



# Universidad Nacional Autónoma de Chota

## FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

### Unidad de Investigación

#### RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN N° 001-2024-FCA/UNACH

“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”



### 1 CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, **hace constar** que la tesis de investigación Titulada “**Evaluación de la calidad del aire por material particulado en la ciudad de Chota, Cajamarca**”; desarrollada por la **bachiller Emelina Vásquez Gonzales** de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, **asesorada por la Dra. Azucena Chávez Collantes y coasesorada por el M.Sc. Eisner Will Castillo Rojas**; presenta un **ÍNDICE DE SIMILITUD DEL 25%**, sin incluir bibliografía; por lo tanto, cumple con el criterio de evaluación de originalidad establecido en el

REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA aprobado mediante RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N°120-2022-UNACH.

Se expide la presente, a petición de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Chota, 19 de noviembre de 2024.

Atentamente

M.Sc. Rubén Iván Marchena Chanduvi  
Director de la Unidad de Investigación  
de la Facultad de Ciencias Agrarias

RIMCH/DUIFCA  
Interesado  
APCA  
Archivo  
Chota 2024




---

**CO-01-2024-UIFCA-UNACH**

**Correo: [investigacionfca@unach.edu.pe](mailto:investigacionfca@unach.edu.pe)**

# Emelina Gonzales Vásquez

## IT-CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD-UIFCA

-  INFORME DE TESIS 2024
-  PROYECTOS Y TESIS 2024
-  Universidad Nacional Autonoma de Chota

---

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3080490701

Fecha de entrega

15 nov 2024, 11:52 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

15 nov 2024, 12:00 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

INFOR-FINAL-TESISS\_EMELINA\_-.T.docx

Tamaño de archivo

9.8 MB

73 Páginas

11,825 Palabras

63,531 Caracteres




## 25% Similitud general

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

### Filtrado desde el informe


- ▶ Bibliografía

### Fuentes principales

- 23%  Fuentes de Internet
- 13%  Publicaciones
- 8%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

#### N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**  
47 caracteres sospechosos en N.º de páginas  
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

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.

## Fuentes principales

- 23% Fuentes de Internet
- 13% Publicaciones
- 8% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	hdl.handle.net	5%
2	Internet	repositorio.unach.edu.pe	1%
3	Trabajos del estudiante	uncedu	1%
4	Internet	repositorio.udh.edu.pe	1%
5	Internet	repositorio.unc.edu.pe	1%
6	Internet	cdn.www.gob.pe	1%
7	Internet	pesquisa.bvsalud.org	0%
8	Internet	repositorio.unasam.edu.pe	0%
9	Internet	www.researchgate.net	0%
10	Internet	docslide.us	0%
11	Internet	1library.co	0%

12	Internet	pt.scribd.com	0%
13	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	0%
14	Internet	revistas.unj.edu.pe	0%
15	Internet	issuu.com	0%
16	Internet	laccei.org	0%
17	Internet	www.slideshare.net	0%
18	Publicación	ECO-MAPPING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. "DAA de la Planta Industrial de la ...	0%
19	Internet	www.coursehero.com	0%
20	Trabajos del estudiante	Universidad Alas Peruanas	0%
21	Internet	repositorio.unac.edu.pe	0%
22	Internet	worldwidescience.org	0%
23	Internet	www.cepis.org.pe	0%
24	Internet	repositorio.utc.edu.ec	0%
25	Internet	scielo.org.co	0%

26	Internet	www.mdpi.com	0%
27	Trabajos del estudiante uamerica		0%
28	Internet	repositorio.uniandes.edu.co	0%
29	Internet	repositorio.unsa.edu.pe	0%
30	Trabajos del estudiante ITESM: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey		0%
31	Publicación	CONSULTORIA E INGENIERIA INTEGRAL MEC EIRL. "PAMA de la Planta Industrial p...	0%
32	Publicación	VICEVERSA CONSULTING S.A.. "Actualización de la MEIA Tambojasa-IGA0019651", ...	0%
33	Internet	core.ac.uk	0%
34	Internet	www.repositorio.unach.edu.pe	0%
35	Publicación	Enrique , Acosta Torres Edward   Laino, Sergio Andrés López. "Business Consultin...	0%
36	Internet	casap.com.co	0%
37	Internet	www.accion21.es	0%
38	Trabajos del estudiante Universidad de Pamplona		0%
39	Internet	prezi.com	0%

40	Publicación	WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "PMA de la Optimiz...	0%
41	Trabajos del estudiante	unsaac	0%
42	Publicación	AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - AMBIDES...	0%
43	Trabajos del estudiante	Universidad Católica Boliviana "San Pablo"	0%
44	Internet	documents.mx	0%
45	Internet	repositorio.usm.cl	0%
46	Internet	www.freepatentsonline.com	0%
47	Publicación	ENVIRONMENTAL HYGIENE & SAFETY SRLTDA. "Actualización del Plan de Manejo ...	0%
48	Internet	climatedetectives.esa.int	0%
49	Publicación	J & E CONSULTORES GENERALES S.R.L.. "EIA-SD del Proyecto Instalación de la Líne...	0%
50	Internet	rcta.unah.edu.cu	0%
51	Internet	uhjs.edu.mx	0%
52	Publicación	ASILORZA SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. "Modificación del PAD para los Proyect...	0%
53	Publicación	NAKAMURA CONSULTORES SAC - NAKCSAC. "Actualización del Plan de Manejo Am...	0%

54	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo	0%
55	Trabajos del estudiante	Universidad Científica del Sur	0%
56	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle	0%
57	Trabajos del estudiante	Universidad Ricardo Palma	0%
58	Internet	repositorio.ulacit.ac.cr	0%
59	Internet	repositorio.unu.edu.pe	0%
60	Internet	tesis.unsm.edu.pe	0%
61	Trabajos del estudiante	BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA	0%
62	Publicación	HUMING INGENIEROS SOCIEDAD ANÓNIMA CERRADA - HUMING INGENIEROS S.A....	0%
63	Trabajos del estudiante	Universidad Pontificia Bolivariana	0%
64	Internet	de.slideshare.net	0%
65	Internet	docplayer.es	0%
66	Internet	onlinelibrary.wiley.com	0%
67	Internet	repositorio.ute.edu.ec	0%

68	Internet	repositorioinstitucional.uson.mx	0%
69	Publicación	"Medición y reparto de fuentes de MP2.5 en casas en Santiago durante la pande...	0%
70	Publicación	INGARUCA ALVAREZ EVER FLORENCIO. "Programa de Reconversión y Manejo de Á...	0%
71	Publicación	TAPARA SEDANO AUREO LENIN. "DIA de la Instalación de Comercialización de Res...	0%
72	Internet	moam.info	0%
73	Internet	repositorio.oefa.gob.pe	0%
74	Internet	repositorio.unap.edu.pe	0%
75	Internet	theomai.unq.edu.ar	0%
76	Internet	visorsig.oefa.gob.pe	0%
77	Internet	vsip.info	0%
78	Internet	www.cippecc.org	0%
79	Internet	www.repositorio.unam.edu.pe	0%
80	Internet	www.uson.mx	0%
81	Publicación	ENVIRONMENTAL QUALITY ANALYTICAL SERVICES S.A.. "DAA de la Planta de Servi...	0%

82	Publicación	GESTION EN CONSULTORIA INTEGRAL Y MEDIO AMBIENTE S.A.C. - GESIM SAC. "D...	0%
83	Publicación	Guido Patricio Santillán Lima, Juan Carlos Santillán-Lima, Daniela Margoth Caichu...	0%
84	Publicación	OSCAR YANGALI INGENIERIA E.I.R.LTDA.. "DIA del Proyecto Línea de Transmisión ...	0%
85	Publicación	SERV GEOGRAFICOS Y MEDIO AMBIENTE SAC. "PMA de la Estación de Compresión ...	0%
86	Internet	doaj.org	0%
87	Internet	es.scribd.com	0%
88	Internet	repositorio-digital.cide.edu	0%
89	Internet	repositorio.uaaan.mx	0%
90	Internet	repositorio.unican.es	0%
91	Internet	repository.usta.edu.co	0%
92	Internet	www.elsalvador.com	0%
93	Internet	www.imss.gob.mx	0%
94	Internet	www.subredsuoccidente.gov.co	0%
95	Publicación	ECO PLANET E.I.R.L.. "Informe de Gestión Ambiental del Proyecto Defensa Ribere...	0%

96	Publicación	INERCO CONSULTORIA PERU S.A.C.. "ITS para las Mejoras y Ampliación de Batería...	0%
97	Publicación	INGENIERIA EN SEGURIDAD INDUSTRIAL E HIGIENE AMBIENTAL S.A.C.- INSEHI S.A...	0%
98	Publicación	INGENIEROS INNOVADORES PROYECTISTAS AMBIENTALES E.I.R.L.. "Actualización ...	0%
99	Publicación	ROMAN GUILLEN GUSTAVO ANGEL. "DIA del Proyecto Instalación de Comercializa...	0%
100	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco	0%
101	Publicación	WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "Primera Modificaci...	0%
102	Internet	agrocolun.cl	0%
103	Internet	coreca.org	0%
104	Internet	repositorio.uchile.cl	0%
105	Internet	repositorio.unife.edu.pe	0%
106	Internet	repositorio.unj.edu.pe	0%
107	Internet	search.scielo.org	0%
108	Internet	www.camisea.com.pe	0%
109	Internet	www.participaperu.org.pe	0%

110	Publicación	"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derech...	0%
111	Publicación	CLEAN TECHNOLOGY S.A.C.. "EIA-SD del Proyecto Infraestructura de Tratamiento ...	0%
112	Publicación	DC INGENIEROS PERUANOS S.A.C.. "Actualización del DAP de la Planta N° 02-IGA0...	0%
113	Publicación	ECO-MAPPING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. "DAP de la Planta Industrial de la ...	0%
114	Publicación	LOPEZ PEÑA ANIBAL. "ITS Adecuación de las Instalaciones de Almacenamiento y ...	0%
115	Publicación	ORTEGA QUISBERTY PEDRO ALEX. "DIA del Proyecto Comercializadora de Residuo...	0%
116	Publicación	SANTILLAN CHUMPITAZ RICARDO LEONIDAS. "Plan de Abandono de la Estación d...	0%
117	Publicación	SERV GEOGRAFICOS Y MEDIO AMBIENTE SAC. "Plan de Cese Temporal de Activida...	0%
118	Trabajos del estudiante Universidad Continental		0%
119	Publicación	WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "DIA del Proyecto S...	0%
120	Publicación	WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "MEIA del Proyecto ...	0%
121	Internet	amapsi.org	0%
122	Internet	archive.org	0%
123	Internet	calibracionesime.com.mx	0%

124	Internet	cybertesis.uni.edu.pe	0%
125	Internet	dniproavia.com	0%
126	Internet	documentop.com	0%
127	Internet	doczz.net	0%
128	Internet	dokumen.site	0%
129	Internet	dspace.unach.edu.ec	0%
130	Internet	fdocument.org	0%
131	Internet	idus.us.es	0%
132	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	0%
133	Internet	repositorio.ujcm.edu.pe	0%
134	Internet	www.cajpe.org.pe	0%
135	Internet	www.medialab-matadero.es	0%
136	Internet	www.pancanal.com	0%
137	Internet	www.scielo.org.pe	0%

138	Internet	www.sinia.cl	0%
139	Internet	www.smf.org.mx	0%
140	Internet	zaloamati.azc.uam.mx	0%
141	Publicación	ENERGY AND MINING CONSULTING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. "ITS del Proy...	0%
142	Publicación	EVALUACION Y GESTION AMBIENTAL SOCIEDAD ANONIMA CERRADA EVAGAM S.A...	0%
143	Publicación	Huacuz Elias, Rafael de Jesus. "Politica de calidad del aire y participacion ciudada...	0%
144	Publicación	WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "EIA para el Proyect...	0%
145	Publicación	WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "PMA Modificación ...	0%
146	Internet	aprenderly.com	0%
147	Internet	siar.regionsanmartin.gob.pe	0%
148	Internet	www.caloryfrio.com	0%
149	Internet	www.clubensayos.com	0%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL Y AMBIENTAL**



**Evaluación de la calidad del aire por material particulado en la ciudad de Chota,  
Cajamarca**


**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

**AUTOR**

Vásquez Gonzales, Emelina

**ASESOR**

Dra. Chávez Collantes, Azucena

  
M. Sc. Azucena Chávez Collantes  
CIP N° 203685  
Docente UNACH

**COASESOR**

M.Sc. Eisner Will Castillo Rojas

  
Ing. Eisner Will Castillo Rojas

**CHOTA – PERÚ**

**Marzo, 2024**



*Universidad Nacional Autónoma de Chota*  
Facultad de Ciencias Agrarias  
Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental



Anexo 01:

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

REG. N° 012-2024-FCA

Siendo las 11:18 horas, del día 23 de octubre de 2024, los miembros del Jurado de Tesis titulada: "Evaluación de la calidad del aire por material particulado en la ciudad de Chota,

Cajamarca", integrado por:

1. Dr. Alejandro Seminario Cunya..... Presidente
2. M.Sc. José Magno Quiroz Gonzales..... Secretario
3. Dr. Héctor Orlando Chávez Angulo..... Vocal

Sustentada de manera presencial por Emelina Vásquez Gonzales, con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental.

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerda APROBAR la tesis, calificándola con la nota de 15, se eleva la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el correspondiente título profesional

Colpa Matara, 23 de marzo del 2024

  
Dr. Alejandro Seminario Cunya  
Presidente

  
M.Sc. José Magno Quiroz Gonzales  
Secretario

  
Dr. Héctor Orlando Chávez Angulo  
Vocal

## **Dedicatoria**

A Dios todo poderoso y a las personas fundamentales en mi vida, aquellos que han estado a mi lado en cada paso de mi camino.

A mis padres, Manuel Jesús Vasquez Sánchez y María Lucía Gonzales Carranza, quienes me han dado la vida, educación y amor infinito; a mi querido esposo, Mario Coronel Rojas, a mis queridos hijos, Marco, Ghahel Alejandro y Emily María por su comprensión y apoyo incondicional y a mi abuelo, Guillermo Gonzales Sanches una gratitud eterna, quien me ha brindado sabiduría, amor y consejos invaluable a lo largo de mi vida.

A mis mentores, Dra. Ing. Azucena Chávez Collantes y al M.Sc. Eisner Will Castillo Rojas, quienes han sido mi guía y ha compartido sus conocimientos y experiencias conmigo siendo fundamentales para mi crecimiento académico y profesional.

¡A cada uno de ustedes, mi más profundo agradecimiento por estar siempre a mi lado y ser mi inspiración constante!

*Emelina Vásquez Gonzales*

## **Agradecimiento**

En este momento de logro y culminación, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a aquellos que han dejado su huella en este camino de mi formación profesional.

A mi familia, mi pilar más sólido, por su apoyo constante a lo largo de mi trayectoria académica. Gracias por su paciencia, comprensión y por creer en mí en cada momento.

Agradezco de manera especial a mi hermano José Manuel Vasquez Gonzales. Su trabajo en equipo, sus ideas y su apoyo constante durante esta investigación.

A mis asesores de tesis, la ing. Azucena Chávez Collantes y el ing. Eisner Will Castillo Rojas, por su valioso aporte y orientación en este proceso.

A la Universidad Nacional Autónoma de Chota por brindarme los recursos necesarios y el ambiente propicio para mi formación profesional en ingeniería forestal y ambiental, así como también a los docentes que nos brindaron sus enseñanzas y apoyo, impulsándonos a continuar progresando cada día.

¡A todos ustedes, muchas gracias!

*Emelina Vásquez Gonzales*

## ÍNDICE

RESUMEN .....	10
ABSTRACT.....	11
CAPITULO I .....	12
INTRODUCCIÓN .....	12
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	12
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	14
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	14
1.4 OBJETIVOS .....	15
1.4.1 <i>Objetivo general</i> .....	15
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	15
CAPTULO II .....	16
MARCO TEÓRICO .....	16
2.1 ANTECEDENTES .....	16
2.2 BASES TEÓRICO – CIENTÍFICAS.....	20
2.2.1 <i>Contaminación atmosférica</i> .....	20
2.2.1.1 Tipos de contaminantes atmosféricos .....	21
2.2.2 <i>Fuentes de contaminación del aire</i> .....	21
2.2.2.1 Fuentes primarias .....	21
2.2.2.2 Fuentes secundarias .....	21
2.2.2.3 Fuentes móviles .....	22
2.2.2.4 Fuentes puntuales o fijas.....	22

2.2.3	<i>Contaminación debido a fuentes móviles</i>	22
2.2.4	<i>Congestión vehicular</i>	23
2.2.5	<i>Flujos de contaminación del aire</i>	23
2.2.6	<i>Material particulado (PM10-PM2,5)</i>	23
2.2.7	<i>Aerodinámica de dispersión de material particulado</i>	24
2.2.8	<i>Contaminantes químicos</i>	24
2.2.8.1	Hollín	24
2.2.8.2	Humo de combustión	24
2.2.8.3	Óxido de nitrógeno (NOx)	25
2.2.8.4	Dióxido de carbono (CO2)	25
2.2.9	<i>Efectos en la salud</i>	25
2.2.10	<i>Efectos en el medio ambiente y en la vegetación</i>	26
2.2.11	<i>Parámetros meteorológicos</i>	26
2.3	MARCO CONCEPTUAL	27
2.4	HIPÓTESIS	28
2.4.1	<i>Marco legal</i>	28
2.5	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	29
CAPÍTULO III		30
MARCO METODOLÓGICO		30
3.1	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	30
3.2	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	30
3.3	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	30
3.4	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	30

3.4.1	<i>Población</i> .....	30
3.4.2	<i>Muestra</i> .....	30
3.5	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	31
3.5.1	<i>Instrumentos de recolección de datos</i> .....	38
3.5.1.1	Materiales.....	38
3.5.1.2	Equipos .....	38
3.6	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	39
3.7	ASPECTOS ÉTICOS .....	39
CAPÍTULO IV .....		41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		41
4.1	DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS.....	41
4.2	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	54
4.3	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	55
CAPÍTULO V.....		58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		58
5.1	CONCLUSIONES.....	58
5.2	RECOMENDACIONES .....	59
CAPITULO VI .....		60
REFERENCIAS.....		60
CAPÍTULO VII.....		66
ANEXOS .....		66

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Estándares de calidad ambiental para aire .....	28
<b>Tabla 2</b> Operacionalización de variables .....	29
<b>Tabla 3</b> Parámetros y denominación mediante ntp .....	34
<b>Tabla 4</b> Puntos y frecuencia de monitoreo de material particulado .....	35
<b>Tabla 5</b> Fuentes de generación de contaminantes .....	41
<b>Tabla 6</b> Análisis de varianza (anova) para el pm10 evaluados en distintos puntos de la ciudad de chota.....	50
<b>Tabla 8</b> Análisis de varianza (anova) para el pm2.5 evaluados en distintos puntos de la ciudad de chota.....	52
<b>Tabla 9</b> Resultados del análisis del peso de partículas de los parámetros pm10- pm2.5- mes de junio .....	76
<b>Tabla 10</b> Resultados del análisis del peso de partículas-pm10- pm2.5- mes de julio.....	76
<b>Tabla 11</b> Resultados del análisis del peso de partículas-pm10- pm2.5- mes de agosto.....	77
<b>Tabla 12</b> Registros de humedad época de muestreo .....	77
<b>Tabla 13</b> Registros de dirección y velocidad del viento durante el periodo de muestreo.....	78
<b>Tabla 14</b> Resultados de promedio del parámetro pm10 en comparación de los ecas del aire. ....	78
<b>Tabla 15</b> Promedio de los resultados del parámetro pm2.5 en comparación de los ecas del aire. ....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Mapa de ubicación y localización de puntos de monitoreo en la ciudad de Chota.....	36
<b>Figura 2</b> Resultados de análisis de material particulado de los parámetros pm10- pm2.5 mes de junio .....	42
<b>Figura 3</b> Resultados de análisis de material particulado de los parámetros Pm10- Pm2.5 mes de julio .....	43
<b>Figura 4</b> Resultados de análisis de material particulado parámetros Pm10- Pm2.5- mes de agosto .....	44
<b>Figura 5</b> Registros de humedad durante periodo de muestreo mes de junio, julio y agosto .....	45
<b>Figura 6</b> Tendencia de la dirección y velocidad del viento mes junio, julio y agosto .....	46
<b>Figura 7</b> Registro de temperatura recopilados durante el muestreo .....	47
<b>Figura 8</b> Nivel de concentración de material particulado Pm10, punto N°1-comparado con los Ecas para Aire según El D.S. N°003-2017-Minam. ....	48
<b>Figura 9</b> Nivel de concentración de material particulado Pm2.5, Punto N° 2-comparado con los Ecas para Aire según El D.S. N°003-2017-Minam .....	49
<b>Figura 10</b> Medias del del Pm10 obtenidos en distintos puntos de la ciudad de Chota.....	51
<b>Figura 11</b> Medias del Pm2.5 obtenidos en distintos meses en la ciudad de Chota.....	53
<b>Figura 12</b> Medias del Pm2.5 obtenidos en distintos puntos de la ciudad de Chota.....	54

## RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en la ciudad de Chota, situada al norte de Cajamarca a una altitud de 2388 msnm; el objetivo principal fue analizar el nivel de contaminación del aire por material particulado en esta localidad para ello, se estableció una red de monitoreo en cuatro puntos de la ciudad, durante un periodo consecutivo de tres meses, con repeticiones cada 15 días por punto de muestreo; se utilizó un equipo de muestreo automático de alto volumen, conocido como HI-VOL, para la recolección de datos sobre el material particulado, una estación meteorológica y termómetro ambiental para los parámetros meteorológicos; como resultados se obtuvieron valores promedio para el parámetro  $PM_{10}$ , un valor de  $42,67 \mu\text{gm}^{-3}$  para el PN1,  $24,28 \mu\text{gm}^{-3}$  para el PN2,  $43,10 \mu\text{gm}^{-3}$  para el PN3,  $38,43 \mu\text{gm}^{-3}$  para el PN4 y para el parámetro  $PM_{2,5}$ , se observan concentraciones medias de  $26,13 \mu\text{gm}^{-3}$  para el PN1, con  $28,07 \mu\text{gm}^{-3}$  para el PN2, un  $20,75 \mu\text{gm}^{-3}$  en el PN3 y un  $20,22 \mu\text{gm}^{-3}$  para el PN4. Concluyendo que el estudio ha proporcionado información valiosa sobre la calidad del aire, así como los factores climáticos pueden afectar este nivel, los datos obtenidos son fundamentales para la elaboración de políticas ambientales y la implementación de estrategias correctivas si fuera necesario para asegurar que los niveles de contaminación se mantengan dentro de los estándares establecidos por el Decreto Supremo N°003-2017-MINAM – ECA para Aire .

