

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

ESCUELA DE POSGRADO

Unidad de Posgrado de Ingeniería y Arquitectura



Modelado y pronóstico de la contaminación del aire utilizando un modelo de aprendizaje extremo

Trabajo de investigación para obtener el Grado Académico de Maestro en Ingeniería de Sistemas con Mención en Dirección y Gestión de Tecnologías de Información

Autores:

Diana Lidia Sanchez Torpoco de Chavarría

María Antonieta Vidalón Aliaga

Asesor:

PhD. Javier Linkolk López Gonzales

Lima, 31 marzo de 2026

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

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

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Modelado y pronóstico de la contaminación del aire utilizando un modelo de aprendizaje extremo”** de los autores. Diana Lidia, Sanchez Torpoco de Chavarría y María Antonieta, Vidalón Aliaga.

Tiene un índice de similitud de 12 % 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 31 días del mes de marzo del año 2026



PhD. Javier Linkolk López Gonzales

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa unión a los 19 días del mes de marzo del año 2026, siendo las 16:00 horas, se reunieron de forma online sincrónica, bajo la dirección de la presidente del jurado Mg. Lizeth Geanina Huanca López, secretario Dr. Jhon Harold Gonzales Garay; los demás miembros: Dr.Sc. Esteban Tocto Cano, Dr. Paulo Jorge Canas Rodríguez y el asesor Ph.D. Javier Linkolk López Gonzales, con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de Trabajo de investigación titulado "Modelado y pronóstico de la contaminación del aire mediante un modelo de aprendizaje extremo", conducente a la obtención del Grado Académico de Maestro en Ingeniería de Sistemas con mención en Dirección y Gestión de Tecnologías de Información.

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

Candidatos: Diana Lidia Sánchez Torpoco, María Antonieta Vidalon Aliaga

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

Finalmente, la presidente del Jurado invitó a los candidatos para recibir la evaluación final. Además, la Presidente del jurado concluyó el acto académico de sustentación, procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente



Secretario

Asesor

Miembro

Miembro

Candidato

Candidato

ÍNDICE

Modelado y pronóstico de la contaminación del aire utilizando el modelo de aprendizaje extremo.....	5
1.1. Introducción.....	7
1.2. Metodología.....	8
1.2.1. Técnica de pronóstico propuesta.....	8
1.2.2. Modelado del componente determinístico.....	10
1.2.3. Modelado del componente estocástico.....	11
1.2.4. Medidas de precisión.....	13
1.2.5. Método de ventana expansiva.....	14
1.3. Resultados de Pronóstico y Discusión.....	16
1.4. Conclusiones.....	27
Referencias.....	29

Modelado y pronóstico de la contaminación del aire utilizando el modelo de aprendizaje extremo

Resumen: La contaminación del aire por material particulado (PM10) representa una importante amenaza para la salud pública en las megaciudades de América Latina, donde las concentraciones frecuentemente superan las directrices de la Organización Mundial de la Salud, como se ha documentado en Lima Metropolitana. Este estudio desarrolla un marco basado en componentes para el modelado y pronóstico horario de PM10, que descompone la serie temporal en componentes deterministas tendencia de largo plazo y periodicidades horaria, semanal y anual y un componente estocástico.

El análisis utiliza datos de cinco estaciones de monitoreo (ATE, CDM, CRB, HCH y SMP) recopilados entre enero de 2017 y diciembre de 2018. Se evalúan cuatro enfoques para modelar el componente estocástico: Máquina de Aprendizaje Extremo (ELM), Autorregresión con Redes Neuronales (NNAR), Autorregresión No Paramétrica y Promedio Móvil Autorregresivo (ARMA).

El rendimiento de los modelos se evalúa utilizando el error absoluto medio, el error porcentual absoluto medio, el error absoluto mediano y la raíz del error cuadrático medio, dentro de un marco de ventana expansiva. Los resultados indican que ELM y NNAR superan consistentemente a los modelos estadísticos tradicionales en todas las métricas y estaciones de monitoreo, logrando los menores errores de predicción.

Estos hallazgos demuestran la eficacia de las técnicas de aprendizaje automático para capturar las dinámicas no lineales del PM10 en entornos urbanos complejos. Además, este estudio proporciona la primera evaluación del modelo ELM para el pronóstico horario de

PM10 en Lima Metropolitana y establece un marco computacionalmente eficiente con aplicabilidad directa en sistemas de alerta temprana para la gestión de la calidad del aire.

Palabras clave: pronóstico de PM10; máquina de aprendizaje extremo; Lima Metropolitana; modelado basado en componentes; calidad del aire; series temporales; ventana expansiva.