



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Evaluación de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} mediante
imágenes satelitales LANDSAT para una propuesta de un plan
de minimización Lima, 2022**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniero Ambiental**

AUTOR:

Champi Castro, Luis Marcelo (orcid.org/0000-0003-0260-4070)

ASESOR:

MSc. Quijano Pacheco, Wilber Samuel (orcid.org/0000-0001-7889-7928)

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de Recursos Naturales

LINEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2023

DEDICATORIA

A Dios por ser mi inspiración, la fuerza para cumplir cada una de mis metas.

A mis padres por enseñarme que nada es imposible incluso las cosas más grandes se realizan dando un paso a la vez.

A mis grandes amigos por sus enseñanzas y consejos de fortaleza y perseverancia.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad César Vallejo por permitirme obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

A mi docente asesor MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco y Claude Melendez Chota, por su paciencia y dedicación de sus conocimientos para la elaboración del presenta trabajo de investigación

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de Contenidos	iv
Índice de Tablas	v
Índice de Figuras	vii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGIA	14
3.1 Tipo y diseño de la Investigación	14
3.2 Variables y operacionalización.....	15
3.2.1. Variable 1.....	15
3.2.2. Variable 2.....	15
3.2.3. Matriz de operacionalización de variables.....	15
3.3 Población, muestra y muestreo.....	15
3.3.1. Población.....	15
3.3.2. Muestra	15
3.3.3. Muestreo	17
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	17
3.4 Validación.....	18
3.5 Confiabilidad de los Instrumentos	18
3.6 Métodos de Análisis de datos	26
3.7 Aspectos éticos	26
IV. RESULTADOS.....	27
V. DISCUSIÓN	103
VI. CONCLUSIONES.....	105
VII. RECOMENDACIONES.....	106
REFERENCIAS	107
ANEXOS.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación de estaciones de monitoreo LOW COST presente en los sectores 1 y 2 de Lima Centro	16
Tabla 2 Validación de Expertos.	18
Tabla 3 Valores Máximos de contaminación.	27
Tabla 4. Registro de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh050 – Centro Infantil Municipal Niña María Comain – Casa de los Petisos.....	29
Tabla 5. Registro de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh038 – Mercado Central Ramón Castilla	31
Tabla 6. Registro de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh040 – Base de Serenazgo – Las Malvinas.....	33
Tabla 7. Registro de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh039 – Velatorio Municipal MML.....	35
Tabla 8. Registro de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh040 – Base de Serenazgo – Las Malvinas.....	37
Tabla 9. Registro de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh054 – Instituto Nacional de Salud del Niño.....	39
Tabla 10. Registro de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh038 – Mercado Central Ramón Castilla.	41
Tabla 11. Registro de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh050 – Centro Infantil Municipal Niña María Comain – Casa de Los Petisos.	43
Tabla 12. Registro de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh054 – Instituto Nacional de Salud del Niño.....	45
Tabla 13. Registro de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh040 – Instituto Nacional de Salud del Niño.....	47
Tabla 14. Registro de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh039 – Velatorio Municipal MML.....	49
Tabla 15. Registro de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh046 – Palacio Municipal.	51
Tabla 16. Registro de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh050 – Centro Infantil Municipal Niña María Comain – Casa de los Petisos.....	53
Tabla 17. Registro de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh038 – Mercado Central Ramón Castilla.	55
Tabla 18. Registro de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh047 – Gruta de la Virgen de Lourdes – Av. Abancay.	57
Tabla 19. Registro de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh073 – Av Arequipa – Jr Manuel Segura.	59
Tabla 20. Registro de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh054 – Instituto Nacional de Salud del Niño.....	61
Tabla 21. Registro de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh040 – Base de Serenazgo – Las Malvinas.....	63

Tabla 22. Registro de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh039 – Velatorio Municipal – MML.....	65
Tabla 23. Registro de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh050 – Centro Infantil Municipal Niña María Comain – Casa de los Petisos.....	67
Tabla 24. Registro de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh050 – Centro Infantil Municipal Niña María Comain – Casa de los Petisos.....	69
Tabla 25. Registro de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh046 – Palacio Municipal.	71
Tabla 26. Registro de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh038 – Mercado Central Ramón Castilla.	73
Tabla 27. Registro de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh047 – Gruta de la Virgen de Lourdes – Av. Abancay.....	75
Tabla 28. Registro de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh055 – Parque de la Exposición.	77
Tabla 29. Registro de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh054 – Instituto Nacional de Salud del Niño.....	79
Tabla 30. Registro de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh040 – Base de Serenazgo – Las Malvinas.....	81
Tabla 31. Registro de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh046 – Palacio Municipal.	83
Tabla 32. Registro de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh038 – Mercado Central Ramón Castilla.	85
Tabla 33. Registro de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh047 – Gruta de la Virgen de Lourdes – Av. Abancay.....	87
Tabla 34. Registro de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh073 – Av Arequipa – Jr Manuel Segura.	89
Tabla 35. Registro de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh042 – EX SETAME – Vía Evitamiento.	91
Tabla 36. Registro de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh048 – Centro Infantil Municipal las Mercedarias – Barrios Altos.	93
Tabla 36. Correlación de datos de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5}	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Contaminación de la calidad del Aire Lima Metropolitana	13
Figura 2. Mapa de Ubicación del ámbito de estudio Lima Metropolitana	21
Figura 3. Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo.	22
Figura 4. Procedimiento de la investigación.....	23
Figura 5. Diagrama de Flujo de procesamiento de imágenes satelitales LANDSAT 8 y 9 Lima Metropolitana	25
Figura 6 Recopilación de información de monitoreo ambiental de 33 puntos.	28
Figura 7. Concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh050 – Centro Infantil Municipal Niña María Comain – Casa de los Petisos.	30
Figura 8. Concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh038 – Mercado Central Ramón Castilla.	32
Figura 9. Concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh040 – Base de Serenazgo – Las Malvinas.....	34
Figura 10. Concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh039 – Velatorio Municipal MML.....	36
Figura 11. Concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh040 – Base de Serenazgo – Las Malvinas.....	38
Figura 12. Concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh054 – Instituto Nacional de Salud del Niño.	40
Figura 13. Concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh038 – Mercado Central Ramón Castilla.	42
Figura 14. Registro de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh050 – Centro Infantil Municipal Niña María Comain – Casa de Los Petisos.	44
Figura 15. Registro de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh054 – Instituto Nacional de Salud del Niño.....	46
Figura 16. Concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh040 – Instituto Nacional de Salud del Niño.	48
Figura 17. Concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh039 – Velatorio Municipal MML.....	50
Figura 18. Concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh046 – Palacio Municipal.....	52
Figura 19. Concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh050 – Centro Infantil Municipal Niña María Comain – Casa de los Petisos.	54
Figura 20. Concentración de material particulado	56
Figura 21. Registro de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh047 – Gruta de la Virgen de Lourdes – Av. Abancay.....	58
Figura 22. Registro de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh073 – Av Arequipa – Jr Manuel Segura.	60
Figura 23. Concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de la estación Qh054 – Instituto Nacional de Salud del Niño.	62

Figura 24. Concentración de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh040 – Base de Serenazgo – Las Malvinas.....	64
Figura 25. Concentración de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh039 – Velatorio Municipal – MML.....	66
Figura 26. Concentración de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh050 – Centro Infantil Municipal Niña María Comain – Casa de los Petisos.	68
Figura 27. Concentración de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh050 – Centro Infantil Municipal Niña María Comain – Casa de los Petisos.	70
Figura 28. Concentración de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh046 – Palacio Municipal.....	72
Figura 29. Concentración de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh038 – Mercado Central Ramón Castilla.	74
Figura 30. Concentración de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh047 – Gruta de la Virgen de Lourdes – Av. Abancay.	76
Figura 31. Concentración de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh055 – Parque de la Exposición.	78
Figura 32. Concentración de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh054 – Instituto Nacional de Salud del Niño.	80
Figura 33. Concentración de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh040 – Base de Serenazgo – Las Malvinas.....	82
Figura 34. Concentración de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh046 – Palacio Municipal.....	84
Figura 35. Concentración de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh038 – Mercado Central Ramón Castilla.	86
Figura 36. Concentración de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh047 – Gruta de la Virgen de Lourdes – Av. Abancay.	88
Figura 37. Concentración de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh073 – Av Arequipa – Jr Manuel Segura.	90
Figura 38. Concentración de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh042 – EX SETAME – Vía Evitamiento.	92
Figura 39. Concentración de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} de la estación Qh048 – Centro Infantil Municipal las Mercedarias – Barrios Altos.....	94
Figura 40. Portal del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).....	95
Figura 41. Extracción de Imagen satelital LANDSAT 8 y 9 del área de estudio.....	96
Figura 42. Escena Path : 7 Row: 68 de Imagen satelital LANDSAT 8 y 9 del área de estudio – Lima Metropolitana	97
Figura 43. Imágenes satelitales LANDSAT 8 y 9 del área de estudio – Lima Metropolitana	97
Figura 44. Concentración de material particulado PM ₁₀ a través de imágenes satelitales LANDSAT 8 y 9 del área de estudio	98
Figura 45. Concentración de material particulado PM _{2.5} a través de imágenes LANDSAT 8 y 9 del área de estudio.....	99

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ mediante el uso de imágenes satelitales LANDSAT para la elaboración de una propuesta de un plan de minimización Lima 2022, es de tipo aplicada cuantitativa, descriptivo transversal y diseño no experimental. En otra instancia los resultados obtenidos reflejaron que al momento de procesar la información de 24 horas de las estaciones Low Cost de los monitoreos se observó que el PM_{10} no fue muy incidente con un comportamiento correlacional del 0.60 a intervalo de confianza de 80% en categoría medio. Por otra parte, el material particulado $PM_{2.5}$ presenta mayor concentración en el horario de 10 am a 12 pm fluctuando entre 59.289 ug/m^3 hasta los 82.224 ug/m^3 siendo estas horas las más críticas y sobrepasando el valor máximo permitido según ECA Aire (50 ug/m^3). (Valdivia S. A., 2016) afirma que la variación plurianual de PM_{10} y $PM_{2.5}$ muestra una tendencia a la baja moderada para PM_{10} y leve para $PM_{2.5}$, pero se deben tomar medidas de control para evitar su incremento. Se concluye que, la determinación de las características del PM_{10} y $PM_{2.5}$ mediante el uso de imágenes satelitales Landsat para la propuesta del plan de minimización Lima 2022 fue apropiada y pertinente ya que para el caso del PM_{10} su concentración es media, pero con tendencia a pasar a un nivel moderado en donde los distritos más afectados son Breña, Lima Cercado, La Victoria, Rímac, San Luis, Lince, San Borja, Santiago de Surco. A comparación del $PM_{2.5}$, el procesamiento de imágenes satelitales nos indica que la concentración muy crítica en relación a la calidad del aire pro este tipo de material particulado se da en los distritos de Lima Cercado y el Rímac con valores que van entre 82.025 ug/m^3 a 85 ug/m^3 respectivamente y una categorización de nivel moderado en los distritos de Breña, La Victoria, San Luis y San Borja con valores que fluctúan entre los 70.5 ug/m^3 a 76.5 ug/m^3 .

Palabras clave: Calidad del aire, material particulado, imágenes satelitales.

ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate PM₁₀ and PM_{2.5} particulate matter by using LANDSAT satellite images for the development of a proposal for a Lima 2022 minimization plan. In another instance, the results obtained showed that when processing the 24-hour information from the Low-Cost monitoring stations, it was observed that PM₁₀ was not very incident with a correlation behavior of 0.60 at a confidence interval of 80% in the medium category. On the other hand, PM_{2.5} particulate matter presents higher concentration in the hours from 10 am to 12 pm fluctuating between 59.289 ug/m³ to 82.224 ug/m³ being these hours the most critical and exceeding the maximum allowed value according to ECA Air (50 ug/m³). (Valdivia S. A., 2016) states that the multiannual variation of PM₁₀ and PM_{2.5} shows a moderate downward trend for PM₁₀ and slight for PM_{2.5}, but control measures should be taken to avoid its increase. It is concluded that the determination of the characteristics of PM₁₀ and PM_{2.5} using Landsat satellite images for the Lima 2022 minimization plan proposal was appropriate and pertinent, since in the case of PM₁₀ its concentration is medium, but with a tendency to move to a moderate level where the most affected districts are Breña, Lima Cercado, La Victoria, Rimac, San Luis, Lince, San Borja, Santiago de Surco. Compared to PM_{2.5}, the processing of satellite images indicates that the very critical concentration in relation to air quality for this type of particulate matter is found in the districts of Lima Cercado and Rimac with values ranging from 82.025 ug/m³ to 85 ug/m³ respectively and a moderate level categorization in the districts of Breña, La Victoria, San Luis and San Borja with values ranging from 70.5 ug/m³ to 76.5 ug/m³.

Keywords: air quality, particulate matter, satellite images.

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es uno de los problemas mundiales que afectan negativamente al ambiente y a la salud de la población, al mencionar calidad de aire hablamos de calidad de vida.

A nivel mundial, la OMS calculó que la contaminación atmosférica causaba 7 millones de muertes al año. China, India y Estados Unidos tienen los niveles más graves de contaminación atmosférica. (Van Donkelaar et al., 2015; Cohen et al., 2017 & Balakrishnan et al., 2019). Sin embargo, según la Organización Mundial de la Salud, más del 90% de los casos se producen en países de ingresos bajos y medios, como África, el Mediterráneo oriental, el Sudeste Asiático y América.

El PM_{2.5} es uno de los temas más estudiados en la comunidad científica, es analizado y discutido en las agendas de la gestión, la ciencia y la academia, debido a su impacto en la salud y el bienestar humano, así como en el medio ambiente. el entorno (Yépez, 2022). Se estima que la contaminación del aire afecta actualmente a alrededor del 90% de la población del planeta, y también señala que hay evidencia de un vínculo entre estas partículas y varias enfermedades respiratorias, cáncer y muerte prematura.

La OMS (2016) reportó la media anual de PM_{2.5} en áreas urbanas de América del Sur donde Perú alcanzó sus valores más altos 29 µg/m³ (25.5-35.1µg/m³), seguidos de Bolivia (24.2 µg/m³), Chile (23.1 µg/m³), Colombia(17.2 µg/m³), Ecuador (15.5 µg/m³), Brasil (11.8 µg/m³) y Argentina (11.7 µg/m³), así mismo el PM 2.5 es un material particulado muy fino con la capacidad de penetrar los pulmones hacia los niveles de alveolos y hasta causar severos daños en el torrente sanguíneo y provocar diversas enfermedades respiratorias y cardiovasculares dentro de nuestros órganos internos ó ingresar de manera directa al cerebro por las fosas nasales causando daños severos a nuestra salud (MINAM, 2018).

Por otra parte, el desarrollo de la presente investigación busca dar como aporte la elaboración de un plan de minimización de contaminación por PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el cual este conformada por estrategias en el corto y mediano plazo tales como la implementación de redes de monitoreo ambiental de bajo costo, construcción de jardines verticales, etc. y de esta manera poder aplicar este plan en Lima Metropolitana con la finalidad de reducir los impactos negativos que generan las concentraciones de material particulado en la calidad de vida y a la salud de la población residente.

Se planteó como problema general ¿Cómo es el comportamiento del material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ mediante imágenes satelitales LANDSAT para una propuesta de un plan de minimización Lima, 2022?

Los problemas específicos

¿Cuáles son las concentraciones del material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ respecto a la normativa ECA Calidad del Aire D.S. 003-2017 MINAM para una propuesta de un plan de minimización Lima, 2022?, ¿Cuáles son las características del PM_{10} y $PM_{2.5}$ mediante imágenes satelitales Landsat para una propuesta de un plan de minimización Lima 2022?, ¿Como se determinará la propuesta de un plan de minimización de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ Lima 2022?

Por otra parte, como objetivo general se planteó evaluar la calidad de aire y material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ mediante el uso de imágenes satelitales LANDSAT para la elaboración de una propuesta de un plan de minimización en Lima, 2022.

Sin embargo, como objetivos específicos se plantearon las siguientes afirmaciones

Identificar los datos de monitoreo PM_{10} y $PM_{2.5}$ respecto a la normativa ECA Calidad del Aire D.S. 003-2017 MINAM para una propuesta de un plan de minimización Lima 2022, Determinar las características del PM_{10} y $PM_{2.5}$ mediante el uso de imágenes satelitales Landsat para una propuesta de un plan de minimización Lima 2022, Determinar la propuesta de un plan de minimización de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ Lima 2022.

En relación a la justificación teórica se tiene que estudios en el territorio nacional han demostrado que los contaminantes PM_{10} y $PM_{2.5}$ provenientes de la actividad industrial y del parque automotor están afectando la salud humana (Canturín Quintana, 2019; Alfaro Marín, 2017; Chávez Quispe, 2018 & Vivanco (Espinoza, 2019). Si bien hay algunos estudios indicando altas concentraciones de PM_{10} y $PM_{2.5}$, en varias zonas de los distritos que conforman a Lima Metropolitana, se quiere mayor información y conocimiento de los contaminantes en mención por su gran cantidad de fuentes de contaminación (MINAM, 2014). Con respecto a la justificación técnica, el conocimiento de la concentración del material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ conllevan al planteamiento de estrategias técnicas a nivel institucional que permitan la reducción de estas concentraciones en beneficio de la calidad de vida de la población y su entorno. Las acciones realizadas por instituciones competentes como el MINAM, DIGESA, OEFA orientas en el desarrollo de mecanismos apropiadas que conllevan a acciones de minimización de estos tipos de materiales particulados a nivel nacional.

La importancia de evaluar la dispersión de partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$ desde la perspectiva de la justificación ambiental radica en que permite conocer el comportamiento espacial originado por las fuentes puntuales industriales, así como el alcance máximo o la dimensionalidad de los contaminantes y sus respectivas concentraciones a medio y largo plazo. Crear una propuesta de estrategia para reducir los efectos secundarios de estos gases contaminantes en la zona de estudio, identificando las áreas críticas que se verán afectadas y permitiendo el establecimiento de estrategias ambientales para una adecuada gestión ambiental de la calidad del aire en función del tratamiento de estas partículas.

Desde el punto de vista de la justificación social, la presente investigación busca analizar estos tipos de material particulado con el fin de proponer una propuesta de minimización en Lima Metropolitana específicamente en los sectores de Cercado de Lima, Breña, La Victoria y Lince ya que son parte de los distritos de mayor concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ dentro de la jurisdicción de Lima Metropolitana.

Desde el enfoque de la justificación económica, Lima metropolitana cuenta con pocas estaciones de calidad de aire, lo que no permite una mayor precisión y

conocimiento el grado de contaminación por material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ en su totalidad. Sin embargo, la municipalidad metropolitana de Lima desde hace ya 3 años optó por el uso de tecnología de bajo costo denominado LowCost que son en sí estaciones móviles que recorren tramos dentro de la periferia de lima metropolitana recopilando información en tiempo real de gases contaminantes y material particulado, pero sin embargo se requiere ampliar la red de monitoreo de esta tecnología y el cual está en proceso.

II. MARCO TEÓRICO

(Salini Calderón G. A., 2017) El objetivo fue analizar una serie temporal de PM_{10} asociada a la mala calidad del aire en Cochabamba, a través de parámetros estadísticos utilizados en estudios de dinámica no lineal. Como parte de los resultados se obtuvo que los promedios diarios de PM_{10} siguieron los mismos patrones que las grandes ciudades con altos niveles de contaminación del aire. Uno de los parámetros tiene el mismo orden y características que los presentados en trabajos similares sobre el comportamiento de variables contaminantes como el ozono, $PM_{2.5}$ y CO, representando el origen de la perturbación de estos datos. Nuestros resultados contribuyen a la literatura ya que introducen un mejor análisis metodológico de la caracterización no lineal de los contaminantes PM_{10} .