## **ABSTRACT**

The research was carried out in the city of Chota, located north of Cajamarca at an altitude of 2388 meters above sea level; The main objective was to analyze the level of air pollution due to particulate matter in this town to this end, a monitoring network was established in four points of the city, for a consecutive period of three months, with repetitions every 15 days per sampling point; A HI-VOL high-volume automatic sampling device was used to collect data on particulate matter, a meteorological station and an environmental thermometer for meteorological parameters; As results, average values were obtained for the PM10 parameter, a value of 42.67  $\mu\text{gm}^{-3}$  for PN1, 24.28  $\mu\text{gm}^{-3}$  for PN2, 43.10  $\mu\text{gm}^{-3}$  for PN3, 38.43  $\mu\text{gm}^{-3}$  For PN4 and for the PM2.5 parameter, average concentrations of 26.13  $\mu\text{gm}^{-3}$  are observed for PN1, with 28.07  $\mu\text{gm}^{-3}$  for PN2, 20.75  $\mu\text{gm}^{-3}$  in PN3 and with a 20.22  $\mu\text{gm}^{-3}$  for PN4. Concluding that the study has provided valuable information on air quality, as well as how climatic factors can affect this quality, the data obtained are fundamental for the development of environmental policies and the implementation of corrective strategies if necessary, to ensure that the levels of pollution remain within the standards established by Supreme Decree N°003-2017-MINAM – ECA for Air.

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema

El material particulado representa uno de los principales contaminantes atmosféricos que ocasionan incidencias sobre la salud del hombre. La Organización Mundial de la Salud reportó en el 2012; que, en el mundo, a causa de la exposición de material particulado, hubo 3 millones de muertes prematuras; de las cuales el 72% fue por cardiopatías isquémicas y accidentes cardiovasculares, el 14% por neumonía obstructiva crónica o infección aguda de las vías respiratorias inferiores y el 14% por cáncer pulmonar (Marín & Aquino, 2019).

Remaggi et al. (2019), el material particulado se puede dividir en dos fracciones según su tamaño, una fracción respirable formada por partículas con diámetro aerodinámico igual o inferior a 10  $\mu\text{m}$  (PM10), y una fracción fina compuesta por partículas con un diámetro aerodinámico igual o menor a 2,5  $\mu\text{m}$  (PM2,5); las partículas de hasta 10  $\mu\text{m}$  quedan atrapadas en las vías respiratorias, generando efectos negativos en el sistema respiratorio, mientras que las partículas de 2,5  $\mu\text{m}$  son aún más perjudiciales, ya que pueden ingresar al torrente sanguíneo, afectando gravemente la salud humana.

El material particulado es visto como uno de los contaminantes más preocupantes debido a su impacto en el equilibrio atmosférico que produce efectos negativos; el incremento repentino de la tecnología, parque automotor, industrias y la ejecución de obras sin actividades contingentes, han generado una mayor concentración de contaminantes atmosféricos; centrando la preocupación en las partículas finas de 2,5  $\mu\text{m}$  por su fácil y rápida incorporación al organismo vía inhalación cuando se encuentran suspendidas en el aire; en el año 2018, la ciudad más contaminada del mundo

fue Gurugram, en la India, donde se alcanzaron valores de  $135,8 \mu\text{gm}^{-3}$  de media anual (Mateosim, 2019).

En América Latina y el Caribe, al menos 100 millones de personas están expuestas a niveles de contaminación del aire superiores a los recomendados por la Organización Mundial de la Salud, los grupos más vulnerables incluyen a niños, ancianos, personas con problemas de salud y comunidades de bajos recursos económicos (Green & Sánchez, 2013).

Un informe de la defensoría del pueblo sobre la calidad del aire en Lima y su impacto en la salud de los ciudadanos indica que las concentraciones de material particulado de  $10 \mu\text{m}$  en las áreas de Lima Norte y Sur son alarmantes, en todos los monitoreos, la guía de calidad del aire de la OMS para 24 horas, que establece un límite de  $50 \mu\text{gm}^{-3}$  en Lima Este, este límite fue superado en un 95% de las ocasiones monitoreadas, con un valor máximo registrado de  $46,6 \mu\text{gm}^{-3}$ ; es importante señalar que el estándar nacional es más flexible ya que da como valor límite  $150 \mu\text{gm}^{-3}$  no exceptuándonos en el panorama de contaminación atmosférica (Merino, 2006).

Suárez, et al. (2017) señalan que Huancayo, Perú, es una de las ciudades con problemas significativos en la calidad del aire, siendo el material particulado su principal contaminante, con valores que superan las normas ambientales establecidas, este material se clasifica de acuerdo a su origen en dos categorías, las partículas primarias, que provienen de fuentes directas como la quema de biomasa, la combustión incompleta de combustibles fósiles, erupciones volcánicas, desgaste de carreteras así como del suelo, mar y materiales biológicos (incluyendo fragmentos de plantas, microorganismos, polen, etc.) y las partículas secundarias que se producen principalmente por la conversión de gases en partículas en la atmósfera.

En la ciudad de Chota, según el informe sobre la situación de salud ambiental la oficina de epidemiología del hospital regional docente de Cajamarca del año 2019 se reportó emergencias de

23,63% de neumonías e insuficiencias respiratorias; debido a que el nivel del parque automotor se ha incrementado en los últimos años a una cantidad considerable que asciende a un promedio de 7767 vehículos; siendo la moto lineal la mayor cantidad lo que representa un 22,35%; en segundo lugar, lo ocupa los moto-taxi con un registro de 1622 del total de vehículos, lo que representa un 20,88% y un 56,77% de transporte pesado conformado por camionetas, camiones, buses, tráiler, semi tráiler, automóviles de servicio público y privado, podemos atribuir, que el incremento de construcciones sin regulación, pistas, veredas sin concluir y otras actividades que podrían en la aparición de material particulado.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cuál es el resultado de la evaluación de la calidad del aire por material particulado en la ciudad de Chota, Cajamarca?

## **1.3 Justificación**

Es fundamental recopilar y analizar la información sobre la evaluación de la calidad del aire en relación con el material particulado en la ciudad de Chota, Cajamarca, tiene como objetivo ayudar a disminuir la generación de este contaminante y facilitar un ambiente saludable en beneficio de la salud pública mejorando la calidad de vida de la población ya que la ciudad de Chota no es una excepción. Por lo tanto, es esencial realizar un estudio completo que permita determinar las fuentes y los elementos que influyen en la contaminación del aire en esta área.

El aporte científico se justificó en la obtención de información bajo criterios aplicables, replicables, verificables y de rigor que contribuyeran como insumo a otras investigaciones para enriquecer su valor; además, el poder concluir diciendo que si cumple con el marco normativo vigente de nuestro país, establecido en el (Decreto Supremo N°003-2017-MINAM – ECA para Aire), especifica lo que se requiere de la entidad gubernamental la implementación de medidas de

evaluación, fiscalización ambiental para mantener la calidad del aire y fortalecimiento de una buena salud de la población.

El aporte teórico se enfocó en identificar y analizar las principales características relacionadas con la presencia, distribución y dispersión del material particulado en condiciones que se pueden medir. Esto con el fin de contribuir en la detección de los procesos esenciales para su prevención, control y mitigación, proporcionando una opción efectiva para disminuir la incidencia de enfermedades respiratorias.

La investigación se justificó por la recopilación de datos cuantitativos sobre las concentraciones de material particulado en la ciudad de Chota, los datos obtenidos fueron confiables y contribuyeron de manera significativa al ámbito científico para posteriores investigaciones, dado a que se trata de un estudio que aplica técnicas de análisis sustentadas en las bases teóricas demostrando un enfoque adecuado hacia el tema de investigación, lo que también realizó el entendimiento, manifestando originalidad, confiabilidad y validez de resultados.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Evaluar la calidad del aire por material particulado en la ciudad de Chota, Cajamarca.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Determinar la concentración de material particulado PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub> en el aire de la ciudad de Chota, Cajamarca.
- Estimar los parámetros de humedad atmosférica, velocidad del viento, dirección del viento y temperatura ambiental en la ciudad de Chota, Cajamarca.
- Comparar la concentración de material particulado en el aire de la ciudad de Chota con los estándares de calidad ambiental establecidos para el aire (DS N°003-2017-MINAM).

## CAPTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

##### A nivel internacional

Pérez et al. (2010) realizaron un estudio sobre la concentración de partículas suspendidas totales (PST) y de partículas en la fracción respirable (PM<sub>10</sub>) en el municipio de Cunduacán, Tabasco (México), se obtuvo mediante filtros de fibra de vidrio instalados en equipos muestreadores de alto volumen (Hi-Vol. Marca Andersen Modelo GS2310) de acuerdo a los procedimientos establecidos en las normas mexicanas, se recolectaron las muestras durante un período de 24 horas, conforme al calendario empleado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, las PST fueron muestreadas entre el año 2001 a 2003; por otro lado se evaluaron los parámetros meteorológicos, como la dirección e intensidad del viento, la humedad relativa, la temperatura y la precipitación pluvial, se registraron de manera continua y simultánea en una estación climatológica de la misma ciudad para analizar su impacto en el material particulado. Los resultados revelaron que las concentraciones de PST en mayo del 2003 excedieron los ECAs para el aire. Asimismo, los niveles de PM<sub>10</sub> también superaron la concentración diaria promedio permitida de 150  $\mu\text{gm}^{-3}$  con el promedio anual máximo de 50  $\mu\text{gm}^{-3}$ , por lo que sugiere un aumento progresivo de la contaminación atmosférica atribuible a actividades humanas, las cuales influyen considerablemente en las condiciones meteorológicas prevalecientes.

Morales & Arias (2013) estudiaron la relación entre la salud, el ruido ambiental y el PM<sub>10</sub> relacionado con el tráfico vehicular en tres áreas de mayor congestión vehicular en Pereira Colombia. También se recopiló información de las estaciones de calidad del aire en la zona de estudio, con un enfoque en la población que padece enfermedades respiratorias agudas (ERA). Se

observo que el flujo vehicular y el ruido ambiental son estadísticamente más elevados durante las horas pico de la tarde (5 p.m. a 7 p.m.), siendo la mayor cantidad de vehículos registrada en la avenida sur de Pereira, con un promedio de 2,693 vehículos por hora en conclusión, se encontró una correlación entre el ruido ambiental y el flujo vehicular; el ruido generado por este tráfico puede superar los límites permitidos según la normativa nacional en áreas cercanas a hospitales de acuerdo con los modelos de simulación desarrollados, si el crecimiento del parque automotor sigue al mismo ritmo, en menos de ocho años se podrían evidenciar los efectos de las altas concentraciones de material particulado en la morbilidad por enfermedades respiratorias agudas y los costos ambientales asociados.

Celis et al. (2007) realizaron un estudio de cuantificación del polvo fugitivo del parque vehicular e industrial, en el área urbana de Chillán - Chile; el cual está supeditada por diversas actividades de construcción, transporte, industria del aserrío de madera, agroindustria, panadería y hornos industriales a base de leña y petróleo, de estos vehículos de más de 10 años de antigüedad. Los resultados mostraron que, en la periferia de Chillán, la concentración de aerosoles fue un 47,5% menor que en el centro de la ciudad. Durante la estación fría, los principales componentes del aire respirable en Chillán fueron las sustancias carbonosas y los compuestos inorgánicos de origen secundario. En cambio, durante los meses cálidos, se observó un predominó de las partículas de polvo del suelo en la atmósfera de la ciudad teniendo como promedio anual para el PM10 de  $(63,5 \pm 14,6 \mu\text{gm}^{-3})$  lo que representa un 27% por encima la normativa nacional de  $50 \mu\text{gm}^{-3}$ .

### **A nivel nacional**

Kheffinir et al., (2021) realizaron una evaluación de la contaminación del aire por partículas sedimentables en residencias de la zona urbana de la provincia de Leoncio Prado, en el

departamento de Huánuco, este estudio, de diseño transversal y nivel descriptivo, incluyó una muestra de 12 áreas de monitoreo, los resultados mostraron que en la zona de la Av. Amazonas, la concentración fue de 0,372 mg/cm<sup>2</sup>/mes; en Jr. Julio Burga un 0,384 mg/cm<sup>2</sup>/mes; en Av. Raimondi un 0,430 mg/cm<sup>2</sup>/mes; en Naranjillo Centro un 0,478 mg/cm<sup>2</sup>/mes; en Electrocentro un 0,633 mg/cm<sup>2</sup>/mes; en Naranjillo Entrada un 0,705 mg/cm<sup>2</sup>/mes; en Afilador un 0,722 mg/cm<sup>2</sup>/mes; en Brisas del Huallaga un 0,966 mg/cm<sup>2</sup>/mes; en Castillo Grande Entrada un 0,989 mg/cm<sup>2</sup>/mes; en San Jorge un 1,018 mg/cm<sup>2</sup>/mes; y en Castillo Grande Centro un 1,148 mg/cm<sup>2</sup>/mes, en conclusión, ocho de las áreas de monitoreo superaron los Límites Máximos Permisibles (LMP) de 0,5 mg/cm<sup>2</sup>/mes establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Rodríguez (2017) evaluó la concentración de material particulado menor a 10 micras (PM10) en las vías urbanas de Tarapoto (Perú), generado por las emisiones del parque automotor y otras fuentes contaminantes, se eligieron dos estaciones de monitoreo, la ubicación de las estaciones, así como el muestreo de material particulado y el procesamiento de datos, se realizó de acuerdo con la metodología del protocolo nacional de monitoreo de calidad del aire establecido por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA); los resultados en las estaciones 1 y 2 fueron de 33,99 y 37,88 µgm<sup>-3</sup>, respectivamente lo que indica las concentraciones de PM10 se mantuvieron por debajo del límite establecido de 150 µg/m<sup>3</sup> en los estándares de calidad ambiental (ECA) al comparar estos datos con el Índice de Calidad del Aire (INCA) se concluyó que la calidad del aire se clasificó como "Buena".

Vara (2017) realizó un estudio sobre la calidad de aire en la ciudad de Cusco, empleando una metodología de tipo descriptivo-explicativa y con un enfoque aplicativo para la recolección de muestras, se emplearon equipos Hi-Vol. y las muestras se obtuvieron directamente a través de

filtros, que fueron evaluados mediante espectrofotometría. Se realizaron mediciones en tres estaciones, Limacpampa, Av. La Cultura y la calle Ayacucho, todas ubicadas en zonas comerciales con alta circulación vehicular, además, se utilizaron datos proporcionados por la Dirección Regional de Salud de la ciudad en las estaciones de Tío para proyectar el comportamiento de la calidad del aire a lo largo del tiempo. Los resultados mostraron concentraciones de PM10 de 25,8  $\mu\text{gm}^{-3}$  en Limacpampa, un 57,1  $\mu\text{gm}^{-3}$  en la Av. La Cultura y 31,7  $\mu\text{gm}^{-3}$  en la Calle Ayacucho, todos están por debajo de los ECAs 150  $\mu\text{gm}^{-3}$  de PM10 en 24 horas.

### **A nivel local**

Arana (2017) examinó las concentraciones de monóxido de carbono (CO) y material particulado 2,5 (MP 2,5) en el aire urbano de Cajamarca durante los años 2013 y 2015, utilizando equipos automáticos, la evaluación se llevó a cabo mediante el análisis de tendencias comparativas entre estos contaminantes y las infecciones respiratorias agudas (IRAS), además de recopilar datos sobre parámetros meteorológicos como precipitaciones, humedad atmosférica y temperatura. Se observó que la relación entre las precipitaciones y las Infecciones Respiratorias Agudas (IRAS) fue del 19% en 2013 y del 40% en 2014 y 2015, lo que indica que, en promedio, esta relación fue del 20% mientras que la temperatura no mostró variaciones significativas, se observó que la humedad atmosférica tuvo un impacto considerable, las concentraciones de MP2.5 y CO durante los años analizados, se registraron niveles que superaron los estándares de calidad ambiental establecidos en los D.S. 003-2008-MINAM y D.S. 074-2001-PC. Además, se halló que los niños de 1 a 4 años mostraron la mayor incidencia de IRAS en relación con el PM2.5 micras.

Vergara et al., (2020) evaluaron la calidad del aire en la zona urbana de Jaén, realizando mediciones con equipos de bajo volumen para la absorción de partículas, gases y un sonómetro calibrado según las regulaciones estatales. La ubicación e instalación de los equipos, así como el

tiempo de monitoreo y el registro de datos, se llevaron a cabo conforme a la normativa nacional. Se seleccionaron dos puntos de monitoreo basados en la zonificación urbana, el P01-A-J y P02-A-J los resultados para PM10 fueron de 5,2  $\mu\text{gm}^{-3}$  en el P01-A-J y de 7,7  $\mu\text{gm}^{-3}$  en el P02-A-J, en cuanto a los gases, los resultados fueron: para el P01-A-J, SO<sub>2</sub> 13  $\mu\text{gm}^{-3}$  NO<sub>2</sub> <9  $\mu\text{gm}^{-3}$  CO 5268  $\mu\text{gm}^{-3}$ , O<sub>3</sub> <8.3  $\mu\text{gm}^{-3}$ , y H<sub>2</sub>S <2.3  $\mu\text{gm}^{-3}$ , mientras que en P02-A-J, los valores fueron SO<sub>2</sub> 13  $\mu\text{gm}^{-3}$ , NO<sub>2</sub> <9  $\mu\text{gm}^{-3}$ , CO 4897  $\mu\text{gm}^{-3}$ , O<sub>3</sub> <8.3  $\mu\text{gm}^{-3}$  y H<sub>2</sub>S <2.3  $\mu\text{gm}^{-3}$ . En términos de ruido, el valor máximo registrado fue de 109,2 dB y el mínimo de 58,23 dB en la zona comercial durante el día, lo cual se encuentra dentro de los límites permitidos para esta área. En general, las concentraciones de material particulado y gases se mantuvieron por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) nacionales en ambos puntos de monitoreo, clasificándose la calidad del aire como buena.

