricta que las recomendaciones actuales de la OMS.

2.3.8 WRPLOT

WRPLOT View es un software especializado en el análisis y representación gráfica de datos meteorológicos, especialmente dirección y velocidad del viento. Genera rosas de viento que permiten visualizar cómo se distribuyen los vientos a lo largo del tiempo. Es ampliamente utilizado en estudios de dispersión de contaminantes atmosféricos, modelado de emisiones y evaluación de impactos. Su interfaz permite importar datos de estaciones meteorológicas o archivos estándar como met.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de la investigación

El enfoque cuantitativo se caracteriza por el uso de la cosecha y examen de fichas numerales con el fin de explicar fenómenos específicos. Este enfoque busca establecer patrones y relaciones entre variables, y utiliza herramientas estadísticas para validar sus hipótesis (Hernández Sampieri et al., 2021). En este tipo de investigación, el investigador mantiene una postura objetiva y separada del objeto de estudio.

El enfoque es cuantitativo, ya que la investigación se basa en la recolección y análisis de datos numéricos sobre la concentración de material particulado PM10, el volumen vehicular y las condiciones meteorológicas. Este enfoque permite medir con precisión los niveles de contaminación del aire y establecer relaciones con las fuentes móviles de emisión.

3.2 Tipo de la investigación

La investigación aplicada tiene como objetivo resolver problemas concretos de la realidad, generando conocimientos útiles y prácticos para mejorar situaciones específicas. A diferencia de la investigación básica, que busca comprender fenómenos sin



necesariamente buscar una aplicación inmediata, la aplicada se enfoca en la acción y la solución de problemas (Sierra Bravo, 2021).

La investigación es de tipo aplicada, debido a que tiene como finalidad resolver un problema concreto relacionado con la calidad del aire en el sector "Salida a Lampa" de Juliaca, utilizando conocimientos técnicos y científicos para generar información útil que contribuya a la mejora ambiental y la toma de decisiones.

3.3 Nivel de la Investigación

El nivel descriptivo se encarga de caracterizar un fenómeno, situación o grupo mediante la recopilación sistemática de información, sin manipular variables. Busca responder al "cómo es" una realidad determinada, mostrando sus atributos, frecuencias y relaciones simples (Tamayo y Tamayo, 2017).

El nivel de la investigación es descriptivo, ya que se centra en caracterizar y detallar el comportamiento de la concentración de PM10 y los factores que inciden en ella, como el tránsito vehicular y las condiciones climáticas, sin buscar establecer relaciones causales.

3.4 Diseño de la Investigación

El diseño no experimental se refiere a estudios en los que no se manipulan deliberadamente las variables independientes. El investigador observa los fenómenos tal como ocurren en su contexto natural, sin introducir tratamientos o estímulos externos. Dentro de esta categoría se encuentran los diseños transversales y longitudinales (Hernández Sampieri et al., 2021).

El diseño es no experimental, ya que no se manipulan las variables estudiadas. La información se recolecta tal como se presenta en el entorno natural, observando los fenómenos ambientales (contaminación por PM10) y las actividades humanas (tránsito vehicular) en su contexto real.



3.5 Método de la Investigación

El método científico es una forma sistemática de adquirir conocimientos mediante la observación, formulación de hipótesis, experimentación y análisis. Este método garantiza la objetividad, precisión y replicabilidad de los hallazgos (Bunge, 2018). Su aplicación permite validar conocimientos empíricos y teóricos.

El método utilizado es el científico, el cual permite abordar de manera sistemática el problema ambiental. Se sigue una secuencia lógica que comprende la observación, formulación de hipótesis, recolección de datos, análisis e interpretación, todo ello sustentado en evidencias empíricas y medibles.

3.6 Población y Muestra

3.6.1 Población

Según Hernandez & Baptista (2020, pág. 165) Conjunto total de elementos con características comunes, objeto de estudio de una investigación. Base para generalizar resultados.

La población está conformada por el ambiente atmosférico del sector urbano "Salida a Lampa", en la ciudad de Juliaca, expuesto a la contaminación causada por el tránsito vehicular.

3.6.2 Muestra

Según Hernandez & Baptista (2020, pág. 173). Subconjunto representativo de la población, seleccionado para generalizar resultados con confianza.

La muestra corresponde a dos puntos representativos de monitoreo:

- ✓ Punto 1: Av. Andrés Avelino Cáceres.
- ✓ Punto 2: Frente a Revisión Técnica.

Estos puntos fueron seleccionados por su alta carga vehicular y exposición directa a fuentes móviles.

3.7 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.7.1 Técnicas de recolección de datos

En el presente estudio se emplearon técnicas metodológicas específicas para garantizar la validez, confiabilidad y representatividad de los datos recolectados. Estas técnicas fueron seleccionadas con base en los objetivos del estudio, el enfoque cuantitativo y el tipo de variables involucradas (ambientales, meteorológicas y vehiculares). Cada una de ellas permitió captar distintos aspectos del fenómeno investigado, asegurando una comprensión integral de la problemática.

a) Monitoreo ambiental

La técnica de monitoreo ambiental consistió en la medición directa, en campo, de la concentración de material particulado con diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micras (PM10), considerado uno de los principales contaminantes del aire en zonas urbanas y viales. Se utilizaron equipos automáticos o manuales de registro continuo o de alto volumen, colocados en puntos estratégicos a lo largo del tramo vial salida Lampa – Juliaca.

Este monitoreo incluyó también la recolección de datos de variables meteorológicas que influyen directamente en la dispersión, acumulación o sedimentación de contaminantes. Entre ellas se consideraron: la velocidad y dirección del viento, la temperatura del aire, la humedad relativa y la presión atmosférica. Estas variables fueron necesarias para analizar la dinámica atmosférica local, caracterizar el transporte del PM10 y determinar condiciones de ventilación o estancamiento.

La frecuencia del monitoreo y los horarios de muestreo fueron definidos en función del comportamiento del tráfico vehicular, buscando capturar tanto las horas pico como los momentos de menor circulación.



b) Conteo vehicular

Esta técnica se basó en la observación directa y estructurada del tránsito vehicular, con el propósito de registrar la cantidad y tipo de vehículos que circulan por la vía durante intervalos definidos. Para su aplicación se diseñó una ficha técnica de recolección de datos que incluyó las siguientes variables:

- ✓ Fecha y hora del conteo.
- ✓ Duración del registro.
- ✓ Número total de vehículos por intervalo.
- ✓ Clasificación por tipo de vehículo: motocicletas, automóviles particulares, vehículos de transporte público, camionetas, buses interprovinciales, camiones livianos y pesados.
- ✓ Observaciones de campo: accidentes, desvíos, cambios climáticos súbitos, etc.

El conteo se llevó a cabo durante diferentes días de la semana y en distintos horarios, asegurando representatividad tanto diaria como horaria. Esta técnica fue esencial para establecer correlaciones estadísticas entre el flujo vehicular y las concentraciones de PM10 registradas en el ambiente.

c) Análisis documental

La técnica de análisis documental fue utilizada con el objetivo de complementar y sustentar los datos primarios recolectados mediante la consulta de fuentes secundarias, oficiales y científicas. Esta técnica permitió acceder a información histórica, normativa y contextual relevante para el desarrollo del estudio.

Las fuentes revisadas incluyeron:

- ✓ Normativa ambiental vigente, especialmente los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire establecidos por el Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM), así como documentos técnicos relacionados con emisiones vehiculares y salud ambiental.
- ✓ Bases de datos meteorológicas oficiales del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), que proporcionaron registros de largo plazo sobre precipitaciones, temperaturas y régimen de vientos en la zona de estudio.



- ✓ Publicaciones científicas, tesis universitarias y estudios técnicos realizados previamente en zonas con características similares, que sirvieron de referencia para la comparación y validación de resultados.
- ✓ Documentación técnica del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) sobre clasificación vehicular y normativas relacionadas con emisiones de fuentes móviles.

3.7.2 Instrumentos de recolección de datos.

Para garantizar la obtención de datos confiables, representativos y técnicamente válidos en el marco del presente estudio sobre calidad del aire, se emplearon diversos instrumentos de medición y registro, cuidadosamente seleccionados en función de los objetivos específicos de la investigación. Estos instrumentos permitieron cuantificar tanto los niveles de contaminación atmosférica (PM₁₀) como los factores vehiculares y meteorológicos que inciden en su generación y dispersión.

a) Muestreadores de PM₁₀

Los muestreadores de partículas PM₁₀ constituyeron el principal instrumento para evaluar la calidad del aire. Estos dispositivos fueron empleados para captar muestras representativas del material particulado respirable en el ambiente, y se clasifican en dos grandes grupos según su mecanismo de funcionamiento:

- Muestreadores gravimétricos de alto y bajo volumen: Estos instrumentos aspiran un volumen conocido de aire a través de un filtro de fibra de vidrio, cuarzo o teflón, durante un período determinado (por ejemplo, 24 horas). El filtro retiene las partículas suspendidas, las cuales son posteriormente pesadas en laboratorio mediante una microbalanza de alta precisión. Este método es considerado el estándar de referencia por su exactitud y es reconocido por organismos internacionales como la EPA (Environmental Protection Agency) y la OMS.
- Muestreadores automáticos o continuos: Incorporan sensores electrónicos (ópticos, microbalanza TEOM, rayos beta, entre otros) que permiten realizar monitoreos en tiempo real, con registro continuo de las concentraciones horarias o minutales de



PM10. Su uso es ideal para evaluar la variabilidad temporal del contaminante, detectar eventos pico y analizar la relación con la dinámica vehicular.