(Ayala, 2020) El objetivo de estudio se basó en la influencia de las condiciones meteorológicas en la distribución de la concentración de los contaminantes atmosféricos PM_{10} y $PM_{2.5}$ durante la construcción del Hospital Hipólito Unánue de Tacna de junio de 2018 a septiembre de 2018. Los métodos de muestreo y análisis se basaron en DIGESA (2005) aire. protocolo de control de calidad y gestión de datos. EMHU-01 y EMHU-02 registraron 69,53 y 63,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $PM_{2.5}$ en junio y septiembre, respectivamente, mientras que el valor de $PM_{2.5}$ de la estación EMHU-01 fue de 64,40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, superando el estándar de calidad ambiental para aire. Estos valores están directamente relacionados con valores de temperatura alta de 18 y 19,6 °C y velocidad del viento de 2,5 m/s e inversamente relacionados con la humedad relativa de 76,3 y 75%. Además, se determinó que no hubo correlación significativa entre los datos obtenidos, y ambas variables fueron confirmadas por la prueba estadística chi-cuadrado de Pearson.

(Andi Shiguango J. G., 2019) Como resultado de la relación entre empresas como Unión Cementera Nacional, Petroecuador, fábricas especializadas en la producción de cal y bloques, y el transporte automotor, precursores de las emisiones de material particulado, se encontró que la parroquia de Santiago de Calpi, ubicada en el suroeste del estado de Riobamba, tenía concentraciones de material particulado volátil de 2,5 μm y 10 μm , así como material particulado sedimentable. Las mediciones se realizaron entre noviembre y diciembre y los resultados arrojaron una concentración máxima promedio de 3,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 7,62

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ y una concentración mínima de $18,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $16,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $\text{PM}_{2.5}$, respectivamente. y PM_{10} . Para el material particulado sedimentable se analizaron 7 muestras, registrándose una concentración máxima de $1.218 \text{ mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$, debido a la presencia de industrias cercanas al punto de muestreo, superando así el límite máximo permisible sugerido por la Organización Mundial de la Salud y la Salud. TULSMA, por tanto, se ha observado una concentración mínima de $0,102 \text{ mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$.

(Moya Álvarez, 2017) El objetivo fue implementar una red de monitoreo de partículas (PM_{10}) en Perú, la cual se implementará a través de un modelo predictivo e investigación climática combinado con un modelo químico atmosférico (WRF-CHEM, por sus siglas en inglés). Para determinar el transporte y distribución de estas partículas quemadas de biomasa ya sea en el Perú o zonas cercanas. Los datos de emisión fueron tomados del inventario de incendios del Centro Nacional de Investigaciones Atmosféricas de los Estados Unidos (NCAR) y los datos de resultado del modelo meteorológico "Global Prediction System" (GFS, sus siglas en inglés) como base meteorológica. su abreviatura en inglés). El período seleccionado fue junio-agosto de 2015. En la región se observó un aumento paulatino del número de colonias, lo que también provocó un aumento progresivo de la concentración de partículas en la región y especialmente en el Perú. Se señaló que Perú sufre de incendios internos, así como partículas de países vecinos, principalmente Brasil y Bolivia. Con base en lo anterior, se concluyó que se debe establecer una red de monitoreo de concentraciones de PM_{10} principalmente en el centro y norte del Perú, considerando la importancia de este monitoreo para la salud.

(Aldunate, 2006) el objetivo de la presente investigación fue estudiar el comportamiento de las concentraciones de PM_{10} en la atmósfera del centro de La Paz durante los meses de invierno y determinar en qué medida influyen en el número de enfermedades respiratorias e infecciones oculares, se creó una base de datos. generado que contiene datos: niveles de contaminación de PM_{10} en mayo. y en septiembre de 2003 y junio-agosto de 200. Además, como parte de la metodología utilizada, desarrolló una base de datos que contiene información sobre el número de enfermedades respiratorias y oculares registradas en tres hospitales.

Los casos se clasificaron en tres grupos, para lo cual se realizó un análisis de regresión estadística de los niveles de contaminación observados, teniendo en cuenta también la influencia de algunos parámetros meteorológicos. Como parte de los resultados determinó que las concentraciones de PM_{10} en la ciudad de La Paz no superaron los límites permisibles, pero se observaron efectos significativos en la salud de los habitantes, con un aumento del 23% en las enfermedades respiratorias. inferior y 6% entre las enfermedades de las vías respiratorias superiores. Como parte de las conclusiones, se indicaron que las emisiones de PM_{10} durante las fiestas de San Juan incrementaron las concentraciones de PM_{10} en un 219% y 275% (2003 y 200) en comparación con los niveles promedio que normalmente se registran en la ciudad, estas concentraciones se mantuvieron en su nivel más alto durante 3- días y no han alcanzado su punto máximo. normal. nivel hasta 19-20 días después de dicho feriado.

(Suárez-Salas, 2017) La ciudad de Huancayo, ubicada en los Andes centrales del Perú, presenta un problema de calidad del aire, siendo el principal contaminante las partículas finas (PM). Por tanto, el objetivo de este trabajo es caracterizar la composición química de las partículas atmosféricas recolectadas en una estación ubicada en el centro urbano de Huancayo. La PM se recolectó en agosto de 2007 y en enero, abril y mayo de 2008 con un instrumento de baja masa (PARTISOL FRM 2000) y un filtro de 7 mm. Concentraciones de partículas de hasta $10 \mu m$ (PM_{10}), partículas de menos de $2,5 \mu m$ ($PM_{2.5}$) y composiciones químicas de hasta 38 elementos analizados mediante técnicas de fluorescencia de rayos X (XRF). Y en el caso de las $PM_{2.5}$, se analizan los iones: nitrato (NO_3) y sulfato (SO_4) y los carbonos: carbono orgánico (COrg) y carbono elemental (EC).

(Arciniegas Suarez, 2012)La presencia de este contaminante en la atmósfera tiene varios efectos sobre la vegetación, los materiales y las personas, incluida la disminución visual de la atmósfera debido a la absorción y dispersión de la luz (Chen, Ying, & Kleeman, 2009). La presencia de partículas. la sustancia se asocia con un mayor riesgo de muerte por causas cardiopulmonares en muestras adultas (Paavi, 2009) Además de medir la concentración de este contaminante, es necesario evaluar su comportamiento espacial y temporal, asociándolo con la meteorología, los fenómenos, la composición química y el origen, para orientar las

estrategias de control y su seguimiento por parte de las autoridades ambientales competentes. Esta página ofrece un análisis bibliográfico de los impactos del material particulado atmosférico, sus equipos de monitoreo, nuevos usos tecnológicos y métodos de control.

(Tejada Ancco, 2018) La unidad de producción Belén es una planta de procesamiento de minerales con una capacidad de 350 MTS, especializada en el procesamiento de minerales polimetálicos de la región sur de nuestro país a través del depósito, que ha cumplido con los programas de vigilancia ambiental, copia, registro de los parámetros fisicoquímicos. y actividades para reducir los impactos ambientales negativos, como los impactos en la calidad del aire debido a las emisiones excesivas de partículas debido a los procesos mecánicos y físicos para el procesamiento de minerales. En efecto, este proyecto se enfoca en mitigar los impactos socioambientales descritos minimizando las partículas en su origen, a través de la generación de niebla seca, incluyendo la atomización del agua a una determinada presión, de modo que sea posible reducir las partículas de manera óptima a través del control y sin cambiar la calidad de los componentes del medio.

(Ortiz-Durán, 2013) Las unidades regionales de planificación de Bogotá estimaron los beneficios para la salud asociados a la reducción de la concentración media anual de partículas PM10 entre 2010 y 2020 en 50, $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Materiales y métodos Se determinaron los casos de morbilidad y mortalidad por contaminación PM10 y se estimó su valor económico para años utilizando BenMap, combinando los resultados de las unidades de planificación local y regional. Se utilizaron funciones de respuesta de concentración para determinar las muertes y hospitalizaciones respiratorias y cardiovasculares, mientras que las tasas de hospitalización se utilizaron para los servicios hospitalarios restantes analizados. La exposición a largo plazo podría evitar 21.000 muertes entre los adultos mayores de 30 años y 900 muertes entre los niños menores de un año, así como 3.000 viajes a las salas de ERA y 2.500 visitas a las unidades de cuidados intensivos. Se evitarían aproximadamente las hospitalizaciones por enfermedades respiratorias, 350 hospitalizaciones por trastornos cardiovasculares (mayores de 65 años) y 155.000 visitas a las clínicas de urgencias para las personas mayores de 5 años.

El beneficio económico sería de aproximadamente 180 mil millones de pesos en gastos médicos y el beneficio económico.

(Valdivia, 2016) En esta investigación se llevó a cabo un análisis de la variación temporal y espacial de las concentraciones de $PM_{2.5}$ y PM_{10} en Lima y Callao. Los datos de concentración fueron medidos y analizados por DIGESA y SENAMHI, a través de la Red Municipal de Monitoreo de la Calidad del Aire de Lima Metropolitana, utilizados entre 2001 y 2002. Las zonas norte, sur y este de Lima tienen los valores más altos de PM. Los valores de la relación $PM_{2.5}/PM_{10}$ para Lima Metropolitana, se encuentran en el rango de 0,50 (Lima norte) y 0,75 (Callao) con un promedio para la ciudad de 0,65.

(Medina, 2016) En este estudio se realizó un análisis del comportamiento temporal de las PM_{10} , así como de variables diferentes que afectan a su dispersión, para poder predecir la concentración de ($\mu g.m^3$) de PM_{10} . Para este problema se trabajó con los meses de octubre de 201 a diciembre de 2015 y el modelo utilizado es una red neuronal artificial (RNA). Las entradas a los modelos son temperatura diaria promedio, radiación, presión, precipitación, velocidad y dirección del viento y $PM_{2.5}$. En el diseño de la red se utilizó una red multicapa estilo, como el algoritmo de aprendizaje backpropagation en su variante LevenbergMaquart y las funciones de activación lineal y sigmoidea para las capas oculta y de salida, respectivamente. Para controlar el sobre entrenamiento de la red se utilizó la técnica de validación cruzada, así como la técnica de parada temprana.

(Rojano, 2013) Se determinaron concentraciones de material particulado en suspensión (TSP) y material particulado menor de 10 y 2,5 micrómetros (PM_{10} y $PM_{2.5}$) en una zona urbana del municipio de Riohacha, Colombia. Los instrumentos utilizados fueron un muestreador de gran escala para PST y PM_{10} y un muestreador de pequeña escala para partículas $PM_{2.5}$ (Partisol), todos en seis estaciones de monitoreo. Los resultados mostraron que la concentración promedio de PM_{10} varió de 3.69 a 19.7 $\mu g/m^3$, PST de 86.02 a 27.38 $\mu g/m^3$ y la concentración promedio de $PM_{2.5}$ fue de 1.57 $\mu g/m^3$. Las relaciones PM_{10}/PST oscilaron entre 0,50 y 0,68. Seis estaciones tuvieron una buena correlación PST/PM_{10} ($R = 0,795$). PST puede indicar la presencia de partículas PM_{10} en el área urbana de esa ciudad, pero las concentraciones de PM_{10} no necesariamente indican la presencia de

partículas $PM_{2.5}$ ($R = 0.035$). Los resultados de la correlación PM_{10}/PST son similares a otros estudios realizados en áreas urbanas de Colombia y otros países.

(Álvarez-Tolentino, 2020) Las partículas atmosféricas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) causan serios problemas para la salud humana. Por lo tanto, este estudio determina la contribución cuantitativa de ambos tipos de fuentes de partículas en las principales ciudades del Valle del Mantaro en el centro del Perú. Se analizan los datos obtenidos durante una campaña de monitoreo mensual en los centros urbanos de Jauja, Concepción y Huancayo desde julio de 2007 hasta octubre de 2008. Para la observación se utilizó un dispositivo de muestreo a pequeña escala (modelo Partisol). La composición química elemental se obtuvo por fluorescencia de rayos X y se utilizó análisis de componentes principales con rotación varimax y análisis de componentes principales absolutos. Las agrupaciones de elementos químicos se compararon utilizando factores de enriquecimiento y análisis de conglomerados jerárquicos. Los resultados mostraron que las partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$ fueron significativamente más altas en Huancayo ($p < 0.05$), zona urbana donde se superó el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de la legislación peruana para ambos tamaños de partículas. Se determinaron trazadores de fuentes naturales y antropogénicas. Se observaron un total de cinco fuentes de emisión en las áreas urbanas del Valle del Mantaro: polvo del suelo (Al, Ca, Si, Fe, Ti, Mn y K), quema de biomasa (Cl, Br, K), vehículos (Cu, Zn, Cl, Cr), fuel oil (Ni) y fundición (Pb, Zn, As y Cu) donde el polvo molido es la principal fuente de partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$.

La teoría que sustenta el trabajo de investigación, se tiene la calidad de aire como la inmisión o valor límite como la concentración de contaminante que alcanza a un receptor, en el rango de la fuente de emisión. Tanto en los países desarrollados como en los que están en vías de desarrollo, la contaminación atmosférica representa un riesgo importante para el medio ambiente y la salud humana. El 91% de los 4,2 millones de muertes prematuras atribuidas a la contaminación del aire exterior se producen en países de ingresos bajos y medios, sobre todo en las regiones de Asia Sudoriental y el Pacífico Occidental de la OMS. Las personas que viven en estas naciones pagan una cantidad desproporcionada del coste. Las estimaciones más recientes de la carga de la enfermedad muestran el papel crucial que desempeña la contaminación atmosférica en las enfermedades cardiovasculares y la muerte asociada. Un conjunto creciente de investigaciones, incluidas las realizadas en lugares muy contaminados, muestran asociaciones entre la contaminación atmosférica de fondo y el riesgo de enfermedades cardiovasculares. (OMS, 2021)

Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud, las cardiopatías isquémicas y los accidentes cerebrovasculares representaron aproximadamente el 58% de las muertes prematuras atribuibles a la contaminación atmosférica en 2016, mientras que las infecciones respiratorias agudas y las enfermedades pulmonares obstructivas crónicas representaron el 18% de las muertes y el cáncer de pulmón el 6%.

La contaminación atmosférica, definida como la presencia de materia o partículas en el aire que impliquen riesgo o molestia a las personas o bienes de cualquier naturaleza. (Ataz, 2004). Hay varios ejemplos de programas eficaces de reducción de la contaminación atmosférica en los sectores del transporte, la planificación urbana, la producción de energía y la industria: Industria, utilizar la tecnología verde para gestionar la basura de forma más eficaz, como recuperar el metano de los vertederos en lugar de quemarlo, y reducir las emisiones de las chimeneas industriales (para utilizarlas como biogás). Energía, garantizar la disponibilidad de opciones energéticas domésticas limpias y de bajo coste para la iluminación, la calefacción y la cocina. Transporte, la adopción de técnicas de generación de energía limpia; el uso de vehículos pesados diésel más limpios y

de coches y combustibles de bajas emisiones, en particular los de bajo contenido en azufre; la concesión de prioridad al tráfico ferroviario interestatal de mercancías y pasajeros, así como a los carriles para peatones y ciclistas, en las ciudades. (Maystre, 2013). Generación de electricidad: mayor uso de combustibles de bajas emisiones y de fuentes de energía renovables sin combustión (como la solar, la eólica y la hidráulica); producción combinada de calor y electricidad; y generación de energía distribuida (por ejemplo, generación de electricidad a través de pequeñas redes y paneles solares). Gestión de desechos municipales y agrícolas: Mejora de los métodos de gestión de los biorresiduos, como la digestión anaeróbica para producir biogás, que son alternativas realistas y rentables a la incineración de residuos sólidos; estrategias de reducción, separación, reciclaje, reutilización o reprocesamiento de los residuos (cuando no pueda evitarse la incineración, será crucial el uso de tecnologías de combustión con estrictos controles de emisiones).

El estándar de calidad ambiental (ECA), es una herramienta de gestión ambiental creada para evaluar el nivel de calidad del medio ambiente en todo el país. Las ECA determinan los niveles de concentración de componentes o compuestos ambientales que no suponen un peligro para la salud humana o el medio ambiente. En Perú, existen cinco categorías diferentes de ECA: radiaciones no ionizantes, ruido, suelo, aire y agua. (MINAM. 2019). Este instrumento de gestión es significativo porque permite establecer un objetivo de calidad ambiental, cuyo cumplimiento puede determinarse y tomar medidas correctoras. El D.S. 003-2017-MINAM establece las disposiciones para el ECA Aire en el Perú.

Material particulado como las partículas sólidas y/o líquidas que contaminan el aire, tanto orgánicas como inorgánicas, naturales y antropogénicas, de composición variada que se encuentran suspendidas en la atmósfera. Las partículas pueden ser descargadas directamente a la atmósfera (primarias) o producidas mediante procesos químicos (partículas secundarias). Universidad de Antioquía (2006), Las partículas proceden de una amplia gama de fuentes, como la actividad agrícola e industrial, el tráfico de vehículos, la erosión del suelo, la erosión de las carreteras y autopistas, la abrasión de los neumáticos y los frenos, los volcanes, los incendios forestales, las tormentas de arena y las partículas procedentes de seres vivos, como el polen y los microbios.

PM10 se refieren a las partículas sólidas o líquidas de polvo, ceniza, hollín, partículas metálicas, cemento o polen con un diámetro entre 2,5 y 10 m que se esparcen en la atmósfera Según el gobierno español (2019),

La materia particulada, o PM2.5, es un término utilizado para referirse a las partículas extremadamente diminutas en el aire que tienen 2,5 micrómetros de diámetro o menos (OEHHA, 2020, p. 1). Estas partículas pueden ser producidas por vehículos, camiones, negocios, industrias, quema de madera y otros procesos. (OEHHA, 2020, p. 1).

Figura 1. Contaminación de la calidad del Aire Lima Metropolitana.



Fuente: GEC

III. METODOLOGIA

3.1 Tipo y diseño de la Investigación

Es aplicada porque busca la aplicación o uso de los conocimientos adquiridos y otros se adquieren después de la aplicación práctica y la sistematización basada en la investigación (Murillo 2008).

Un enfoque cuantitativo utiliza la recopilación y el análisis de datos basados en la medición numérica, el conteo y a menudo el uso de estadísticas para determinar con precisión los patrones de comportamiento en una población para responder a las preguntas de investigación. (Sampieri, 2014)

El diseño de investigación es no experimental ya que son aquellos que se realizan sin la manipulación intencionada de las variables. (Hernández - Sampieri & Mendoza, 2018)

Es a su vez transversal descriptivo, ya que se recolectará información en el año actual, además se medirá el nivel de la variable material particulado PM10 y PM 2.5. (Hernández y Mendoza, 2018).

Entonces, se pueden evaluar como sigue, dado que tenemos:

M-----O-----P

Donde:

M = Refleja la muestra de la investigación.

O = Representa los datos pertinentes que hemos recopilado.

P = Propuesta

3.2 Variables y operacionalización

3.2.1. Variable 1

Evaluación de material particulado PM10 y PM2.5

3.2.2. Variable 2

Propuesta de un plan de minimización.

3.2.3. Matriz de operacionalización de variables

Se presenta en el capítulo de Anexos. (Anexo 01)

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

La población corresponde al análisis del material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} presentes en Lima Metropolitana que para esta investigación se ha considerado 4 distritos los cuales son Lince, Breña, La victoria y Lima. En base al registro de información de estaciones de monitoreo Low Cost (33 estaciones de monitoreo).

3.3.2. Muestra

La muestra son los puntos de muestreo lo conforman los distritos de Lima, Breña, La Victoria y Lince con un total de 33 puntos de monitoreo ambiental de calidad de aire y en el que se refleja gran concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} en el ámbito de estudio. Estos puntos están reflejados en la Tabla 1.