## **2.2 Bases teórico – científicas**

### **2.2.1 Contaminación atmosférica**

La contaminación atmosférica es la introducción de sustancias a la atmósfera, ya sea de forma directa o indirecta de materias y elementos que tengan una acción tóxica en la naturaleza poniendo en riesgo la salud y la vida del ser humano, causando daños a los recursos ecosistémicos, además de afectar los bienes naturales, se producen daños a las actividades recreativas y otros usos legítimos del medio ambiente siendo los contaminantes atmosféricos partículas sólidas o líquidas, vapores y gases que están presentes en el aire en grandes cantidades tales que afectan el uso y disfrute de la naturaleza (Martínez, 2019). Además, la contaminación del aire se refiere a la liberación de sustancias a la atmósfera que generalmente es consecuencia de actividades humanas cuya concentración es lo suficientemente grande como para existir en el tiempo y el medio

ambiente de modo que interfiere con la comodidad, la salud o el bienestar humano y disfrute de la propiedades del medio ambiente (Ilizarbe et al., 2020).

### **2.2.1.1 Tipos de contaminantes atmosféricos**

De acuerdo con el INECC (2007), los contaminantes atmosféricos abarcan compuestos gaseosos, aerosoles y material particulado entre los contaminantes gaseosos se destacan el ozono, los óxidos de azufre y nitrógeno, el monóxido de carbono, el dióxido de carbono, así como compuestos volátiles orgánicos e inorgánicos, el material particulado se clasifica en partículas suspendidas totales, PM<sub>10</sub> (menores a diez micras) y PM<sub>2,5</sub> (con un diámetro inferior a 2,5 micras).

### **2.2.2 Fuentes de contaminación del aire**

Las fuentes de contaminación del aire se clasifican generalmente en las siguientes categorías.

#### **2.2.2.1 Fuentes primarias**

También llamadas fuentes naturales porque en el proceso natural tendremos incendios forestales, descomposición, vegetación, tormentas de arena y erupciones volcánicas son fenómenos que pueden generar la contaminación del aire. Además, los principales contaminantes son aquellos que se emiten directamente desde las fuentes de contaminación, incluyendo las partículas como cenizas, humo, polvo, vapor, neblina, aerosoles, gases inorgánicos, como dióxido de azufre, sulfuro de hidrógeno, monóxido de nitrógeno y monóxido de carbono, así como dióxido de carbono e hidrocarburos (Dourado et al ., 2020).

#### **2.2.2.2 Fuentes secundarias**

También llamadas artificiales o antropogénicas, estas fuentes cubren una amplia visión, formadas por elementos químicos y reacciones fotoquímicas en la atmósfera. El mecanismo de reacción y los diversos avances en el proceso de reacción se ven afectados por muchos factores,

tales como la concentración de reactivos, la cantidad de humedad en la atmósfera, las fuerzas meteorológicas y la topografía local (Dourado et al., 2020).

### **2.2.2.3 Fuentes móviles**

Como automóviles y camiones, constituyen una significativa fuente de contaminación del aire al emitir contaminantes provenientes de combustibles fósiles. Esta contaminación se ve influenciada por factores geofísicos, meteorológicos y socioeconómicos, incluido el crecimiento económico y poblacional, las emisiones de vehículos contribuyen significativamente a la contaminación del aire, siendo crucial considerar diversos factores para abordar eficazmente este problema ambiental (Oscategui, 2020).

### **2.2.2.4 Fuentes puntuales o fijas**

En las que están incluidas, centrales eléctricas, fábricas de cemento, acerías, fundiciones y obras de construcción, demolición, hornos y chimeneas, uso de madera como combustible, áreas propensas a la erosión y el uso de combustibles fósiles en los motores diésel, estas fuentes pueden emitir uno o varios contaminantes al aire, así como sustancias peligrosos (Singh, 2020).

## **2.2.3 Contaminación debido a fuentes móviles**

Las emisiones de los vehículos en un área determinada es una tarea difícil de explicar porque las emisiones totales de fuentes móviles dependen de los tubos de escape los modos de funcionamiento del vehículo, las condiciones de almacenamiento del vehículo, la evaporación del combustible en varios lugares del sistema del tanque, el motor y la temperatura ambiente (Campos et al., 2015). Las áreas urbanas se ven afectadas por los contaminantes emitidos por actividades tales como transporte, comercio, construcción y combustión. Además las sustancias más volátiles emitidas por las fuentes de difusión también se asientan en la superficie urbana luego pueden ser deslizadas por el agua de lluvia entrando a los sistemas de tratamiento de aguas residuales

(Markiewicz et al., 2017). Los más comunes son el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NOx), hidrocarburos no quemados (UHC) causados o emitidos después de la quema de petróleo en un motor debido a una combustión incompleta, motocicletas, camiones, aviones y otros vehículos (Von et al., 2019).

#### ***2.2.4 Congestión vehicular***

El incremento del número de vehículos también hace que el tráfico circule lentamente lo que resulta en más tiempo la sobrecarga de vehículos y por lo tanto, el aumento de consumo de los combustibles fósiles y la contaminación ambiental provocada por los vehículos auto motorizados constituyen la principal fuente de contaminación del aire (Tapia et al., 2018).

#### ***2.2.5 Flujos de contaminación del aire***

Los contaminantes entran y se dispersan en la atmósfera mediante diversos procesos. Como las emisiones directas, las provenientes de chimeneas industriales o vehículos, liberan los contaminantes desde fuentes específicas; luego, el transporte atmosférico los lleva a regiones distantes, contribuyendo a la contaminación regional o global durante este transporte, los contaminantes pueden depositarse en la superficie terrestre o acuática a través de la deposición seca o húmeda; algunos contaminantes depositados pueden volver a ser liberados a la atmósfera, ya sea por procesos naturales o actividades humanas, como el tráfico vehicular; además, los contaminantes pueden experimentar transformaciones químicas en la atmósfera, creando nuevos contaminantes secundarios (Panduro, 2020).

#### ***2.2.6 Material particulado (PM10-PM2,5)***

El material particulado es un indicador clave de la contaminación del aire, con un impacto significativo en la salud humana, sus principales componentes son sulfatos, nitratos, amoníaco, cloruro de sodio, hollín, polvos minerales y agua; se trata de una mezcla compleja de partículas

sólidas y líquidas, tanto orgánicas como inorgánicas, que encuentran suspendidas en la atmósfera, este material se clasifica en partículas menores a 10  $\mu\text{m}$  (PM10) y menores a 2,5  $\mu\text{m}$  (PM2,5), la concentración y composición química del material particulado varían en función del tiempo y el lugar donde se dispersan las partículas (Suárez et al., 2017).

### ***2.2.7 Aerodinámica de dispersión de material particulado***

La gran parte de los contaminantes presentes en la atmósfera tienden a ser desplazados con facilidad desde su lugar de origen hasta áreas distantes, como resultado de diversos fenómenos meteorológicos; el principal de estos es el viento, se representa comúnmente mediante la rosa de los vientos; esta representación es fundamental para determinar la dirección predominante y la velocidad del viento, el cual es provocado por las diferencias entre temperaturas, generando una diferencia de presión y por ende el movimiento del aire; este proceso de transporte contribuye a la dispersión de las sustancias contaminantes; además, es importante señalar que estas sustancias pueden experimentar modificaciones en sus propiedades físicas o químicas debido a las condiciones atmosféricas durante su desplazamiento (Mayorga, 2019).

### ***2.2.8 Contaminantes químicos***

#### **2.2.8.1 Hollín**

Es un factor del material particulado ligero masivo y se forma con la ayuda de la imperfección de los combustibles fósiles, la biomasa y los biocombustibles influye en el medio ambiente, el clima público y terrestre (Tariq et al., 2019).

#### **2.2.8.2 Humo de combustión**

Ocurre en los motores diésel, varios factores influyen en la contaminación, incluyendo el tipo de combustible, el ajuste y el diseño del motor, el contenido de hidrocarburos y las emisiones de estos gases están influenciados por las condiciones de operación; además de altos niveles de

evolución instantánea de la velocidad del motor, inyección irregular, volúmenes excesivos en la cavidad de la boquilla y el rebote en la aguja del inyector pueden generar daños tanto a la salud humana como al medio ambiente (Aslan et al., 2015).

### **2.2.8.3 Óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)**

Hay dos tipos de NO<sub>x</sub>, como el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y afectan directamente a la vegetación el NO<sub>2</sub> es un contaminante secundario resultado de una reacción del NO y el ozono (O<sub>3</sub>) entre sí, en la atmósfera. El (NO<sub>x</sub>) se forma en la combustión a alta temperatura la mayoría de las fuentes de emisión importantes son los automóviles y la generación de energía (Tariq et al., 2019).

### **2.2.8.4 Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**

Es el principal gas de efecto invernadero que se libera a través de diversas actividades humanas y por otro lado los gases de efecto invernadero afectan la estabilidad en nuestro entorno y parte de la tierra. El dióxido de carbono también se produce por la quema de combustibles fósiles (petróleo), carbón, gas a base de hierbas, transporte, electricidad, procesos comerciales y uso de la tierra (Tariq et al., 2019).

## **2.2.9 Efectos en la salud**

La contaminación del aire es una gran amenaza para la salud, calidad de vida del ser humano y al medio ambiente; puede causar enfermedades respiratorias; por lo tanto, el dióxido de carbono resulta muy perjudicial para las personas con enfermedades pulmonares, desde afecciones simples hasta crónicas afecta especialmente a grupos vulnerables como mujeres embarazadas, ancianos y niños; además, aquellos que trabajan al aire libre y las personas en situaciones de pobreza, que enfrentan condiciones precarias, son aún más susceptibles a sus efectos negativos (Asghar et al., 2022). El material particulado desencadena enfermedades cardiovasculares, así

como aumentar la mortalidad en recién nacidos y adultos mayores, las partículas más pequeñas tienen efectos más significativos que las más grandes; además, la exposición repetida a estas partículas puede provocar hipersensibilidad respiratoria al penetrar profundamente en los pulmones sin causar molestias, alteraciones en la mucosa, tracto respiratorio superior, también tienen impactos neuropsicológicos, fatiga, dolores de cabeza, cáncer de pulmón, alergias, muerte súbita y una disminución de la protección contra infecciones respiratorias, sibilancias (Asghar et al., 2022).

#### ***2.2.10 Efectos en el medio ambiente y en la vegetación***

La contaminación del aire provocada por la congestión vehicular causa un descontrol significativo en la vegetación, incluyendo alteraciones en las hojas, reducción del crecimiento de las plantas y destrucción de flores, además, genera cambios ambientales como disminución de la visibilidad, intensificación del efecto invernadero, alteraciones en la capa de ozono y la formación de lluvia ácida (Pequeño et al., 2019).

#### ***2.2.11 Parámetros meteorológicos***

- **Temperatura:** Altas temperaturas pueden aumentar la volatilidad de ciertos compuestos químicos presentes en el aire, lo que puede llevar a una mayor formación de partículas. Además, la temperatura puede afectar la velocidad de reacciones químicas que contribuyen a la formación de material particulado (Zeb et al., 2024).
- **Humedad relativa:** La humedad relativa afecta la absorción y condensación de compuestos en el aire, lo que puede influir en la formación de partículas. En áreas con alta humedad relativa, las partículas de PM pueden agruparse y aumentar el tamaño más rápidamente (Zeb et al., 2024).

- **Velocidad del viento:** El viento puede transportar partículas de MP desde diferentes fuentes y dispersarlas en el aire. Una alta velocidad del viento puede ayudar a dispersar el MP, mientras que una baja velocidad del viento puede permitir que el MP se acumule en un área específica (Usman et al., 2022).
- **Dirección del viento:** Es un factor fundamental en la generación y dispersión del material particulado en la atmósfera, un viento fuerte puede ayudar a dispersar estas partículas y diluir su concentración en el aire, lo que puede ayudar a reducir los niveles de contaminación en áreas cercanas a las fuentes de emisión y comprender su comportamiento es fundamental para evaluar los niveles de contaminación del aire y sus efectos en la salud humana y el medio ambiente (Usman et al., 2022).

### 2.3 Marco conceptual

- **Material particulado:** Es un conjunto de partículas sólidas y/o líquidas suspendidas en la atmósfera (excluyendo al agua pura) que pueden influir en la calidad del aire y generar efectos perjudiciales en la salud y medio ambiente que provienen de una variedad de fuentes naturales o artificiales y tiene una variedad de formas físicas, químicas y termodinámicas (Mosqueira, 2019).
- **Contaminación atmosférica:** Se refiere a la presencia en la atmósfera de materiales, sustancias o formas de energía que pueden causar molestias, riesgos o daños significativos a la salud y seguridad de las personas, así como al medio ambiente y a otros recursos esenciales (Arana, 2017).
- **PM<sub>2,5</sub>:** Material particulado menor a 2,5 micras que indica el índice de contaminación en las ciudades grandes. Su origen es en gran parte de fuentes antropogénicas y provienen de emisiones de vehículos diésel (Arana, 2017).

- **PM<sub>10</sub>**: También conocidas como partículas en suspensión, el material particulado (PM o aerosol) está compuesto por una mezcla de partículas sólidas y/o líquidas que se suspendidas en la atmósfera y que varían en forma y tamaño (Campos et al., 2015).

## 2.4 Hipótesis

La calidad del aire por material particulado en la ciudad de Chota, Cajamarca, supera los Estándares de Calidad Ambiental para aire (D.S.N°003-2017-MINAM).

### 2.4.1 Marco legal

La Constitución Política del Perú, de acuerdo con Dean et al., (1993), garantiza a toda persona el derecho a disfrutar de un ambiente equilibrado y adecuado para vivir en paz; la Ley N° 28611, conocida como la Ley General del medio Ambiente, menciona en su artículo 3 que las entidades y órganos competentes tienen la responsabilidad de formular y aplicar normas necesarias para asegurar el ejercicio efectivo de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones establecidas en esta Ley (MINAM, 2005).

**Tabla 1**

*Estándares de para la calidad del aire.*

Parámetro	Período	Valor (µgm <sup>-3</sup> )	Criterios de evaluación	Método de análisis
Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM <sub>2,5</sub> )	24 horas	50	NE más 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimétrica)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	24 horas	100	NE más 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimétrica)
	Anual	50	Media aritmética anual	

**Fuente:** Decreto Supremo N°003-2017-MINAM

NE. No Exceder

## 2.5 Operacionalización de variables

- **Variable dependiente:** Calidad del aire.
- **Variable independiente:** Material particulado.
- **Variables intervinientes:** Humedad atmosférica, velocidad y dirección del viento, temperatura ambiental.

**Tabla 2**

*Operacionalización de variables*

Categoría de Variable	Variable	Dimensión	Indicador	Técnicas	Instrumentos
Variable dependiente	Contaminación del aire	Calidad del aire	Concentración de material particulado	Observación y comparación	D.S.N°003-2017-MINAM
	Material particulado	Material Particulado	Cantidad de Material particulado 2,5 y 10 micras.	Monitoreo y registro de material particulado 2,5 y 10 micras	Muestreador de partículas (Hi-vol.)
Variables intervinientes	Humedad atmosférica		Porcentaje (%)		
	Velocidad del viento Dirección del viento	Relación en la presencia y difusión del material particulado	Grados azimutales (°) – m/s	Medición indirecta y registro	Anemómetro digital
	Temperatura ambiental		Grados centígrados		Termómetro ambiental

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Tipo y nivel de investigación**

La investigación fue de tipo descriptivo y cuantitativo, ya que se enfoca en analizar el fenómeno en cuestión, a través de la observación de uno o más de sus atributos y la recolección de datos se realizó utilizando cifras numéricas (Behar, 2008).

#### **3.2 Diseño de investigación**

Se empleó un diseño no experimental, en el cual las variables no fueron manipuladas y los fenómenos se analizaron tal como se presentan de forma natural, evaluando las variables y la relación que existe entre ellas; considerando la temporalidad longitudinal correlacional debido a que la investigación se basó en la recolección de datos que se realizó en varios periodos, distintos tiempos y puntos de muestreo en un determinado horario además de tener una relación causa efecto (Hernández et al., 2018).

#### **3.3 Métodos de investigación**

La investigación se realizó mediante el método gravimétrico, utilizando el equipo de alto flujo ( $m^{-3}/s$ ) Hi-Vol. el cual permitió la recopilación y análisis de datos numéricos para determinar la concentración de material particulado en la ciudad de Chota.

#### **3.4 Población, muestra y muestreo**

**3.4.1 Población:** El aire de la ciudad de Chota.

##### **3.4.2 Muestra**

Se realizó una selección de cuatro puntos de monitoreo en el ámbito urbano de la ciudad de Chota siendo los más representativos los siguientes.

**Punto 1:** Av. Fray José Arana y Jr. Mariscal Castilla con coordenadas: Este: 759645,36 m Norte: 9273887,29 m y Altitud: 2383 msnm.

**Punto 2:** Av. Fray José Arana y Jr. 27 de noviembre con coordenadas: Este: 759865,72 m Norte: 9273811,54 m y Altitud: 2380 msnm.

**Punto 3:** Av. Fray José Arana y Jr. Edelmira Silva con coordenadas: Este: 760079,71 m Norte: 9273770,49 m y Altitud: 2373 msnm.

**Punto 4:** Av. Celso Carbajal y Vía de evitamiento con coordenadas: Este: 759596,24 m Norte: 9273290,81 m y Altitud: 2304 msnm.

Los puntos de muestreo antes mencionados fueron elegidos teniendo en cuenta que es la zona de mayor transporte vehicular en cuanto a vehículos livianos como pesados, actividades económicas, accesibilidad, representatividad de las fuentes de emisión.

### **3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La presente investigación consistió en realizar un monitoreo del material particulado en la ciudad de Chota, siendo necesario desarrollar las siguientes actividades para lograr tal fin.

- a. Primer paso:** Se identificó el área y se estableció los puntos de monitoreo y georreferenciación.
- b. Segundo paso:** Obtención de autorización de energía eléctrica del domicilio más cercano al punto de monitoreo para la instalación de los equipos en los 4 puntos de muestreo.
- c. Tercer paso:** Se registró datos en el cuaderno de campo para iniciar el monitoreo de los sucesos más significativos relacionados a la generación o emisión de material particulado durante las 24 horas que duró el monitoreo.
- d. Cuarto paso:** Se llevó a cabo la instalación del muestreador de material particulado de alto volumen Hi-Vol., junto con la estación meteorológica y termohigrómetro digital, estos

equipos se implementaron para monitorear las variables ambientales que influyen directamente en el proceso, en esta etapa se consideraron de manera rigurosa las siguientes subactividades.

- **Capacitación sobre manejo, uso y manipulación de muestreador de material particulado Hi-Vol.** El mismo que fue necesario para asegurar su efectividad y disminuir la incertidumbre durante el proceso de monitoreo del material particulado.
- **Instalación y montaje de Hi-Vol.:** El equipo de muestreo Hi-Vol. está dividido en dos partes bien diferenciadas, principalmente en cabezal y cuerpo requiriendo de dos personas para su correcta instalación y se tomó en especial cuidado la nivelación del equipo para su correcto funcionamiento.
- **Calibración de equipo Hi-Vol.:** Con la finalidad de asegurar una representatividad en el monitoreo del material particulado, era necesario que el equipo Hi-Vol. trabaje siempre bajo las mismas condiciones; por lo tanto, se llevó a cabo un proceso de calibración previa; este proceso fue realizado por el laboratorio solicitado y se basó en el uso de un software TE-5028A-SERIE 3139 Trazable NIST, diseñado para calibraciones de uso, mantenimiento y conservación del equipo de muestreo.
- **Verificación del caudal o flujo de muestreo:** El Hi-Vol. está equipado de un dispositivo de control de flujo, que regula la velocidad del motor a través de su acción en el circuito eléctrico, lo que a su vez afecta su capacidad de succión el flujo de muestreo está configurado en un rango de alto volumen de  $1,13 \text{ m}^{-3}\text{m}^{-1}$ ; el muestreador debe permitir la succión del aire de manera simétrica, evitando ser afectada por la dirección del viento MINAM, (2019).