La ubicación, altura y orientación de los muestreadores fue determinada en función de la normativa nacional vigente (D.S. N.º 003-2017-MINAM) y guías técnicas internacionales, asegurando que la instalación cumpla criterios de representatividad espacial y seguridad operacional.

b) Anemómetros y veletas meteorológicas

Con el objetivo de caracterizar el comportamiento atmosférico de la zona de estudio, se utilizaron instrumentos especializados para medir la velocidad y dirección del viento, los cuales son variables clave en el análisis de la dispersión y transporte del material particulado.

- **Anemómetros:** Se emplearon anemómetros tipo copa o ultrasónicos, capaces de registrar la velocidad del viento en m/s o km/h con alta resolución temporal. Estos instrumentos fueron ubicados en torres meteorológicas o en puntos elevados sin obstrucciones.
- **Veletas meteorológicas:** Dispositivos que permiten registrar la dirección del viento predominante, información que, combinada con la velocidad, resulta esencial para elaborar diagramas de rosa de viento y modelos de dispersión.

Los datos obtenidos fueron procesados con software de análisis meteorológico, como WRPlot View, facilitando la representación gráfica de la frecuencia y comportamiento direccional del viento, y su influencia sobre el desplazamiento de contaminantes generados por el tránsito vehicular.

c) Fichas de conteo vehicular y cámaras de videograbación

Para la cuantificación del flujo vehicular, se utilizó una combinación de medios manuales y tecnológicos:

- **Fichas de conteo vehicular:** Se elaboraron formatos estructurados que permitieron el registro sistemático del número de vehículos que circulaban por hora en el área de influencia. Las fichas incluían campos para clasificar los vehículos por tipo

(motocicletas, automóviles, camionetas, buses, camiones ligeros y pesados) y por sentido de circulación. Esta herramienta fue aplicada por observadores previamente capacitados.

- **Cámaras de videograbación (opcional):** En puntos con alta densidad vehicular o difícil acceso, se colocaron cámaras fijas de grabación continua, las cuales permitieron revisar y verificar posteriormente el conteo vehicular, reduciendo errores humanos y mejorando la precisión del muestreo.

Este conjunto de instrumentos facilitó el establecimiento de patrones de tránsito por hora, día y tipo de vehículo, información esencial para asociar la carga vehicular con los niveles de PM10 registrados.

d) Hojas de registro y software estadístico para análisis de datos

El tratamiento y análisis de los datos obtenidos se realizó mediante herramientas informáticas de registro y análisis estadístico:

- Hojas de registro digital: Se emplearon hojas de cálculo elaboradas en Microsoft Excel y/o Google Sheets, donde se sistematizaron los datos obtenidos en campo, permitiendo organizar las variables ambientales, vehiculares y meteorológicas de manera estructurada.

3.8 Procedimiento para la recolección de datos.

El procedimiento para la recolección de datos se estructuró cuidadosamente con el fin de obtener información precisa, confiable y representativa sobre los niveles de concentración de material particulado PM10 y su posible relación con factores vehiculares y condiciones meteorológicas locales. Este procedimiento comprendió una planificación detallada, la implementación de estrategias de campo, el uso adecuado de equipos e instrumentos técnicos, y la validación rigurosa de los registros obtenidos.

La ejecución de este proceso se realizó en estricto cumplimiento de protocolos técnicos nacionales e internacionales, considerando variables clave como el



comportamiento del tránsito vehicular, las características microclimáticas de la zona de estudio, y la viabilidad técnica para el emplazamiento de equipos. Todo ello permitió generar una base de datos sólida y útil para el análisis posterior, garantizando así la calidad metodológica del estudio.

3.8.1 Desarrollo de plan de investigación

Fue diseñado como una estrategia operativa secuencial, articulada en cuatro fases metodológicas fundamentales, orientadas a garantizar la obtención de datos confiables, representativos y científicamente válidos. Estas fases incluyeron desde la selección estratégica de puntos de monitoreo hasta la validación y sistematización de los datos recolectados, considerando rigurosamente criterios técnicos, normativos y logísticos.

1. Selección de puntos de monitoreo

Esta etapa constituyó el primer paso para el desarrollo del trabajo de campo, y fue esencial para garantizar la representatividad espacial de los datos. Se aplicaron los siguientes criterios técnicos para la selección de los sitios de muestreo:

- **Alta carga vehicular:** Se identificaron tramos viales con elevado flujo de vehículos particulares, transporte público y camiones pesados, particularmente durante los horarios de mayor congestión, con base en observaciones preliminares y registros locales.
- **Representatividad del entorno receptor:** Se priorizaron áreas cercanas a zonas sensibles como instituciones educativas, viviendas, centros de salud y zonas comerciales, donde la población puede estar expuesta directamente a los contaminantes.
- **Características topográficas y microclimáticas:** Se consideraron elementos como la pendiente del terreno, obstáculos físicos, presencia de vegetación, y el comportamiento del viento, con el fin de evitar distorsiones en la captación de partículas.



- Viabilidad técnica y operativa: Se verificó que los puntos seleccionados tuvieran condiciones adecuadas para la instalación y operación de equipos de monitoreo, incluyendo disponibilidad de espacio, accesibilidad, seguridad, visibilidad y baja interferencia electromagnética.

Una vez seleccionados los puntos, se procedió a su georreferenciación mediante coordenadas UTM y su validación en campo, para asegurar su adecuación técnica al objeto de estudio. Esta fase permitió definir un conjunto de estaciones de monitoreo fijas a lo largo de la vía Lampa – Juliaca, cubriendo diferentes niveles de exposición potencial a contaminantes del aire.

2. Instalación de equipos

La segunda fase consistió en el despliegue físico de dispositivos de monitoreo climático y registro vehicular, siguiendo protocolos técnicos señalados por el (MINAM) y recomendaciones de organismos internacionales como la EPA y la OMS.

Las actividades incluyeron:

- Transporte y preparación de equipos: Se movilizaron los muestreadores de partículas PM10 (manuales y automáticos), anemómetros, veletas meteorológicas, cámaras de videovigilancia y materiales logísticos (postes, cajas de seguridad, baterías, fuentes de energía).
- Montaje y aseguramiento estructural: Los equipos fueron instalados sobre estructuras estables (bases metálicas, tripiés reforzados o postes anclados), con una altura mínima de 1.5 m desde el nivel del suelo, y orientados según dirección dominante del viento.
- Calibración y prueba de funcionamiento: Cada equipo fue calibrado según las especificaciones del fabricante. Se realizaron pruebas preliminares para verificar el funcionamiento de sensores, flujos de aire, registro de datos y conectividad de las cámaras.
- Definición de intervalos de registro: Se establecieron frecuencias de medición acordes a las características del instrumento y la dinámica ambiental. Por ejemplo, para



sensores automáticos se configuró una lectura cada 60 minutos; para conteos vehiculares, intervalos de 10 minutos por franja horaria.

Se documentó cada instalación con actas técnicas, croquis del entorno inmediato, fotografías georreferenciadas y bitácoras de montaje, asegurando trazabilidad para futuras auditorías técnicas.

3. Recolección de datos

Esta fase comprendió la ejecución del monitoreo sistemático durante un período establecido, con el objetivo de capturar información representativa tanto en días laborables como no laborables, bajo distintas condiciones meteorológicas y de tráfico.

Las acciones realizadas fueron las siguientes:

- **Muestreo de PM10:** Se realizaron mediciones mediante equipos de alto y bajo volumen (Hi-Vol y Low-Vol), así como con sensores automáticos ópticos. Las muestras de filtros recolectados fueron almacenadas en condiciones controladas para su análisis gravimétrico posterior en laboratorio certificado.
- **Registro de variables meteorológicas:** Se midió la velocidad y dirección del viento, la temperatura ambiente, la humedad relativa y la presión atmosférica. Los datos fueron almacenados en dataloggers internos y exportados en hojas electrónicas para su posterior análisis con software especializado.
- **Conteo vehicular y videograbación:** Se aplicó una metodología mixta de observación directa con fichas estructuradas y respaldo audiovisual mediante cámaras instaladas en campo. Los vehículos fueron clasificados en categorías: livianos, pesados, transporte público y motorizados menores. El conteo fue realizado durante horarios críticos (6:00–9:00, 12:00–14:00 y 17:00–20:00 horas), para captar la variabilidad diaria del tráfico.
- **Registro, respaldo y almacenamiento:** Los datos recolectados fueron digitalizados a diario, verificados por duplicado y almacenados en servidores seguros, con



identificación codificada por punto, variable, fecha y hora. Se emplearon hojas de cálculo y formatos prediseñados para homogeneizar la estructura de la base de datos.