Tabla 1. Relación de estaciones de monitoreo LOW COST presente en los sectores 1 y 2 de Lima Centro

Código de la estación	Nombre de la estación	Dirección	Distrito al cual pertenece	Fecha de registro de información
qH050	Centro Infantil Municipal Niña María Comain - Casa de los Petisos	Jr. Conde de Superunda	Lima	9/09/2022
qH038	Mercado Central Ramón Castilla	Jr. Ayacucho con Jr. Ucayali	Lima	10/09/2022
qH040	Base de Serenazgo - Las Malvinas	Av. Ramón Carcamo con Av. Argentina	Lima	12/09/2022
qH039	Velatorio Municipal - MML	Av. Alfonso Ugarte	Lima	13/09/2022
qH040:	Base de Serenazgo - Las Malvinas	Av. Ramón Carcamo con Av. Argentina	Lima	16/09/2022
qH054	Instituto Nacional de Salud del Niño	Av. Javier Prado Este	Breña	17/09/2022
qH038	Mercado Central Ramón Castilla	Jr. Ayacucho con Jr. Ucayali	Lima	20/09/2022
qH050	Centro Infantil Municipal Niña María Comain - Casa de los Petisos	Jr. Conde de Superunda	Lima	21/09/2022
qH054	Instituto Nacional de Salud del Niño	Av. Javier Prado Este	Breña	22/09/2022
qH040	Base de Serenazgo - Las Malvinas	Av. Ramón Carcamo con Av. Argentina	Lima	26/09/2022
qH039	Velatorio Municipal - MML	Av. Alfonso Ugarte	Lima	27/09/2022
qH046	Palacio Municipal	Plaza Mayor de Lima	Lima	28/09/2022
qH050	Centro Infantil Municipal Niña María Comain - Casa de los Petisos	Jr. Conde de Superunda	Lima	29/09/2022
qH038	Mercado Central Ramón Castilla	Jr. Ayacucho con Jr. Ucayali	Lima	3/10/2022
qH047	Gruta de la Virgen de Lourdes – Av. Abancay	Jr. Inambari	La Victoria	4/10/2022
qH073	Av. Arequipa - Jr. Manuel Segura	Av. Arequipa - Jr. Manuel Segura	Lince	5/10/2022
qH054	Instituto Nacional de Salud del Niño	Av. Javier Prado Este	Breña	7/10/2022
qH040	Base de Serenazgo - Las Malvinas	Av. Ramón Carcamo con Av. Argentina	Lima	8/10/2022
qH039	Velatorio Municipal - MML	Av. Alfonso Ugarte	Lima	9/10/2022
qH050	Centro Infantil Municipal Niña María Comain - Casa de los Petisos	Jr. Conde de Superunda	Lima	11/10/2022
qH050	Centro Infantil Municipal Niña María Comain - Casa de los Petisos	Jr. Conde de Superunda	Lima	12/10/2022
qH046	Palacio Municipal	Plaza Mayor de Lima	Lima	13/10/2022
qH038	Mercado Central Ramón Castilla	Jr. Ayacucho con Jr. Ucayali	Lima	15/10/2022

qH047	Gruta de la Virgen de Lourdes – Av. Abancay	Jr. Inambari	La Victoria	18/10/2022
qH055	Parque de la Exposición	Av. 28 de julio con av. Garcilaso de la Vega	Lima	19/10/2022
qH054	Instituto Nacional de Salud del Niño	Av. Javier Prado Este	Breña	20/10/2022
qH040	Base de Serenazgo - Las Malvinas	Av. Ramón Carcamo con Av. Argentina	Lima	22/10/2022
qH046	Palacio Municipal	Plaza Mayor de Lima	Lima	23/10/2022
qH038	Mercado Central Ramón Castilla	Jr. Ayacucho con Jr. Ucayali	Lima	25/10/2022
qH047	Gruta de la Virgen de Lourdes – Av. Abancay	Jr. Inambari	La Victoria	26/10/2022
qH073	Av. Arequipa - Jr. Manuel Segura	Av. Arequipa - Jr. Manuel Segura	Lince	27/10/2022
qH042	EX SETAME – Vía Evitamiento	Puente Setame	Lima	29/10/2022
qH048	Centro Infantil Municipal las Mercedarias – Barrios Altos	Jr. Ancash	Lima	30/10/2022

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> - Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

3.3.3. Muestreo

El muestreo correspondió a la selección y operatividad de los 33 puntos de monitoreo que conforman parte de la red de monitoreo LOW COST administrado por la Municipalidad Metropolitana de Lima en relación al ámbito de estudio.

3.3.4 Unidad de Análisis

La unidad de análisis para el presente trabajo son los PM_{10} y $PM_{2.5}$ en calidad de aire dentro del sector de estudio en Lima Metropolitana.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se aplicará para esta investigación es la observación a través de los puntos de monitoreo, este es el método por el cual se establece una relación concreta e intensiva entre el investigador y el hecho social o los actores sociales, de los que se obtienen datos que luego se sintetizan para desarrollar la investigación. Fabbri, M. (1998)

Los instrumentos que se utilizarán en esta investigación serán las fichas de recopilación de datos de reportes de monitoreos en tiempo real a través de la

tecnología Low Cost administrada por la Municipalidad Metropolitana de Lima. Estas fichas son las siguientes

- Ficha 1. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5}.
- Ficha 2. Procesamiento satelital.

La validación de los datos obtenidos se realizó a través de juicio de expertos, la validación de los instrumentos empleados por 02 profesionales con experiencia en Gestión Ambiental y Procesamiento de Imágenes Satelitales.

3.4 Validación

La validación de los datos obtenidos se realizó a través de juicio de expertos, la validación de los instrumentos empleados por 02 profesionales con experiencia en Gestión Ambiental y Procesamiento de Imágenes Satelitales.

Tabla 2 Validación de Expertos.

Validación de Expertos

Nº	Nombre de los Expertos	Especialidad	% de Validación	Ficha
1	Ing. Peter Francis Trujillo Quirita	Especialista Ambiental	85%	Ficha de registro de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5}
2	Ing. Mario Enrique Robles Cusihuallpa	Especialista Ambiental	85%	Ficha de procesamiento satelital

3.5 Confiabilidad de los Instrumentos

La confiabilidad significa pues que una prueba, instrumento, merece confianza porque al aplicarse en condiciones iguales o similares los resultados siempre serán los mismos. Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018) considerando que la confiabilidad es el grado en el cual los instrumentos aplicados a una muestra producen resultados consistentes y coherentes Hernández y Mendoza (2018). Por lo tanto, para verificar la confiabilidad de los instrumentos se aplicará el alfa de Cronbach.

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left(1 - \frac{\sum f_t^2}{f_t^2} \right)$$

Donde:

K	=	El número de ítems
$\sum f_t^2$	=	Sumatoria de las varianzas de los ítems
f_t^2	=	La varianza de la suma de los ítems
α	=	Coficiente Alfa de Cronbach

Escala de confiabilidad

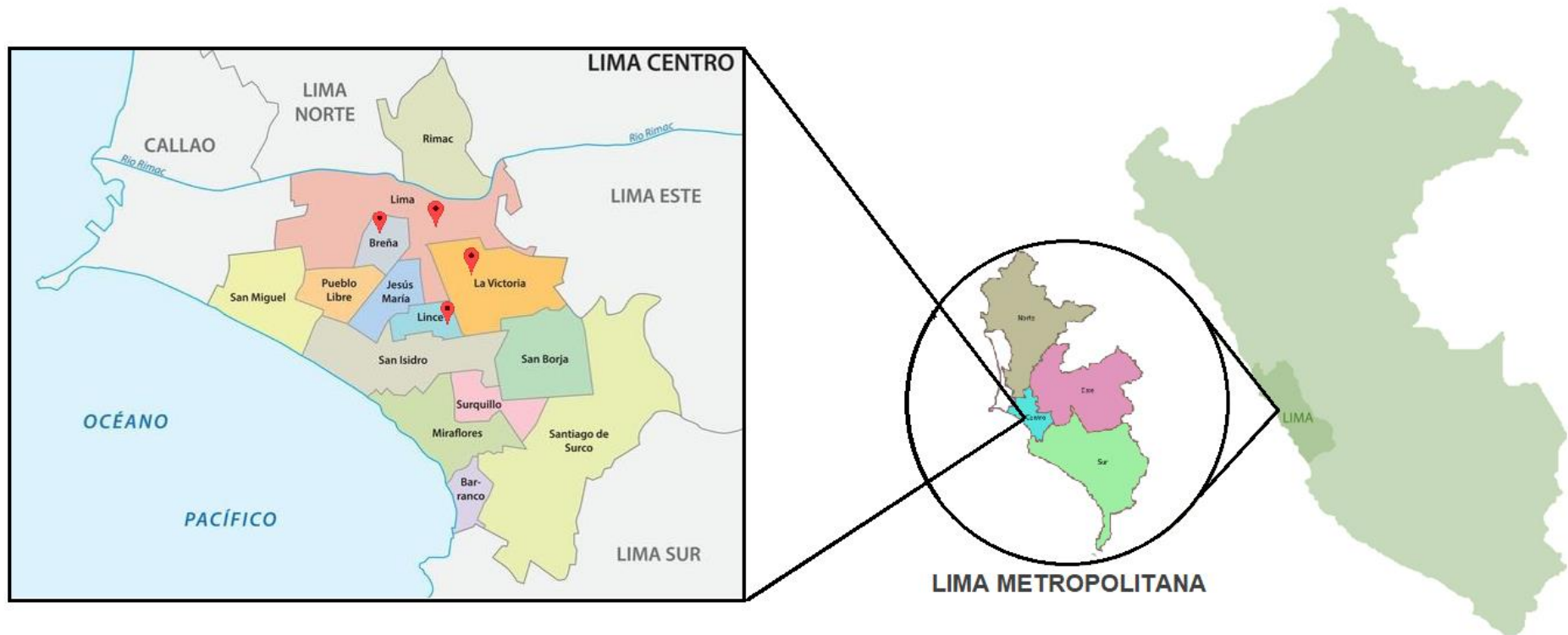
0.53 a menos	:	confiabilidad nula
0.54 a 0.59	:	confiabilidad baja
0.60 a 0.65	:	confiable
0.66 a 0.71	:	Muy confiable
0.72 a 0.99	:	Excelente confiabilidad
1.00	:	Confiabilidad perfecta

3.5.1 Ubicación

La región Lima está situada en la parte central y occidental del territorio peruano abarcando zonas interandinas y del litoral. Sus coordenadas geográficas se encuentran entre los 10°16'18" y 13°19'16" de Latitud Sur y 75°30'18" y 77°53'02" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich. Los sectores de análisis dentro de Lima Metropolitana corresponden a los distritos de Cercado de Lima, Breña, La

Victoria y Lince ya que en estos distritos se concentra gran parte de acumulación de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ dentro de su jurisdicción.

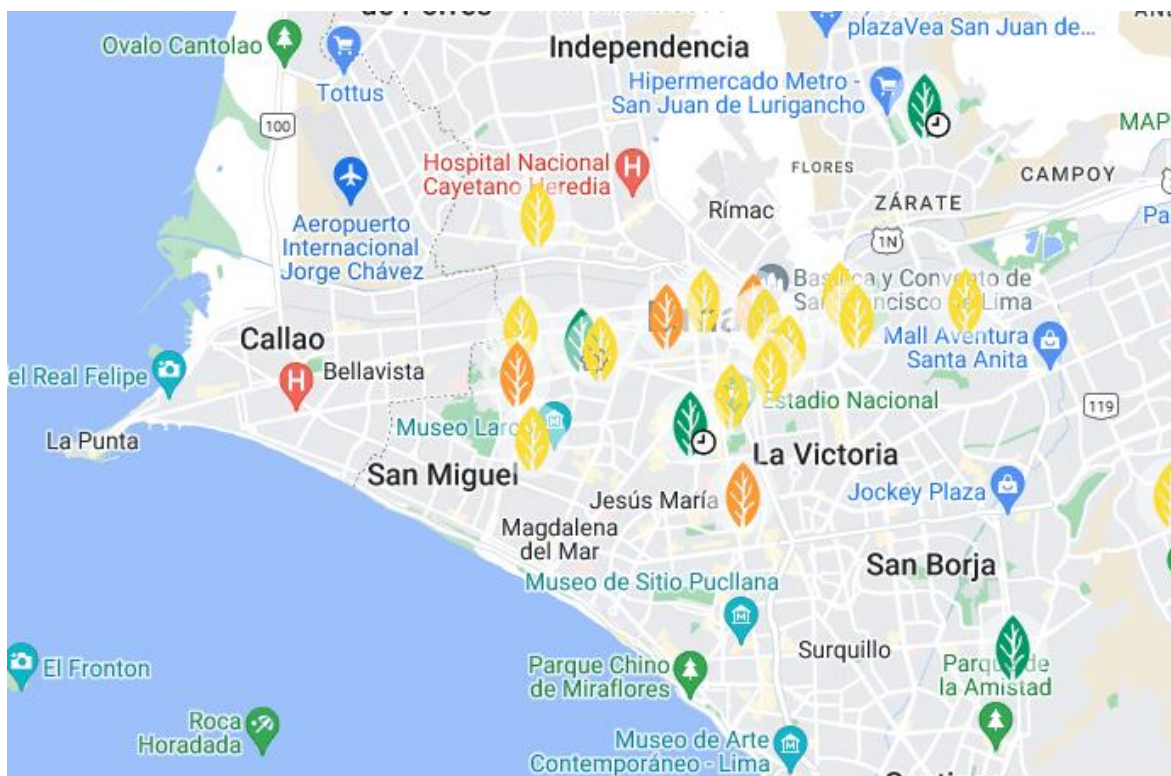
Figura 2. Mapa de Ubicación del ámbito de estudio Lima Metropolitana.



3.5.2 Puntos de Monitoreo

Se utilizó información de material particulado de las 33 estaciones existentes con la finalidad de tener una interpretación global del pm 10 y pm 2.5 en Lima metropolitana. Así mismo los datos han pasado por un análisis estadístico cuyo índice de confiabilidad fueron las siguientes. El intervalo de confianza para el caso de PM 10 fue de 80% y para el caso de PM 2.5 fue de 95%. Ambos datos válidos para el procesamiento de la información.

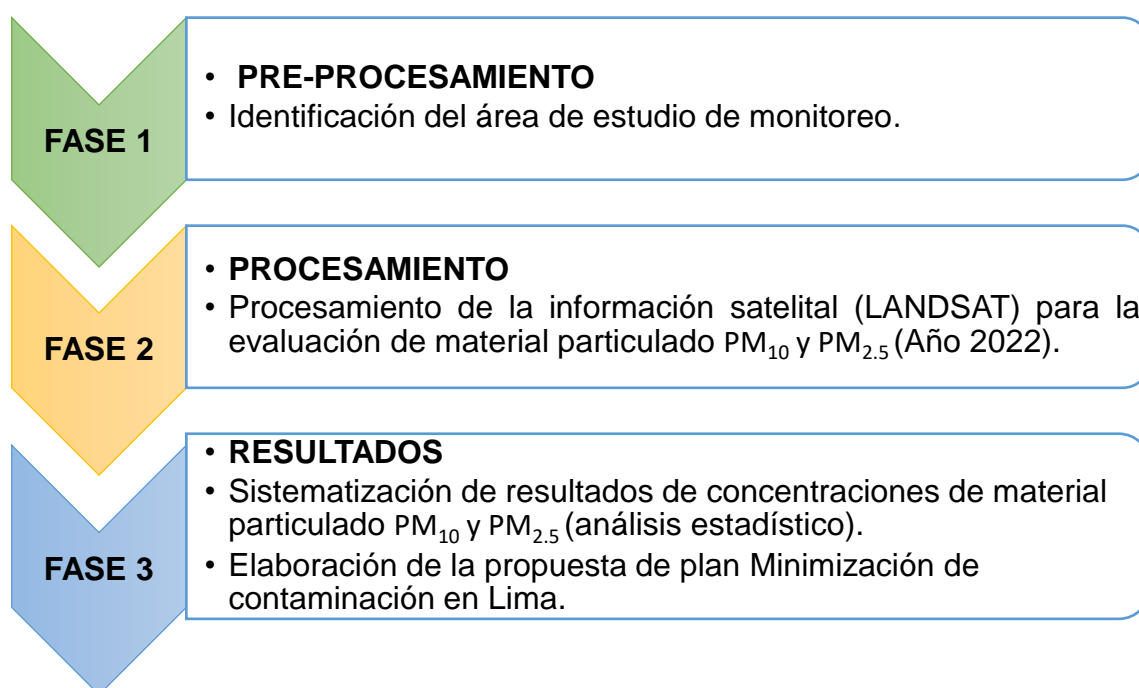
Figura 3. Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo.



Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml>, 2022

El desarrollo de la presente investigación estará estructurado en tres etapas; fase de preprocesamiento, fase de procesamiento y Análisis de resultados.

Figura 4. Procedimiento de la investigación.



FASE 1: PRE PROCESAMIENTO

En esta fase inicial se empezó con la identificación del área de estudio que correspondió al ámbito de jurisdicción de Lima Metropolitana ya que es considerada una zona muy expuesta a contaminación por material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$.

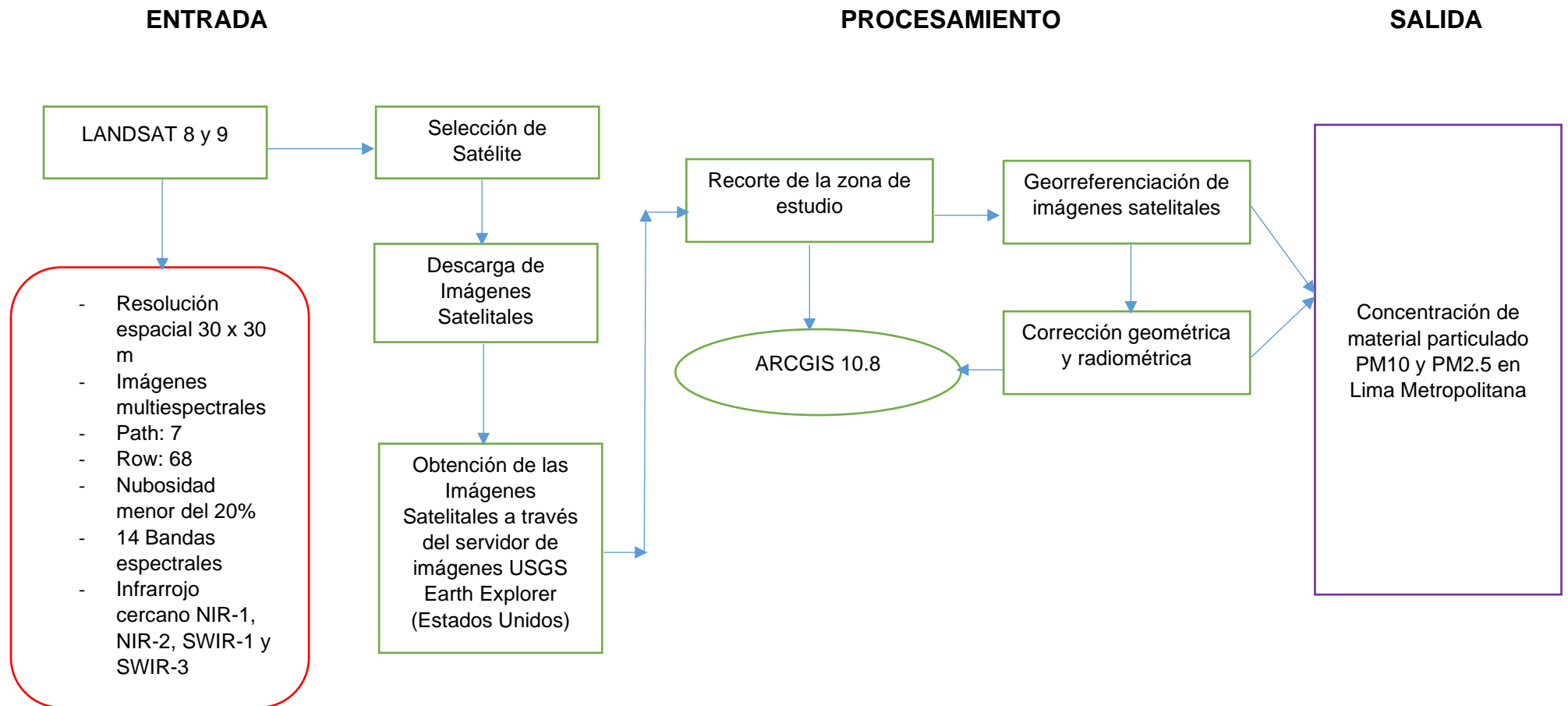
FASE 2: PROCESAMIENTO

Para la Fase 2, como parte de los procesos desarrollados en la presente investigación, se analizaron y se procesaron imágenes satelitales LANDSAT 8 y 9 correspondiente a Lima metropolitana con la finalidad de poder evaluar también mediante las herramientas de imágenes satelitales la concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ para los cuales se utilizaron procesos relacionados al análisis de la reflectancia de imágenes satelitales, corrección geométrica , radiométrica así como las firmas espectrales asociadas a estos tipos de material particulado en el ámbito de estudio.