- **Instalación del filtro:** Se retiró el filtro limpio cuidadosamente del sobre manila solo manipulado por el borde y se colocó el porta filtro y posteriormente se entornilló en el soporte de filtro con el equipo previamente apagado; por un periodo de 24 horas, su instalación se realizó conforme a las instrucciones del técnico del laboratorio, teniendo especial cuidado en la manipulación evitando su contaminación accidental.
- **Tiempo de muestreo:** De acuerdo a las pautas del protocolo de monitoreo de la calidad del aire, se realizaron registros durante 24 horas continuas, en intervalos de 15 días, en los cuatro puntos de monitoreo establecidos; según el cronograma previsto, se llevó a cabo un monitoreo diario en un periodo de tres meses, con horarios de observación desde las 07:00 hasta las 07:00 horas del día siguiente.
- **Almacenamiento de filtro y envío a laboratorio certificado:** Se apagó el motor del muestreador de partículas, se retiró el porta filtro y marco, utilizando guantes para hacerlo con cuidado luego, se extrajo el filtro y se colocó en un sobre estéril, identificándolo debidamente con el punto de muestreo, hora y fecha los filtros fueron enviados al laboratorio "ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L." para su análisis, un laboratorio de ensayos acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025:2017-ALAB, para su análisis cuantitativo, manteniéndolos en una nevera sellada con su respectiva cadena de custodia.
- **Seguimiento y control:** Se procedió a examinar los filtros limpios que fueron suministrados por el laboratorio antes de utilizarlos en el proceso de muestreo, ninguno de estos filtros fue descartado, dado a que se constató que no presentaban dobladuras, roturas o contaminación para asegurar la confiabilidad de los datos obtenidos, se verificó que el equipo Hi-Vol. estuviera debidamente calibrado, se empleó un filtro nuevo cuyo peso era conocido y se siguió un procedimiento estandarizado.

**Tabla 3***Parámetros y denominación mediante NTP*

	<b>Denominación genérica del método</b>	<b>Norma técnica de referencia</b>	<b>Denominación</b>
PM <sub>10</sub>	Separación inercial/filtración (gravimetría)	Norma técnica peruana NTP 900.030:2017	Monitoreo de calidad ambiental. Calidad del aire. Método de referencia para la determinación de material particulado fino como PM <sub>2,5</sub> en la atmósfera. 1ª Edición
PM <sub>2,5</sub>	Separación inercial/filtración (gravimetría)	Norma técnica peruana NTP 900.069:2017	Monitoreo de calidad ambiental. Calidad del aire. Método de referencia para la determinación de material particulado fino como PM <sub>2,5</sub> en la atmósfera. 1ª Edición

**Nota:** Parámetros que se evaluaron en los puntos de monitoreo mediante la norma técnica peruana.

**e. Quinto paso:** Recopilación, análisis y procesamiento de datos.

Los filtros recolectados de cada punto de muestreo para los parámetros PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> fueron enviados al laboratorio "ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L", acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025:2017- ALAB para su análisis, después del término de muestreo, donde se realizó el pesado de los mismos; que posteriormente fueron emitidos por el laboratorio y para sacar el nivel de significancia se utilizó la prueba del ANOVA o análisis estadístico; en cuanto a los parámetros meteorológicos se descargó de los equipos a una computadora al programa Excel sacando de ellos promedios máximos y mínimos; expresados en tablas y figuras para su posterior análisis.

**f. Puntos y frecuencia de monitoreo**

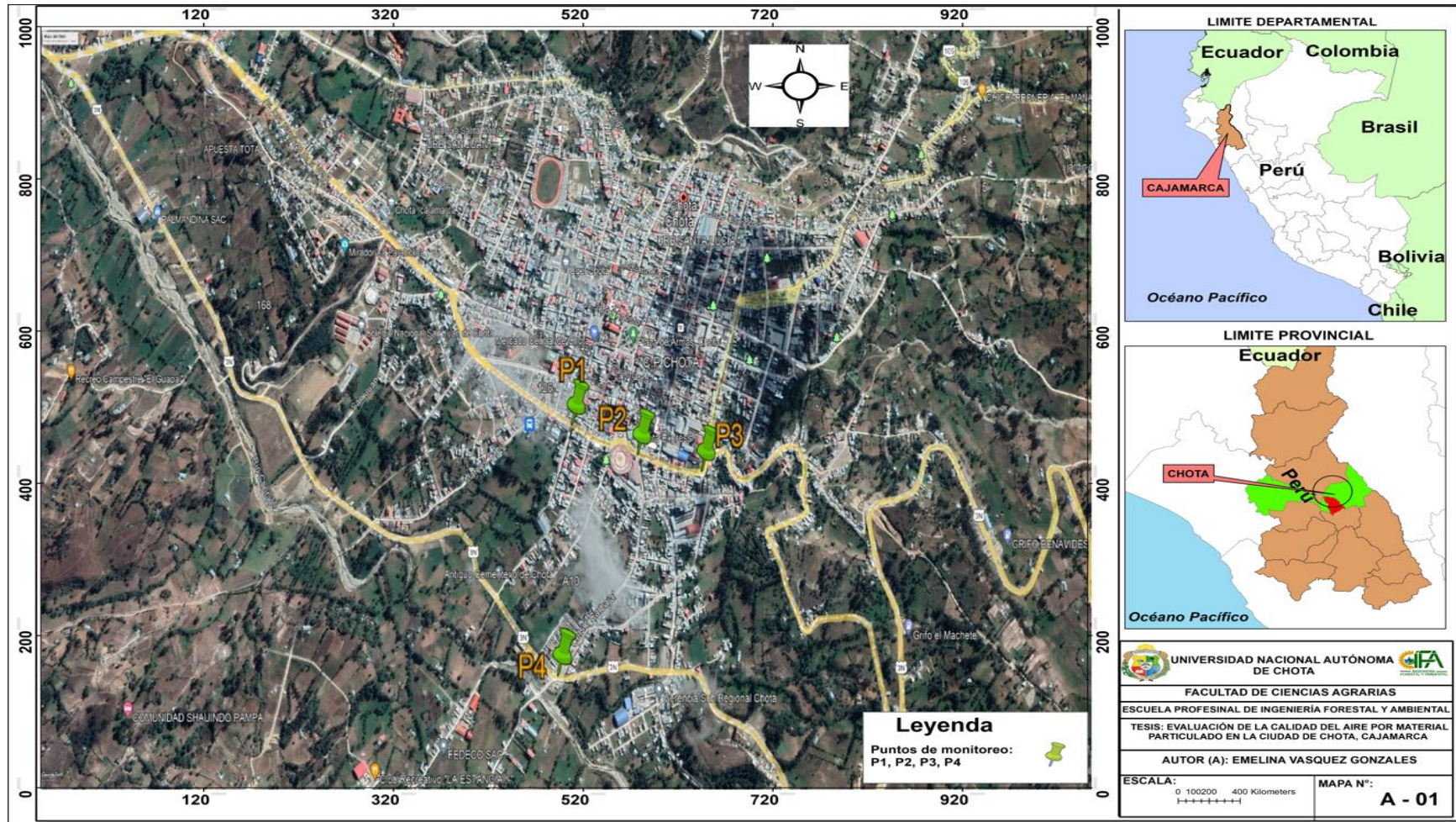
Se llevó a cabo el monitorear el material particulado en cuatro puntos de emisión dentro de la ciudad de Chota con una frecuencia de 15 días durante un período de tres meses, con mediciones constantes en cada una de las áreas designadas.

**Tabla 4***Puntos y frecuencia de monitoreo de material particulado*

Código	Puntos de monitoreo		Altitud	Frecuencia	Referencia
	Este	Norte			
Punto monitoreo 1- PN1	759645,36	9273887,29	2383	Cada 15 días	Intersección de la Av. Fray José Arana y Jr. Mariscal Castilla
Punto monitoreo 2 - PN2	759865,72	9273811,54	2380	Cada 15 días	Intersección de la Av. Fray José Arana y Jr. 27 de noviembre
Punto monitoreo 3 - PN3	760079,71	9273770,49	2373	Cada 15 días	Intersección de la Av. Fray José Arana y Jr. Edelmira Silva
Punto monitoreo 4 - PN4	759596,24	9273290,81	2304	Cada 15 días	Intersección de la Av. Celso Carbajal y Vía de evitamiento

**Figura 1**

*Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo de material particulado en Chota*



**Nota:** Área de estudio donde se realizó el monitoreo de la calidad de aire en la ciudad de Chota, Cajamarca, en esta figura se muestran los puntos de monitoreo establecidos para la recolección de datos de material particulado, las cuales se distribuyeron en las cuatro zonas estratégicas de la ciudad.

Se eligieron cuatro puntos de monitoreo estratégicos para evaluar la concentración de material particulado en las áreas más críticas de emisión dentro de la ciudad de Chota, la elección de estos puntos se basó en el intenso flujo vehicular presente en la zona, con el propósito de recopilar datos precisos y representativos.

**g. Mediciones de la concentración de material particulado (PM)**

Se utilizó un equipo de alto volumen, denominado Hi-Vol para realizar muestreo las concentraciones de partículas en suspensión, con el fin de medir la cantidad de material presente en el aire, este dispositivo tiene canales de medición para partículas de tamaños de 2,5  $\mu\text{m}$  y 10  $\mu\text{m}$  obteniendo datos precisos sobre los niveles de contaminación.

El proceso de monitoreo, se extendió por un período de 24 horas de exposición, esto se hizo específicamente en los puntos de mayor influencia de tráfico vehicular en la ciudad de Chota.

Previo al inicio del monitoreo, se realizaron los ajustes requeridos y se acondicionaron los filtros a ser utilizados en el proceso.

Los puntos de muestreo fueron ubicados a un costado de la vía, a una altura superior a 1 metro, tal como se había indicado en la tabla previa cada ubicación de muestreo se complementó con estación meteorológica, lo cual permitió monitorear las variables ambientales que influyen en la concentración de material particulado.

Al concluir el período de monitoreo, los filtros utilizados se almacenaron de manera adecuada y se enviaron al laboratorio "ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.", que cuenta con acreditación según la norma ISO/IEC 17025:2017-ALAB, donde se llevó a cabo la determinación cuantitativa de los niveles de PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub> en los filtros.

## **h. Mediciones de otras variables ambientales**

Se llevaron a cabo mediciones de variables ambientales mediante el uso de una estación meteorológica y un termohigrómetro. Estas mediciones se realizaron de forma simultánea con el monitoreo del material particulado, con el fin de recopilar datos meteorológicos que faciliten el análisis de su influencia en la concentración de material particulado en el aire.

Una vez transcurridas las 24 horas de monitoreo de las variables meteorológicas, se procedió a retirar los equipos, se descargaron los resultados a la computadora para posterior procesamiento estos registros fueron de gran importancia para el análisis e interpretación de la calidad del aire, así como para evaluar la influencia de las condiciones meteorológicas en la concentración dispersión y concentración del material particulado.

### **3.5.1 Instrumentos de recolección de datos**

#### **3.5.1.1 Materiales**

Los principales materiales utilizados para llevar a cabo la presente investigación fueron:

- ✓ Papel filtro Micro - Quartz filter media 8''x10'' (ver fig. 13)
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Trípode
- ✓ Toma corriente
- ✓ Conos de seguridad

#### **3.5.1.2 Equipos**

Respecto al instrumento utilizado en el monitoreo y captación de muestras meteorológicas son los siguientes:

- Un Muestreador automático de aire el equipo HI-Vol. de alto volumen modelo THERMO SCIENTIFIC PM10 - SERIE 1435502 (RFPS – 1287- 063) (ver fig. 14).

- Una estación meteorológica para medir parámetros como la humedad atmosférica, la velocidad del viento, la dirección del viento y la temperatura atmosférica (ver fig. 15).

### **3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Los datos obtenidos en el laboratorio, se sometieron al análisis estadístico cuantitativo para su interpretación, del mismo modo se realizó con los datos de los parámetros meteorológicos monitoreados con excepción de dirección y velocidad del viento que se realizó mediante el programa del WRPLOT view.

Se hizo uso del software Excel para ordenar, clasificar, sistematizar la información obtenida en campo, además, se calcularon los promedios de los datos obtenidos, la presentación y análisis de la información se realizaron mediante figuras y tablas, lo que facilitó la verificación de tendencias, proyecciones y permitió determinar la relación entre las diferentes variables (Viena, 2018).

Asimismo, los resultados emitidos por el laboratorio de los puntos de monitoreo, también se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) utilizando Excel, el cual muestra las diferencias estadísticamente significativas en la concentración del material particulado entre las medias de los 04 puntos de monitoreo.

### **3.7 Aspectos éticos**

Durante el desarrollo de esta investigación, se dio un enfoque sólido y riguroso a los aspectos éticos que subyacen en el proceso de investigación, estos principios éticos son fundamentales para garantizar la integridad, credibilidad y validez de los resultados obtenidos, así como para respetar los derechos y el bienestar de todos los involucrados.

En resumen, esta tesis se ha llevado a cabo siguiendo una sólida base ética, respeto, honestidad, transparencia, reconocimiento, imparcialidad e inclusión han sido principios rectores que han guiado cada paso de esta investigación.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Descripción de resultados

##### 4.1.1 Identificación de contaminantes atmosféricos

**Tabla 5**

*Fuentes generadoras de contaminantes en la zona de estudio*

N°	Descripción	Clasificación
01	Vías de circulación	Acumulación de arena, sedimentos de materiales de construcción Carretera sin pavimentar
02	Medios de transporte	Circulación de vehículos de carga pesada, buses, minibuses, combis, autos, motokars, motocicleta lineal, mototaxis.
03	Actividades económicas	Feria internacional San Juan Bautista Chota. Terminal terrestre Ilúcan, Chota Exprés, Sol Chotano Taller de mecánicas Paraderos de mototaxis Construcción de viviendas
04	Obras civiles	Tarrajeo de viviendas Presencia de materiales de construcción Presencia de sedimentos y lodo en las calles

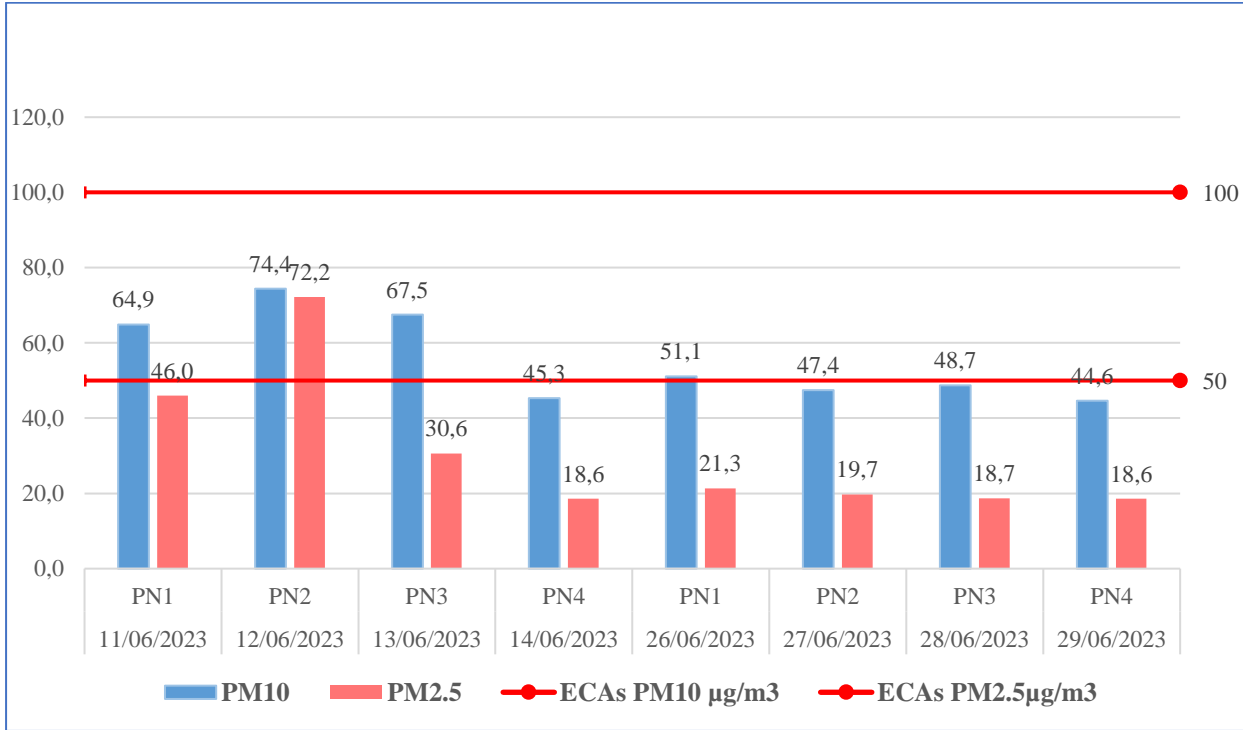
La tabla 5, presenta las distintas fuentes de generación de contaminantes identificados en el área de estudio.

##### 4.1.2 Resultados del material particulado y parámetros meteorológicos

**4.1.2.1 Resultados de la concentración de material particulado PM<sub>2,5</sub>-PM<sub>10</sub> en los meses de junio, julio y agosto.**

## Figura 2

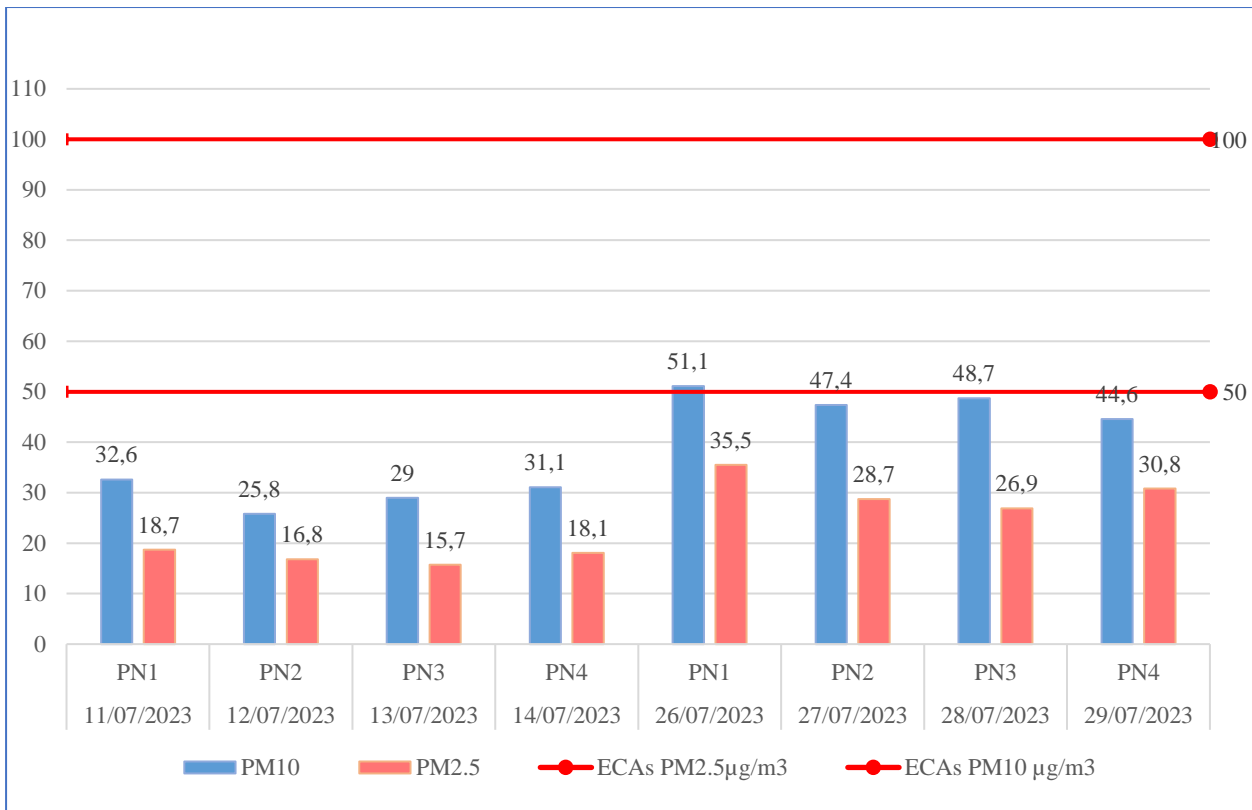
Resultados de análisis de material particulado de los parámetros  $PM_{10}$ -  $PM_{2,5}$  durante el mes de junio



En la figura 2, se puede apreciar que la concentración más alta de material particulado  $PM_{10}$ , fue el punto PN2 con 74,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , seguido del punto PN3 con un 67,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , durante el primer muestreo. Para  $PM_{2,5}$  se tiene como mayor concentración de partículas al punto PN2 con 72,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , seguido del punto PN1 con 46,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , durante el primer muestreo los resultados se encuentran por debajo de los ECAs para aire en cuanto a los  $PM_{10}$  y con una excepción del parámetro  $PM_{2,5}$  para el PN2 que supera los ECAs.