Asimismo, el personal de campo contó con equipos de protección personal (EPP), protocolos de bioseguridad y planes de contingencia ante posibles fallas de equipos o condiciones climáticas adversas.

4. Validación de datos

La validación de los datos recolectados se realizó como una etapa crucial para garantizar la integridad científica del estudio. Este proceso comprendió los siguientes procedimientos:

- Verificación de integridad de registros: Se revisó la completitud de cada ficha de campo, formulario digital y hoja electrónica, asegurando que no existan celdas vacías, valores fuera de rango, duplicidades o inconsistencias.
- Control de calidad estadístico: Se aplicaron pruebas de control estadístico como identificación de valores extremos (outliers), análisis de tendencia central y dispersión (media, mediana, desviación estándar), detección de errores sistemáticos y revisión cruzada entre variables relacionadas.
- Contraste con fuentes externas confiables: Los registros de variables meteorológicas fueron comparados con datos de estaciones oficiales del SENAMHI para verificar su consistencia temporal. Del mismo modo, los volúmenes vehiculares fueron cotejados con registros previos de tránsito si existían.
- Codificación, consolidación y trazabilidad: Todos los datos fueron sistematizados bajo una estructura de codificación única por punto de monitoreo, variable, fecha y hora. Se implementaron protocolos de respaldo en servidores externos, además de hojas de validación para auditoría de calidad.

Este proceso permitió conformar una base de datos robusta, que sirvió como insumo técnico para el análisis estadístico, la modelación ambiental y la formulación de conclusiones y recomendaciones en los capítulos posteriores del estudio.



3.9 Procesamiento de datos

Los datos recolectados en campo, correspondientes a la concentración de material particulado (PM10), flujo vehicular y condiciones meteorológicas, serán sometidos a un análisis estadístico detallado, empleando herramientas como tablas, gráficos y medidas de tendencia central para facilitar su interpretación. Este análisis permitirá evaluar de manera precisa la influencia de las fuentes móviles sobre la calidad del aire en la vía salida Lampa – Juliaca, considerando variables clave como la velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa y precipitaciones. Asimismo, se analizarán las fluctuaciones horarias y diarias de los valores obtenidos, permitiendo identificar momentos críticos de mayor exposición a contaminantes. A través de este proceso, los resultados serán comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por el Ministerio del Ambiente, así como con los valores de referencia propuestos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Esto permitirá determinar el nivel de cumplimiento normativo y el riesgo potencial para la salud de la población expuesta.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados.

Se presentan las concentraciones promedio de material particulado (PM10) registradas en dos puntos de monitoreo ubicados en la vía de salida Lampa – Juliaca. En el primer punto, situado en la intersección de la avenida Andrés Avelino Cáceres, se obtuvo una concentración de $137.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 en un periodo de 24 horas. En el segundo punto, ubicado frente al centro de Revisión Técnica Vehicular, se registró una concentración de $114.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 en el mismo intervalo de tiempo. De acuerdo con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para aire, establecido en el Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM, el valor máximo permitido de PM10 para una media de 24 horas es de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por su parte, la Organización Mundial de la Salud (OMS), en su actualización del año 2021, recomienda un límite aún más estricto de $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 para el mismo periodo.

Ambos valores registrados en los puntos de muestreo superan ampliamente los límites establecidos tanto por la normativa nacional como por la referencia internacional. Esto indica una situación de contaminación atmosférica elevada, atribuida principalmente a la alta transitabilidad vehicular en una vía sin pavimentar, lo que genera resuspensión constante de partículas. Asimismo, el elevado flujo de vehículos durante el día y la

ausencia de precipitaciones en época de estiaje agravan la acumulación de material particulado en el ambiente. Además, se debe considerar la posible influencia de actividades humanas como el comercio informal, la carga y descarga de productos, y el tránsito de unidades pesadas, las cuales también contribuyen al deterioro de la calidad del aire en la zona evaluada.

4.1.1 Concentración de material particulado a causa de fuentes móviles

Se presenta un desarrollo detallado y ampliado de los resultados obtenidos para el primer objetivo de tu tesis, utilizando exclusivamente los datos proporcionados y organizando la información en tablas y análisis para cada elemento relevante.

Tabla 3

Concentraciones de PM10 en los puntos de monitoreo.

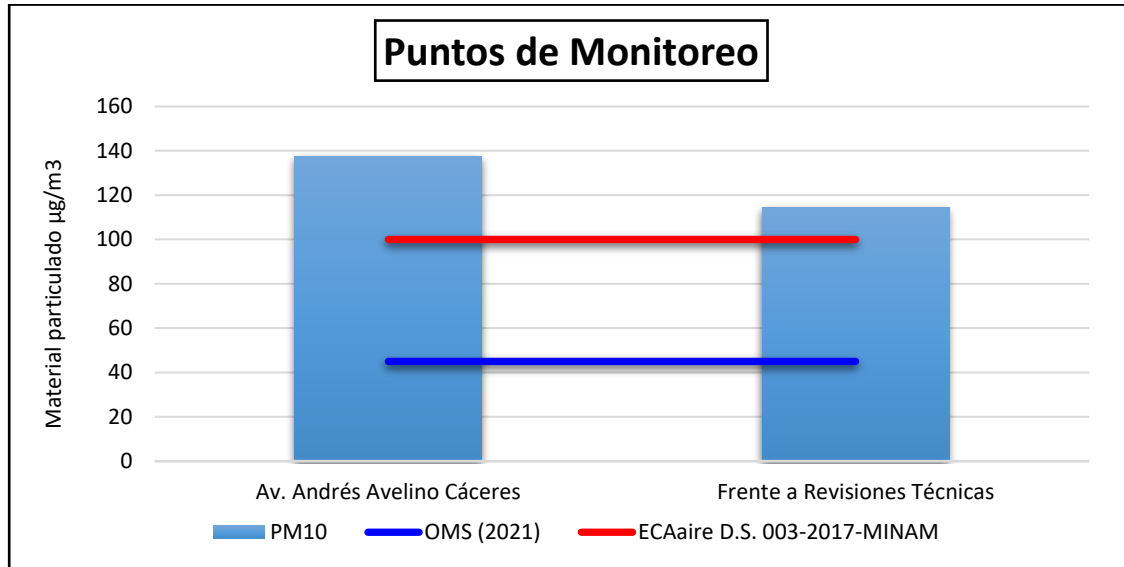
Punto de Monitoreo	PM10 Promedio 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Límite ECA Perú (24h) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Límite OMS (24h) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Av. Andrés Avelino Cáceres	137.50	100	45
Frente a Revisión Técnica	114.50	100	45

Nota. PM10

- Ambos puntos superan el límite nacional (ECA Perú) y el internacional (OMS) para PM10 en 24 horas.
- El valor más alto se registra en la Av. Andrés Avelino Cáceres, lo que indica una mayor exposición a fuentes móviles y condiciones desfavorables para la calidad del aire.
- La polución elevada se atribuye a la transitabilidad vehicular, la vía no asfaltada y la ausencia de precipitaciones (época de estiaje), factores que favorecen la resuspensión y acumulación de partículas en el aire.

Figura 1

Comparación del material particulado con igual o menor a 10 micras con normativas estandarizadas.



Nota. Elaboración propia

Se muestra la comparación de las concentraciones de PM10 registradas en ambos puntos de monitoreo con respecto a los límites establecidos por el ECA aire (100 µg/m³) y la OMS (45 µg/m³). Se evidencia que ambas concentraciones superan significativamente los valores normativos, indicando una condición de calidad del aire no saludable.

Tabla 4

Comparación de Concentraciones con Normativas.

Normativa	Valor Límite 24h (µg/m³)	Cumplimiento Av. Andrés Avelino Cáceres	Cumplimiento Frente a Revisión Técnica
ECA Perú (D.S. 003-2017)	100	No	No
OMS (2021)	45	No	No

Nota. Elaboración propia

- Ningún punto cumple con los estándares nacionales ni internacionales, lo que representa un riesgo para la salud pública y evidencia la necesidad de acciones de control y mitigación.
- La situación se agrava en periodos secos, donde la falta de lluvias impide la limpieza natural del aire.

Tabla 5*Factores que Inciden en la Elevada Concentración de PM10.*

Factor	Descripción
Tránsito vehicular intenso	El flujo constante de vehículos motorizados incrementa la emisión y resuspensión de partículas.
Vía no asfaltada	Favorece la generación de polvo y su dispersión por el viento.
Época de estiaje	La ausencia de precipitaciones impide la remoción de partículas del aire.
Actividades humanas	Otras actividades urbanas pueden contribuir a la variabilidad de los niveles de PM10.

Nota. Elaboración propia

- La combinación de estos factores explica los valores elevados de PM10 registrados en ambos puntos de monitoreo.
- La falta de pavimentación y el clima seco son determinantes clave en la acumulación de material particulado en el aire.