FASE 3: RESULTADOS

Finalmente, para la Fase 3, se sistematización los resultados de las concentraciones de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ de registro de 24 horas cuyas gráficas y análisis se presentan en el capítulo de resultados. De esta manera se procedió con los resultados ya obtenidos a elaborar un plan de minimización de contaminación en Lima Metropolitana, 2022.

Figura 5. Diagrama de Flujo de procesamiento de imágenes satelitales LANDSAT 8 y 9 Lima Metropolitana



3.6 Métodos de Análisis de datos

Por una parte, se realizó procedimientos a través de imágenes satelitales LandSat (8 y 9) para poder detectar las áreas de concentración por material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ y para lo cual se aplicará el método geoestadístico.

Los datos obtenidos en cada punto de monitoreo se tomaron 3 repeticiones teniendo datos como tratamiento los puntos de monitoreo con la cual se puede desarrollar un análisis estadístico que permita comparar los puntos de monitoreo. Para la elaboración de tablas y figuras se utilizó el programa Excel.

3.7 Aspectos éticos

El presente estudio se ha llevado a cabo utilizando material acreditado y fiable procedente de publicaciones científicas o tesis, respetando los derechos de autor; los resultados presentados en el trabajo no han sido alteradas ni modificadas en modo alguno. Además, el trabajo es original y será controlado por el software antiplagio Turnitin. Por otro lado, se tendrá en cuenta la resolución ética de la Universidad César Vallejo.

Cabe mencionar que el material ofrecido en este estudio procede de fuentes fiables que respetan los derechos del autor y han sido meticulosamente referenciadas.

IV. RESULTADOS

A. Objetivo Específico 1. Identificar los datos de monitoreo PM₁₀ y PM_{2.5} respecto a la normativa ECA Calidad del Aire D.S. 003-2017 MINAM para una propuesta de un plan de minimización Lima, 2022.

En la siguiente tabla (Tabla 3) se detalla los valores máximos de contaminación en relación a las horas dentro del transcurso del día y noche (24hrs).

Tabla 3 Valores Máximos de contaminación.

HORA	PM _{2.5} MÁXIMO	PM ₁₀ MÁXIMO	Límite ECA Aire PM2.5 (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM10 (ug/m ³)
0	34.227	60.752	50	100
1	29.589	59.377	50	100
2	35.603	68.566	50	100
3	34.412	65.888	50	100
4	37.757	55.499	50	100
5	38.543	61.036	50	100
6	43.793	84.219	50	100
7	48.149	82.104	50	100
8	43.289	72.252	50	100
9	47.282	72.104	50	100
10	59.289	69.458	50	100
11	71.29	69.478	50	100
12	82.224	70.644	50	100
13	42.102	69.245	50	100
14	40.715	77.034	50	100
15	44.967	86.995	50	100
16	48.244	69.328	50	100
17	38.4	68.693	50	100
18	35.676	61.376	50	100
19	36.349	68.862	50	100
20	47.546	87.059	50	100
21	49.443	66.46	50	100
22	38.146	65.908	50	100
23	33.91	64.293	50	100

En la siguiente Figura (6) se detalla la recopilación de información total de los 33 puntos de monitoreo ambiental (24 Horas).

Figura 6 Recopilación de información de monitoreo ambiental de 33 puntos.

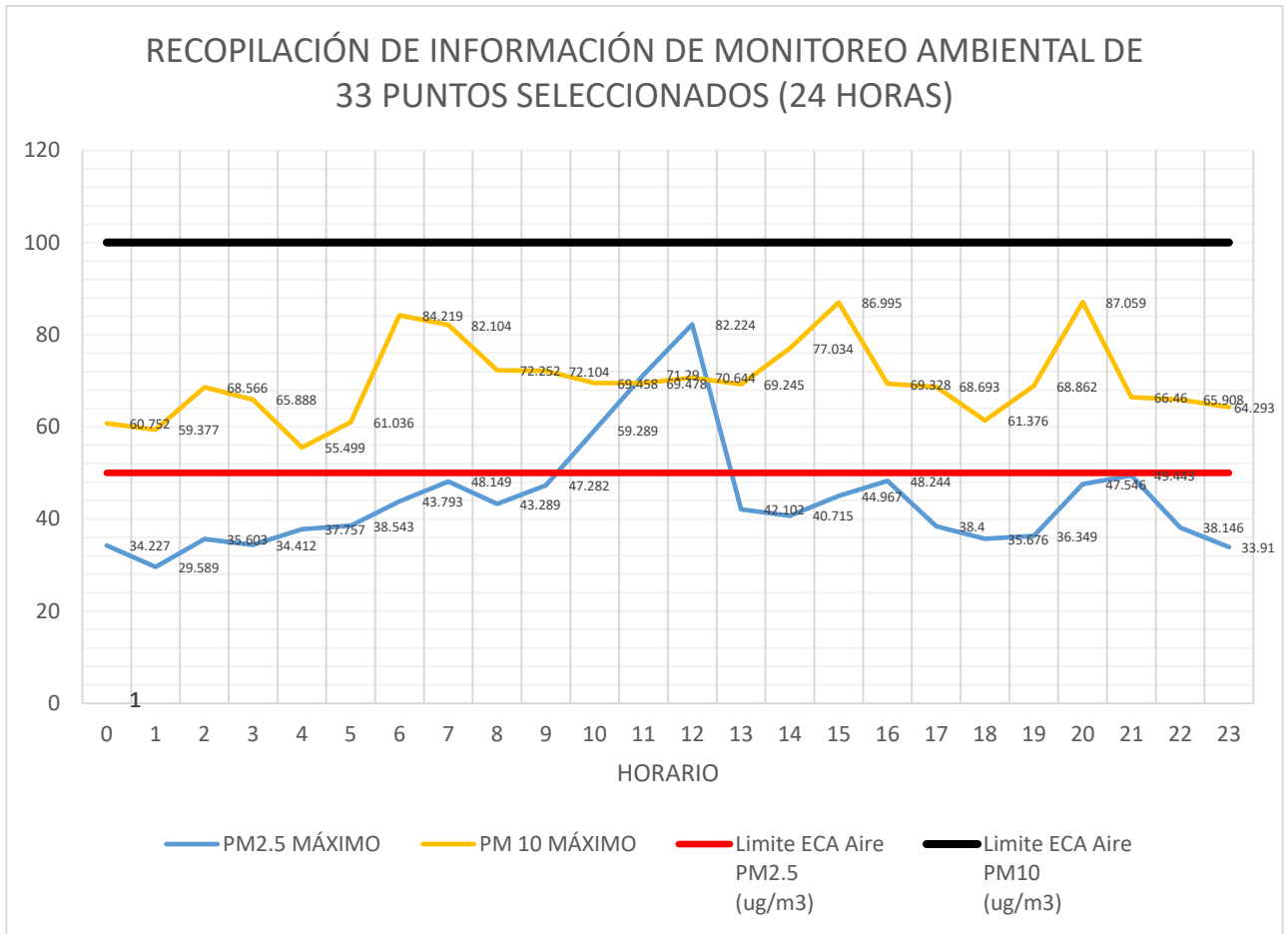


Tabla 4. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh050 – Centro Infantil Municipal Niña María Comain – Casa de los Petisos.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh050	21:00:00	24.497	39.159	50	100
	22:00:00	24.156	37.719	50	100
	23:00:00	25.892	39.812	50	100
	00:00:00	24.943	37.846	50	100
	01:00:00	21.627	32.702	50	100
	02:00:00	20.136	30.726	50	100
	03:00:00	18.98	29.256	50	100
	04:00:00	17.994	27.831	50	100
	05:00:00	17.668	27.223	50	100
	06:00:00	16.544	25.957	50	100
	07:00:00	18.16	26.717	50	100
	08:00:00	18.153	26.47	50	100
	09:00:00	17.282	25.689	50	100
	10:00:00	19.289	29.75	50	100
	11:00:00	21.29	34.507	50	100
	12:00:00	82.224	63.023	50	100
	13:00:00	28.364	52.87	50	100
	14:00:00	21.743	39.839	50	100
	15:00:00	20.291	37.481	50	100
	16:00:00	21.003	39.546	50	100
17:00:00	21.168	60.147	50	100	
18:00:00	17.83	32.244	50	100	
19:00:00	16.263	27.317	50	100	
20:00:00	47.546	26.987	50	100	

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 7. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh050 – Centro Infantil Municipal Niña María Comain – Casa de los Petisos.

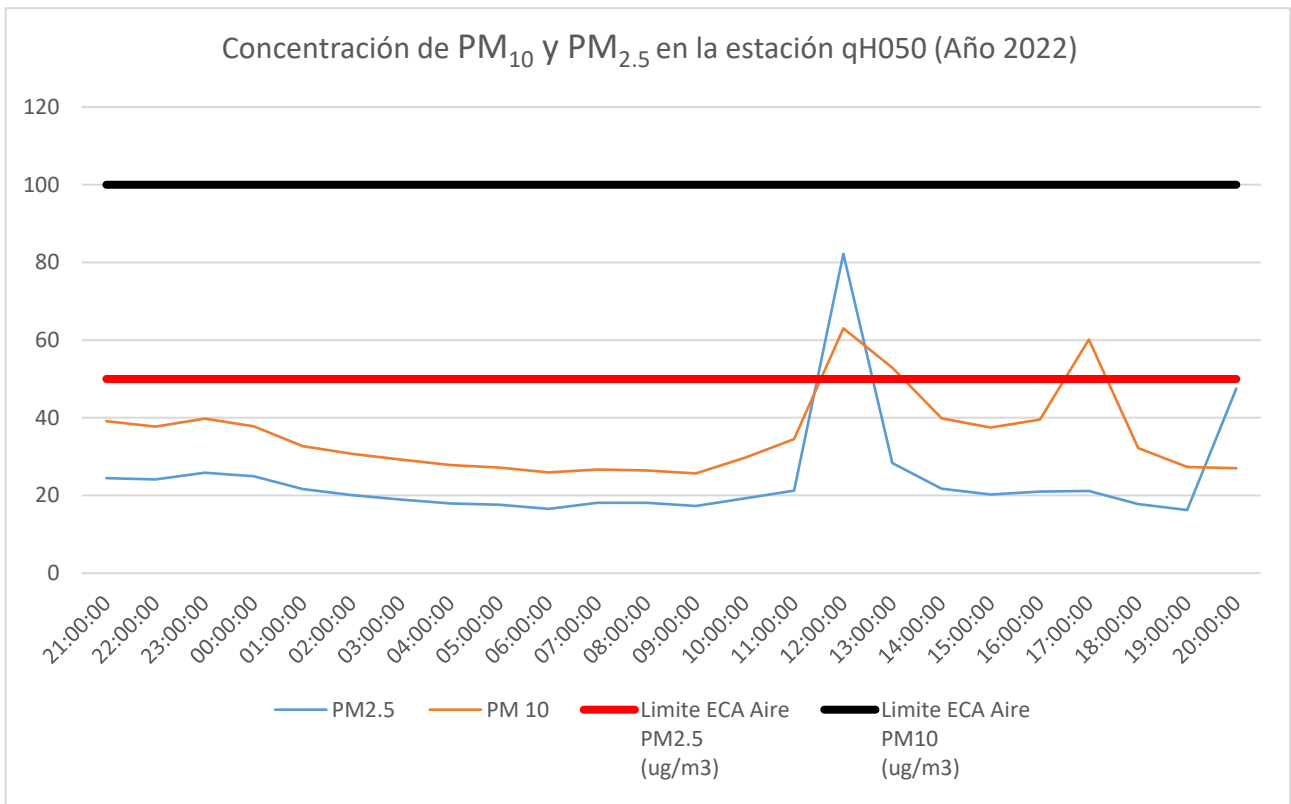


Tabla 5. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh038 – Mercado Central Ramón Castilla

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh038	11:00:00	12.609	26.017	50	100
	12:00:00	13.5252	32.351	50	100
	13:00:00	14.781	39.623	50	100
	14:00:00	16.257	45.623	50	100
	15:00:00	15.72	46.043	50	100
	16:00:00	14.299	45.347	50	100
	17:00:00	11.391	22.806	50	100
	18:00:00	9.344	17.543	50	100
	19:00:00	8.153	14.506	50	100
	20:00:00	7.87	13.791	50	100
	21:00:00	7.166	12.065	50	100
	22:00:00	6.967	11.566	50	100
	23:00:00	6.606	10.709	50	100
	00:00:00	6.176	9.662	50	100
	01:00:00	5.762	8.64	50	100
	02:00:00	5.27	7.423	50	100
	03:00:00	5.433	7.863	50	100
	04:00:00	5.44	7.884	50	100
	05:00:00	5.06	6.939	50	100
	06:00:00	4.737	6.113	50	100
07:00:00	4.799	6.289	50	100	
08:00:00	5.605	8.327	50	100	
09:00:00	7.032	11.896	50	100	
10:00:00	8.411		50	100	

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 8. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh038 – Mercado Central Ramón Castilla.

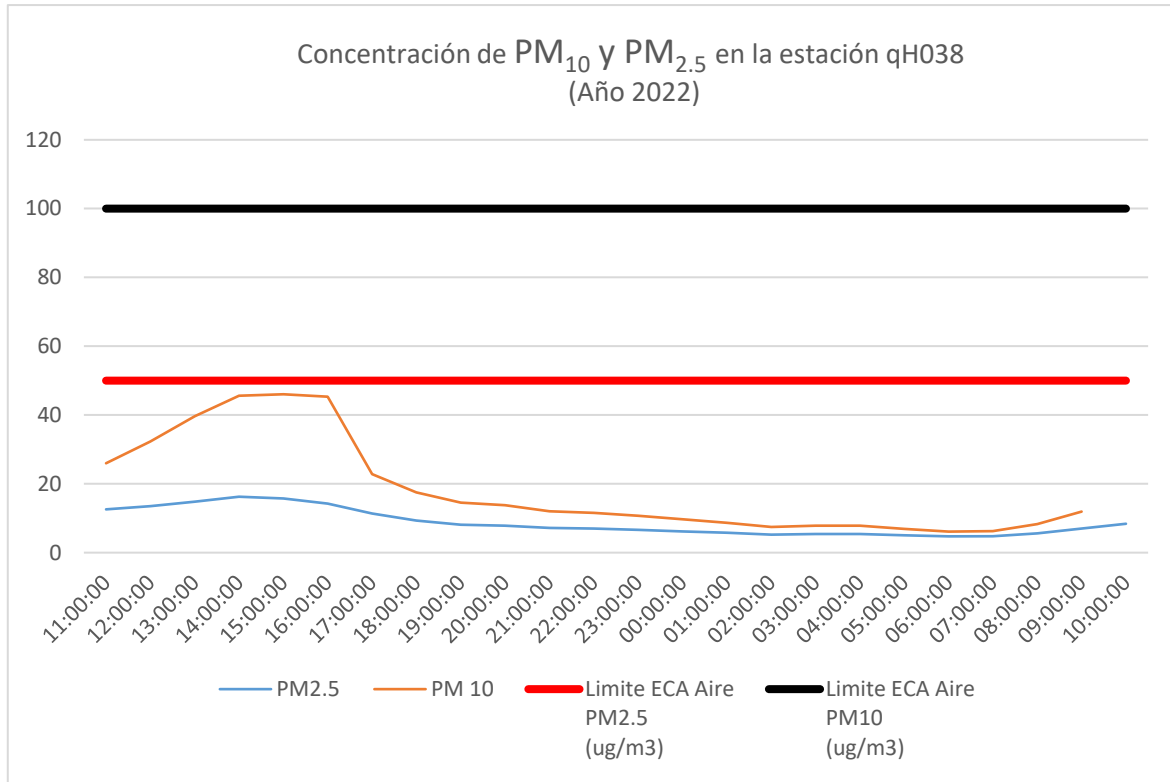


Tabla 6. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh040 – Base de Serenazgo – Las Malvinas

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh040	11:00:00	15.256	27.874	50	100
	12:00:00	16.073	30.589	50	100
	13:00:00	16.441	32.587	50	100
	14:00:00	17.806	35.402	50	100
	15:00:00	17.686	35.015	50	100
	16:00:00	16.115	32.721	50	100
	17:00:00	23.049	49.117	50	100
	18:00:00	22.399	36.299	50	100
	19:00:00	13.701	24.718	50	100
	20:00:00	12.576	23.18	50	100
	21:00:00	12.001	20.65	50	100
	22:00:00	13.052	22.372	50	100
	23:00:00	13.302	22.88	50	100
	00:00:00	22.636	20.071	50	100
	01:00:00	25.919	19.535	50	100
	02:00:00	12.086	19.728	50	100
	03:00:00	13.252	21.11	50	100
	04:00:00	14.364	22.053	50	100
	05:00:00	15.358	23.349	50	100
	06:00:00	13.857	20.901	50	100
07:00:00	14.305	21.991	50	100	
08:00:00	14.615	24.5	50	100	
09:00:00	14.093	24.153	50	100	
10:00:00	13.615	23.668	50	100	

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 9. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh040 – Base de Serenazgo – Las Malvinas.

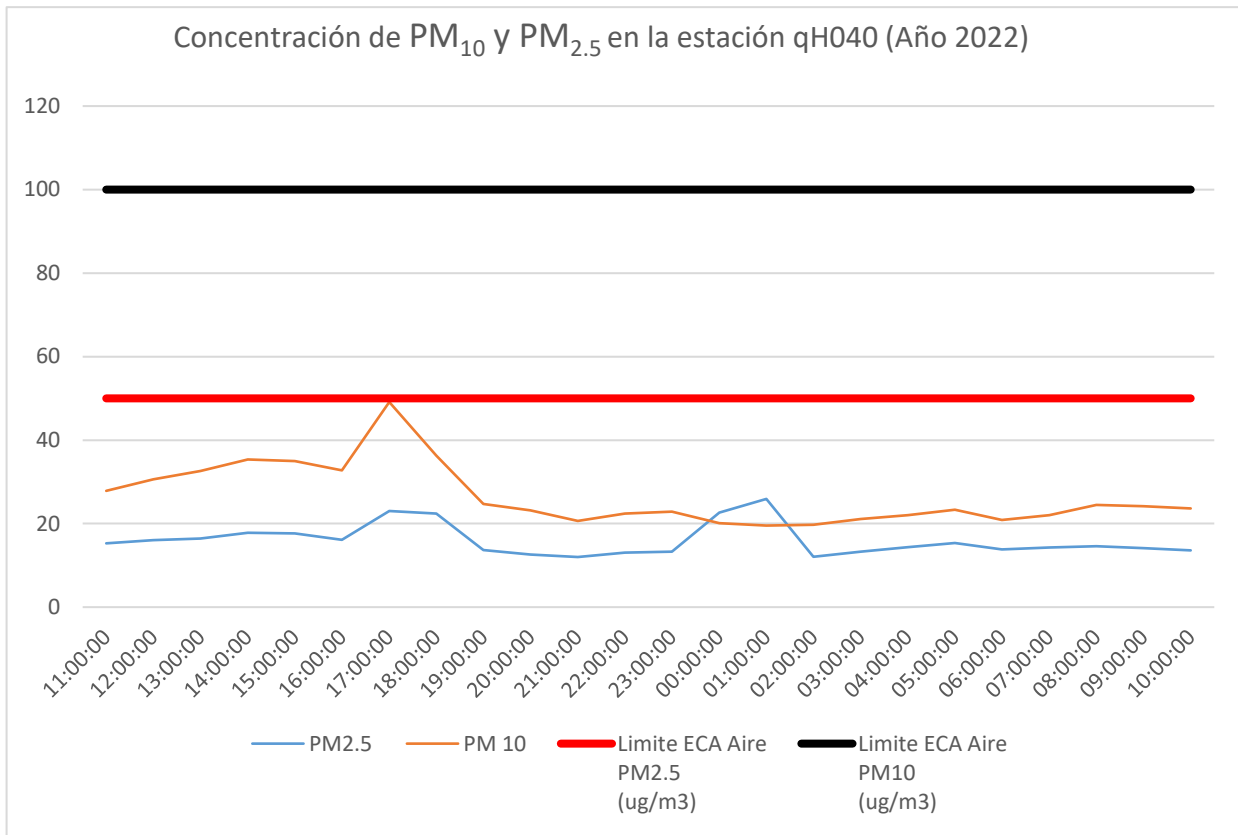


Tabla 7. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh039 – Velatorio Municipal MML.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh039	14:00:00	15.276	32.169	50	100
	15:00:00	14.813	31.859	50	100
	16:00:00	14.115	30.06	50	100
	17:00:00	11.871	25.013	50	100
	18:00:00	10.502	20.101	50	100
	19:00:00	10.117	18.717	50	100
	20:00:00	10.148	18.552	50	100
	21:00:00	10.065	18.184	50	100
	22:00:00	29.563	16.997	50	100
	23:00:00	28.64	15.492	50	100
	00:00:00	18.143	14.463	50	100
	01:00:00	17.623	13.17	50	100
	02:00:00	17.09	11.851	50	100
	03:00:00	17.049	11.725	50	100
	04:00:00	26.467	10.267	50	100
	05:00:00	25.479	17.772	50	100
	06:00:00	24.955	16.458	50	100
	07:00:00	24.808	26.205	50	100
	08:00:00	25.453	27.772	50	100
	09:00:00	27.517	22.819	50	100
	10:00:00	29.276	37.198	50	100
	11:00:00	19.729	31.12	50	100
	12:00:00	15.724	30.775	50	100
	13:00:00	19.985	21.153	50	100

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 10. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh039 – Velatorio Municipal MML.