**Figura 3**

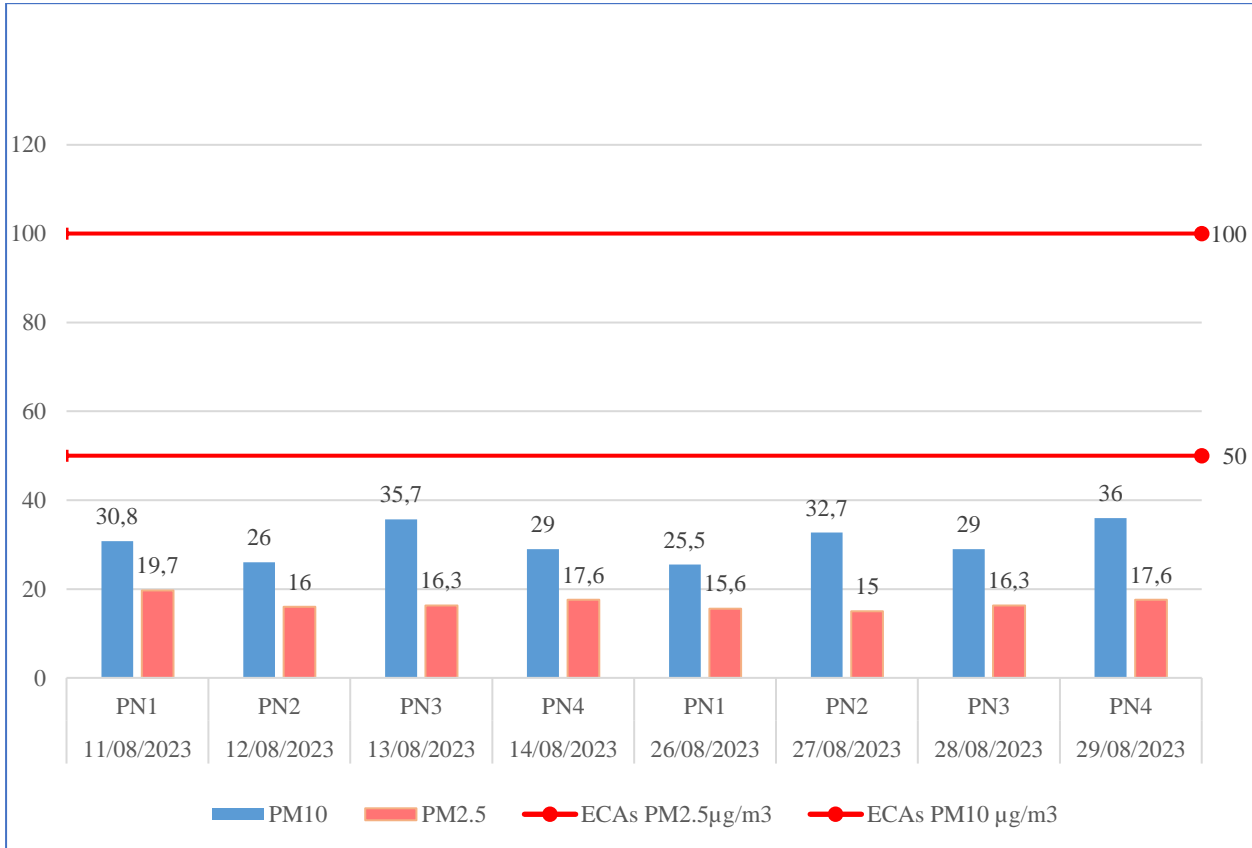
*Resultados de análisis de material Particulado de los parámetros  $PM_{10}$ -  $PM_{2,5}$  para el mes de julio*



En la figura 3, se presentan datos correspondientes al mes de julio (tercer y cuarto periodo de muestreo) donde la mayor concentración de material particulado PM<sub>10</sub>, se registra en el punto PN1 alcanzando un valor máximo de 51,1 µg<sub>m</sub><sup>-3</sup>, seguido del punto PN3 con un 48,7 µg<sub>m</sub><sup>-3</sup> del cuarto periodo de muestreo. En lo que respecta a las partículas PM<sub>2,5</sub> se tiene como mayor concentración de material particulado al punto PN1 con 35,5 µg<sub>m</sub><sup>-3</sup>, seguido del punto PN4 con 30,8 µg<sub>m</sub><sup>-3</sup>, durante cuarto periodo de muestreo y los resultados se encuentran por debajo de los ECAs.

#### Figura 4

Resultados de análisis de material Particulado en los parámetros  $PM_{10}$ -  $PM_{2,5}$ - para el mes de agosto

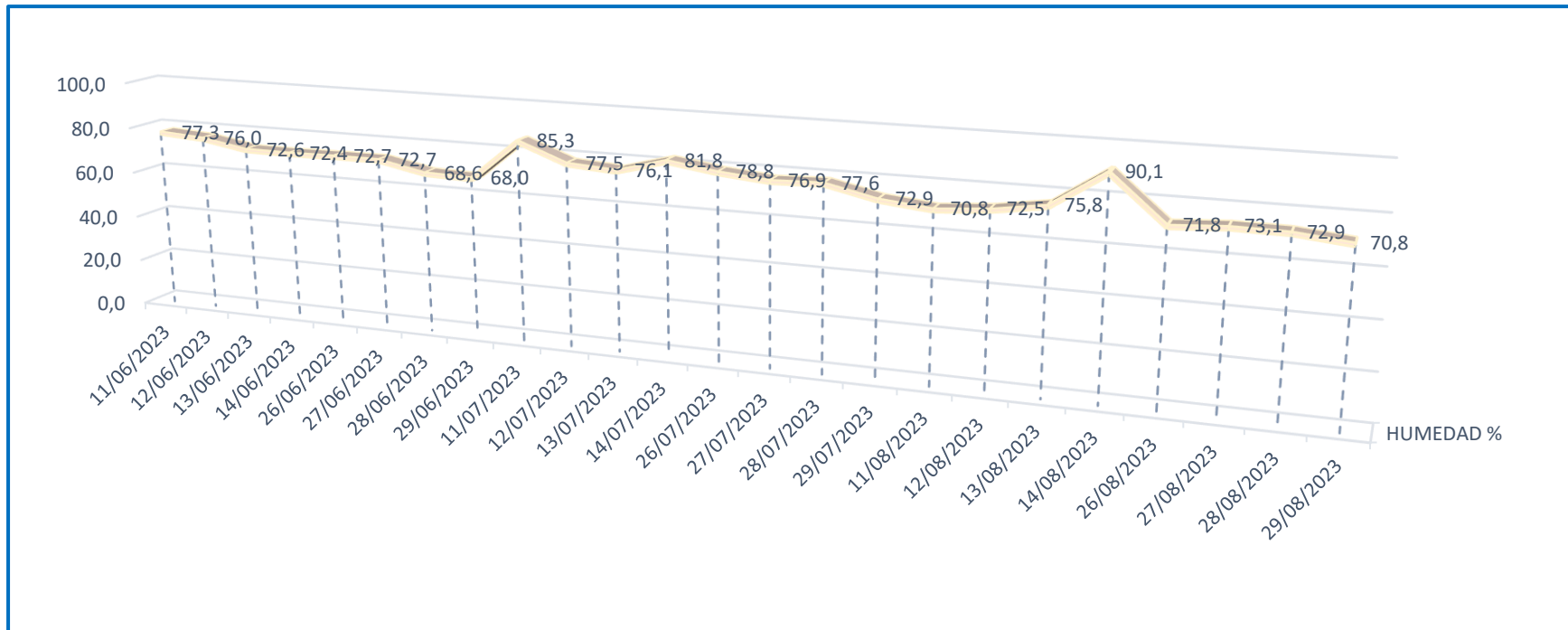


En la figura 4, se resalta que la concentración máxima de material particulado para el parámetro  $PM_{10}$  se encuentra en el punto PN4, con  $36 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , durante el sexto muestreo y en el PN3, con  $35,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , en el quinto periodo de muestreo; con respecto al material particulado para el parámetro  $PM_{2.5}$ , las mayores concentraciones se encuentran en el PN1 con  $19,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  y PN4  $17,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , en cada periodo de muestreo del material particulado, los resultados se mantienen por debajo de los ECAs para el aire.

#### 4.1.2.2 Resultados de los parámetros meteorológicos de los meses de junio, julio y agosto.

**Figura 5**

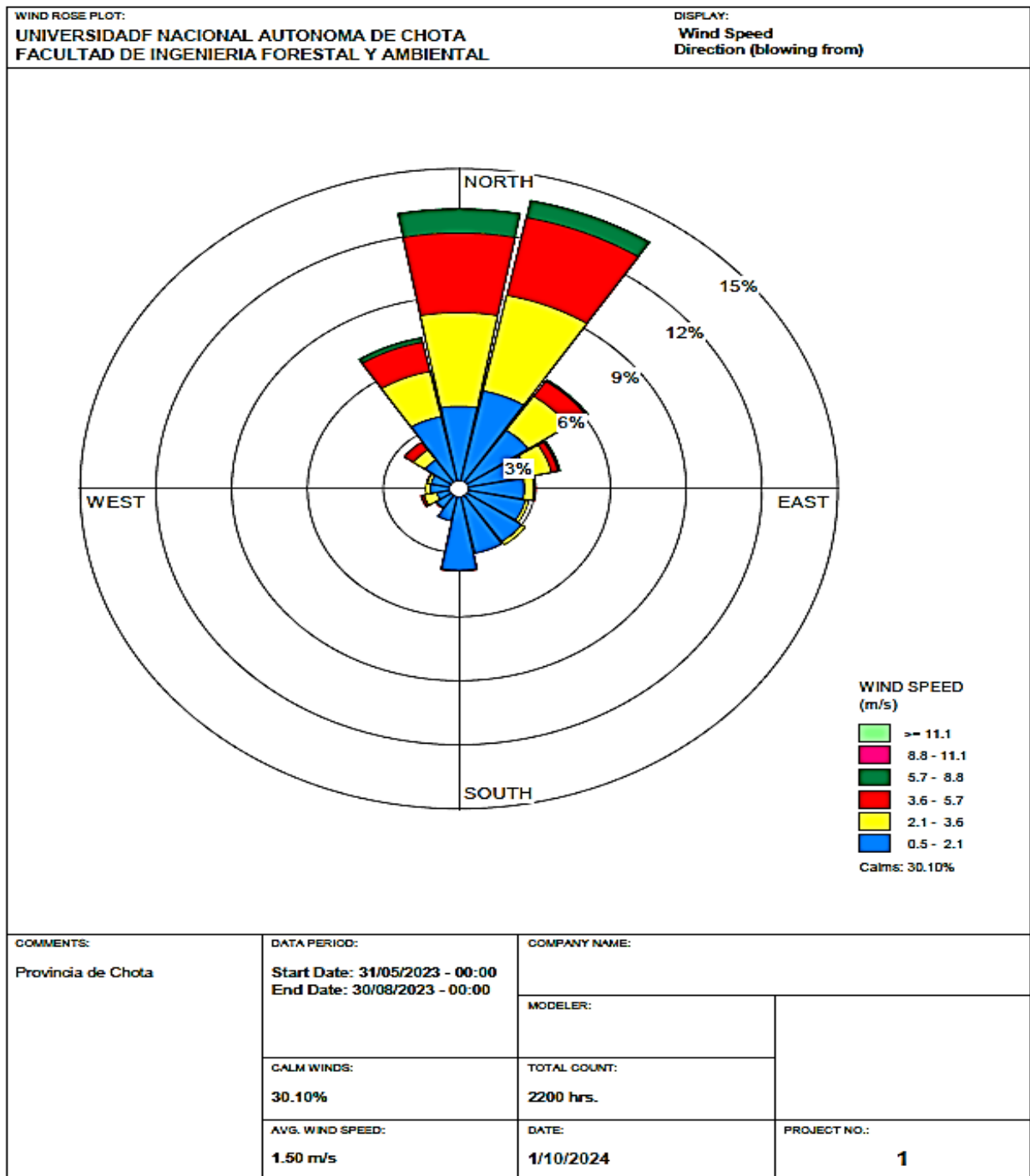
*Registros de humedad durante periodo de muestreo meses de junio, julio y agosto*



En la figura 5, se muestra una variación durante la primera semana del mes de julio de que manteniéndose constante hasta la primera semana del mes de agosto, donde muestra una severa variación con una mínima de 68,0% y una máxima de 90,1% de humedad.

**Figura 6**

*Rosa de viento para los meses junio, julio y agosto*

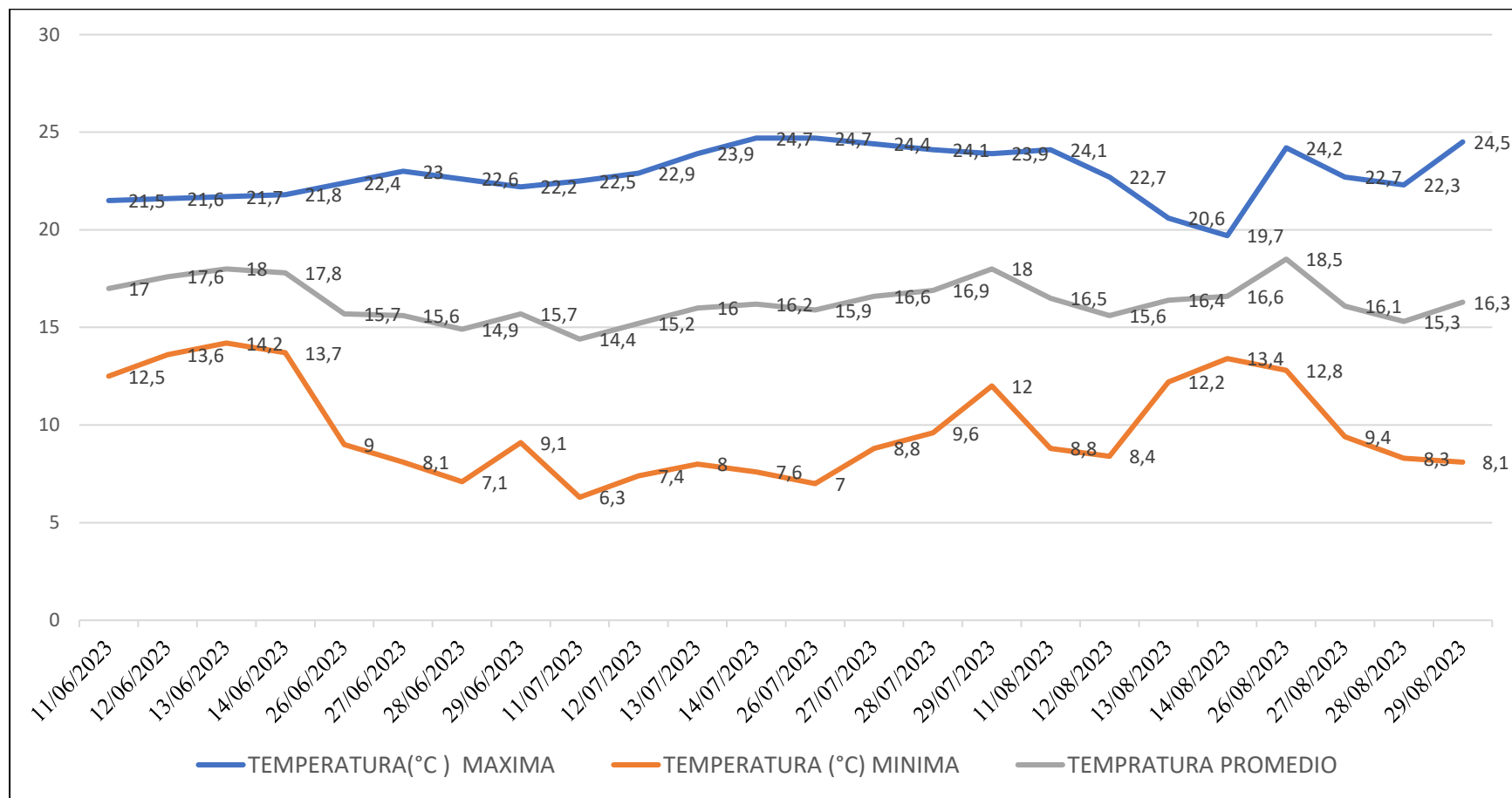


WRPLOT View - Lakes Environmental Software

En la figura 6, como podemos ver que para la ciudad de Chota la velocidad del viento está en la latitud sureste como en noreste mayoritariamente con un intervalo de 5,7-8,8.

**Figura 7**

*Registro de temperatura recopilados durante el muestreo.*

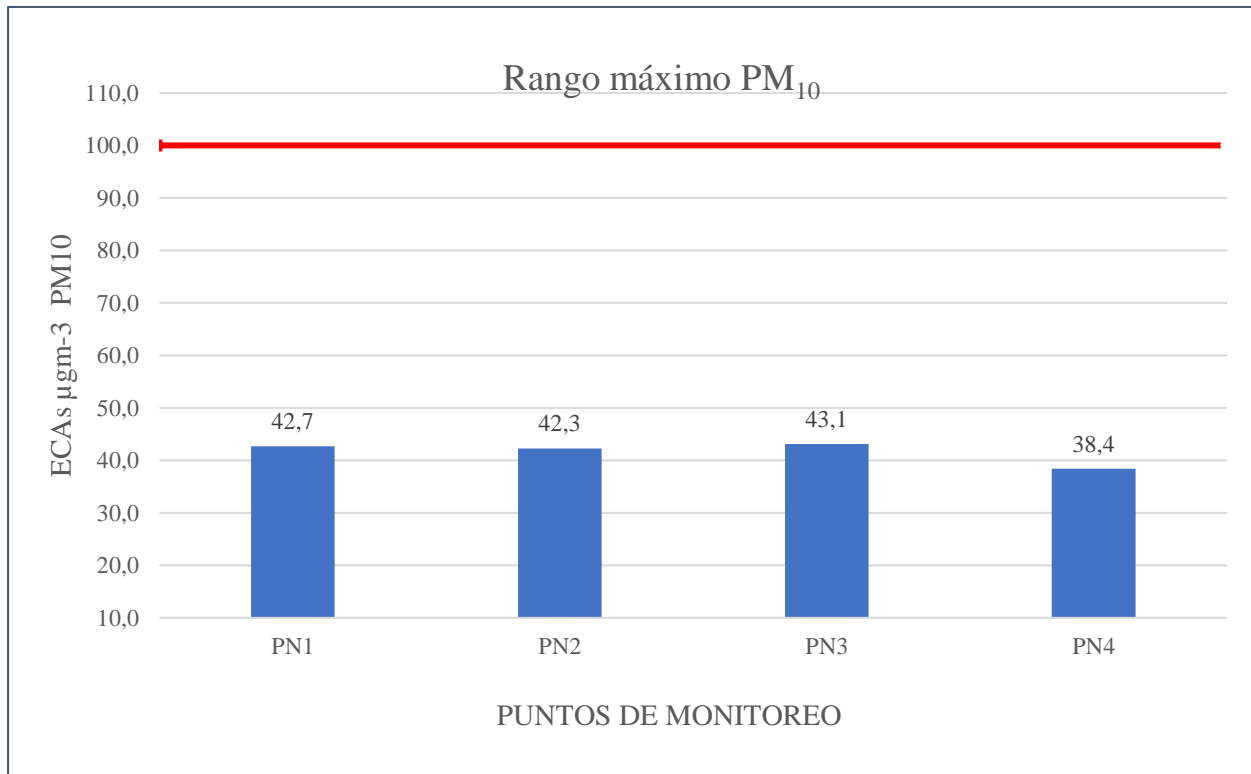


En la figura 7, se observa una leve variación en los registros de temperatura como mínima tenemos un 6,3°C y como máxima 24,7 °C durante el periodo de muestreo, meses junio, julio y agosto.