Tabla 6*Relación entre PM10 y Volumen Vehicular.*

Punto de Monitoreo	Vehículos Motorizados (conteo)	PM10 Promedio 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Av. Andrés Avelino Cáceres	536	137.50
Frente a Revisión Técnica	418	114.50

Nota. Ficha de datos

- Existe una relación directa entre el volumen de circulación vehicular y la concentración de PM10.
- El punto con mayor tráfico (Av. Andrés Avelino Cáceres) presenta la concentración más alta de material particulado, confirmando la influencia de las fuentes móviles en la contaminación del aire.

Implicancias para la Salud y el Ambiente

Salud pública: La exposición a niveles elevados de PM10 incrementa el riesgo de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, especialmente en grupos vulnerables como niños y adultos mayores.

Ambiente: La acumulación de partículas afecta la visibilidad, la calidad del aire y puede tener efectos negativos sobre la vegetación y los ecosistemas urbanos.

4.1.2 Dinámica del viento en los puntos de monitoreo

A continuación, se presenta un desarrollo detallado y ampliado de los resultados obtenidos para el segundo objetivo de tu tesis, organizando la información en tablas y análisis para cada elemento relevante, según los datos proporcionados.

Tabla 7

Velocidad del viento en los puntos de monitoreo.

Punto de Monitoreo	Rango de Velocidad del Viento (m/s)
Av. Andrés Avelino Cáceres	2.10 – 3.60 / 5.70 – 8.80
Frente a Revisión Técnica	5.70 – 8.80

Nota. Ficha de datos

- En ambos puntos, la velocidad del viento presenta valores moderados a altos, especialmente en el rango de 5.70 a 8.80 m/s.
- Las velocidades más elevadas favorecen la dispersión del material particulado, pero también pueden transportar contaminantes a mayores distancias, incrementando la polución en zonas a sotavento.

- La presencia de vientos fuertes en época de estiaje, sin lluvias, intensifica la resuspensión de partículas desde la vía no asfaltada.

Tabla 8

Dirección predominante del viento.

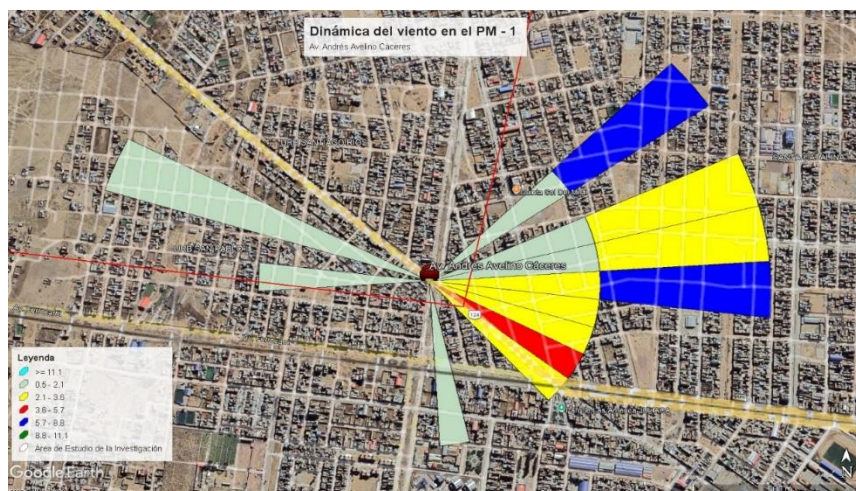
Punto de Monitoreo	Dirección Predominante del Viento
Av. Andrés Avelino Cáceres	Noreste hacia Sureste
Frente a Revisión Técnica	Noreste hacia Sureste

Nota. Ficha de datos

- La dirección predominante del viento en ambos puntos es del noreste hacia el sureste.
- Esta orientación determina hacia dónde se desplazan las partículas en suspensión, afectando potencialmente a las zonas residenciales o comerciales ubicadas en la trayectoria del viento.
- El conocimiento de la dirección del viento es clave para identificar áreas de mayor riesgo de exposición a PM10 y planificar estrategias de mitigación.

Figura 2

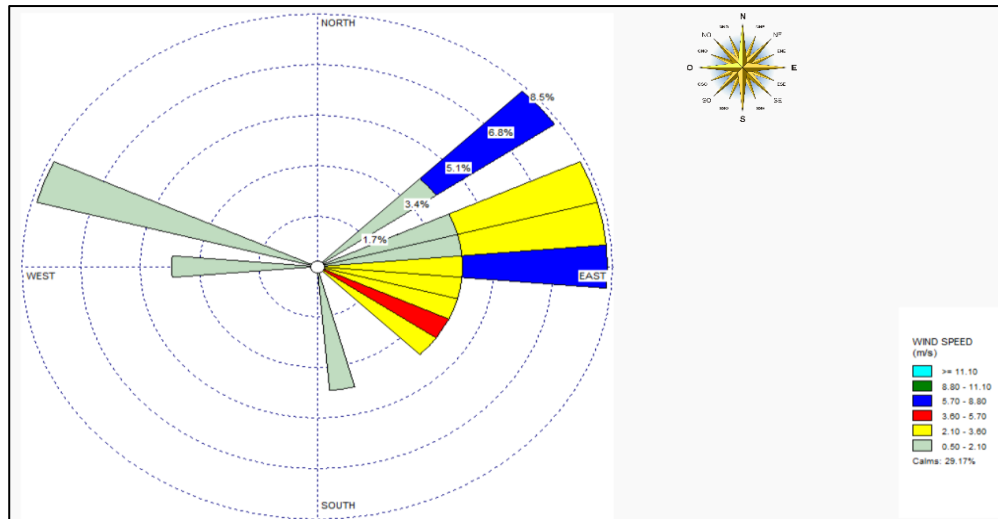
Dinámica del viento de la Av. Andrés Avelino Cáceres.



Nota. Dinámica del viento con WRPLOT con visualización en Google Earth Pro, 2024.

Figura 3

Dinámica del viento de la Av. Andrés Avelino Cáceres.

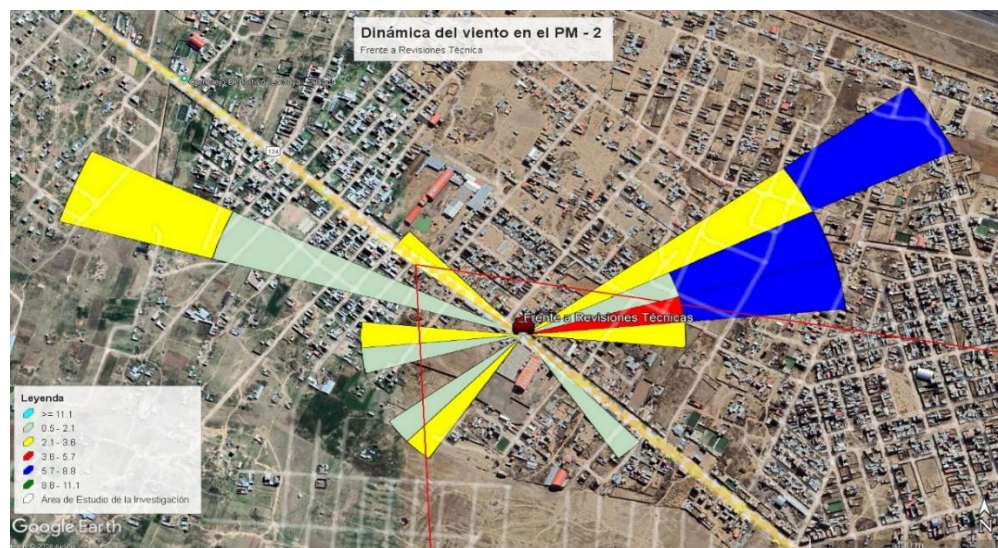


Nota. Dinámica del viento con WRPLOT, 2024.

presentan el modelado de la rosa de viento generado con el software WRPLOT, evidenciando la distribución direccional y frecuencia de la velocidad del viento en la zona de estudio. Se observa que los vientos predominantes se desplazan desde el noreste hacia el sureste, con velocidades que oscilan entre 5.70 y 8.80 m/s.

Figura 4

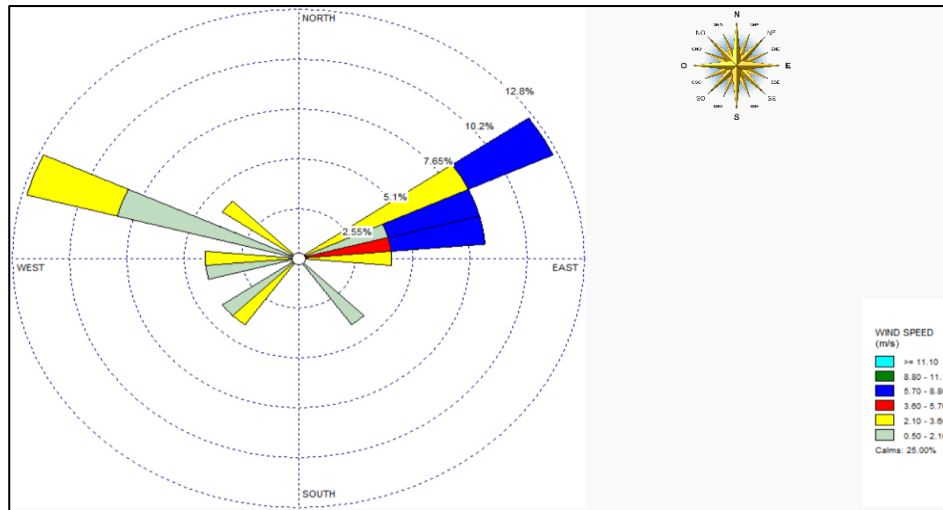
Dinámica del viento frente a Revisión Técnica.