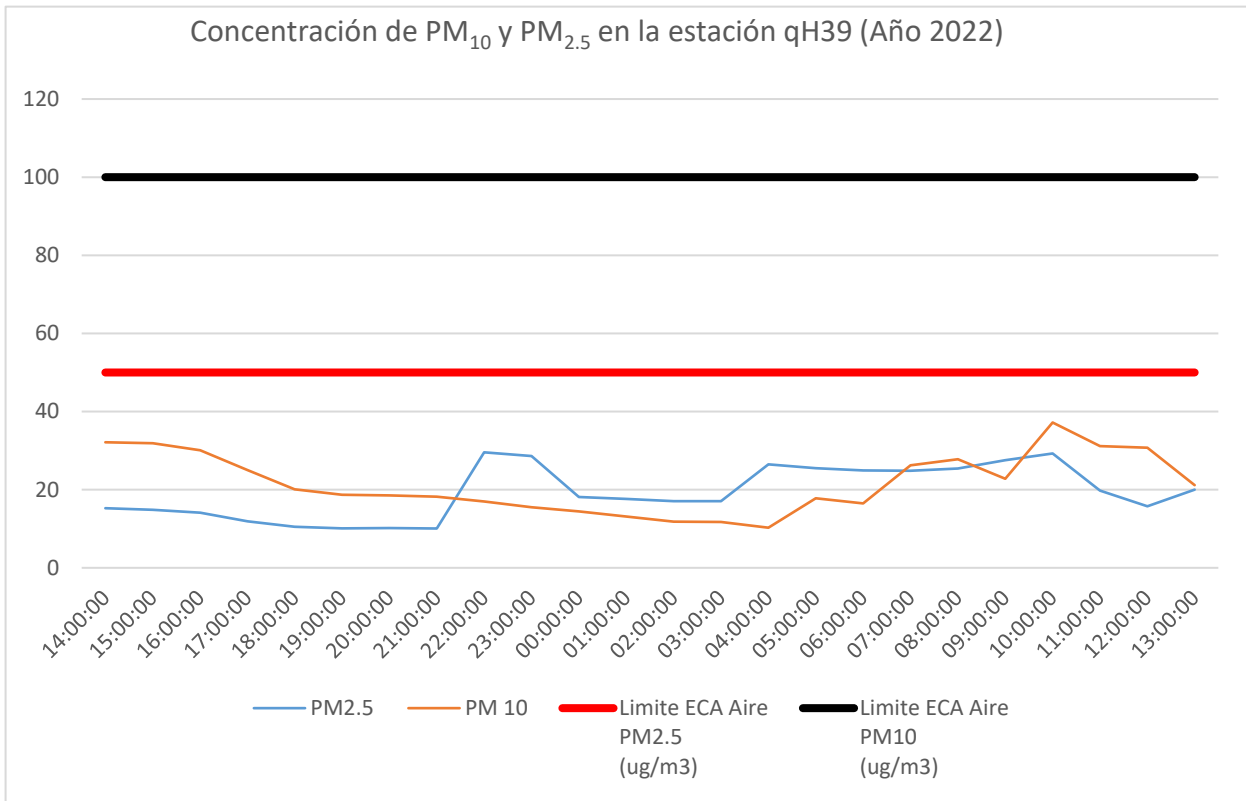


Tabla 8. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh040 – Base de Serenazgo – Las Malvinas

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh040	14:00:00	15.175	29.994	50	100
	15:00:00	13.752	26.879	50	100
	16:00:00	13.312	25.899	50	100
	17:00:00	12.565	23.329	50	100
	18:00:00	12.258	22.169	50	100
	19:00:00	11.905	21.819	50	100
	20:00:00	28.781	21.516	50	100
	21:00:00	25.47	20.373	50	100
	22:00:00	11.157	29.768	50	100
	23:00:00	10.341	18.327	50	100
	00:00:00	19.986	17.801	50	100
	01:00:00	19.506	16.263	50	100
	02:00:00	18.76	14.507	50	100
	03:00:00	18.783	14.26	50	100
	04:00:00	18.066	12.709	50	100
	05:00:00	17.211	25.851	50	100
	06:00:00	27.148	29.255	50	100
	07:00:00	27.022	30.077	50	100
	08:00:00	27.761	31.817	50	100
	09:00:00	29.815	37.034	50	100
	10:00:00	22.13	42.678	50	100
	11:00:00	23.049	35.207	50	100
	12:00:00	22.298	23.535	50	100
	13:00:00	12.635	23.653	50	100

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 11. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh040 – Base de Serenazgo – Las Malvinas.

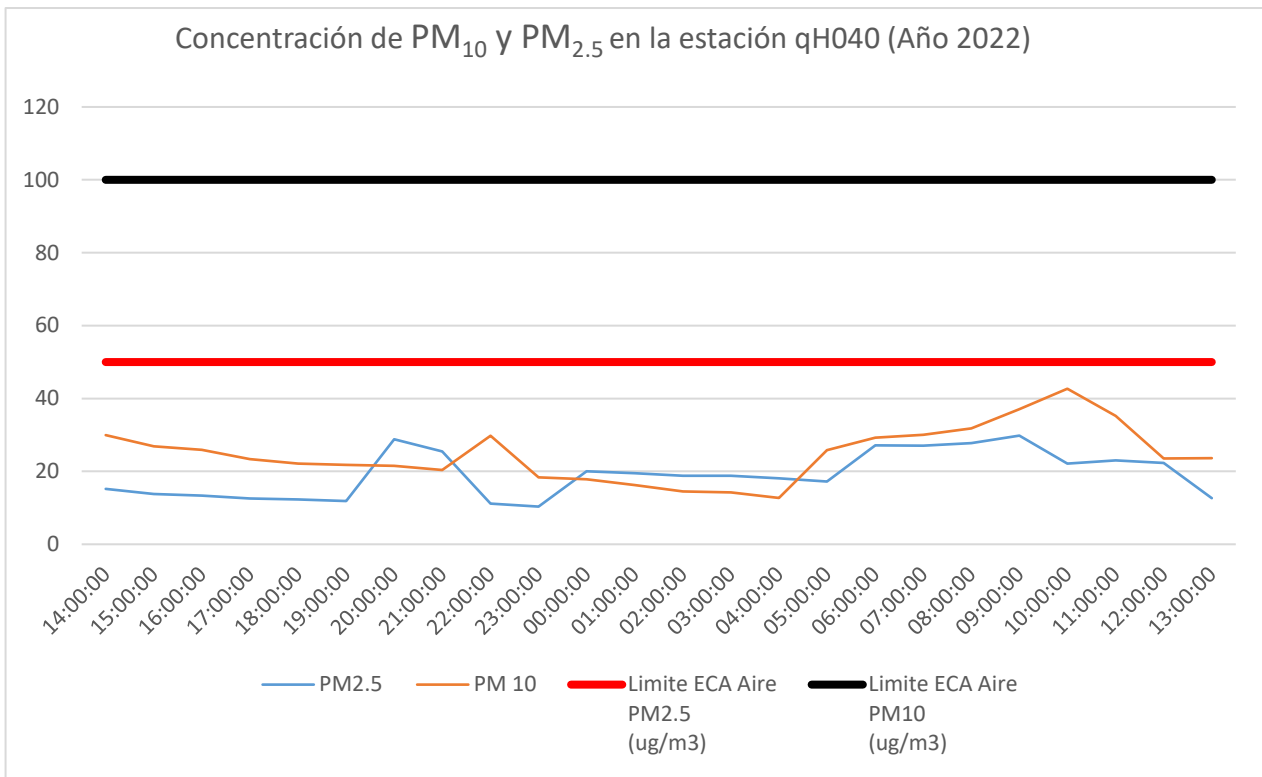


Tabla 9. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh054 – Instituto Nacional de Salud del Niño

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh054	14:00:00	15.175	28.033	50	100
	15:00:00	13.752	26.674	50	100
	16:00:00	13.312	21.352	50	100
	17:00:00	12.565	28.839	50	100
	18:00:00	12.258	29.013	50	100
	19:00:00	11.905	14.207	50	100
	20:00:00	11.781	14.861	50	100
	21:00:00	11.47	14.687	50	100
	22:00:00	11.157	13.654	50	100
	23:00:00	10.341	12.155	50	100
	00:00:00	19.986	11.986	50	100
	01:00:00	19.506	10.186	50	100
	02:00:00	28.76	28.599	50	100
	03:00:00	28.783	28.775	50	100
	04:00:00	28.066	26.689	50	100
	05:00:00	27.211	19.256	50	100
	06:00:00	27.148	25.325	50	100
	07:00:00	27.022	28.369	50	100
	08:00:00	27.761	37.668	50	100
	09:00:00	29.815	12.326	50	100
	10:00:00	22.13	17.834	50	100
	11:00:00	13.049	18.226	50	100
	12:00:00	12.298	19.163	50	100
	13:00:00	12.635	20.771	50	100

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 12. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh054 – Instituto Nacional de Salud del Niño.

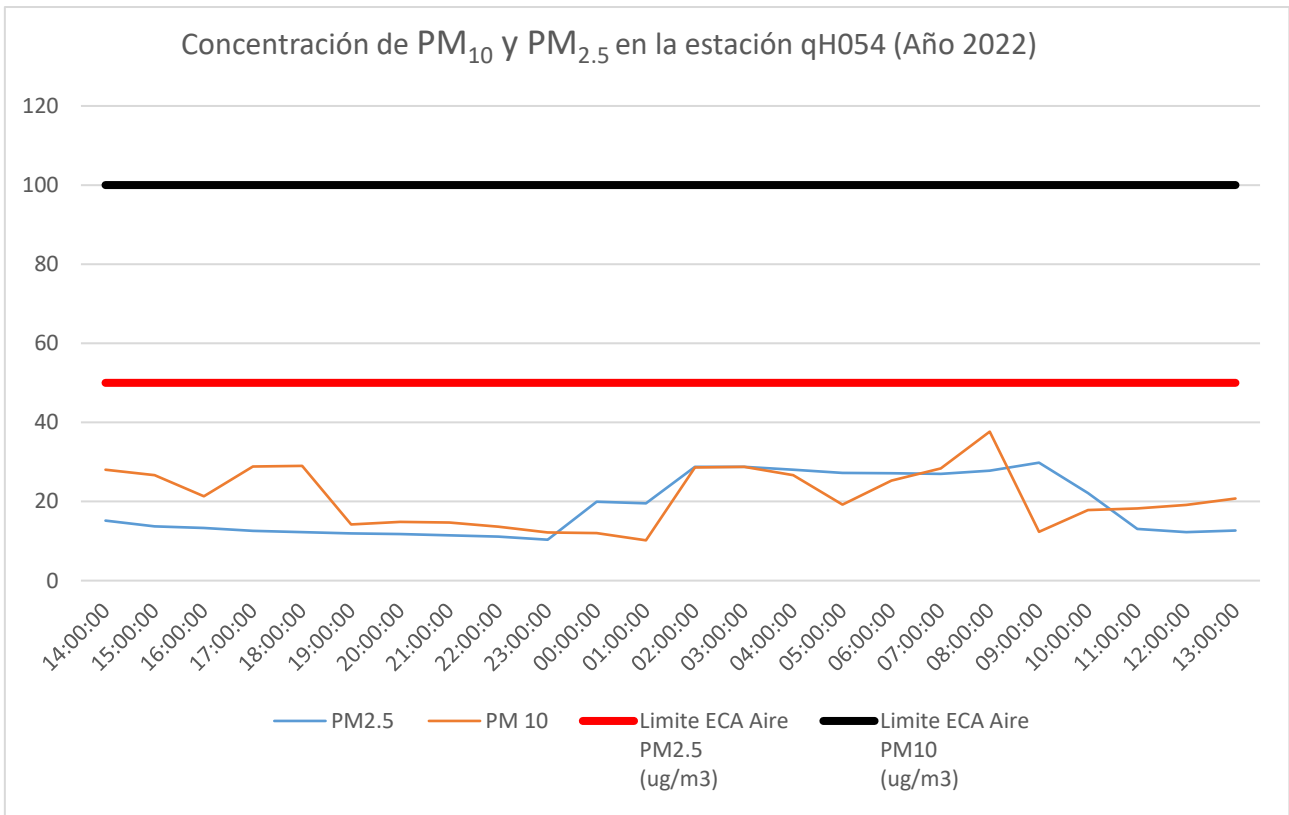


Tabla 10. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh038 – Mercado Central Ramón Castilla.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh038	14:00:00	14.194	30.044	50	100
	15:00:00	13.453	28.07	50	100
	16:00:00	12.287	35.235	50	100
	17:00:00	10.462	34.235	50	100
	18:00:00	19.077	16.845	50	100
	19:00:00	18.527	15.433	50	100
	20:00:00	17.917	13.862	50	100
	21:00:00	17.825	13.605	50	100
	22:00:00	17.467	12.777	50	100
	23:00:00	16.659	10.844	50	100
	00:00:00	16.635	10.769	50	100
	01:00:00	16.162	9.597	50	100
	02:00:00	15.384	7.693	50	100
	03:00:00	15.332	7.607	50	100
	04:00:00	15.279	7.447	50	100
	05:00:00	14.641	5.944	50	100
	06:00:00	33.725	28.236	50	100
	07:00:00	33.408	39.325	50	100
	08:00:00	23.999	40.236	50	100
	09:00:00	25.972	30.235	50	100
	10:00:00	27.951	44.216	50	100
	11:00:00	19.382	17.236	50	100
	12:00:00	19.599	18.392	50	100
	13:00:00	10.913	21.747	50	100

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 13. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh038 – Mercado Central Ramón Castilla.

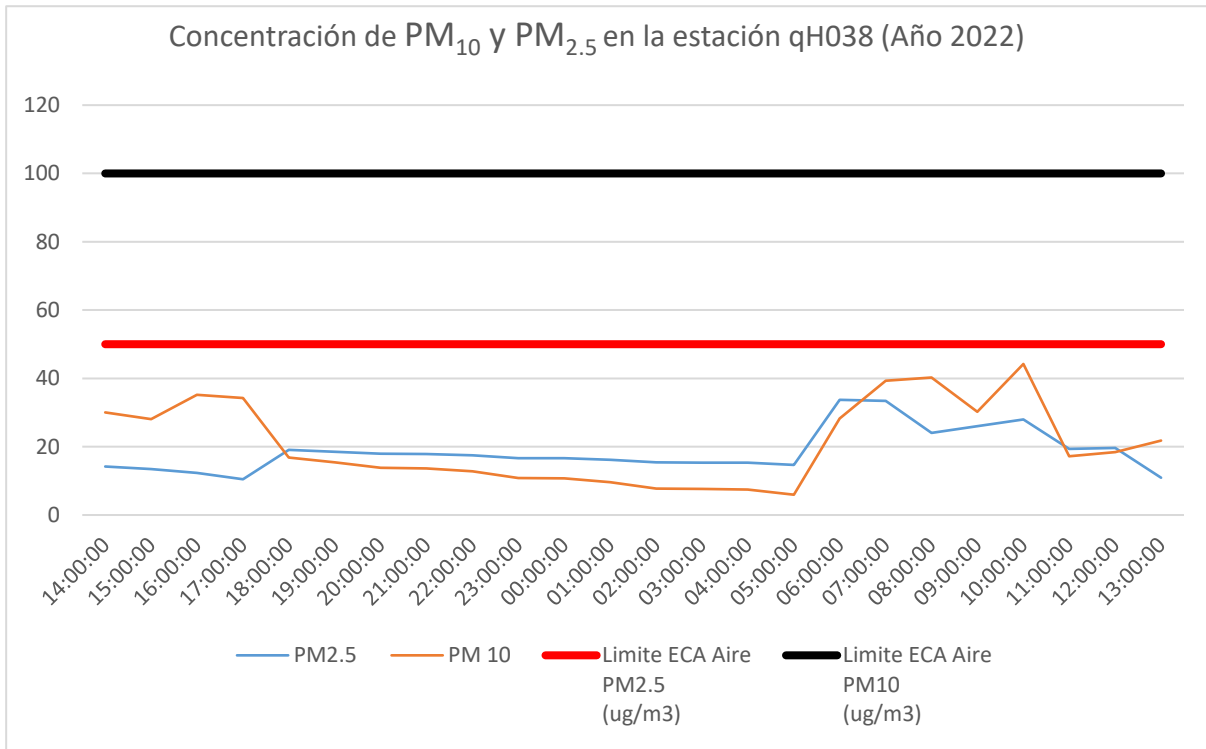


Tabla 11. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh050 – Centro Infantil Municipal Niña María Comain – Casa de Los Petisos.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh050	21:00:00	10.003	27.824	50	100
	22:00:00	19.919	27.327	50	100
	23:00:00	19.716	45.968	50	100
	00:00:00	18.945	43.448	50	100
	01:00:00	18.436	14.328	50	100
	02:00:00	27.792	12.578	50	100
	03:00:00	27.549	11.993	50	100
	04:00:00	26.797	10.445	50	100
	05:00:00	25.478	27.292	50	100
	06:00:00	14.994	26.013	50	100
	07:00:00	14.903	15.941	50	100
	08:00:00	16.119	19.331	50	100
	09:00:00	18.888	16.172	50	100
	10:00:00	10.592	19.994	50	100
	11:00:00	12.679	36.028	50	100
	12:00:00	11.961	24.076	50	100
	13:00:00	12.93	26.228	50	100
	14:00:00	13.544	67.034	50	100
	15:00:00	13.833	76.995	50	100
	16:00:00	12.783	25.627	50	100
17:00:00	10.308	19.23	50	100	
18:00:00	15.285	20.465	50	100	
19:00:00	18.633	20.362	50	100	
20:00:00	18.256	19.288	50	100	

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 14. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh050 – Centro Infantil Municipal Niña María Comain – Casa de Los Petisos.