**4.1.3 Nivel de concentración de material particulado PM10- PM2,5, por punto en comparación con los ECAs para Aire según el D.S. N°003-2017-MINAM.**

**Figura 8**

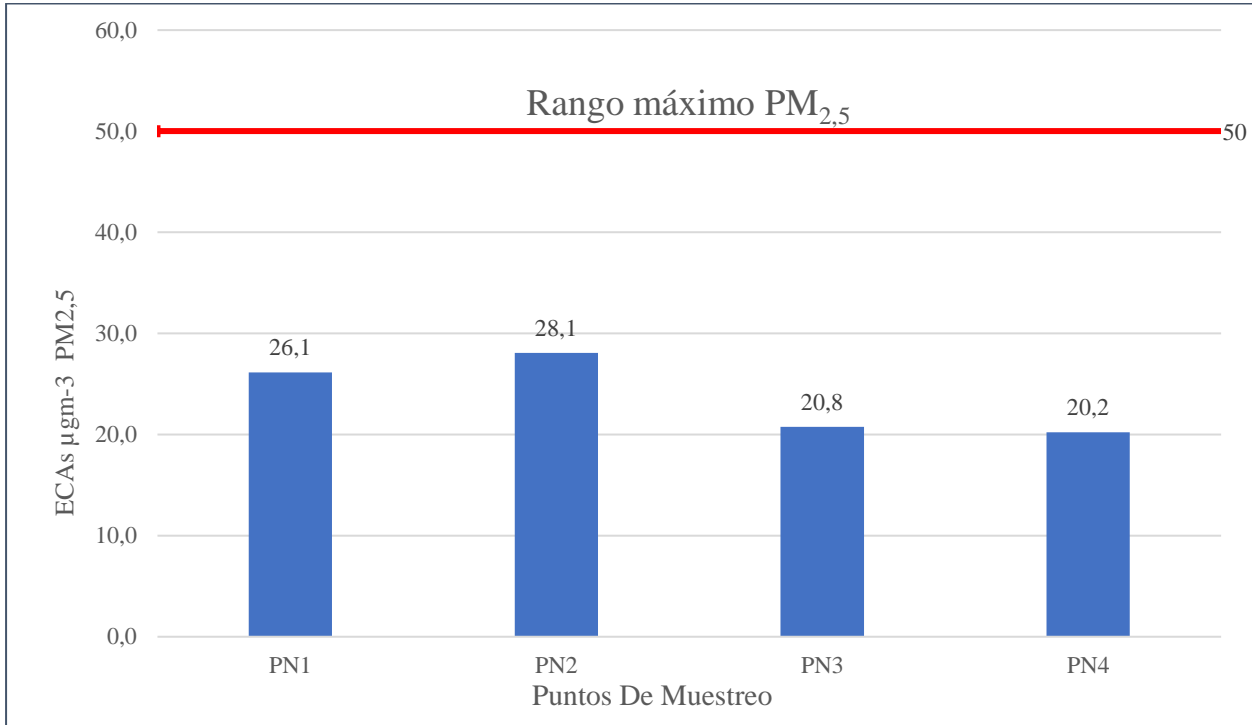
*Promedio de concentración de material particulado para el parámetro PM<sub>10</sub>, comparado con los ECAs para Aire según el D.S. N°003-2017-MINAM*



En la figura 8, indica el rango máximo de los estándares de calidad ambiental (ECA) para aire para el parámetro PM<sub>10</sub>, no debe sobrepasar los 100 µgm-3, teniendo en cuenta los resultados en promedio de cada punto de muestreo; el PN3 con un 43,1 µgm-3 con el máximo valor ubicado en la Av. Fray José Arana y Jr. Mariscal Castilla; seguido del PN1 con 42,7 µgm-3 ubicado en la Av. Fray José Arana y el Jr. 27 de noviembre; no existen diferencias significativas entre los puntos de muestreo y además los resultados obtenidos no superan el ECA para aire para el parámetro PM<sub>10</sub>.

### Figura 9

Promedio de concentración de material particulado para el parámetro  $PM_{2,5}$ , comparado con los ECAs para Aire según el D.S. N°003-2017-MINAM.



En la figura 9, se indica el rango máximo en cuestión de los ECAs para aire para el parámetro  $PM_{2,5}$ , no debe de sobrepasar los  $50 \mu\text{gm}^{-3}$ , siendo los resultados en promedio de cada punto de muestreo para el parámetro  $PM_{2,5}$ ; con un valor máximo el PN2 con el  $28,1 \mu\text{gm}^{-3}$  situado en la Av. Fray José Arana y Jr. 27 de noviembre; seguido del PN1 con el  $26,1 \mu\text{gm}^{-3}$ , situado en la Av. Fray José Arana y el Jr. Mariscal Castilla; no se observaron diferencias significativas entre los promedios de los puntos de muestreo, los resultados obtenidos no superan el ECA para aire en relación al parámetro  $PM_{2,5}$ .

#### 4.1.4 Resultados del análisis de varianza (ANOVA)

##### Análisis del PM<sub>10</sub>

**Tabla 6**

*Análisis de varianza (ANOVA) para el PM<sub>10</sub> evaluados en distintos puntos de la ciudad de Chota*

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Mes	1288,19	2	644,09	27,39	0,001
Punto de Muestreo	41,64	3	13,88	0,59	0,6437
Error	141,11	6	23,52		
Total	1470,94	11			

$$CV = 11,65 \%$$

En la tabla 6, el ANOVA realizado para el parámetro PM<sub>10</sub> en distintos puntos de la ciudad de Chota, indica que para la fuente de variación mes, se obtuvo un valor de significación (p-valor de 0,001) menor al 0,05; este resultado indica que existe una diferencia estadísticamente significativa en el parámetro PM<sub>10</sub> entre al menos dos de los meses evaluados, en otras palabras, el periodo de evaluación (Mes) influyó significativamente en la evaluación del PM<sub>10</sub>; por otro lado, al analizar las diferencias entre los puntos de muestreo, se obtuvo un valor de significancia (p-valor = 0,6437) menor al 0,05, lo que indica que no hay diferencias significativas entre los niveles de PM<sub>10</sub> entre los puntos de muestreo; esto indica que la ubicación geográfica o el punto de muestreo no influyó en los niveles de PM<sub>10</sub>.

El coeficiente de variación se estableció en 11,65 % lo que se considerado un valor bajo e indica que hay una variabilidad reducida en los datos obtenidos.

**Tabla 7**

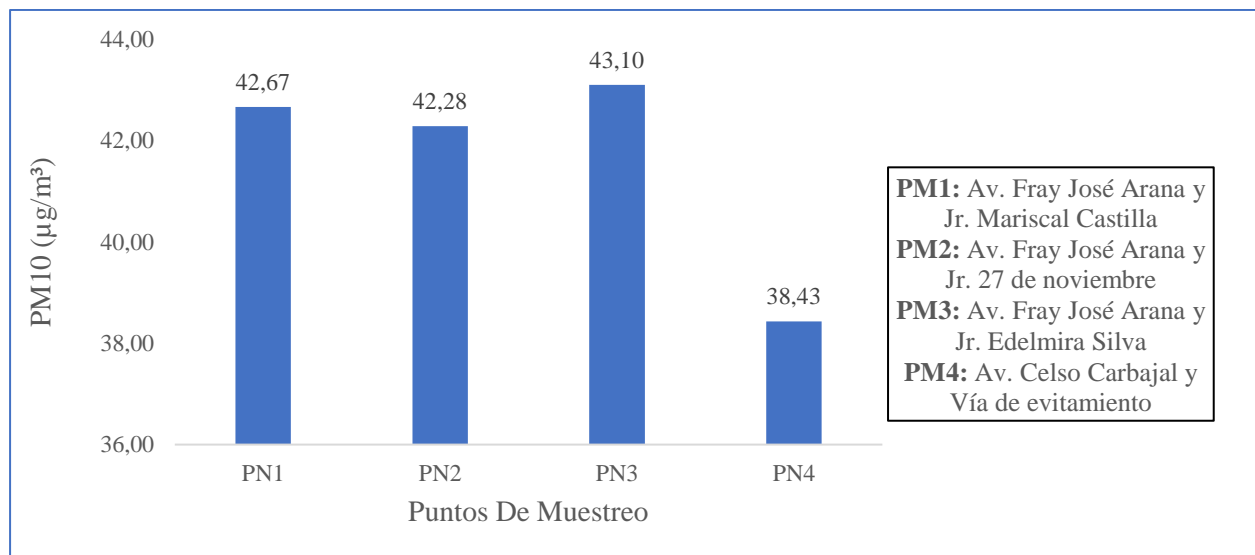
*Prueba de Tukey para las medias del PM<sub>10</sub> obtenidos en distintos meses de evaluación, en la Ciudad de Chota*

Mes	Medias del PM <sub>10</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	Agrupación
Junio	55,49	A
Julio	38,79	B
Agosto	30,59	B

Los resultados de la prueba de Tukey para las medias del parámetro PM<sub>10</sub> respecto al mes (Tabla 7), muestra que en junio, la concentración media de PM<sub>10</sub> es notablemente más alta que los meses de julio y agosto, cuyo resultado fue de 55,49 µgm<sup>-3</sup>; por otro lado en julio y agosto se obtuvieron concentraciones medias de 38,79 µgm<sup>-3</sup> y 30,59 µgm<sup>-3</sup> respectivamente según la prueba de Tukey, estas dos medias no difieren significativamente entre sí; estos resultados muestran variaciones estacionales importantes en la calidad del aire, respecto al periodo de evaluación.

**Figura 10**

*Medias del PM<sub>10</sub> obtenidos en distintos puntos de la Ciudad de Chota*



La Figura 10, muestra las concentraciones promedio de partículas suspendidas en el aire, expresadas en microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{gm}^{-3}$ ), en los diferentes puntos de muestreo. En el PN1 la concentración media del PM10 fue de 42,67  $\mu\text{gm}^{-3}$ , en el PN2, fue de 42,28  $\mu\text{gm}^{-3}$ , en el PN3 fue de 43,10  $\mu\text{gm}^{-3}$ , y el punto PN4 fue de 38,43  $\mu\text{gm}^{-3}$ ; estos resultados muestran ciertas diferencias entre las medias, pero según los resultados del ANOVA, estas diferencias no son significativas.

### Análisis del PM2.5

**Tabla 8**

*Análisis de varianza (ANOVA) para PM<sub>2,5</sub> evaluados en distintos puntos de muestreo en la Ciudad de Chota*

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Mes	389,28	2	194,64	3,78	0,0866
Punto de Muestreo	137,37	3	45,79	0,89	0,4984
Error	308,82	6	51,47		
Total	835,47	11			

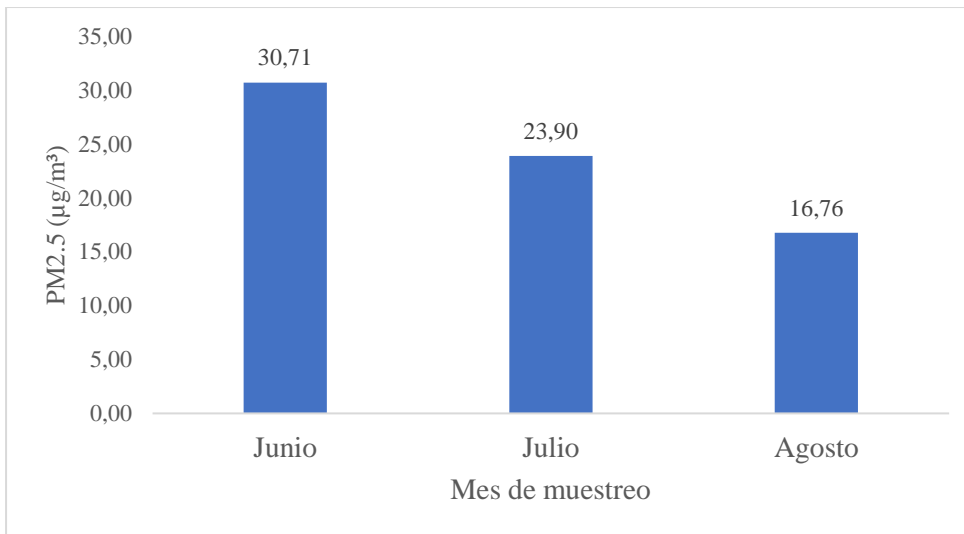
**CV = 30,15 %**

El ANOVA realizado para el PM<sub>2,5</sub> en distintos puntos de la ciudad de Chota revela que no hay diferencias significativas en los niveles de PM<sub>2,5</sub> entre los meses evaluados. El valor p obtenido para la variación por mes fue de 0,0866 lo que supera el nivel de significancia establecido de 0,05. De manera similar, al analizar las diferencias entre los puntos de muestreo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, dado que el valor p fue de 0,890, también superior al nivel de 0,05. Estos resultados sugieren que ni el mes del año ni la ubicación geográfica de los puntos influyeron de manera determinante en los niveles de PM<sub>2,5</sub> registrados en el estudio.

El coeficiente de variación fue del 30,15 %, lo que se considera una variación media y regular en los resultados del parámetro PM<sub>2,5</sub> en cada punto de muestreo.

## Figura 11

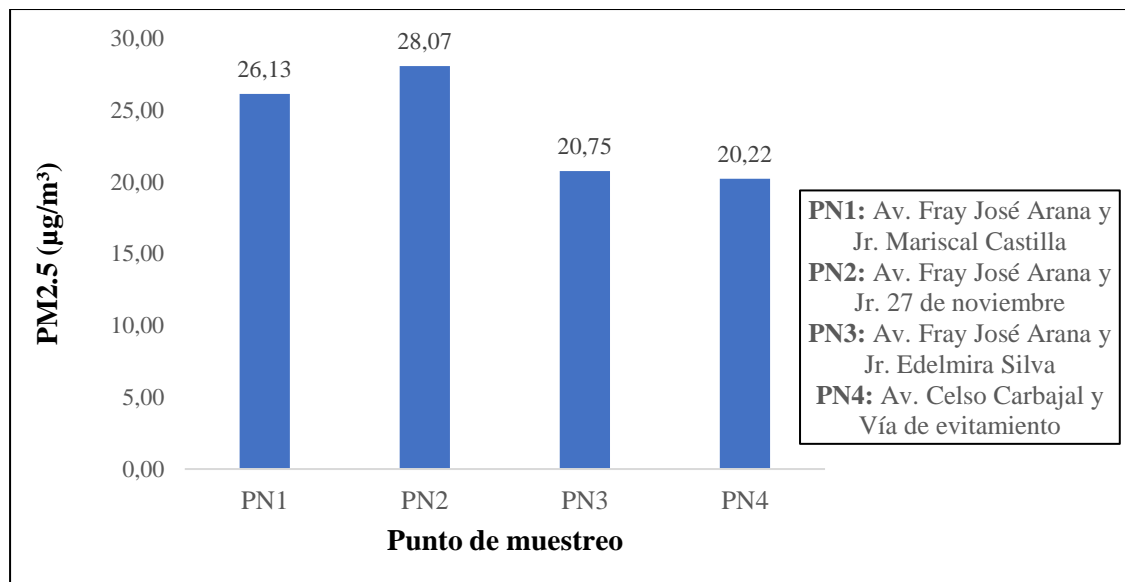
*Medias del PM2,5 obtenidos en distintos meses en la ciudad de Chota*



La Figura 11, ilustra que la concentración promedio de PM2,5 alcanzó un valor de 30,71  $\mu\text{gm}^{-3}$ , en junio, 23,90  $\mu\text{gm}^{-3}$ , en julio y 16,76  $\mu\text{gm}^{-3}$ , en agosto; a pesar de la aparente tendencia decreciente de las medias mensuales, el ANOVA indica que estas diferencias en las concentraciones de PM2,5 entre los meses evaluados no son estadísticamente significativas, es decir, lo que significa que no hay diferencias relevantes entre los niveles de PM2,5 registrados en junio, julio y agosto según los resultados del ANOVA.

**Figura 12**

*Medias de PM<sub>2,5</sub> obtenidos en diferentes puntos de la ciudad de Chota*



La Figura 12 presenta las concentraciones promedio de PM<sub>2,5</sub> en microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{gm}^{-3}$ ) para cada punto de muestreo. Las concentraciones medias fueron de 26,13  $\mu\text{gm}^{-3}$  en el PN1, 28,07  $\mu\text{gm}^{-3}$  en el PN2, 20,75  $\mu\text{gm}^{-3}$  en el PN3 y 20,22  $\mu\text{gm}^{-3}$  en el PN4. Aunque se observan diferencias numéricas entre estos valores, el análisis ANOVA indica que las variaciones no son estadísticamente significativas, esto indica que las concentraciones de PM<sub>2,5</sub> no muestran diferencias relevantes entre los sitios de muestreo de acuerdo con los resultados del ANOVA.

#### **4.2 Contratación de hipótesis**

La calidad del aire en la ciudad de Chota, Cajamarca, en relación con el material particulado, se mantiene dentro de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el aire, conforme al D.S. N°003-2017-MINAM en junio registró una concentración máxima de 74,4  $\mu\text{gm}^{-3}$  en el PN2, mientras que la concentración mínima fue de 25,5  $\mu\text{gm}^{-3}$  en el PN1 durante el mes de agosto para el parámetro PM<sub>10</sub>. En cuanto al PM<sub>2,5</sub>, el valor más alto fue de 72,2  $\mu\text{gm}^{-3}$  en el PN2, siendo esta la única muestra que excede el ECA del aire en junio. La concentración mínima

de PM<sub>2,5</sub> registrada fue de 15  $\mu\text{gm}^{-3}$ , también registrada en el PN2, durante el mes de agosto, por lo tanto se acepta la hipótesis planteada.

### **4.3 Discusión de resultados**

Los resultados indican variaciones en las concentraciones de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, las cuales están influenciadas por factores como el tráfico vehicular, la construcción y los sedimentos en las calles. Esto coincide con el estudio de Ilizarbe et al., (2020) quienes identificaron al tráfico, la resuspensión de polvo y la actividad industrial como principales fuentes de contaminación en Lima. Ambos estudios reflejan cómo las actividades humanas y la geografía urbana influyen directamente en la calidad del aire y la variabilidad de las concentraciones de material particulado.

La calidad del aire revela un aumento progresivo de la contaminación atmosférica, atribuido principalmente a actividades humanas, como lo señalan (Perez et al., 2010). Estos autores destacan que las condiciones meteorológicas también juegan un papel crucial en este fenómeno. En este contexto, Rodríguez (2017) analizó la concentración de material particulado menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>) en vías urbanas y observó que el tráfico vehicular contribuye significativamente a los niveles de contaminación y otras actividades generan material particulado; mientras que para Morales & Arias, (2013) el material particulado está compuesto por elementos sólidos y líquidos, como polvo, humo y aerosoles que provienen de diversas fuentes, incluyendo industrias, vehículos, obras de construcción y el polvo natural que es arrastrado por el viento

La concentración de material particulado para el parámetro PM<sub>10</sub>, el punto de muestreo que presentó mayor concentración fue la Av. Fray José Arana y Jr. 27 de noviembre, en el PN2 con una concentración máxima de 74,4  $\mu\text{gm}^{-3}$  y una mínima en el PN4 con 29  $\mu\text{gm}^{-3}$  en la Av. Celso Carvajal y vía de evitamiento; y para el parámetro PM<sub>2,5</sub> una mayor y menor concentración en el PN2 con 72,2  $\mu\text{gm}^{-3}$  y 15  $\mu\text{gm}^{-3}$  en la Av. Fray José Arana y 27 de noviembre en diferentes

periodos de muestreo; la concentración de material particulado desciende o asciende a medida que aumenta o disminuye el tránsito vehicular, actividades comerciales, construcciones; además intervienen los factores meteorológicos como temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento. Vara, (2017) sostiene que el incremento del parque automotor, las actividades económicas, turísticas y las condiciones climáticas intervienen en los niveles de concentración de material particulado en aire además, en su investigación utilizó un equipo de muestreo HI.VOL. Por otro lado Celis et al., (2007) menciona que la contaminación del aire se da cuando se liberan al ambiente cantidades peligrosas o excesivas de diversas sustancias, como gases, partículas y compuestos orgánicos, pueden originarse tanto en actividades humanas como de procesos naturales.