Nota. Dinámica del viento con WRPLOT con visualización en Google Earth Pro, 2024.

Figura 5

Dinámica del viento frente a Revisiones Técnicas.



Nota. Dinámica del viento con WRPLOT, 2024.

Se muestran el modelado de la dinámica del viento en el punto de monitoreo frente a Revisiones Técnicas, generadas mediante el software WRPLOT. Se evidencia que los vientos predominantes provienen del noreste con desplazamiento hacia el suroeste, con velocidades que oscilan entre 5.70 y 8.80 m/s.

Tabla 9

Relación entre dinámica del viento y concentración de PM10.

Punto de Monitoreo	Rango de Velocidad (m/s)	Dirección Predominante	PM10 Promedio 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Av. Andrés Avelino Cáceres	2.10 – 8.80	NE → SE	137.50
Frente a Revisión Técnica	5.70 – 8.80	NE → SE	114.50

Nota. Ficha de datos

- Se observa que los puntos con mayor velocidad de viento y concentración de PM10 coinciden con zonas de alto tránsito vehicular y vías no asfaltadas.
- La dinámica del viento no solo dispersa el material particulado, sino que puede incrementar la exposición en áreas ubicadas en la dirección del flujo de aire.



- En condiciones de viento intenso y ausencia de precipitaciones, la polución atmosférica se agrava, ya que las partículas permanecen más tiempo en suspensión y recorren mayores distancias.

Implicancias Técnicas y Ambientales

- **Dispersión de contaminantes:** La velocidad y dirección del viento son factores determinantes en la dispersión y concentración de PM10 en el área de estudio.
- **Riesgo para la salud:** Las zonas ubicadas a sotavento respecto a las fuentes móviles y vías no asfaltadas presentan mayor riesgo de exposición a contaminantes.
- **Gestión ambiental:** El análisis de la dinámica del viento permite identificar áreas prioritarias para la implementación de barreras vegetales, pavimentación de vías y otras medidas de control de polvo.

4.1.3 Fuentes móviles con la concentración de material particulado PM10

Tabla 10

Volumen de circulación vehicular en los puntos de monitoreo.

Punto de Monitoreo	Vehículos Motorizados (conteo en 24h)
Av. Andrés Avelino Cáceres	536
Frente a Revisión Técnica	418

Nota. Ficha de datos

- El volumen de circulación vehicular es considerablemente alto en ambos puntos, especialmente en la Av. Andrés Avelino Cáceres.
- La elevada cantidad de vehículos motorizados en estas zonas incrementa la emisión y resuspensión de material particulado, contribuyendo directamente a los altos niveles de PM10 registrados.
- La diferencia de 118 vehículos entre ambos puntos puede explicar, en parte, la mayor concentración de PM10 en la Av. Andrés Avelino Cáceres.

Tabla 11*Relación entre volumen vehicular y concentración de PM10.*

Punto de Monitoreo	Vehículos Motorizados (conteo)	PM10 Promedio 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Av. Andrés Avelino Cáceres	536	137.50
Frente a Revisión Técnica	418	114.50

Nota. Concentración de PM10

- Existe una correlación directa entre el número de vehículos y la concentración de PM10: el punto con mayor flujo vehicular presenta la concentración más alta de material particulado.
- Este resultado confirma que las fuentes móviles (vehículos) son el principal factor de contaminación atmosférica en la zona de estudio.
- La diferencia en la concentración de PM10 entre ambos puntos se corresponde con la diferencia en el volumen de tránsito, reforzando la hipótesis planteada en la investigación.

Tabla 12*Influencia de la vía y condiciones ambientales.*

Elemento	Observación
Tipo de vía	No asfaltada, lo que favorece la resuspensión de polvo por el paso de vehículos.
Época del año	Estiaje (ausencia de lluvias), lo que incrementa la acumulación y dispersión de partículas.
Actividades humanas	Tránsito constante y actividades urbanas contribuyen a la variabilidad de los niveles de PM10.

Nota. Ficha de datos

- La falta de pavimentación y la época seca potencian el impacto de las fuentes móviles sobre la calidad del aire.

- Las condiciones ambientales adversas, sumadas al alto flujo vehicular, agravan la situación de contaminación.

Implicancias para la Gestión Ambiental

- **Identificación de zonas críticas:** Los resultados permiten localizar con precisión los puntos de mayor impacto por fuentes móviles, facilitando la priorización de intervenciones.
- **Planificación de medidas:** Se recomienda implementar acciones como la pavimentación de vías, control del tránsito y campañas de sensibilización ciudadana en las zonas identificadas.
- **Monitoreo continuo:** Es fundamental mantener la vigilancia ambiental en estos puntos para evaluar la efectividad de las medidas adoptadas y prevenir riesgos a la salud pública.

4.2 Discusión de resultados.

Contraste con investigaciones previas

Los resultados obtenidos en esta investigación evidencian una preocupante situación en cuanto a la calidad del aire en la vía de salida Lampa – Juliaca, especialmente respecto a la concentración de material particulado con diámetro igual o menor a 10 micras (PM10). En el punto de monitoreo ubicado en la Av. Andrés Avelino Cáceres, se registró una concentración de $137.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que, en el segundo punto, frente al centro de Revisión Técnica Vehicular, se obtuvo una concentración de $114.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ambos valores superan considerablemente los límites establecidos por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) del aire del Perú ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), según el Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM, y por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021), cuyo límite recomendado es de $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para una media de 24 horas.

Estos hallazgos se alinean con los resultados de Mullisaca Apaza (2024), quien en su estudio sobre la calidad del aire en el distrito de San Miguel – Lima, identificó concentraciones de PM10 superiores a $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$, particularmente en puntos con alto tránsito vehicular y ausencia de pavimentación. Este paralelismo entre contextos geográficos distintos refuerza la conclusión de que la interacción entre las fuentes móviles, las condiciones ambientales adversas y la infraestructura urbana deficiente son factores determinantes en el incremento de material particulado en el aire.

En contraste, la tesis desarrollada por Flores Contreras (2023) en la ciudad de Puno, muestra una significativa reducción de las concentraciones de PM10 durante la pandemia de la Covid-19, con valores que oscilaron entre $10.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $35.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Este comportamiento responde a una disminución drástica del flujo vehicular y de las actividades económicas durante el confinamiento, lo que evidencia el papel fundamental que desempeñan las fuentes móviles en la emisión de partículas contaminantes. Aunque el entorno urbano de Puno es diferente al de la vía salida Lampa – Juliaca, la comparación permite visualizar el impacto que tiene la gestión del tránsito sobre la calidad del aire.

Por otro lado, el estudio de Ccapa Huayta (2022), realizado en el distrito de Ananea, en el área de influencia de un proyecto minero, reporta valores de PM10 entre 10.7 y $15.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valores por debajo de los límites normativos, pero que, según el autor, no deben ser subestimados debido a los efectos acumulativos a largo plazo sobre la salud humana. Esta consideración resulta relevante para el caso de la presente investigación, donde la exposición prolongada a concentraciones superiores al estándar representa un riesgo inmediato y evidente para la población que reside, trabaja o transita frecuentemente por la zona evaluada.

Relación entre fuentes móviles y PM10

Los datos obtenidos establecen una correlación directa entre el número de vehículos motorizados que circulan por los puntos de monitoreo y las concentraciones de PM10 registradas. En la Av. Andrés Avelino Cáceres, donde se contabilizaron 536 vehículos en 24 horas, se obtuvo la concentración más alta de PM10. En contraste, en el



punto frente a la Revisión Técnica Vehicular, con 418 vehículos, la concentración fue ligeramente menor, pero aún por encima del límite establecido. Esta diferencia refuerza la hipótesis planteada en esta investigación respecto a que las fuentes móviles constituyen el principal factor contaminante en la zona de estudio.

Este hallazgo es coherente con lo reportado por Mullisaca Apaza, quien concluye que el incremento de unidades vehiculares en zonas urbanas no pavimentadas está directamente relacionado con mayores niveles de contaminación por partículas en suspensión. A diferencia del estudio de Ccapa Huayta, cuyo entorno corresponde a una zona minera con menor tránsito urbano, la presente investigación muestra un escenario urbano con flujo constante, donde el transporte urbano, comercial y de carga genera impactos ambientales significativos.