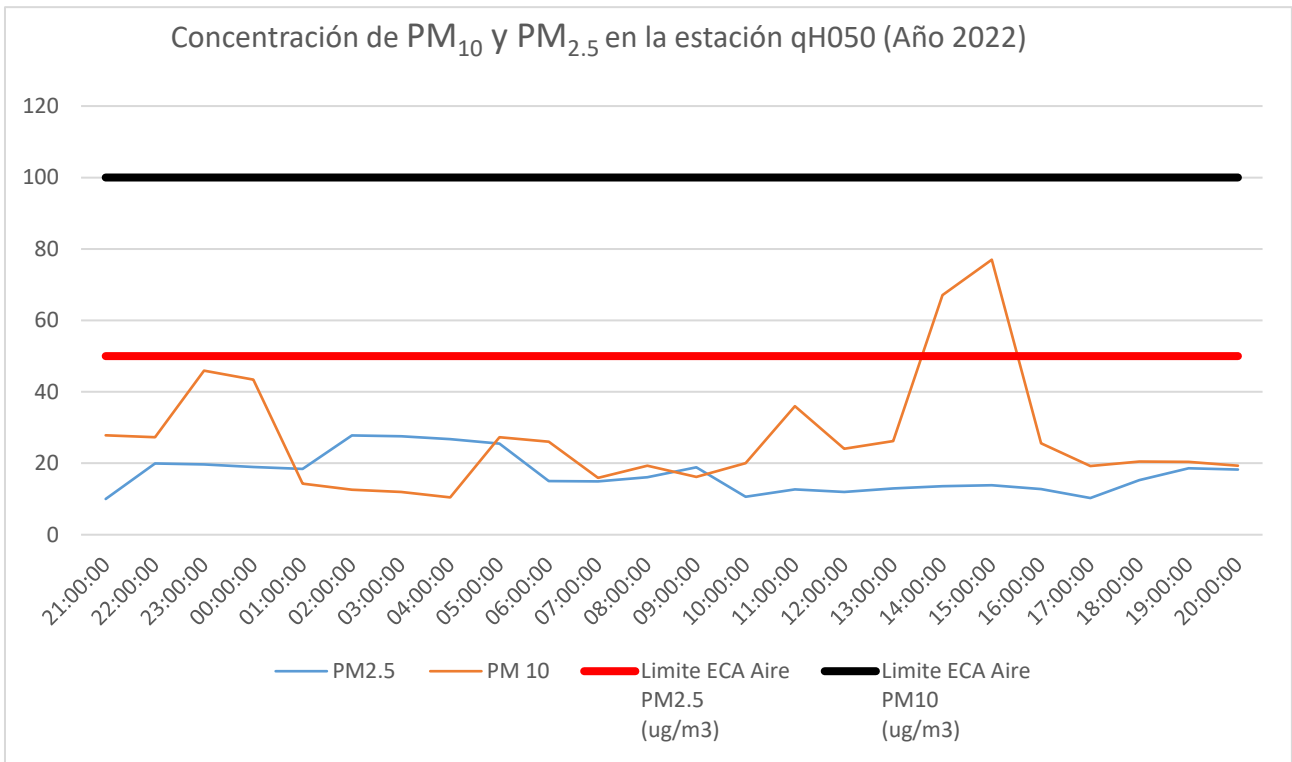


Tabla 12. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh054 – Instituto Nacional de Salud del Niño.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh054	11:00:00	10.329	18.226	50	100
	12:00:00	10.302	19.163	50	100
	13:00:00	11.414	20.771	50	100
	14:00:00	12.842	25.388	50	100
	15:00:00	11.586	22.043	50	100
	16:00:00	16.224	29.379	50	100
	17:00:00	16.125	26.748	50	100
	18:00:00	17.33	27.427	50	100
	19:00:00	18.538	28.728	50	100
	20:00:00	17.786	26.858	50	100
	21:00:00	38.714	28.046	50	100
	22:00:00	38.146	27.995	50	100
	23:00:00	25.261	23.321	50	100
	00:00:00	34.064	21.518	50	100
	01:00:00	12.864	19.337	50	100
	02:00:00	12.491	18.514	50	100
	03:00:00	12.068	17.275	50	100
	04:00:00	21.937	17.093	50	100
	05:00:00	21.444	15.747	50	100
	06:00:00	22.134	16.787	50	100
07:00:00	22.877	17.979	50	100	
08:00:00	35.857	22.978	50	100	
09:00:00	41.998	33.945	50	100	
10:00:00	46.148	44.504	50	100	

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 15. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh054 – Instituto Nacional de Salud del Niño.

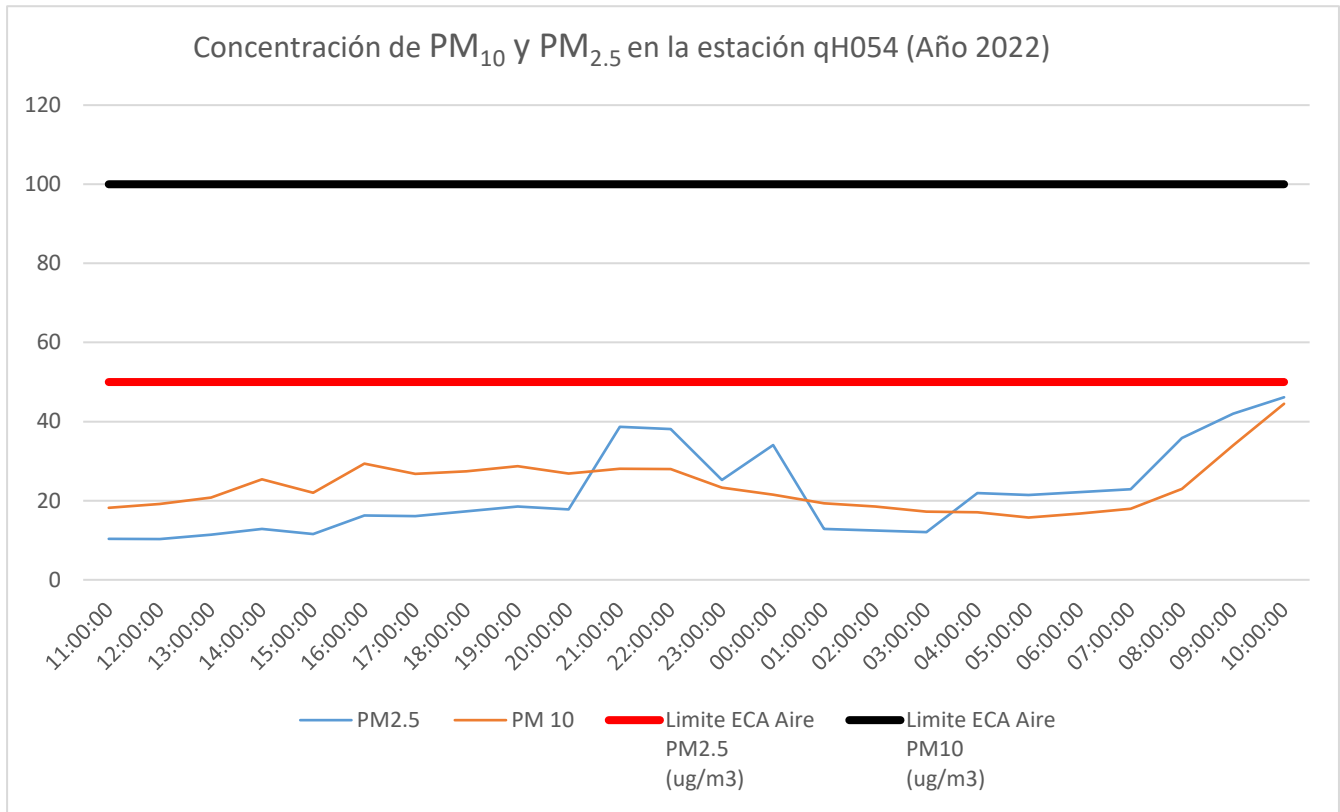


Tabla 13. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh040 – Instituto Nacional de Salud del Niño.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh040	11:00:00	13.049	35.207	50	100
	12:00:00	12.298	33.535	50	100
	13:00:00	12.635	43.653	50	100
	14:00:00	12.745	44.335	50	100
	15:00:00	12.534	33.671	50	100
	16:00:00	13.306	34.742	50	100
	17:00:00	11.349	20.078	50	100
	18:00:00	12.193	22.084	50	100
	19:00:00	13.251	24.045	50	100
	20:00:00	12.132	21.427	50	100
	21:00:00	12.505	21.555	50	100
	22:00:00	11.869	20.137	50	100
	23:00:00	10.451	17.882	50	100
	00:00:00	9.642	16.087	50	100
	01:00:00	8.786	14.553	50	100
	02:00:00	8.272	13.345	50	100
	03:00:00	7.77	11.753	50	100
	04:00:00	7.554	11.112	50	100
	05:00:00	7.398	10.681	50	100
	06:00:00	7.962	11.573	50	100
07:00:00	8.671	13.085	50	100	
08:00:00	10.735	17.217	50	100	
09:00:00	14.322	24.759	50	100	
10:00:00	16.337	30.672	50	100	

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 16. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh040 – Instituto Nacional de Salud del Niño.

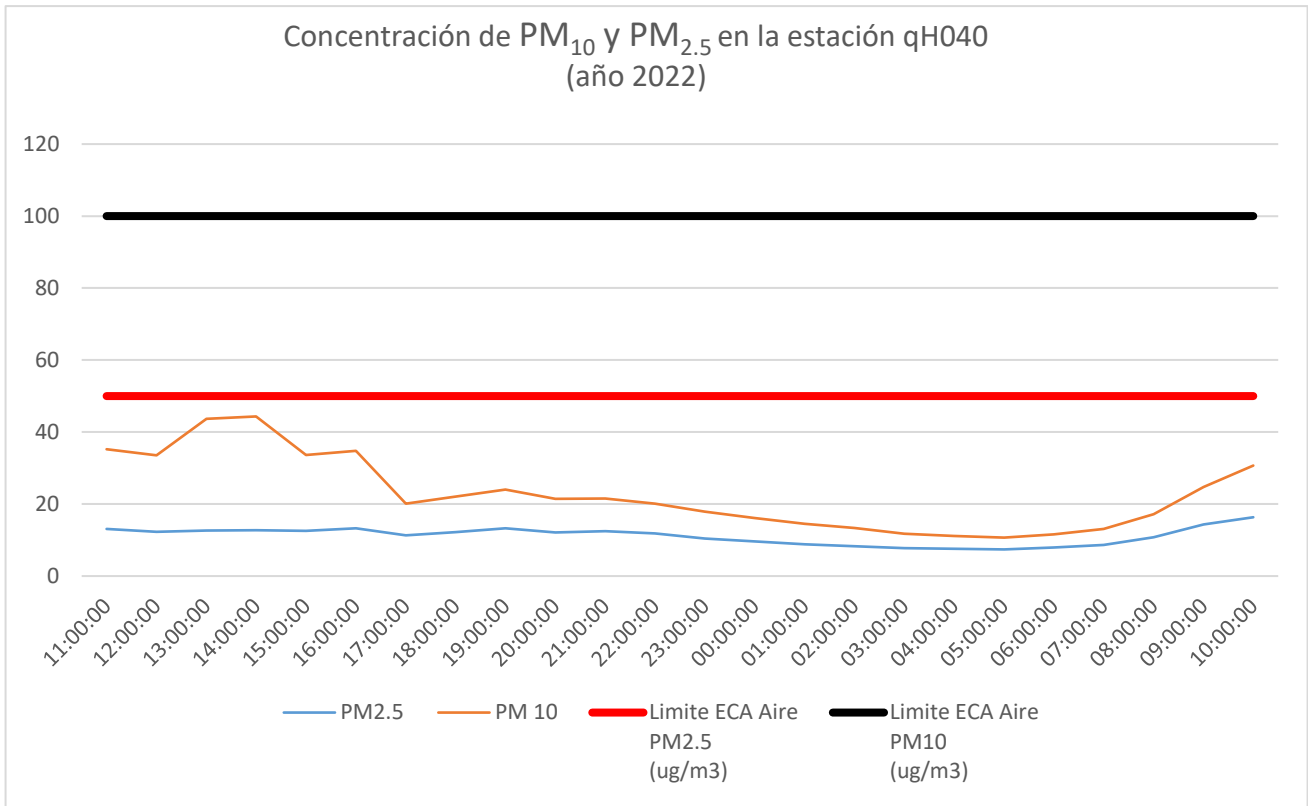


Tabla 14. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh039 – Velatorio Municipal MML.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh039	11:00:00	10.729	21.12	50	100
	12:00:00	10.724	20.775	50	100
	13:00:00	10.985	51.153	50	100
	14:00:00	11.879	43.209	50	100
	15:00:00	11.398	22.015	50	100
	16:00:00	10.855	20.843	50	100
	17:00:00	29.527	17.416	50	100
	18:00:00	29.475	17.586	50	100
	19:00:00	18.491	19.3	50	100
	20:00:00	19.642	17.268	50	100
	21:00:00	10.167	38.186	50	100
	22:00:00	9.829	37.069	50	100
	23:00:00	8.993	25.839	50	100
	00:00:00	8.294	14.474	50	100
	01:00:00	7.275	11.961	50	100
	02:00:00	6.833	10.819	50	100
	03:00:00	6.204	9.422	50	100
	04:00:00	5.645	7.84	50	100
	05:00:00	5.587	7.52	50	100
	06:00:00	5.822	7.861	50	100
07:00:00	6.266	8.884	50	100	
08:00:00	8.128	12.997	50	100	
09:00:00	10.994	19.352	50	100	
10:00:00	14.326	28.069	50	100	

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 17. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh039 – Velatorio Municipal MML.

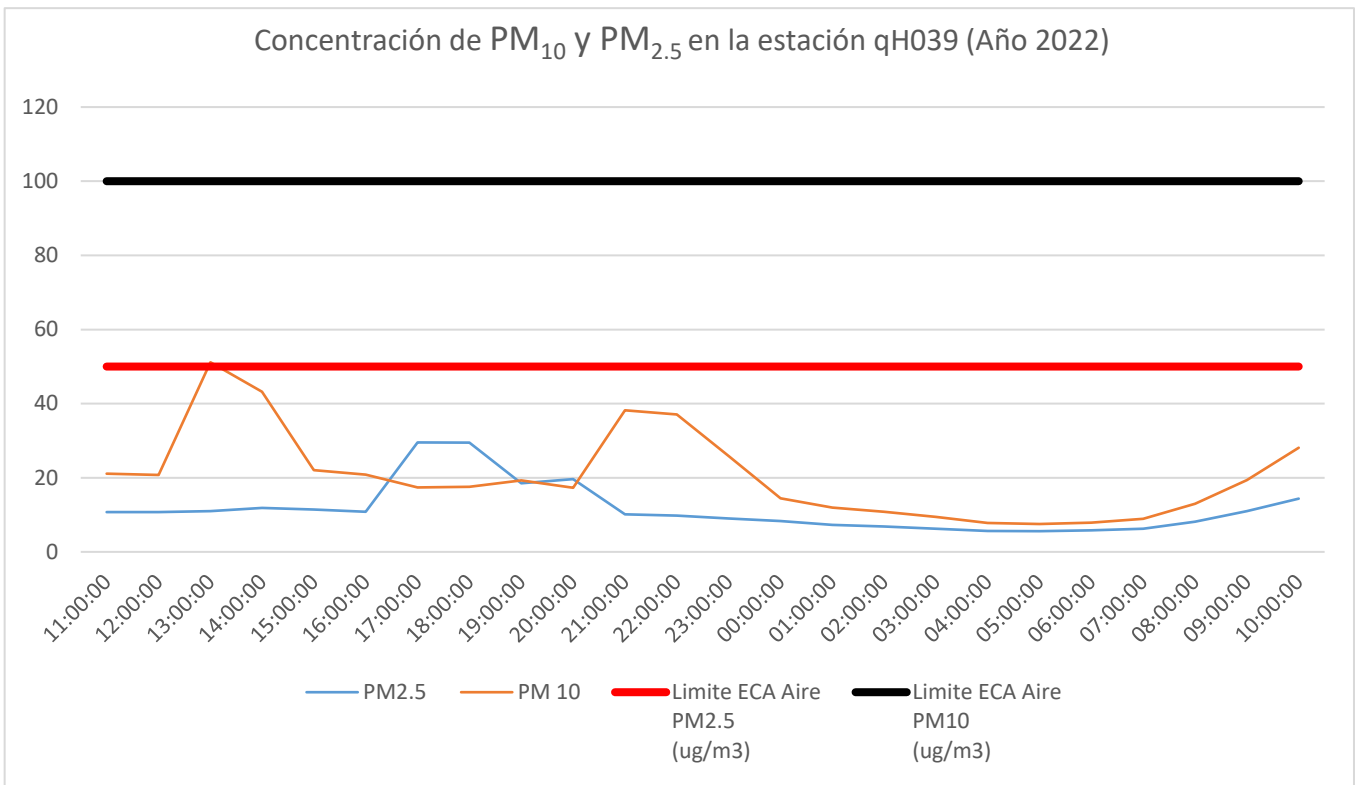


Tabla 15. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh046 – Palacio Municipal.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh046	11:00:00	41.12	35.276	50	100
	12:00:00	40.775	35.246	50	100
	13:00:00	37.153	39.305	50	100
	14:00:00	33.209	39.672	50	100
	15:00:00	32.015	28.306	50	100
	16:00:00	30.843	26.21	50	100
	17:00:00	27.416	18.424	50	100
	18:00:00	29.586	17.021	50	100
	19:00:00	19.3	16.197	50	100
	20:00:00	17.268	14.699	50	100
	21:00:00	18.186	12.932	50	100
	22:00:00	17.069	12.026	50	100
	23:00:00	15.839	10.59	50	100
	00:00:00	14.474	9.658	50	100
	01:00:00	11.961	8.012	50	100
	02:00:00	10.819	6.382	50	100
	03:00:00	9.422	5.497	50	100
	04:00:00	7.84	4.937	50	100
	05:00:00	7.52	5.309	50	100
	06:00:00	7.861	5.171	50	100
07:00:00	8.884	5.207	50	100	
08:00:00	12.997	9.984	50	100	
09:00:00	29.352	18.371	50	100	
10:00:00	38.069	31.669	50	100	

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 18. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh046 – Palacio Municipal.

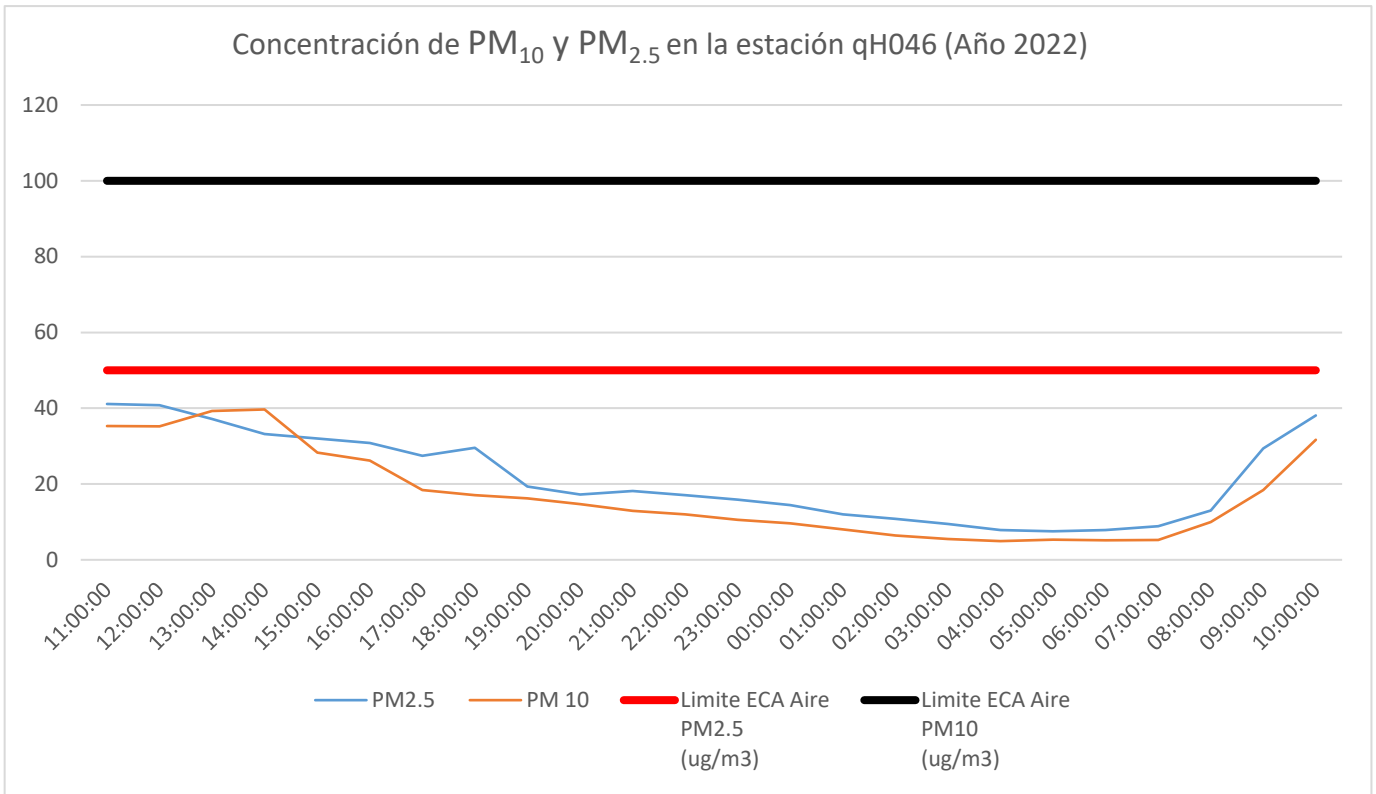


Tabla 16. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh050 – Centro Infantil Municipal Niña María Comain – Casa de los Petisos.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh050	12:00:00	11.961	24.076	50	100
	13:00:00	12.93	26.228	50	100
	14:00:00	13.544	77.034	50	100
	15:00:00	13.833	86.995	50	100
	16:00:00	12.783	25.627	50	100
	17:00:00	19.308	19.23	50	100
	18:00:00	29.562	20.465	50	100
	19:00:00	28.633	20.362	50	100
	20:00:00	38.245	19.288	50	100
	21:00:00	37.598	17.913	50	100
	22:00:00	36.844	15.976	50	100
	23:00:00	15.843	14.247	50	100
	00:00:00	15.316	13.006	50	100
	01:00:00	14.585	11.483	50	100
	02:00:00	13.836	9.467	50	100
	03:00:00	13.152	7.733	50	100
	04:00:00	13.092	7.504	50	100
	05:00:00	12.933	6.935	50	100
	06:00:00	13.157	7.241	50	100
	07:00:00	13.532	8.226	50	100
08:00:00	16.509	14.491	50	100	
09:00:00	10.037	60.839	50	100	
10:00:00	14.958	35.705	50	100	
11:00:00	16.869	42.76	50	100	

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 19. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh050 – Centro Infantil Municipal Niña María Comain – Casa de los Petisos.