Según Usman et al., (2022) la velocidad y dirección del viento son factores clave en la dispersión de las emisiones atmosféricas; la velocidad del viento afecta la dispersión del material particulado y otros contaminantes, mientras que la dirección del viento determina el rumbo que seguirán estas emisiones; cuando la velocidad del viento aumenta, se facilita la dispersión de los contaminantes, lo que resulta en una reducción de su concentración y una ampliación en el área de impacto; en cambio, una disminución en la velocidad del viento limita la dispersión, provocando una acumulación de contaminantes cerca del punto de emisión; en el presente estudio la dirección presenta una mayor tendencia hacia noreste así como al oeste con un intervalo mayoritario de 5,7-8,8; de 211,9° grados acimutales y mínima de 90° grados acimutales; mientras que la velocidad del viento esta por una máxima de 2,4 m/s y una mínima de 0,5 m/s, esto indica que existe un movimiento considerable del aire o moderado, lo que sugiere una dispersión más efectiva de los contaminantes en el aire.

A medida que la temperatura aumenta, la concentración de material particulado tiende a incrementarse, este fenómeno se debe a que durante los períodos cálidos, se produce una mayor

suspensión de polvo del suelo, lo que contribuye al aumento de la concentración de partículas en el aire (Zeb et al., 2024). En los resultados obtenidos, la temperatura máxima fue de 24,7 °C y la mínima de 7 °C, manteniéndose dentro de los rangos establecidos. Es probable que, bajo estas condiciones, los niveles de material particulado se mantengan controlados, lo que ayudaría a reducir el riesgo de problemas respiratorios y otros efectos adversos para la salud, contribuyendo así a un ambiente saludable con bajos niveles de contaminación en el aire.

Los resultados obtenidos en la presente investigación indican que, en la mayoría de los puntos de monitoreo, las concentraciones de material particulado se encuentran por debajo de los límites normativos establecidos para un periodo de 24 horas, con excepción del PN2 en el primer periodo, que alcanzó los 72,2  $\mu\text{gm}^{-3}$ . Este hallazgo es comparable con el estudio realizado por Vergara et al., (2020) en la ciudad de Jaén, donde las concentraciones de PM10 también se mantuvieron por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). En ambos casos, los datos sugieren que la concentración de material particulado en zonas urbanas está, en su mayoría, dentro de los rangos establecidos, lo que implica un bajo riesgo para la salud respiratoria en términos de exposición a corto plazo.

La concentración de material particulado en la ciudad de Chota depende de las fuentes de emisión y de la eficacia dispersión de los contaminantes.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- El material particulado en el aire de la ciudad de Chota para el parámetro PM10 en promedio, se obtuvo una concentración de 42,67  $\mu\text{gm}^{-3}$  para el PN1, 24,28  $\mu\text{gm}^{-3}$  para el PN2, 43,10  $\mu\text{gm}^{-3}$  para el PN3; 38,43  $\mu\text{gm}^{-3}$  para el PN4 y para el parámetro PM2,5, se observan concentraciones medias de 26,13  $\mu\text{gm}^{-3}$  para el PN1, con 28,07  $\mu\text{gm}^{-3}$  para el PN2, un 20,75  $\mu\text{gm}^{-3}$  en el PN3 y con un 20,22  $\mu\text{gm}^{-3}$  para el PN4, esto indica que otros factores podrían influir en la concentración de material particulado observados en el estudio.
- La temperatura máxima fue de 24,7°C y mínima de 7°C, una humedad atmosférica máxima del 90% y mínima del 68%, Chota la velocidad del viento está en la latitud sureste como en noreste mayoritariamente con un intervalo de 5,7-8,8 y dirección del viento con un rango de 211,9° a 90° durante los meses de junio, julio y agosto en la ciudad de Chota, no se detectó una variación significativa en estos parámetros, lo que se atribuye a la proximidad de los puntos de monitoreo.
- La concentración de material particulado en el aire de la ciudad de Chota, en los cuatro puntos de monitoreo se encuentran por debajo los Estándares de Calidad del Aire establecidos el (DS N°003-2017-MINAM), que establece 100  $\mu\text{gm}^{-3}$  durante 24 horas para el parámetro PM10 y 50  $\mu\text{gm}^{-3}$  durante 24 horas para el parámetro PM2,5 excepto los resultados del PN2 situado en la Av. Fray José Arana y Jr. 27 de noviembre con 72,2  $\mu\text{gm}^{-3}$  siendo el único caso que excede.

## 5.2 Recomendaciones

- Aunque los estándares de la calidad del aire no se superan actualmente, es esencial que la municipalidad provincial de Chota debe implementar programas de evaluación continuo para monitorear la calidad del aire.
- La población debe de priorizar el transporte no motorizado, tecnologías limpias (bicicletas, caminar, vehículos eléctricos), sostenibles y mantener bajos los niveles de emisión de partículas, por otro lado recomendando a la población reducir el exceso uso de transporte motorizado que esto nos permitirá seguir manteniendo un entorno saludable.
- Mantener y expandir áreas verdes en la ciudad de Chota, como parques y jardines que pueden contribuir a absorber partículas en suspensión y ayudar a preservar la salud de la población y la calidad del aire
- Implementar puntos fijos o estaciones de monitoreo permanentes de la calidad del aire en la ciudad.

## CAPITULO VI

### REFERENCIAS

- Arana, C. (2017). Relación entre monóxido de carbono, material particulado 2,5 con parámetros ambientales específicos de la ciudad de Cajamarca con las infecciones respiratorias agudas en niños menores de 5 años, periodo 2013-2015. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1009>
- Asghar, K., Ali, A., Tabassum, A., Nadeem, S. G., Hakim, S. T., Amin, M., Raza, G., Bashir, S., Afshan, N., Usman, N., Aurangzeb, N., Naz, A., & Hussain, M. (2022). Assessment of particulate matter (PM) in ambient air of different settings and its associated health risk in Haripur city, Pakistan. *Brazilian Journal of Biology*, 84, 1-10. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.256190>
- Aslan, I., Altinisik, K., & Keskin, A. (2015). The pollutant emissions from diesel-engine vehicles and exhaust aftertreatment systems. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 17(1), 15-27. <https://doi.org/10.1007/s10098-014-0793-9>
- Campos, A., Acosta, H., Gómez, R., Carrillo, J., & Ramírez, E. (2015). Evaluación del desempeño del método de alto volumen para la medición de partículas menores a 10 micras. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 31(1), 79-88. <http://www.journals.unam.mx/index.php/rica/issue/view/3681>
- Celis, J., Morales, J., Zaror, C., & Carvacho, O. (2007). Contaminación del aire atmosférico por material particulado en una ciudad intermedia: El caso de Chillán (Chile). *Informacion Tecnologica*, 18(3), 49-58. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642007000300007>
- Constitución política de 1993. (1993). En *Explorations in Economic History* (Vol. 24, Número 6).

<https://doi.org/10.1080/00033799300200371>

Dourado, T., Gemeiner, H., Gomes, A., Almeida, E., da Silva, A., Valadão, N., Menegário, A., Govone, J., & Gastmans, D. (2020). Elemental Composition of Particulate Matter in the Southeastern Brazilian Ceramic Pole by Synchrotron Radiation X-ray Fluorescence Technique (SR-XRF). *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 31(6), 1203-1215. <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20200006>

Green, J., & Sánchez, S. (2013). La calidad del aire en América Latina: Una visión panorámica. *En Clean Air Institute*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/calidad-aire-america-latina-una-vision-panoramica>

Ilizarbe, G., Rojas, J., Cabello, R., Ugarte, C., Reynoso, P., & Valdiviezo, L. (2020). Chemical characteristics and identification of pm10 sources in two districts of lima, peru. *DYNA (Colombia)*, 87(215), 57-65. <https://doi.org/10.15446/dyna.v87n215.83688>

INECC. (2007). Instituto Nacional de Ecología y cambio climático. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/396/tipos.html>

Kheffinir, L., Reátegui, M., Aguirre, C., Cabrejos, J., & Reátegui, R. (2021). Contaminación del aire por partículas sedimentables en domicilios en la zona urbana de la Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco. *Revista Científica Pakamuros*, 9(4), 41-53. <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v9i4.236>

Marín, O., & Aquino, R. (2019). Evaluación del Riesgo por Inmisión de Material Particulado 2.5 en El Condominio Los Robles del Distrito de El Agustino. *Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur*, 1, 58. <http://repositorio.untels.edu.pe/handle/123456789/228>

- Markiewicz, A., Björklund, K., Eriksson, E., Kalmykova, Y., Strömvall, A., & Siopi, A. (2017). Emissions of organic pollutants from traffic and roads: Priority pollutants selection and substance flow analysis. *Science of the Total Environment*, 580, 1162-1174. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.074>
- Martínez Gutiérrez, J. (2019). “Evaluación de Impacto Ambiental”. *April*.
- Mayorga, A. (2019). Evaluación de la concentración y dispersión de material particulado (pm10) en el barrio el dorado de la comuna San Humberto del municipio de Soacha.
- MINAM. (2005). Ley General del Ambiente. *En Ministerio Del Ambiente* (Vol. 53, Número 9). <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-Nº-28611.pdf>
- Morales, T., & Arias, J. (2013). Contaminación vehicular en la conurbación Pereira-Dosquebradas. *Luna Azul*, 37, 13.
- Mosqueira, H. (2019). Evaluación de las partículas PM2.5 y PM10 en la construcción de la carretera Chota – Cochabamba (Cajamarca). En *Universidad Nacional de Cajamarca escuela de posgrado*. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1009>
- Oscategui, A. (2020). Análisis de las concentraciones del PM10 en su interacción con los factores meteorológicos en el distrito de Ate – provincia de Lima, durante los años 2014 al 2018. [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/629/1/T026\\_71393625\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/629/1/T026_71393625_T.pdf)
- Panduro, R. (2020). “Efectos de la contaminación atmosférica por pm10 y su relación con los efectos en la salud de la población del distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, Ucayali, 2018”.
- Pequeño, M., Rodríguez, E., Aguirre, O., Molina, V., Méndez, C., Buendía, E., & Sánchez, L.

- (2019). Analysis of suspended particles deposited on arboreal vegetation in northeastern Mexico. 10(1), 205-213. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v10n1/2007-0934-remexca-10-01-205-en.pdf>
- Perez, V., Lunagómez, M., & Acosta, L. (2010). Análisis de partículas suspendidas totales (Pst) y partículas fracción respirable (Pm10), en Cunduacán, Tabasco. *Universidad y ciencia*, 26(2), 151-162. <https://doi.org/10.19136/era.a26n2.172>
- Rodríguez, N. (2017). Determinación de la concentración de material particulado menor a 10 micras (PM10) en vías urbanas de la ciudad de Tarapoto, Perú. *INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 3(2), 37. <https://doi.org/10.25127/indes.201502.004>
- Singh, G. (2020). Air pollution : Health effects. *Scielo*, 37(1), 33-38. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/mlcr/v37n1/2215-5287-mlcr-37-01-33.pdf>
- Suárez, L., Álvarez, D., Bendezú, Y., & Pomalaya, J. (2017). Caracterización química del material particulado atmosférico del centro urbano de Huancayo, Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 83(2), 187-199. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v83i2.197>
- Tapia, V., Carbajal, L., Vásquez, V., Espinoza, R., Vásquez, C., Steenland, K., & Gonzales, G. (2018). Reordenamiento Vehicular Y Contaminación Dióxido De Azufre Y Dióxido De Nitrógeno En Lima Nitrogen Dioxide in Metropolitan Lima , Peru. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 35(2), 190-198. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3250.190>
- Tariq, M., Zhan, H., Adrees, M., Xin, J., & Rong, L. (2019). Effects of different type of black smoke originate from kilns on the natural environment. *Journal Clean WAS*, 3(2), 11-13. <https://doi.org/10.26480/jcleanwas.02.2019.11.13>

- Usman, F., Zeb, B., Alam, K., Valipour, M., Ditta, A., Sorooshian, A., Roy, R., Ahmad, I., & Iqbal, R. (2022a). Exploring the Mass Concentration of Particulate Matter and Its Relationship with Meteorological Parameters in the Hindu-Kush Range. *Atmosphere*, 13(10), 1-12. <https://doi.org/10.3390/atmos13101628>
- Usman, F., Zeb, B., Alam, K., Valipour, M., Ditta, A., Sorooshian, A., Roy, R., Ahmad, I., & Iqbal, R. (2022b). Exploring the Mass Concentration of Particulate Matter and Its Relationship with Meteorological Parameters in the Hindu-Kush Range. *Atmosphere*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/atmos13101628>
- Vara, M. (2017). Contaminacion atmosferica con material particulado en la ciudad del cusco y su comportamiento 2016. En *Universidad Nacional San Agustin De Arequipa*. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8782>
- Vergara, S., Herrera, S., Colmenares, W., & Rubio, L. (2020). Determinación de la calidad del aire en la Ciudad de Jaén, 2016-2017. *Pakamuros*, 8(c), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v8i1.110> Recibido: 20/09/2019. Aceptado: 29/01/2020
- Viena, A. (2018). Determinación de la concentración del material particulado respirable, influenciado por el tránsito vehicular, en la carretera Calzada – Soritor 2017. *Universidad Nacional de San Martín -Tarapoto*.
- Von, E., Steinmar, K., Weatherhead, E., Bonn, B., Gerwig, H., & Quedenau, J. (2019). Air pollution at human scales in an urban environment: Impact of local environment and vehicles on particle number concentrations. *Science of the Total Environment*, 688, 691-700. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.309>

Zeb, B., Dittaa, A., Alam, K., Sorooshian, A., Din, B., Iqbal, R., Habib, M., Raza, A., Alwahibi, M., & Elshikh, M. (2024). Wintertime investigation of PM10 concentrations, sources, and relationship with different meteorological parameters. *Scientific Reports*, *14*(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-49714-w>

## CAPÍTULO VII

### ANEXOS

#### Anexo 1

#### Figura 13

*Papel filtro Micro - Quartz, filter media 8''x10''*



**Nota:** Como se muestra en la imagen el papel filtro no presenta ninguna imperfección y su correcta ubicación en el cabezal porta filtro.

#### Figura 14

*Equipos y materiales utilizados durante el muestreo del material particulado Hai-vol. modelo*

*THERMO SCIENTIFIC PM10 - SERIE 1435502 (RFPS – 1287- 063)*



**Figura 15**

*Utilización de estación meteorológica y termohigrómetro para medir los parámetros meteorológicos*



**Anexo 2**

**Figura 16**

*Instalación de filtros para captura de material particulado*



**Nota:** Punto de muestreo N°1 Jr. Fray José Arana y jr. Mariscal Castilla, colocación de filtro en el porta filtró del muestreador Hai. vol.

**Figura 17**

*Monitoreo de material particulado punto muestreo uno (PNI)*



**Nota:** Punto de muestreo N°1 ubicado en Jr. Fray José Arana y Jr. Mariscal Castilla, presencia del técnico y asesor de tesis.

**Figura 18**

*Monitoreo de material particulado punto muestreo uno (PNI)*



**Nota:** Punto de muestreo N°1 ubicado en Jr. Fray José Arana y Jr. Mariscal Castilla, correspondiente al muestreo de material particulado.

## Figura 19

*Monitoreo de material particulado punto muestreo uno (PNI)*



**Nota:** Punto de muestreo N°1 Jr. Fray José Arana y Jr. Mariscal Castilla, muestreo de material particulado.

## Figura 20

*Instalación de filtro para muestreo de material particulado PN2*



**Nota:** Punto de muestreo N°2 situado en Jr. Fray José Arana y Jr. 27 de Noviembre, correspondiente al muestreo de material particulado.

## Figura 21

*Monitoreo de material particulado punto muestreo dos (PN2)*



**Nota:** Punto de muestreo N°2 en el Jr. Fray José Arana y Jr. 27 de Noviembre, destinado a la recolección de material particulado.

## Figura 22

*Monitoreo de material particulado punto muestreo dos (PN2).*



**Nota:** Punto de muestreo N°2 ubicado en Jr. Fray José Arana y Jr. 27 de Noviembre, para la recolección de material particulado.

### Figura 23

*Monitoreo de material particulado punto muestreo dos (PN2)*



*Nota:* Punto de muestreo N°2 en Jr. Fray José Arana y jr. 27 de Noviembre, muestreo de material particulado.

### Figura 24

*Instalación de filtro para material particulado punto muestreo tres (PN3).*



*Nota:* Punto de muestreo N° 3 Jr. Fray José Arana y Jr. 27 de Noviembre, ubicación de filtro para muestreo de material particulado.

**Figura 25**

*Monitoreo de material particulado punto muestreo tres (PN3)*



**Nota:** Punto de muestreo N°3 en la intersección de la Av. Fray José Arana y Jr. Edelmira Silva, para recolección de material particulado

**Figura 26**

*Monitoreo de material particulado punto muestreo tres (PN3)*



**Nota:** Punto de muestreo N°3 ubicado en la intersección de la Av. Fray José Arana y Jr. Edelmira Silva, para la recolección de material particulado

### Figura 27

*Monitoreo de material particulado punto muestreo tres (PN3)*



**Nota:** Punto de muestreo N°3 situado en la intersección de la Av. Fray José Arana y Jr. Edelmira Silva, para el muestreo de material particulado.

### Figura 28

*Monitoreo de material particulado punto muestreo cuatro (PN4).*



**Nota:** Punto de muestreo N°4 ubicado en la intersección de la Av. Celso Carvajal y Vía de Evitamiento, para el muestreo de material particulado

## Figura 29

*Monitoreo de material particulado punto muestreo cuatro (PN4)*



**Nota:** Punto de muestreo N°4 en la intersección de la Av. Celso Carvajal y Vía de Evitamiento, para el muestreo de material particulado.

## Figura 30

*Monitoreo de material particulado punto muestreo cuatro (PN4)*



**Nota:** Punto de muestreo N°4 Av. Celso Carvajal y Vía de Evitamiento, muestreo de material particulado, visita de asesores de tesis.

**Figura 31**

*Cooler en el cual se transporta los filtros para muestreo de material particulado*



**Nota:** Depósito en el cual se transporta los filtros antes y después de cada muestreo.

### Anexo 3

#### Tabla 9

*Resultados del análisis del peso de partículas de los parámetros PM<sub>10</sub>- PM<sub>2,5</sub>- mes de junio.*

FECHA	PUNTOS	PM <sub>10</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	PM <sub>2,5</sub> (µgm <sup>-3</sup> )
11/06/2023	PN1	64,9	46,0
12/06/2023	PN2	74,4	72,2
13/06/2023	PM3	67,5	30,6
14/06/2023	PM4	45,3	18,6
26/06/2023	PM1	51,1	21,3
27/06/2023	PM2	47,4	19,7
28/06/2023	PM3	48,7	18,7
29/06/2023	PM4	44,6	18,6

**Nota:** La tabla 9 presenta los resultados de los parámetros PM<sub>2,5</sub>–PM<sub>10</sub> obtenidos en un periodo de 24 horas en cada punto de monitoreo durante el mes de junio.

#### Tabla 10

*Resultados del análisis del peso de partículas-PM<sub>10</sub>- PM<sub>2,5</sub>- mes de julio*

FECHA	PUNTOS	PM <sub>10</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	PM <sub>2,5</sub> (µgm <sup>-3</sup> )
11/07/2023	PN1	32,6	18,7
12/07/2023	PN2	25,8	16,8
13/07/2023	PN3	29,0	15,7
14/07/2023	PN4	31,1	18,1
26/07/2023	PN1	51,1	35,5
27/07/2023	PN2	47,4	28,7
28/07/2023	PN3	48,7	26,9
29/07/2023	PN4	44,6	30,8

**Nota:** La tabla 10, presenta los resultados de los parámetros PM<sub>2,5</sub>–PM<sub>10</sub> que se obtuvieron durante 24 horas en cada punto de monitoreo durante el mes de julio.