Influencia de la vía no asfaltada y época de estiaje

Otro aspecto crucial identificado en esta investigación es la condición de la vía. Ambas zonas de monitoreo se sitúan sobre una superficie no asfaltada, lo que favorece la resuspensión de polvo ante el paso de vehículos. Esta condición, sumada a la época de estiaje —caracterizada por la ausencia de precipitaciones—, agrava la acumulación de partículas en el ambiente y dificulta su remoción natural. Este fenómeno también fue descrito en los estudios de Flores y Mullisaca, quienes reconocen que en periodos secos, el material particulado permanece por más tiempo en suspensión, incrementando su concentración y alcance geográfico.

Dinámica del viento y dispersión de contaminantes

El análisis de la dinámica del viento revela que, en ambos puntos de monitoreo, la dirección predominante es del noreste hacia el sureste, con velocidades que oscilan entre 2.10 y 8.80 m/s. Estas condiciones permiten no solo la dispersión de contaminantes, sino también su transporte a zonas residenciales y comerciales adyacentes. En particular, se observa que en el punto de mayor velocidad del viento (frente a la Revisión Técnica), se mantienen niveles elevados de PM10, lo cual confirma que el viento puede actuar como



un factor amplificador de la polución atmosférica, especialmente cuando no existe pavimentación ni vegetación que sirva como barrera natural.

Este comportamiento también ha sido descrito en el trabajo de Mullisaca Apaza, quien utilizó el software WRPLOT para modelar la rosa de los vientos y observar cómo estos transportan partículas a sotavento, afectando zonas vulnerables. Esta herramienta, también utilizada en el presente estudio, resulta esencial para la planificación de medidas de mitigación, como la instalación de barreras vegetales o la modificación de rutas de transporte.

Implicancias ambientales y sanitarias

Desde un enfoque sanitario, la exposición prolongada a niveles elevados de PM10 puede desencadenar una serie de afecciones respiratorias y cardiovasculares, especialmente en poblaciones vulnerables como adultos mayores, niños y personas con enfermedades crónicas. La literatura consultada refuerza esta afirmación, destacando que incluso concentraciones por debajo de los límites normativos pueden causar efectos adversos cuando la exposición es constante. En el caso de esta investigación, donde se han registrado valores que duplican o incluso triplican las recomendaciones de la OMS, el riesgo para la salud pública es inminente.

Desde el punto de vista ambiental, la acumulación de partículas en suspensión afecta la visibilidad atmosférica, la calidad del aire y el equilibrio de los ecosistemas urbanos, comprometiendo además la calidad de vida de las personas que habitan en las zonas afectadas. Esta situación exige una intervención inmediata por parte de las autoridades locales y regionales, orientada a la implementación de estrategias de control y mitigación.

CONCLUSIONES

General, se concluye que la contaminación atmosférica por PM10 en la zona de estudio es un problema grave, directamente asociado a las fuentes móviles, y requiere la implementación urgente de medidas de control y mitigación para proteger la salud de la población y mejorar la calidad ambiental local

Primera, las concentraciones de PM10 en los puntos de monitoreo superan los límites establecidos por el ECA peruano y la OMS, con 137.50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Av. Andrés Avelino Cáceres y 114.50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ frente a Revisiones Técnicas. Esto refleja una alta contaminación del aire, principalmente por el tránsito vehicular y las condiciones no asfaltadas de las vías, especialmente en la época de estiaje.

Segunda, la dirección del viento en la zona de estudio es del noreste al sureste, con velocidades entre 2.10 y 8.80 m/s. Aunque la dinámica del viento ayuda a dispersar las partículas, no es suficiente para mantener las concentraciones dentro de los límites permitidos debido a la constante emisión de partículas por las fuentes móviles.

Tercera, el volumen vehicular es alto, con 536 vehículos/día en Av. Andrés Avelino Cáceres y 418 vehículos/día frente a Revisiones Técnicas. Existe una correlación directa entre el flujo vehicular y los picos de concentración de PM10, lo que confirma que las fuentes móviles son la principal causa de la contaminación por material particulado en la salida a Lampa.



RECOMENDACIONES

Primera, Implementar un plan integral de gestión de la calidad del aire que priorice la reducción de emisiones provenientes del tránsito vehicular, la pavimentación de vías no asfaltadas y el fortalecimiento del monitoreo ambiental continuo.

Segunda, Las autoridades competentes realicen obras de asfaltado o vaciado de vías públicas para reducir la cantidad de material particulado con diámetros iguales o menores a 10 micras de la ciudad de Juliaca en la salida a Lampa.

Tercera, El monitoreo se realice por lo menos en diferentes estaciones del año para realizar las comparaciones correspondientes y ver la variación de todo el año.

Cuarta. Realizar la comparación de los resultados con las normas de la Organización Mundial de la Salud ya que el lugar de monitoreo está siendo más poblada por el crecimiento poblacional.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aquino Aylas, R. R. (2019). Evaluación del Riesgo por Inmisión de Material Particulado 2.5 en El Condominio Los Robles del Distrito de El Agustino. <https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/20.500.14717/228>
- Bravo, M. A., Fuentes, J. D., & Sánchez, G. R. (2020). Air pollution in Latin American cities: Public health and policy challenges. *Environmental Research*, 186, 109489. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109489>
- Bunge, M. (2009). *La investigación científica: su estrategia y su filosofía*. Siglo XXI Editores.
- Cabrera Díaz, J. C. (2019). Material particulado 2.5 micrómetros (μM) y la morbilidad respiratoria en los habitantes de Santa Luzmila en el distrito de Comas. Universidad Nacional Federico Villarreal. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/3636>
- Ccapa Huayta, L. C. (2022). Determinación de los niveles de concentración de material particulado en el área de influencia del proyecto Minero Jesús 2004 TRES, distrito de Ananea-2022. Universidad Privada San Carlos. <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/443>
- Chiluiza Ramirez, C. N. (2019). Evaluación de la Concentración de Material Particulado PM10 y PM2.5 en la Parroquia Belisario Quevedo de la Provincia de Cotopaxi en el periodo 2018 – 2019. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5248>
- Crespo, A. M., Torres, J., & Vásquez, L. (2021). Influencia del viento, lluvias y topografía en la calidad del aire en zonas altoandinas. *Revista de Ciencias Ambientales*, 55(2), 112–126. <https://doi.org/10.15359/rca.55-2.9>
- Cruz Ramos, K. D., & Salcedo Ccallohuanca, R. (2019). Determinación de material particulado menor a 10 μm y 2.5 μm , nitratos y sulfatos, y su relación con la disminución de la función pulmonar en vendedores ambulantes expuestos en el



- Centro Histórico del Cusco. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
<https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/3789>
- De La Cruz Cruz, M. A. (2020). Parámetros físicos en condiciones meteorológicas que afectan la remoción de material particulado en una cámara de sedimentación por gravedad. Universidad Nacional Federico Villarreal.
<https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/4323>
- Flores Contreras, J. (2023). Evaluación de la calidad del aire respecto al parámetro material particulado menores a 10 micrómetros en el contexto de la Covid-19 en la ciudad de Puno. Universidad Privada San Carlo.
<http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/535>
- González, C. M., Rojas, D., & Valverde, F. (2021). Diagnóstico del impacto de las fuentes móviles y condiciones climáticas en la calidad del aire de Lima Metropolitana. *Revista Peruana de Salud Ambiental*, 42(3), 231–240.
<https://doi.org/10.17843/rpsaludambiental.v42i3.1138>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2021). *Metodología de la investigación* (7.^a ed.). McGraw-Hill.
- Jaya Lema, J. L. (2024). Evaluación de la concentración de material particulado pm 2,5 y pm10 en el terminal terrestre del cantón Salcedo de la provincia de Cotopaxi.
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11993>
- Martínez, A., Rivera, P., & Cabrera, M. (2022). Influencia de factores meteorológicos en la calidad del aire en ciudades intermedias andinas. *Revista Ciencia e Ingeniería Ambiental*, 19(1), 55–67. <https://doi.org/10.5354/0719-4609.2022.67452>
- Ministerio del Ambiente. (2017). Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM: Estándares de Calidad Ambiental para Aire. <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/1032399-003-2017-minam>
- Mullisaca Apaza, F. (2024). Caracterización de la calidad del aire en función a parámetros microbiológicos y material particulado del distrito de San Miguel—2023.
<https://repositorio.unaj.edu.pe/handle/unaj/129>



- Organización Mundial de la Salud. (2021). Global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>
- Organización Panamericana de la Salud. (2021). Calidad del aire ambiente. <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire/calidad-aire-ambiente>
- Rodríguez Castro, J. C. (2019). Evaluación de la concentración de material particulado de pm 2.5 y pm 10 en la Parroquia La Matriz en el Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi en el período 2018 – 2019. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5982>
- Rodríguez, M. J., Salas, J. C., & Méndez, D. (2020). Efectos de la exposición a PM₁₀ en niños menores de cinco años en Santa Marta (Colombia). *Revista Salud Pública*, 22(3), 331–339. <https://doi.org/10.15446/rsap.v22n3.87652>
- Sierra Bravo, R. (2021). Técnicas de investigación social: teoría y ejercicios prácticos. Paraninfo.
- Tamayo y Tamayo, M. (2017). El proceso de la investigación científica. Limusa.



