

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

ESCUELA DE POSGRADO

Unidad de Posgrado de Ingeniería y Arquitectura



**Abordaje estadístico para evaluar los niveles de ozono en
relación con las variables meteorológicas en Lima
Metropolitana**

Tesis para obtener el Título de Segunda Especialidad Profesional de
Ingeniería: Estadística Aplicada para Investigación.

Autor:

Juan Carlos Ezequiel Roque Quezada

Asesor:

PhD Javier Linkolk López García

Lima, Junio 2025

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Javier Linkolk López García, docente de la Unidad de Posgrado de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Posgrado de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: “**Abordaje estadístico para evaluar los niveles de ozono en relación con las variables meteorológicas en Lima Metropolitana**” del autor Juan Carlos Ezequiel Roque Quezada tiene un índice de similitud de 14 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 23 días del mes de junio del año 2025



PhD. Javier Linkolk López Gonzales

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa unión a 16 días del mes de junio del año 2025, siendo las 11:00 horas, se reunieron de forma online sincrónica, bajo la dirección del presidente del jurado, Mg. Geraldine Verónica Alvizuri Llerena, el secretario Mg. Junior Israel Pacheco Espinoza; los demás miembros: Mg David Leandro Orrego Granados, Mg. Esteban Tocto Cano y el asesor PhD. Javier Linkolk López Gonzales, con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de Tesis de la Segunda Especialidad titulada "Abordaje estadístico para evaluar los niveles de ozono en relación con las variables meteorológicas en Lima Metropolitana", conducente a la obtención del Título de Segunda Especialidad Profesional de Ingeniería: Estadística Aplicada para Investigación.

El presidente inició el acto académico de sustentación invitando al candidato a hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, cuestionamientos y aclaraciones pertinentes, aquellos que fueron absueltos por el candidato. Luego se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen. Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato: Juan Carlos Ezequiel Roque Quezada


CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	19	A	Con nominación de Excelente	Excelencia

Finalmente, el presidente del jurado invitó al candidato a ponerse de pie, para recibir la evaluación final. Además, el presidente concluyó el acto académico de sustentación, procediéndose a registrar a registrar las firmas respectivas.

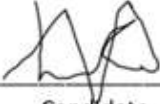

Presidente


Secretario


Asesor


Miembro


Miembro


Candidato

Agradecimientos

A mi esposa Claudia, a mi hijo Daniel, y con mucho cariño a mi querido hijo mayor Juan Carlitos la persona que más me ha enseñado en los últimos años de mi vida.

INDICE

Hojas preliminares.....	1
Acta de sustentación.....	3
Agradecimientos y dedicatoria.....	4
Índice.....	5
Artículo Final.....	6
Título.....	7
Resumen.....	7
Palabras clave.....	7
Introducción.....	8
Metodología.....	9
Resultados y Discusión.....	10
Conclusiones.....	21
Referencias bibliográficas.....	22

Abordaje estadístico para evaluar los niveles de ozono en relación con las variables meteorológicas en Lima Metropolitana

Resumen

Introducción: El ozono troposférico es un contaminante secundario que, en altas concentraciones, afecta la salud humana. En Lima Metropolitana, factores meteorológicos y geográficos favorecen su acumulación, especialmente durante el invierno.

Objetivo: Evaluar la relación entre los niveles de ozono y variables meteorológicas mediante modelos estadísticos avanzados, con el fin de apoyar la gestión ambiental y sanitaria.

Métodos: Se analizaron datos horarios de ozono y variables meteorológicas (temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento) registrados en cuatro estaciones urbanas de Lima durante los inviernos de 2017 a 2019. Se aplicaron modelos de regresión múltiple (MLR), modelos de superficie de respuesta (RSM) y análisis de componentes principales (PCA), evaluando la precisión con RMSE, IA, FB y ANOVA.

Resultados: Se identificaron dos grupos de concentración de ozono (≤ 60 y > 60 mg/m³), con niveles más altos en zonas industriales. La humedad relativa y la velocidad del viento fueron los predictores más influyentes. El modelo MLRt presentó alta precisión (IA = 0.976), mientras que MLR5 y RSM8 fueron más adecuados para niveles > 60 mg/m³. El PCA explicó el 79% de la variabilidad, destacando la importancia de la humedad y la dirección del viento.

Conclusiones: Las variables meteorológicas se relacionan significativamente con las concentraciones de ozono. Los modelos aplicados ofrecen herramientas útiles para anticipar episodios de contaminación y fortalecer las políticas de calidad del aire.

Palabras clave: *Ozone; Air Pollution; Meteorological Concepts; Environmental Monitoring; Multivariate Analysis.*