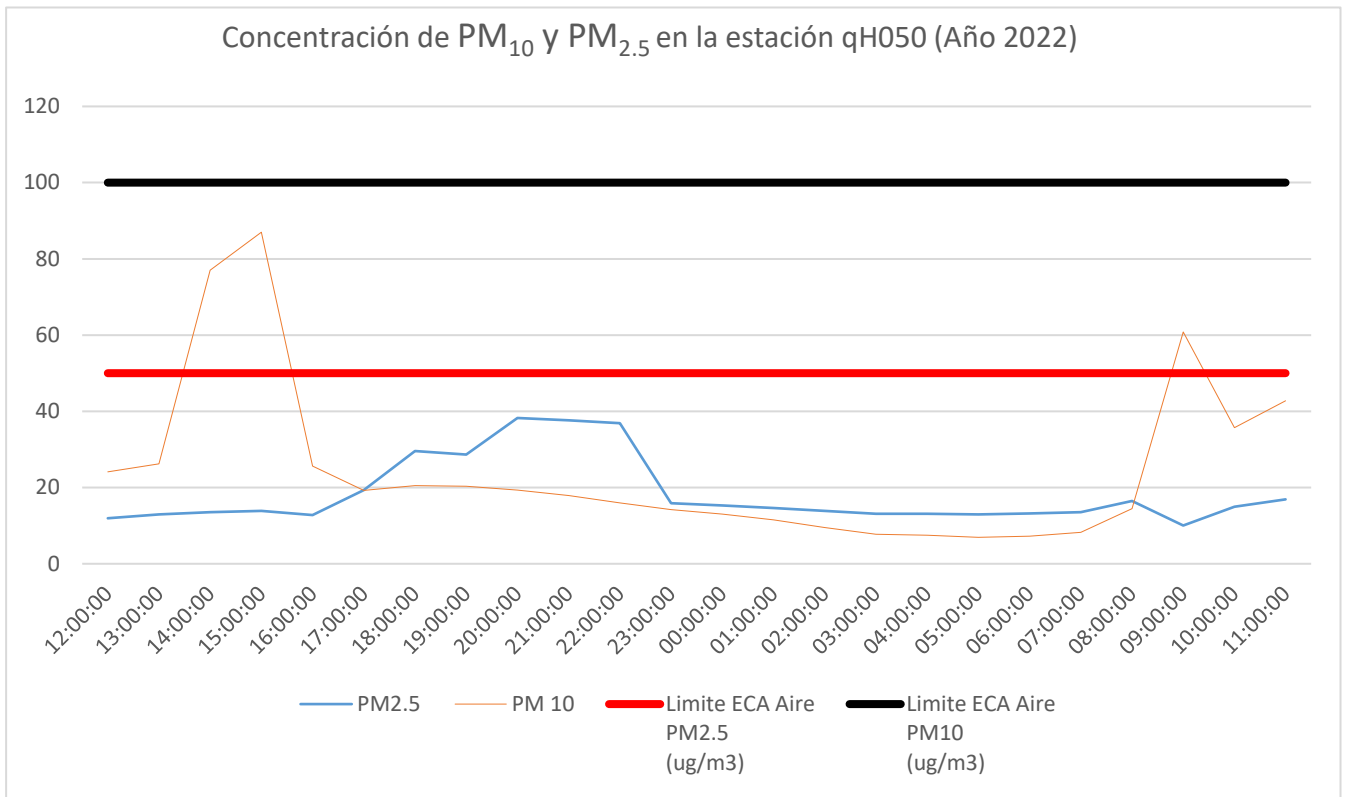


Tabla 17. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh038 – Mercado Central Ramón Castilla.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh038	12:00:00	9.599	18.392	50	100
	13:00:00	10.913	21.747	50	100
	14:00:00	10.846	21.505	50	100
	15:00:00	11.274	42.608	50	100
	16:00:00	10.543	40.679	50	100
	17:00:00	18.566	35.674	50	100
	18:00:00	18.024	24.37	50	100
	19:00:00	27.601	23.379	50	100
	20:00:00	25.831	21.471	50	100
	21:00:00	26.681	21.025	50	100
	22:00:00	36.841	21.367	50	100
	23:00:00	26.461	23.396	50	100
	00:00:00	16.17	19.63	50	100
	01:00:00	15.483	17.959	50	100
	02:00:00	14.985	16.723	50	100
	03:00:00	14.236	14.903	50	100
	04:00:00	14.152	14.734	50	100
	05:00:00	14.364	15.248	50	100
	06:00:00	14.484	15.486	50	100
	07:00:00	13.241	15.683	50	100
08:00:00	5.185	17.314	50	100	
09:00:00	17.203	12.144	50	100	
10:00:00	10.976	22.034	50	100	
11:00:00	13.848	29.305	50	100	

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 20. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh038 – Mercado Central Ramón Castilla.

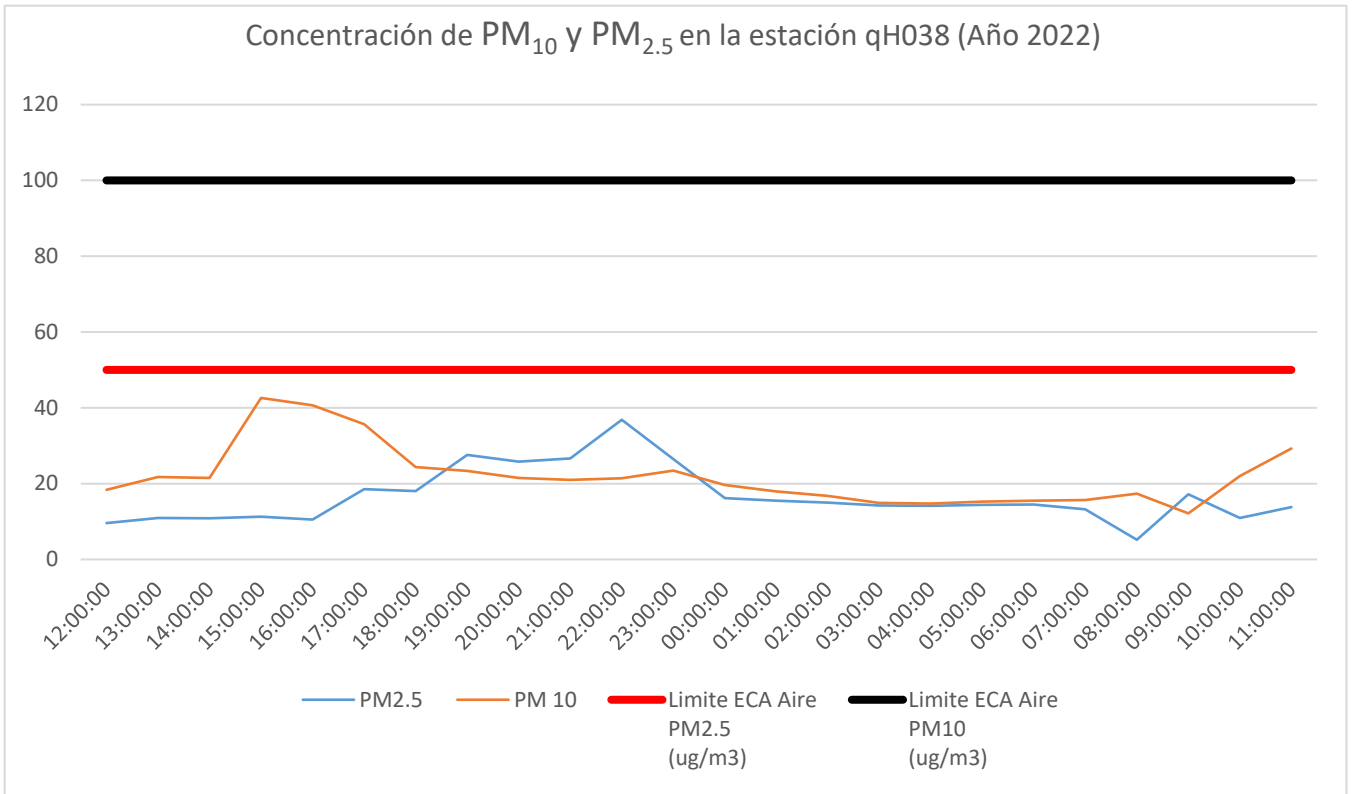


Tabla 18. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh047 – Gruta de la Virgen de Lourdes – Av. Abancay.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh047	12:00:00	9.442	17.467	50	100
	13:00:00	10.674	20.345	50	100
	14:00:00	10.908	20.909	50	100
	15:00:00	11.159	21.761	50	100
	16:00:00	22.465	23.519	50	100
	17:00:00	24.997	35.653	50	100
	18:00:00	35.676	36.819	50	100
	19:00:00	36.349	37.403	50	100
	20:00:00	25.754	35.882	50	100
	21:00:00	24.857	29.229	50	100
	22:00:00	14.355	23.658	50	100
	23:00:00	13.28	21.61	50	100
	00:00:00	12.765	20.627	50	100
	01:00:00	12.058	18.859	50	100
	02:00:00	11.561	17.582	50	100
	03:00:00	11.205	16.523	50	100
	04:00:00	11.049	15.922	50	100
	05:00:00	10.596	14.946	50	100
	06:00:00	10.441	14.57	50	100
	07:00:00	10.72	15.146	50	100
	08:00:00	12.372	18.175	50	100
	09:00:00	15.803	25.034	50	100
	10:00:00	20.629	36.586	50	100
	11:00:00	23.164	43.901	50	100

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 21. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh047 – Gruta de la Virgen de Lourdes – Av. Abancay.

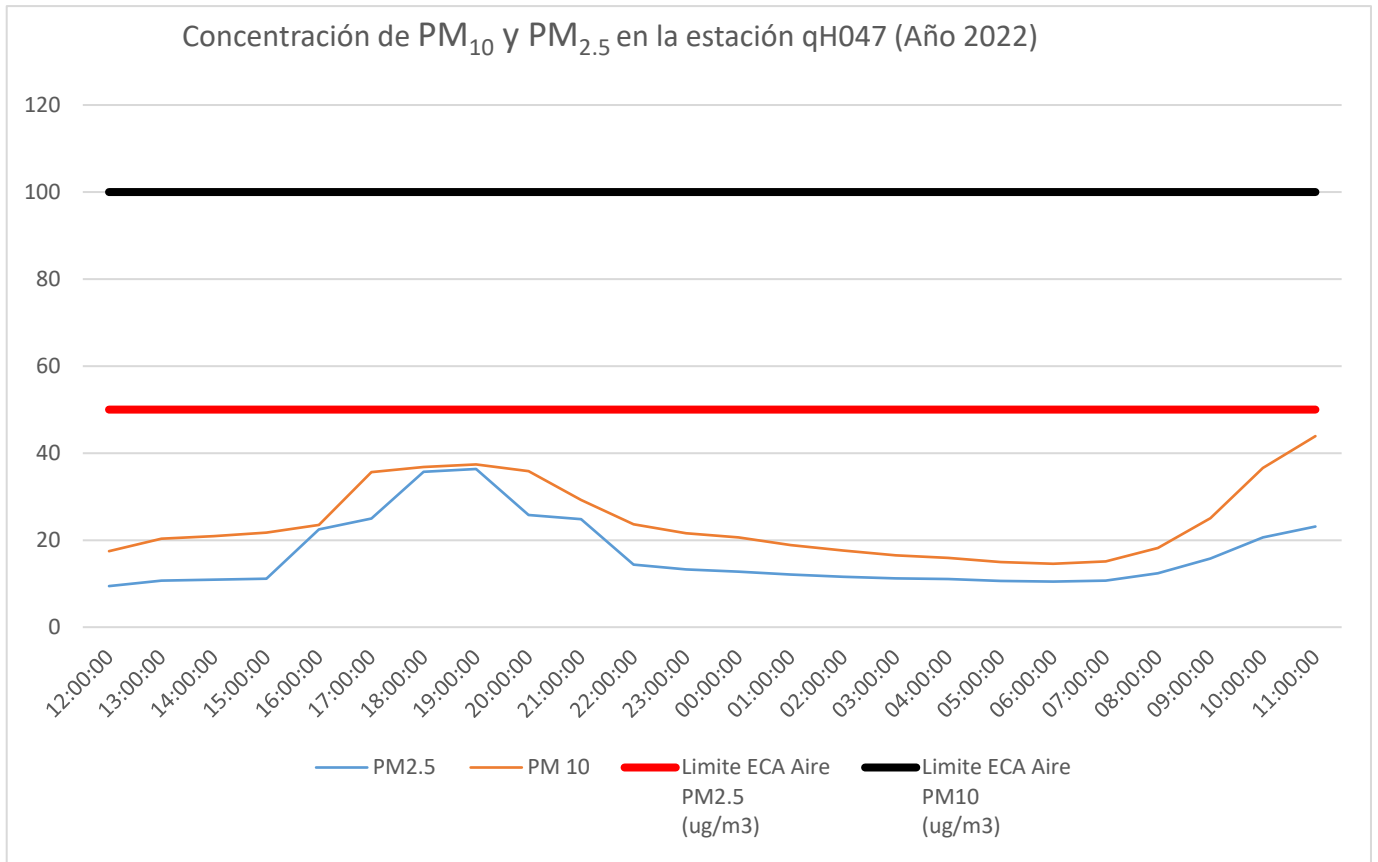


Tabla 19. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh073 – Av. Arequipa – Jr. Manuel Segura.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh073	21:00:00	35.161	66.46	50	100
	22:00:00	33.647	65.908	50	100
	23:00:00	32.677	64.293	50	100
	00:00:00	29.603	58.5	50	100
	01:00:00	29.589	59.377	50	100
	02:00:00	35.603	68.566	50	100
	03:00:00	34.412	65.888	50	100
	04:00:00	28.953	55.499	50	100
	05:00:00	28.246	61.036	50	100
	06:00:00	43.793	84.219	50	100
	07:00:00	48.149	82.104	50	100
	08:00:00	43.289	72.252	50	100
	09:00:00	42.859	72.104	50	100
	10:00:00	40.366	69.458	50	100
	11:00:00	41.962	69.478	50	100
	12:00:00	40.774	70.644	50	100
	13:00:00	36.223	66.304	50	100
	14:00:00	35.78	70.418	50	100
	15:00:00	33.316	67.279	50	100
	16:00:00	27.654	53.995	50	100
17:00:00	28.389	55.621	50	100	
18:00:00	32.1	61.376	50	100	
19:00:00	34.003	68.862	50	100	
20:00:00	46.253	87.059	50	100	

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 22. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh073 – Av. Arequipa – Jr Manuel Segura.

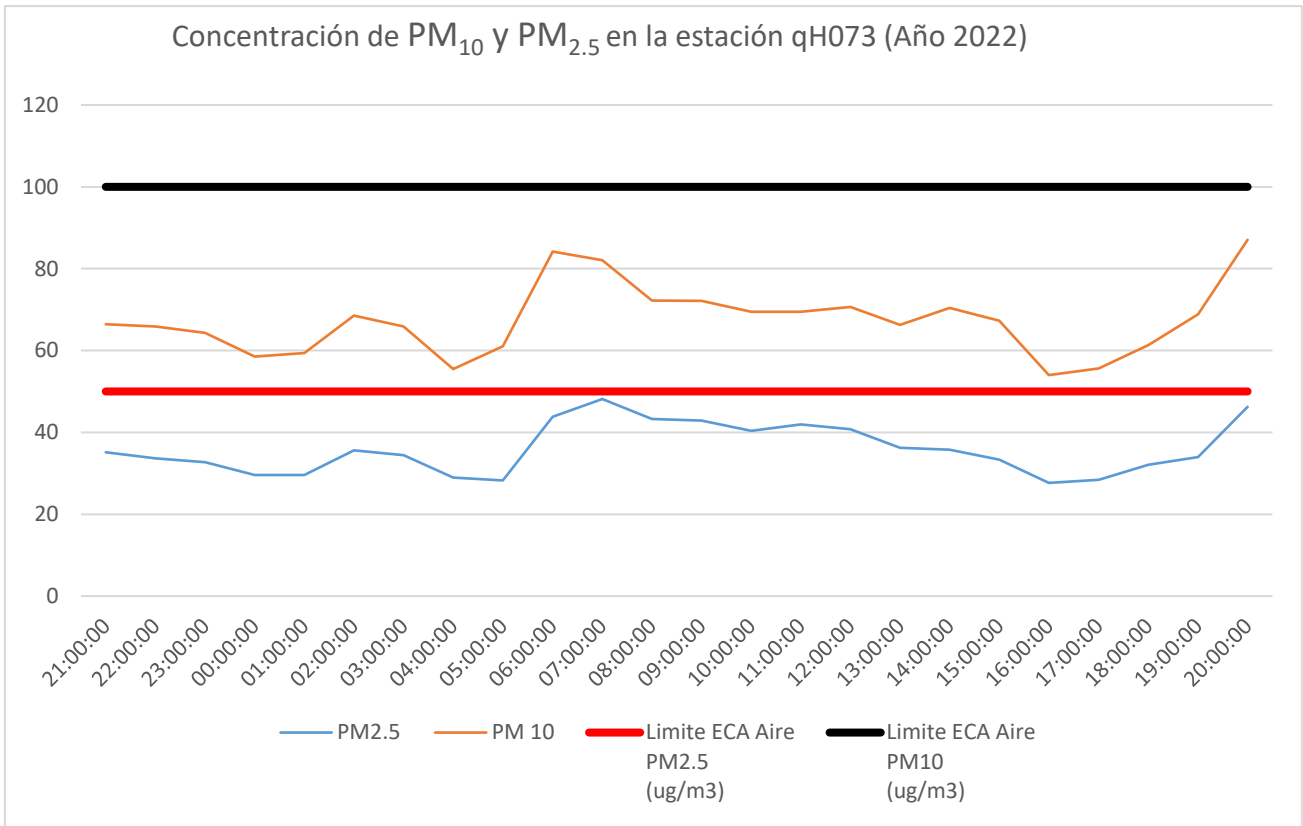


Tabla 20. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh054 – Instituto Nacional de Salud del Niño.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh054	21:00:00	21.76	30.605	50	100
	22:00:00	20.528	30.43	50	100
	23:00:00	20.316	28.497	50	100
	00:00:00	18.23	25.953	50	100
	01:00:00	25.776	23.392	50	100
	02:00:00	27.791	25.73	50	100
	03:00:00	29.657	27.443	50	100
	04:00:00	37.757	25.007	50	100
	05:00:00	38.543	26.434	50	100
	06:00:00	21.394	28.183	50	100
	07:00:00	23.448	30.265	50	100
	08:00:00	22.422	29.577	50	100
	09:00:00	34.285	34.97	50	100
	10:00:00	34.075	35.238	50	100
	11:00:00	26.286	40.661	50	100
	12:00:00	28.061	47.369	50	100
	13:00:00	29.39	53.452	50	100
	14:00:00	28.916	54.561	50	100
	15:00:00	26.506	50.372	50	100
	16:00:00	23.675	44.811	50	100
17:00:00	20.599	35.501	50	100	
18:00:00	20.571	30.831	50	100	
19:00:00	19.644	28.585	50	100	
20:00:00	26.085	35.75	50	100	

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 23. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh054 – Instituto Nacional de Salud del Niño.