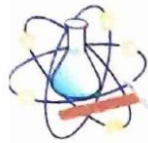
ANEXOS



Anexo 1. Matriz de Consistencia

Título de la tesis: EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO CON DIAMETRO IGUAL O MENOR A 10 MICRAS A CAUSA DE FUENTES MÓVILES, SALIDA LAMPA - JULIACA				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General: ¿Cómo afecta la concentración del material particulado con diámetro igual o menor a 10 micras, proveniente de fuentes móviles, a la calidad del aire en el sector de salida a Lampa, Provincia de San Román?</p>	<p>Objetivo General: Evaluar la calidad del aire en el sector de salida a Lampa, Provincia de San Román, en relación con la concentración de material particulado (PM10) proveniente de fuentes móviles.</p>	<p>Hipótesis General: La concentración de material particulado con diámetro igual o menor a 10 micras (PM10) en el sector de salida a Lampa de la provincia de San Román, superara los estándares de calidad ambiental del aire debido a la influencia de fuentes móviles.</p>	<p>Variable de Caracterización</p> <p>Fuentes móviles</p> <p>Dimensiones: <i>Tráfico vehicular</i> <i>Viento</i> <i>Precipitaciones</i></p> <p>Variable de Interés</p> <p><i>Concentración de material particulado</i></p> <p>Dimensiones: <i>Concentración promedio de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i> <i>Comparación según ECA y OMS</i></p>	<p>Conteo manual o automático de vehículos. Modelado con WRPLOT. Datos meteorológicos locales.</p> <p>Monitores de PM10.</p>
<p>Problemas Específicos</p>	<p>Objetivos Específicos</p>	<p>Hipótesis Específicas</p>		
<p>¿Cuál es la concentración de material particulado PM10 en la zona de salida a Lampa debido a las fuentes móviles?</p> <p>¿Cómo influye la dinámica del viento en la dispersión del material particulado en la zona?</p> <p>¿Qué fuentes móviles contribuyen de manera significativa a la concentración de PM10 en esa área?</p>	<p>Monitorear las concentraciones de material particulado (PM10) en el área de salida a Lampa, causadas por fuentes móviles.</p> <p>Analizar la dinámica del viento en la dispersión del material particulado en la zona.</p> <p>Localizar las fuentes móviles que contribuyen a las concentraciones de material particulado en el área.</p>	<p>La concentración de PM10 en los puntos de monitoreo varía significativamente en función del flujo vehicular registrado en el sector de salida a Lampa.</p> <p>La dinámica del viento (velocidad y dirección) influye en la dispersión y concentración de PM10 en los puntos de monitoreo seleccionados.</p> <p>La localización de fuentes móviles (zonas de mayor tráfico vehicular) se asocia con los picos más altos de concentración de PM10 en el área de estudio.</p>		

Anexo 2. Certificados de Calidad de Laboratorio

**INVEMSAC**
Salud Ocupacional y Ambiental

INFORME DE ENSAYO N° 447116-2024

Cliente : YANET SOLEDAD CALLOHUANCA TURPO
Domicilio legal : Av. Inambari N° 319 - Ajoyani - Carabaya - Puno.
Producto : Material Particulado iguales o menores a 10 micras
Referencia del cliente : EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO CON DIAMETRO IGUAL O MENOR A 10 MICRAS A CAUSA DE FUENTES MÓVILES, SALIDA LAMPA - JULIACA.
Lugar de muestreo : Salida Lampa – Juliaca – Puno.
Procedimiento de muestreo : "Muestreo" G10557
Fecha de recepción de los resultados : 24/10/2021
Fecha de inicio del ensayo : 18/10/2024
Fecha de término del ensayo : 19/10/2024

Serie de Equipo: 29514770	Estación de Muestreo: PM-01	Instrumento de Medición Material Particulado con igual o menor a 10 micras
-------------------------------------	---------------------------------------	--

Fecha de Monitoreo	24 horas de Monitoreo	Tipo de Parámetro	Resultado de 24 horas de Promedio	Unidad
18/10/2024	07:00 a 07:00	Material Particulado 10 micras	133.00	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
22/10/2024	07:00 a 07:00	Material Particulado 10 micras	142.00	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

Serie de Equipo: 29514770	Estación de Muestreo: PM-02	Instrumento de Medición Material Particulado con igual o menor a 10 micras
-------------------------------------	---------------------------------------	--

Fecha de Monitoreo	24 horas de Monitoreo	Tipo de Parámetro	Resultado de 24 horas de Promedio	Unidad
19/10/2024	07:00 a 07:00	Material Particulado 10 micras	114.00	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
23/10/2024	07:00 a 07:00	Material Particulado 10 micras	125.00	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

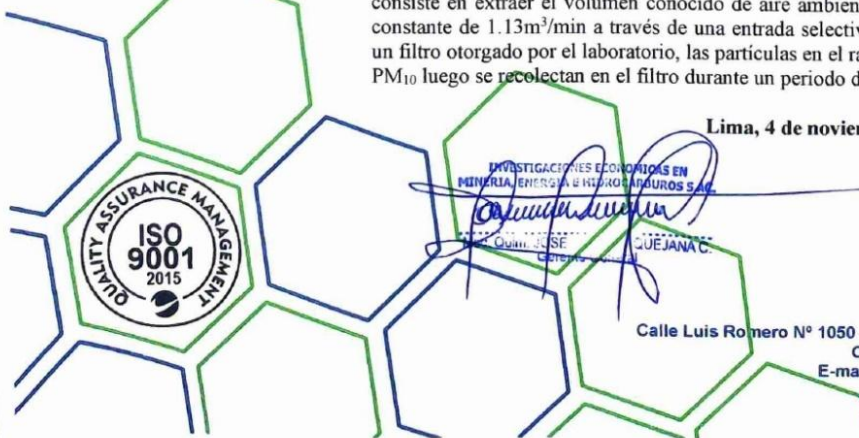
Ensayo:

Material Particulado:

Descripción del Equipo:

Medición de PM_{10} de alto volumen, El Hi-Vol cuyo funcionamiento consiste en extraer el volumen conocido de aire ambiental a un caudal constante de $1.13\text{m}^3/\text{min}$ a través de una entrada selectiva de tamaño y un filtro otorgado por el laboratorio, las partículas en el rango de tamaño PM_{10} luego se recolectan en el filtro durante un periodo de 24 horas.

Lima, 4 de noviembre del 2024.



Pág. 1 de 1
Calle Luis Romero N° 1050 – Urb. Roma – Cercado de Lima
Central Telefonica: (01) 596-3994
E-mail: invemsac@invemsac.com.pe
www.invemsac.com.pe



INVEMSAC

Salud Ocupacional y Ambiental

INFORME DE ENSAYO N° 447116-2024

Cliente : **YANET SOLEDAD CALLOHUANCA TURPO**
 Domicilio legal : Av. Inambari N° 319 - Ajoyani - Carabaya - Puno.
 Producto : Material Particulado iguales o menores a 10 micras
 Referencia del cliente : EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO CON DIAMETRO IGUAL O MENOR A 10 MICRAS A CAUSA DE FUENTES MÓVILES, SALIDA LAMPA - JULIACA.
 Lugar de muestreo : Salida Lampa – Juliaca – Puno.
 Procedimiento de muestreo : "Muestreo" VANTAGE PRO 2 / 6162
 Fecha de recepción de los resultados : 24/10/2021
 Fecha de inicio del ensayo : 18/10/2024
 Fecha de término del ensayo : 19/10/2024

Código de Equipo:	Estación de Muestreo:	Instrumento de Medición
AZ170124017(console)	PM-01	Estación Meteorológica

FECHA	HORA	TEMPERATURA (°C)	PRECIPITACIÓN (mm/hora)	HUMEDAD (%)	DIRECCION DEL VIENTO (°)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)
18/10/2024	0	6.7	0	27	284	0.8
18/10/2024	1	4.6	0	34	290	0
18/10/2024	2	3	0	37	290	0.3
18/10/2024	3	4.2	0	33	265	0.1
18/10/2024	4	0.6	0	44	29	0
18/10/2024	5	-0.3	0	42	65	1.1
18/10/2024	6	-2.7	0	54	286	0.9
18/10/2024	7	2.3	0	40	291	0.2
18/10/2024	8	8.6	0	22	213	0.3
18/10/2024	9	12.8	0	13	169	0.9
18/10/2024	10	14.9	0	10	101	2.8
18/10/2024	11	17	0	10	90	3.2
18/10/2024	12	18.2	0	8	78	3.3
18/10/2024	13	19	0	7	133	2.3
18/10/2024	14	19.7	0	7	123	3.6
18/10/2024	15	20	0	7	109	3.3
18/10/2024	16	20.1	0	6	87	5.7
18/10/2024	17	18.7	0	8	50	6.7
18/10/2024	18	15.1	0	12	73	2.9
18/10/2024	19	12.1	0	19	254	0
18/10/2024	20	10.4	0	22	274	1.7
18/10/2024	21	9.6	0	18	289	1.4
18/10/2024	22	6.3	0	27	54	1.2
18/10/2024	23	6.4	0	15	77	1.3