**Tabla 11***Resultados del análisis del peso de partículas-PM<sub>10</sub>- PM<sub>2,5</sub>- mes de agosto*

FECHA	PUNTOS	PM <sub>10</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	PM <sub>2,5</sub> (µgm <sup>-3</sup> )
11/08/2023	PN1	30,8	19,7
12/08/2023	PN2	26	16
13/08/2023	PN3	35,7	16,3
14/08/2023	PN4	29	17,6
26/08/2023	PN1	25,5	15,6
27/08/2023	PN2	327	15
28/08/2023	PN3	29	16,3
29/08/2023	PN4	36	17,6

**Nota:** La tabla 11, presenta los resultados de los parámetros PM<sub>2,5</sub>–PM<sub>10</sub> que se obtuvieron durante 24 horas en cada punto de monitoreo durante el mes de agosto.

**Tabla 12***Registros de humedad época de muestreo.*

FECHAS	HUMEDAD %
11/06/2023	77,3
12/06/2023	76,0
13/06/2023	72,6
14/06/2023	72,4
26/06/2023	72,7
27/06/2023	72,7
28/06/2023	68,6
29/06/2023	68,0
11/07/2023	85,3
12/07/2023	77,5
13/07/2023	76,1
14/07/2023	81,8
26/07/2023	78,8
27/07/2023	76,9
28/07/2023	77,6
29/07/2023	72,9
11/08/2023	70,8
12/08/2023	72,5
13/08/2023	75,8
14/08/2023	90,1
26/08/2023	71,8
27/08/2023	73,1
28/08/2023	72,9
29/08/2023	70,8

**Nota:** En la tabla 12, registro de datos de humedad recopilados durante los tres meses del periodo de muestreo.

**Tabla 13***Registros de dirección y velocidad del viento durante el periodo de muestreo*

<b>FECHAS</b>	<b>DIRECCIÓN DEL VIENTO (°)</b>	<b>VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)</b>
11/06/2023	122,1	1,2
12/06/2023	159,7	1,2
13/06/2023	168,7	1,5
14/06/2023	141,0	1,2
26/06/2023	143,3	0,8
27/06/2023	161,9	1,8
28/06/2023	147,5	1,7
29/06/2023	135,6	2,2
11/07/2023	90,0	0,8
12/07/2023	156,4	1,3
13/07/2023	184,2	1,7
14/07/2023	174,8	1,4
26/07/2023	136,5	1,8
27/07/2023	148,5	2,4
28/07/2023	132,9	1,7
29/07/2023	96,3	2,3
11/08/2023	164,1	1,4
12/08/2023	130,4	1,2
13/08/2023	143,0	1,4
14/08/2023	211,9	0,5
26/08/2023	151,0	2,0
27/08/2023	134,8	1,8
28/08/2023	170,8	1,4
29/08/2023	104,6	2,0

**Nota:** La tabla 13, contiene los datos recopilados sobre la dirección y velocidad del viento a lo largo de los tres meses del periodo de muestreo.

**Tabla 14***Resultados de promedio del parámetro PM<sub>10</sub> en comparación de los ECAs del aire*

<b>PUNTO DE MONITOREO</b>	<b>PROMEDIO PM<sub>10</sub> μgm-3</b>	<b>ECAs μgm-3 PM<sub>10</sub></b>
PN1	42,7	100
PN2	42,3	
PN3	43,1	
PN4	38,4	


**Tabla 15**

*Promedio de los resultados del parámetro  $PM_{2,5}$  en comparación de los ECAs del aire.*


PUNTOS DE MUESTREO	PROMEDIO $PM_{2,5}$ $\mu\text{gm-3}$	ECAs $\mu\text{gm-3}$ $PM_{2,5}$
PN1	26,1	
PN2	28,1	50
PN3	20,8	
PN4	20,2	

**Anexo 3**

*Resultados de concentración de material particulado emitidos por el laboratorio*



RUC 20601811112



Registro INDECOPI N°0109140

---

**CONCENTRACION DE MATERIAL PARTICULADO PM<sub>10</sub> – PM<sub>2.5</sub>**

Solicita : **GONZALES VASQUEZ EMELINA**  
 Cadena de Custodia : N° 2626 - 2023  
 Procedencia : EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AIRE POR MATERIAL PARTICULADO EN LA CIUDAD DE CHOTA - CAJAMARCA.  
 Periodo de Monitoreo : Indicado en la cadena de custodia.

---

**I. RESULTADOS (en ug/m<sup>3</sup>)**


Página 1 de 2  
IE 2626

Punto/ Parámetro	01 (Del 11/06/23)	02 (Del 12/06/23)	03 (Del 13/06/23)	04 (Del 14/06/23)
<b>PM10</b>	64.9	74.4	67.5	45.3
<b>PM2.5</b>	46.0	72.2	30.6	18.6

Punto/ Parámetro	01 (Del 26/06/23)	02 (Del 27/06/23)	03 (Del 28/06/23)	04 (Del 29/06/23)
<b>PM10</b>	51.1	47.4	48.7	44.6
<b>PM2.5</b>	21.3	19.7	18.7	18.6

Punto/ Parámetro	01 (Del 11/07/23)	02 (Del 12/07/23)	03 (Del 13/07/23)	04 (Del 14/07/23)
<b>PM10</b>	32.6	25.8	29.0	31.1
<b>PM2.5</b>	18.7	16.8	15.7	18.1

Punto/ Parámetro	01 (Del 26/07/23)	02 (Del 27/07/23)	03 (Del 28/07/23)	04 (Del 29/07/23)
<b>PM10</b>	51.1	47.4	48.7	44.6
<b>PM2.5</b>	35.5	28.7	26.9	30.8



Jr. Topacios 484 – Urb. Villa Universitaria –Cajamarca – Teléfono 076 286344  
 E - mail: laboratorio.geomax@gmail.com Celular: 957323940

Punto/ Parámetro	01 (Del 11/08/23)	02 (Del 12/08/23)	03 (Del 13/08/23)	04 (Del 14/08/23)
PM10	30.8	26.0	35.7	29
PM2.5	19.7	16.0	16.3	17.6

Punto/ Parámetro	01 (Del 26/08/23)	02 (Del 27/08/23)	03 (Del 28/08/23)	04 (Del 29/08/23)
PM10	25.5	32.7	29.0	36.0
PM2.5	15.6	15.0	16.3	17.6

Página 2 de 2  
IE 2626



Ing° Baltazar Ludeña Pereyra  
CIP 90814  
Técnico Responsable

Cajamarca, 15 de Setiembre 2023

Nota 1: El presente documento sólo es válido para la(s) muestra de la referencia.  
Nota 2: La(s) muestra(s) y contramuestras se mantendrán por un periodo de siete (7) días de emitido el presente Informe de Ensayo.  
Nota 3: Toda corrección y/o enmienda fiscal al presente Informe de Ensayo será emitida con la declaración suplemento al Informe de Ensayo.  
Nota 4: Está prohibido la modificación total y o parcial del presente informe, salvo autorización escrita por el Laboratorio de GEOMAX.  
Nota 5: La muestra fue registrada por personal de GEOMAX con participación del interesado.

Anexo 4

Certificado de calibración del equipo HAI-vol



# EQUINLAB

Equipamiento Instrumentación  
Industrias y Laboratorios



S  
A  
C

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN  
PATRONES DE TRAZABILIDAD NACIONAL  
INACAL E INTERNACIONAL AL NIST  
CENAM, DAKKS, ENAC, DKD

INGENIERIA EN METROLOGIA

Empresa de Servicios Meteorológicos de Verificación, Calibración y Emisión de Certificados Adjuntando la Trazabilidad de Nuestros Patrones Nacionales o Internacionales

°F | 6.16% | 456 kg/m<sup>3</sup> | -27.3td | 0.64aw | 31.9%r H | 14.0%veto | 100.4g/m<sup>3</sup> | 02m/s | 4.90Ug/L | 163 ym | 23.2°C | 78.0 °F | 6.21 % | 424 kg/m<sup>3</sup> | 78.0°F | 6.16% | 456kg/m<sup>3</sup> | -27.3td | 0.64 aw

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LE-608-2022

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN	: 2022-07-05
EXPEDIENTE	: EIL-0876-2022

<b>1. SOLICITANTE</b> : GEOMAX LABORATORIO AMBIENTAL AIRE AGUA Y SUELO E INGENIERIA E.I.R.L.	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar k por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.
<b>DIRECCIÓN</b> : JR. LOS TOPACIOS 484	Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.
<b>2. INSTRUMENTO</b> : HI VOL	EQUINLAB S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
<b>MARCA</b> : THERMO SCIENTIFIC	
<b>MODELO</b> : G10557	
<b>SERIE</b> : P9225X	
<b>PROCEDENCIA</b> : ESTADOS UNIDOS	
<b>METODO DE REFERENCIA</b> : NORMA EPA N°RFPS 1287-063	
<b>TIPO</b> : MECÁNICO/ELECTRÓNICO	
<b>3. CUMPLIMIENTO</b> : TUBO DE VENTURI CUMPLE CON LA NORMA ASTM EPA RFPS 1287-063	
<b>4. LUGAR DE CALIBRACIÓN:</b> LABORATORIO DE EQUINLAB	

FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2022-07-05
----------------------	--------------



Ing. Roger Cueva Zuta  
Jefe de Metrología





PROHIBIDO SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE EQUINLAB S.A.C.

Av. Universitaria 2786 Mz G LT 43 Los Olivos - Lima - Lima  
Telf.: (01) 677-6611 / (01) 336-4538 Cel.: 939294882 / 946480783  
E-mail: ventas@equinlabsac.com / metrologia@equinlabsac.com / www.equinlabsac.com

Certificado de calibración de estación meteorológica



# EQUINLAB

S A C

Equipamiento Instrumentación  
Industrias y Laboratorios



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN  
PATRONES DE TRAZABILIDAD NACIONAL  
INACAL E INTERNACIONAL AL NIST  
CENAM, DAKKS, ENAC, DKD

**INGENIERIA EN METROLOGIA**

Empresa de Servicios Meteorológicos de Verificación, Calibración y Emisión de Certificados Adjuntando la Trazabilidad de Nuestros Patrones Nacionales o Internacionales

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LE-608-2022**

Página 2 de 3

**5. PATRONES UTILIZADOS**

Se ha utilizado el calibrador modelo TE-5028A, con número de serie 3139, Trazable NIST.

**6. RESULTADOS: Medición con HI VOL**

In H2O calibrador	Qa(m3/min) (1/m)v(H2O)(Ta/Pa-B)	(inH2O) Muestreador	Pf(mmHg) 25.4(in H2O/13.6)	Po/Pa=1- (Pf/Pa)	Qa Look flow rate	% Diff (Look Up- Qa)*100/Qa
3.52	1.192	10.67	19.889	0.976	1.195	0.542
4.49	1.183	12	26.150	9.965	1.187	0.054
3.43	1.176	17.6	33.246	0.958	1.175	0.222
3.37	1.163	19.25	35.992	0.952	1.166	0.211
3.21	1.136	24.85	46.411	0.938	1.147	1.34
Promedio						0.412

X=Qa/v (Ta)	Y=Po/Pa	Por Correlación	
0.067	0.976	r	0.9999
0.068	0.964	m	13.053
0.067	0.958	b	0.0712
0.067	0.954		
0.068	0.937		

Diff H2O	Pf(mmHg)	Qac=([(1-Pf/Pa)-b]*v(Ta))/m
14	29.85	1.168

La EPA establece que el promedio de la diferencia porcentual (%Diff), debe ser +/- 3% si el si el % Diff fuera mayor quiere decir que una fuga puede haber estado presente durante la calibración por lo tanto se debería calibrar nuevamente

**PASOS A SEGUIR**

- 1.- Colocar la base.
- 2.- Colocar el tubo de orificios.
- 3.- Prender el muestreador Hi Vol.
- 4.- Instalar el manómetro al tubo de orificios y el otro al cuerpo Hi Vol.
- 5.- Tomar 5 lecturas variando el orificio del vari flow o cambiando los discos de orificios.



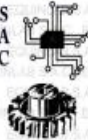
PROHIBIDO SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE EQUINLAB S.A.C.

Av. Universitaria 2786 Mz G LT 43 Los Olivos - Lima - Lima  
 Telf.: (01) 677-6611 / (01) 336-4538 Cel.: 939294882 / 946480783  
 E-mail: ventas@equinlabsac.com / metrologia@equinlabsac.com / www.equinlabsac.com



# EQUINLAB S.A.C.

Equipamiento Instrumentación  
Industrias y Laboratorios



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN  
CON PATRONES DE TRAZABILIDAD NACIONAL AL  
INACAL E INTERNACIONAL AL NIST  
CENAM DAKKS, ENAC, DKD

INGENIERIA EN METROLOGIA

Empresa de Servicios Meteorológicos de Verificación, Calibración y Emisión de Certificados Adjuntando la Trazabilidad de Nuestros Patrones Nacionales o Internacionales

F: 1 6,16% | 456 kg/m<sup>3</sup> | -27,2td | 0,64aw | 51,9%v H: 14,8%abs | 100, 4g/m<sup>3</sup> | 09m/s | 4,90Ug/L | 163 ym | 23,2°C | 70,0 °F | 6,21 % | 424 kg/m<sup>3</sup> | 78,0°F | 6,16% | 456kg/m<sup>3</sup> | -27,2td | 0,64

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LTP-706-2022

Página 1 de 4

FECHA DE EMISIÓN : 2022-08-01

**1. SOLICITANTE : GEOMAX LABORATORIO AMBIENTAL, AIRE, AGUA Y SUELO E INGENIERIA E.I.R.L.**

**DIRECCIÓN : Jr. Topacios 454 Urb. Villa Universitaria - Cajamarca**

**2. INSTRUMENTO : ESTACIÓN METEOROLOGICA**

**MARCA : DAVIS**

**MODELO : VANTAGE VUE**

**SERIE : W80232**

**UBICACIÓN : NO INDICA**

**ALCANCE : 0°C a 60°C/3Km/h a 322 Km/h / 1% A 100% / 540 mb a 1100 mb0.0**

**RESOLUCIÓN : 0,1°C / 1 Km/h/ 1%/0,1mb**

**FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-08-01**

### 3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

**MÉTODO DE CALIBRACIÓN:** Calibración según el método por comparación directa y usando el procedimiento de calibración PC-004: "Procedimiento de Calibración de Manómetros, Vacuómetros y Manovacúómetros de deformación elástica" 3ra. Edición, Agosto - 2019, del SNM-INACAL.

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

EQUINLAB S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.



  
Ing. Roger Cusva Zuta  
Jefe de Metrología



PROHIBIDO SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE EQUINLAB S.A.C.

Av. Universitaria 2786 Mz G LT 43 Los Olivos - Lima - Lima

Tel.: (01) 677-6611 / (01) 336-4538 Cel.: 939294882 / 946480783

E-mail: ventas@equinlabsac.com / metrologia@equinlabsac.com / www.equinlabsac.com



# EQUINLAB S.A.C.

Equipamiento Instrumentación  
Industrias y Laboratorios



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN  
CON PATRONES DE TRAZABILIDAD NACIONAL AL  
INACAL E INTERNACIONAL AL NIST  
CENAM DAKKS, ENAC, DKD

INGENIERIA EN METROLOGIA

Empresa de Servicios Meteorológicos de Verificación, Calibración y Emisión de Certificados Adjuntando la Trazabilidad de Nuestros Patrones Nacionales o Internacionales

°F | 6,16% | 456 kg/m³ | -27,3td | 0,64aw | 51,9°r | H | 14,8° | abs | 100,4 g/m³ | 69ms | 4,96µg | 163 µm | 23,2°C | 78,0 °F | 6,21 % | 424 kg/m³ | 78,0°F | 6,16% | 456kg/m³ | -27,3td | 0,64aw

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LTP-706-2022

Página 2 de 4

FECHA DE EMISIÓN : 2022-08-01

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó en Laboratorio de la empresa EQUINLAB S.A.C. –  
Av. UNIVERSITARIA 2786 MZ. G LT. 43 LOS OLIVOS LIMA – LIMA.

### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial		Final	
Temperatura	15,6	°C	16,3	°C
Humedad relativa	69,8	%	72,2	%
Presión	1003.7 hPa			

### 6. TRAZABILIDAD Y PATRÓN DE REFERENCIA

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado
Patrones de referencia del UKAS	Anemómetro Patrón	Certificado N° 24173AC
Patrones Trazables a INACAL	Termómetro Patrón Delta Ohm	Certificado N° LT-172-2021
Patrones de referencia del DKD-GERMANY	Túnel de viento Elíptico Anemómetro 3	Certificado N° D-K-15140-01-00
Patrones Trazables a INACAL	Higrómetro Patrón Delta Ohm	LH – 060 - 2022

### 7. OBSERVACIONES

- (\*) Con fines de identificación se ha colocado un código por EQUINLAB S.A.C., grabada en una etiqueta y adherido al instrumento.
- se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO". De acuerdo a la NMP-003-96.
- La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.



PROHIBIDO SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE EQUINLAB S.A.C.

Av. Universitaria 2786 Mz G LT 43 Los Olivos - Lima - Lima  
Telf.: (01) 677-6611 / (01) 336-4538 Cel.: 939294882 / 946480783

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° ELF-598-2023

Expediente: EILL- 5340-2023

### 1.- SOLICITANTE

**Nombre:** GEOMAX LABORATORIO AMBIENTAL, AIRE, AGUA Y SUELO E INGENIERIA E.I.R.L  
**Dirección:** JR. LOS TOPACIOS NRO. 482 VLL. UNIVERSITARIA CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

### 2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN HIVOL

**Marca :** THERMO SCIENTIFIC  
**Modelo :** G10557  
**N° de Serie :** P9435X  
**Procedencia:** Estados Unidos  
**Ubicación:** CAMPO

### 3.- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Como referencia a la norma EPA N°RFPS 1287-063

### 4.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

\* El instrumento fue calibrado el : 2023-07-05

\* La calibración se realizó en el Área de Flujo del Laboratorio EQUINLAB S.A.C.

Fecha de emisión: 2023-07-06

Este certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones Nacionales (INACAL) y/o internacionales. EQUINLAB. S.A.C. custodia, conserva y mantiene sus patrones en Áreas con condiciones ambientales controladas, realiza mediciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país. EQUINLAB. S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debe tener un control de mantenimiento y recalibraciones apropiadas para sus instrumentos a intervalos apropiados.



Ing. Roger Cueva Zúta  
Jefe de Metrología



PROHIBIDO SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE EQUINLAB S.A.C

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° ELF-598-2023

### 5.- TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

N° de CERTIFICADO	PATRÓN UTILIZADO	TRAZABILIDAD
TE-5028A	CALIBRADOR VARIFLOW	NIST

### 6.- CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura	22,4 °C ± 0,3 °C
Humedad relativa	57,4 % HR ± 1 % HR

### 7.- RESULTADOS

Orificio "H2O"	Ta (K): 296,65		slope: 1,04617		Look Up m <sup>3</sup> /min	% de diferencia	Incertidumbre m <sup>3</sup> /min
	Qa m <sup>3</sup> /min	Muestreador r "H2O"	Pf mm Hg	Po /Pa			
3,94	1,202	10,9	20,343	0,973	1,185	-1,333	0,1
3,87	1,17	12,5	23,328	0,969	1,179	-0,924	0,1
3,7	1,158	13,5	25,195	0,967	1,177	1,117	0,1
3,57	1,147	15,8	29,487	0,961	1,169	2,186	0,1
3,52	1,134	17,5	32,66	0,957	1,164	2,465	0,1

Legenda:

**Ta:** Temperatura ambiental K

**"H2O:** Lecturas del manómetro in H2O en el tubo de calibración.

**Qa:** Régime del flujo actual m3/min

**Pf:** Diferencia de presión en mmHg

**Po/Pa:** Relación P inicial y P ambiental

**% Diff:** Diferencia porcentual entre los regímenes del flujo calibrador.

### 8.- NOTAS

- \* Los datos obtenidos son corridas de 5 mediciones por punto de calibración.
- \* Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- \* La periodicidad de la calibración esta en función al uso y mantenimiento del equipo de medición.
- \* La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura k=2 para un nivel aproximado de confianza del 95%.



Fin del documento

PROHIBIDO SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE EQUINLAB S.A.C