INVESTIGACIONES TECNOLÓGICAS EN
 MINERÍA, ENERGÍA E INFRACONDUCTORES S.A.C.
 Ing. Quím. JOSÉ LUIS MUEQUEJANA C.
 Gerente General

Pág. 1 de 2
 Calle Luis Romero N° 1050 – Urb. Roma – Cercado de Lima
 Central Telefonica: (01) 596-3994
 E-mail: invemsac@invemsac.com.pe
www.invemsac.com.pe



INVEMSAC

Salud Ocupacional y Ambiental

Código de Equipo: AZ170124017(console)		Estación de Muestreo: PM-02			Instrumento de Medición Estación Meteorológica	
FECHA	HORA	TEMPERATURA (°C)	PRECIPITACIÓN (mm/hora)	HUMEDAD (%)	DIRECCION DEL VIENTO (°)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)
19/10/2024	0	5.3	0	18	287	0
19/10/2024	1	3.7	0	27	291	0.5
19/10/2024	2	-1.8	0	34	270	0.1
19/10/2024	3	-0.7	0	36	309	0.1
19/10/2024	4	-2.7	0	50	305	2.1
19/10/2024	5	-4.1	0	53	290	1
19/10/2024	6	-4.9	0	45	255	0.1
19/10/2024	7	-0.4	0	34	274	0
19/10/2024	8	8.4	0	17	69	0.6
19/10/2024	9	11.9	0	10	234	1.1
19/10/2024	10	14.1	0	8	301	0.4
19/10/2024	11	16.2	0	8	144	1.2
19/10/2024	12	17.7	0	8	56	2.3
19/10/2024	13	18.9	0	7	85	2.8
19/10/2024	14	19.3	0	7	218	2.4
19/10/2024	15	19.9	0	8	58	6.7
19/10/2024	16	19.3	0	9	73	6.2
19/10/2024	17	17.7	0	10	84	8.2
19/10/2024	18	14.8	0	12	79	4.2
19/10/2024	19	11.6	0	17	270	2.3
19/10/2024	20	8.8	0	24	288	3.4
19/10/2024	21	7.2	0	30	263	1.5
19/10/2024	22	6.4	0	28	188	0
19/10/2024	23	6.7	0	24	61	2.8

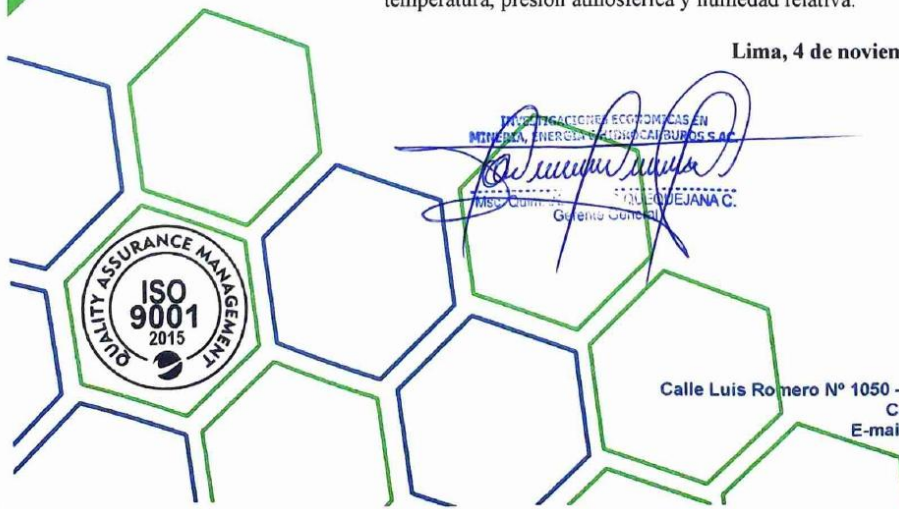
Ensayo:

Estación Meteorológica:

Descripción del Equipo:

La caracterización meteorológica de la zona de estudio, se ha basado en la información registrada en la estación portátil. Los parámetros meteorológicos registrados fueron velocidad y dirección del viento, temperatura, presión atmosférica y humedad relativa.

Lima, 4 de noviembre del 2024.



Pág. 2 de 2

Calle Luis Romero N° 1050 – Urb. Roma – Cercado de Lima
Central Telefonica: (01) 596-3994
E-mail: invemsac@invemsac.com.pe
www.invemsac.com.pe

Anexo 3. Panel Fotográfico

Fotografía 01. Antecedentes de la prensa sobre concentración de material particulado

pachamamaradio.org/juliaca-vecinos-de-la-salida-a-lampa-esperan-que-la-proxima-autoridad-realice-el-asfaltado-integral-de-sus-calles/

Juliaca: vecinos de la salida a Lampa esperan que la próxima autoridad realice el asfaltado integral de sus calles

Publicado por: Pachamama Radio | RF



Madre de Dios
Qali Warma
SENASA
verifican
inocuidad de
alimentos
dirigidos a
escolares

San Román:
anuncian la
apertura de
agencias
municipales

"Faltan
acciones de
prevención."

Fotografía 02. Material particulado pegado en mascarilla de protección



Fotografía 03. Fuentes móviles causando la generación de material particulado en el aire



Fotografía 04. Ubicación de equipo HI-VOL y la Veleta



Fotografía 05. Colocación de filtros al equipo HI-VOL



Fotografía 06. Cerrado de la tapa del equipo HI-VOL



Fotografía 07. Extracción del filtro del equipo HI-VOL para observación y medición de material particulado





FICHA TÉCNICA		AIRE												
<p>PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO CON DIAMETRO IGUAL O MENOR A 10 MICRAS A CAUSA DE FUENTES MÓVILES, SALIDA LAMPA - JULIACA</p> <p>SOLICITANTE: BACH. YANET SOLEDAD CALLOHUANCA TURPO</p> <p>FECHA: JUNIO DEL 2025</p>														
<p>Leyenda:</p> <p>PM 10 : Material particulado menor a 10 micras</p> <p>PM 2.5 : Material particulado menor a 2.5 micras</p>														
Item	Punto de muestreo / Estación	Fecha	24 horas de Monitoreo		Código de equipo	Condiciones Ambientales				Serie de equipo	Material particulado menor a 10 micras (PM 10)		Vehículos motorizados	OBSERVACIONES
			Inicio	Final		T ^o C promedio (°C)	Precipitación (mm/hora)	Dirección del viento (°)	Velocidad del viento (m/s)		µg/m ³	µg/m ³ Promedio		
1	Av. Andrés Avelino Cáceres Frente a Revisión Técnica	05/06/2025	08:00	08:00	EQP - 002	10	0.00	Suroeste	2.2	SN - 45890	35.20	137.50	536.00	Tránsito muy alto; condiciones estables
2		06/06/2025	08:00	08:00	EQP - 003	10	0.00	Suroeste	1.9	SN - 45890	31.70	114.50	418.00	Tránsito elevado; actividad de revisión vehic.
3														
4														
5														
6														
7														
8 ...														



FICHA TÉCNICA		FLUJO VEHICULAR MOTORIZADOS							
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO CON DIAMETRO IGUAL O MENOR A 10 MICRAS A CAUSA DE FUENTES MÓVILES, SALIDA LAMPA - JULIACA									
SOLICITANTE: Bach. YANET SOLEDAD CALLOHUANCA TURPO									
FECHA: JUNIO DEL 2025									
Ítem	Punto de muestreo/Estación	Fecha de conteo	Vehículos motorizados (#)					Promedio de flujo vehicular	
			Combi	Minibus	Taxi	Mototaxi	Carrocerías pesadas		Otros
1	Av. Andrés Avelino Cáceres	02/06/2025	120	80	150	110	50	26	536
2	Frente a Revisión Técnica	03/06/2025	110	60	130	70	40	8	418
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10 ...									
Total de vehículo									954
Promedio/vehículo									477
Observaciones:									



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 09-10-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: YANET SOLEDAD CALLOHUANCA TURPO

Dirección: Av. INAMBARI 319 BARRIO UNION RINCONADA

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70412495

Teléfono: 917 592 092 email: _____

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO AMBIENTAL

Asesor: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO CON
DIAMETRO IGUAL O MENOR A 10 MICRAS A CAUSA DE FUENTES
MÓVILES SALIDA LAMPA - JULIACA

Palabras claves, (3 a 5 términos): CALIDAD DEL AIRE, PM10, POLUCIÓN, FUENTES MÓVILES

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

- Bachiller
- Título
- 2da Especialidad
- Maestría
- Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL - P22


Firma de Autor



huella digital

09-10-2025

Fecha