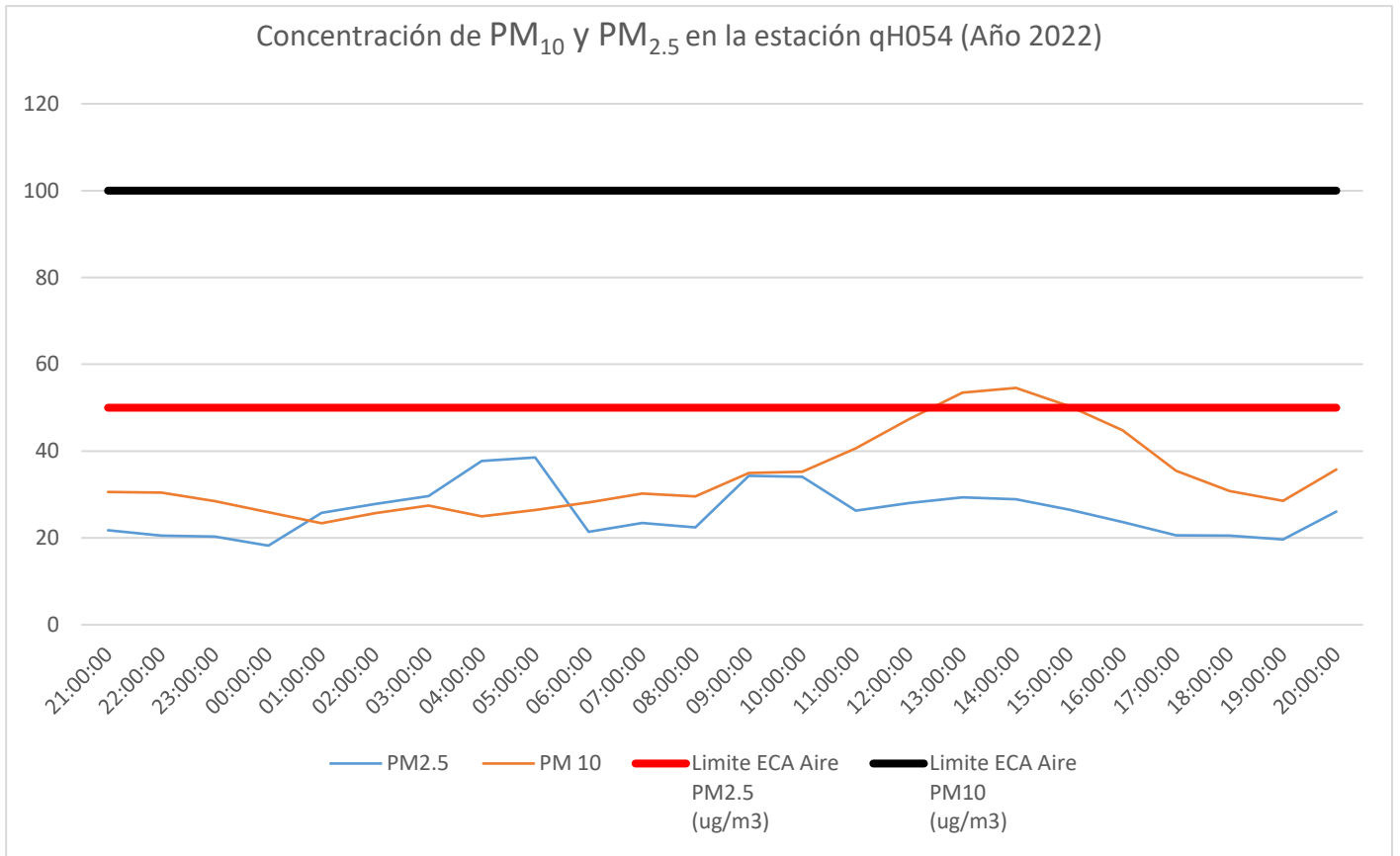


Tabla 21. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh040 – Base de Serenazgo – Las Malvinas

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh040	22:00:00	21.895	34.085	50	100
	23:00:00	22.272	34.269	50	100
	00:00:00	20.623	31.434	50	100
	01:00:00	18.144	27.676	50	100
	02:00:00	19.307	28.792	50	100
	03:00:00	23.123	33.881	50	100
	04:00:00	22.635	34.076	50	100
	05:00:00	23.331	34.916	50	100
	06:00:00	24.314	34.741	50	100
	07:00:00	26.345	36.976	50	100
	08:00:00	24.067	34.438	50	100
	09:00:00	33.563	34.965	50	100
	10:00:00	34.652	37.627	50	100
	11:00:00	26.633	41.458	50	100
	12:00:00	27.748	47.072	50	100
	13:00:00	37.661	50.068	50	100
	14:00:00	28.599	52.951	50	100
	15:00:00	26.281	49.009	50	100
	16:00:00	24.008	43.918	50	100
	17:00:00	21.685	38.141	50	100
	18:00:00	23.149	37.917	50	100
19:00:00	23.069	37.206	50	100	
20:00:00	35.014	38.432	50	100	
21:00:00	49.443	43.343	50	100	

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 24. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh040 – Base de Serenazgo – Las Malvinas.

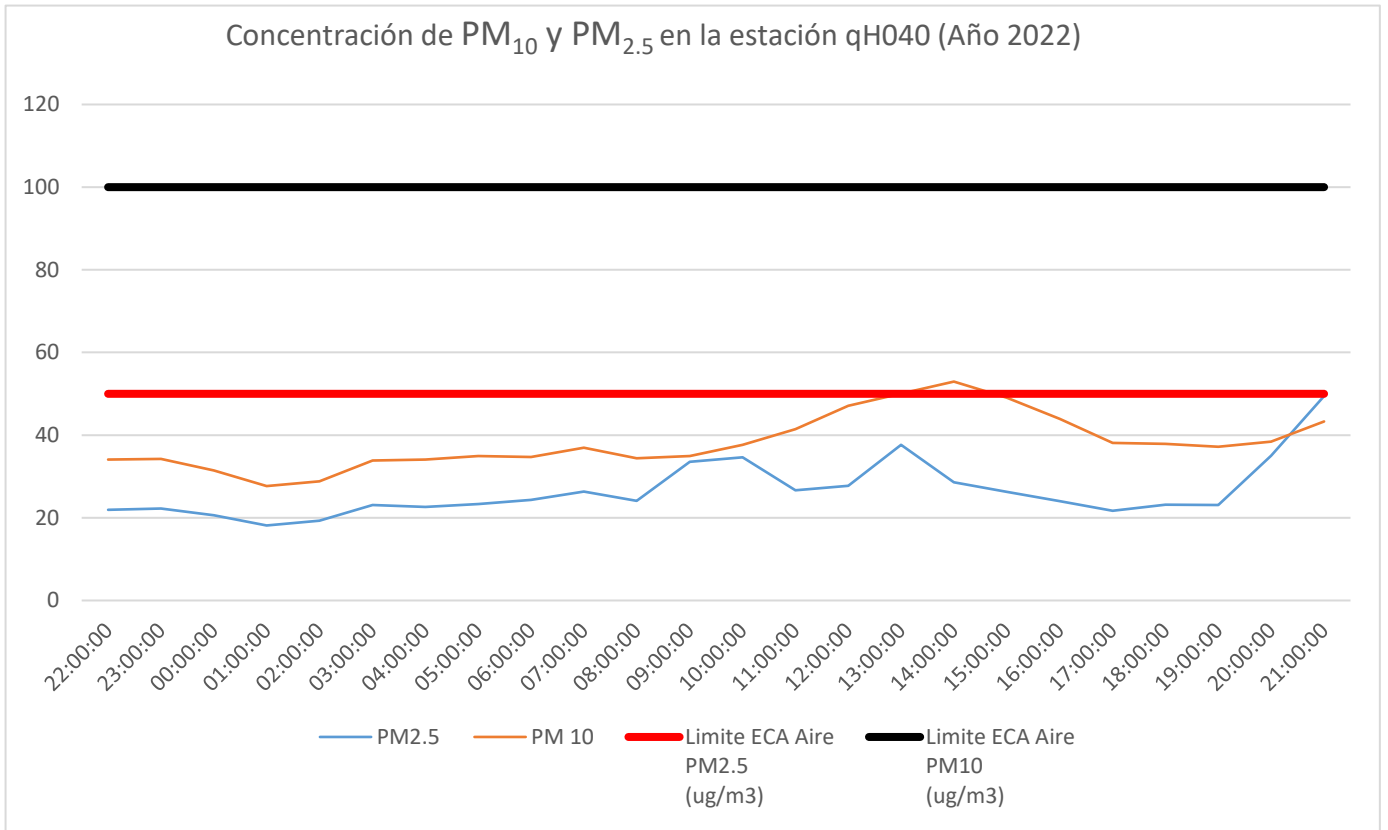


Tabla 22. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh039 – Velatorio Municipal – MML.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh039	22:00:00	18.197	29.143	50	100
	23:00:00	18.61	29.21	50	100
	00:00:00	17.677	27.522	50	100
	01:00:00	16.052	25.03	50	100
	02:00:00	17.154	26.466	50	100
	03:00:00	18.786	28.701	50	100
	04:00:00	27.98	27.219	50	100
	05:00:00	27.783	26.985	50	100
	06:00:00	28.788	26.991	50	100
	07:00:00	29.522	37.223	50	100
	08:00:00	38.354	46.327	50	100
	09:00:00	38.369	47.31	50	100
	10:00:00	19.665	51.093	50	100
	11:00:00	22.425	66.483	50	100
	12:00:00	25.502	64.917	50	100
	13:00:00	27.483	51.81	50	100
	14:00:00	28.33	54.706	50	100
	15:00:00	27.046	52.365	50	100
	16:00:00	25.149	49.1	50	100
	17:00:00	21.647	40.653	50	100
	18:00:00	19.424	32.312	50	100
19:00:00	18.729	30.778	50	100	
20:00:00	21.376	34.349	50	100	
21:00:00	24.149	37.188	50	100	

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 25. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh039 – Velatorio Municipal – MML.

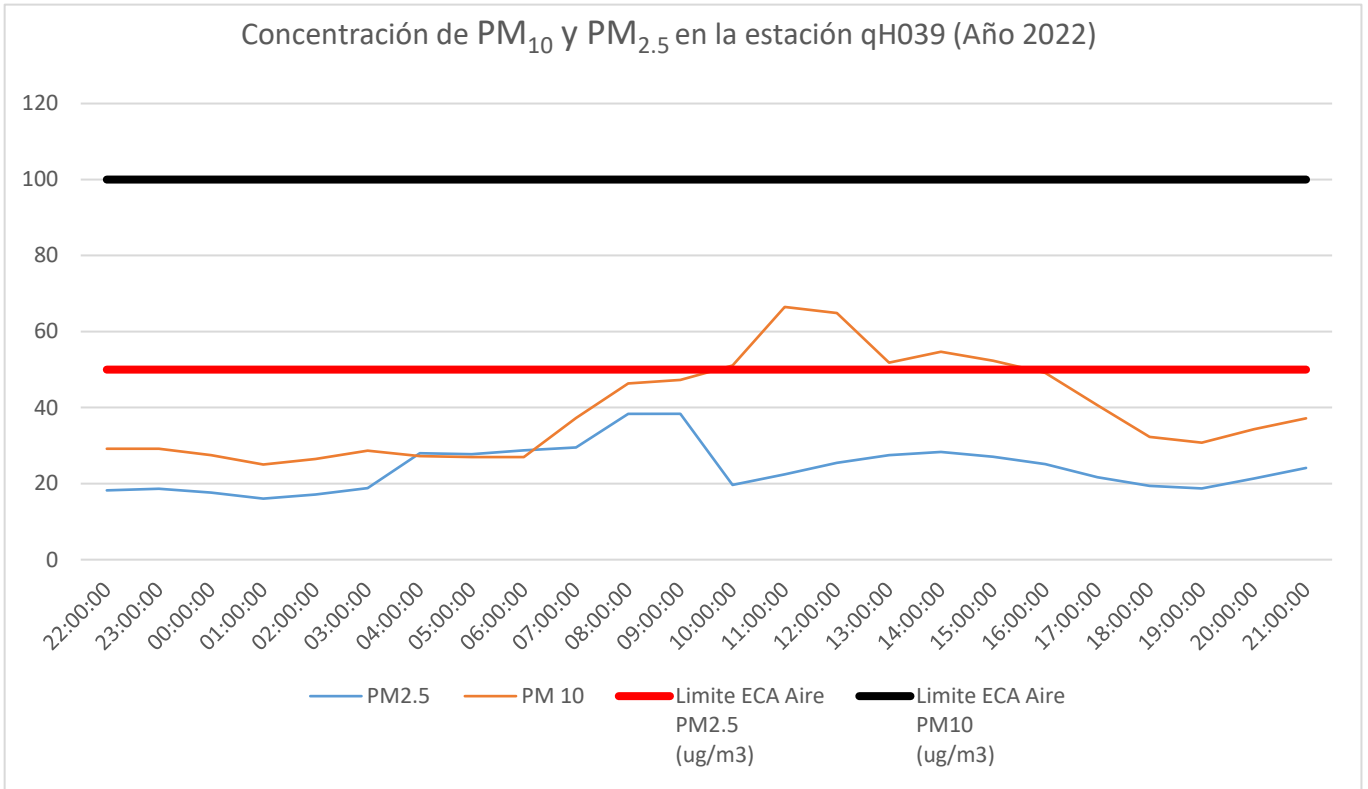


Tabla 23. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh050 – Centro Infantil Municipal Niña María Comain – Casa de los Petisos.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh050	23:00:00	19.698	31.112	50	100
	00:00:00	18.468	28.963	50	100
	01:00:00	16.42	25.761	50	100
	02:00:00	17.184	26.532	50	100
	03:00:00	18.614	28.216	50	100
	04:00:00	18.753	28.206	50	100
	05:00:00	18.244	27.521	50	100
	06:00:00	18.467	26.394	50	100
	07:00:00	19.33	27.665	50	100
	08:00:00	19.514	28.746	50	100
	09:00:00	20.747	32.232	50	100
	10:00:00	23.206	38.576	50	100
	11:00:00	25.748	44.195	50	100
	12:00:00	32.378	59.679	50	100
	13:00:00	35.902	69.245	50	100
	14:00:00	35.324	69.405	50	100
	15:00:00	31.787	63.643	50	100
	16:00:00	28.611	56.455	50	100
	17:00:00	23.973	45.712	50	100
	18:00:00	21.095	36.587	50	100
	19:00:00	19.732	33.223	50	100
	20:00:00	21.646	35.732	50	100
	21:00:00	24.497	39.159	50	100
	22:00:00	24.156	37.719	50	100

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 26. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh050 – Centro Infantil Municipal Niña María Comain – Casa de los Petisos.

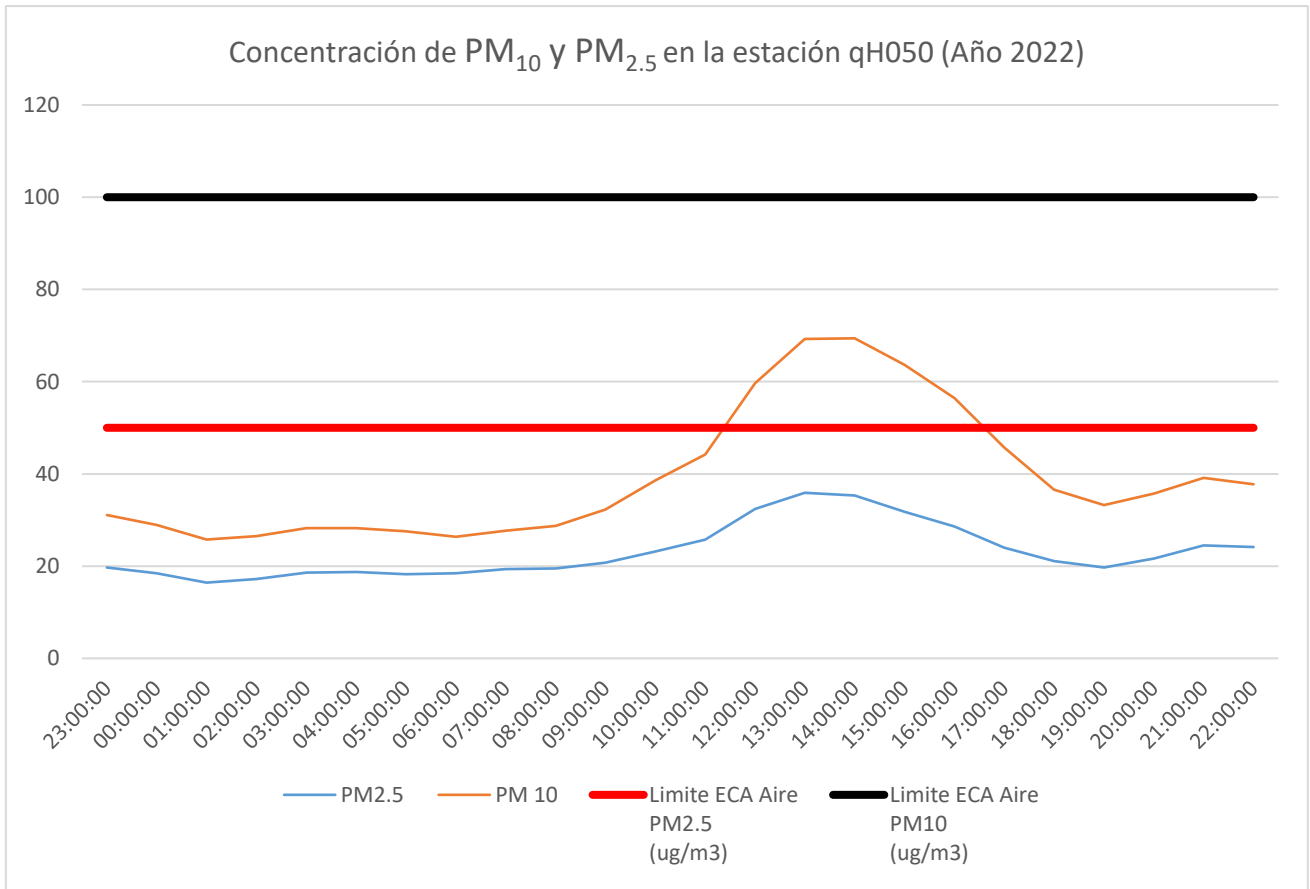


Tabla 24. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh050 – Centro Infantil Municipal Niña María Comain – Casa de los Petisos.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh050	13:00:00	35.902	69.245	50	100
	14:00:00	35.324	69.405	50	100
	15:00:00	31.787	63.643	50	100
	16:00:00	28.611	56.455	50	100
	17:00:00	23.973	45.712	50	100
	18:00:00	21.095	36.587	50	100
	19:00:00	19.732	33.223	50	100
	20:00:00	21.646	35.732	50	100
	21:00:00	24.497	39.159	50	100
	22:00:00	24.156	37.719	50	100
	23:00:00	25.892	39.812	50	100
	00:00:00	24.943	37.846	50	100
	01:00:00	21.627	32.702	50	100
	02:00:00	20.136	30.726	50	100
	03:00:00	18.98	29.256	50	100
	04:00:00	17.994	27.831	50	100
	05:00:00	17.668	27.223	50	100
	06:00:00	16.544	25.957	50	100
	07:00:00	28.16	26.717	50	100
	08:00:00	28.153	36.47	50	100
	09:00:00	47.282	45.689	50	100
	10:00:00	59.289	39.75	50	100
	11:00:00	71.29	34.507	50	100
	12:00:00	82.224	43.023	50	100

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 27. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh050 – Centro Infantil Municipal Niña María Comain – Casa de los Petisos.

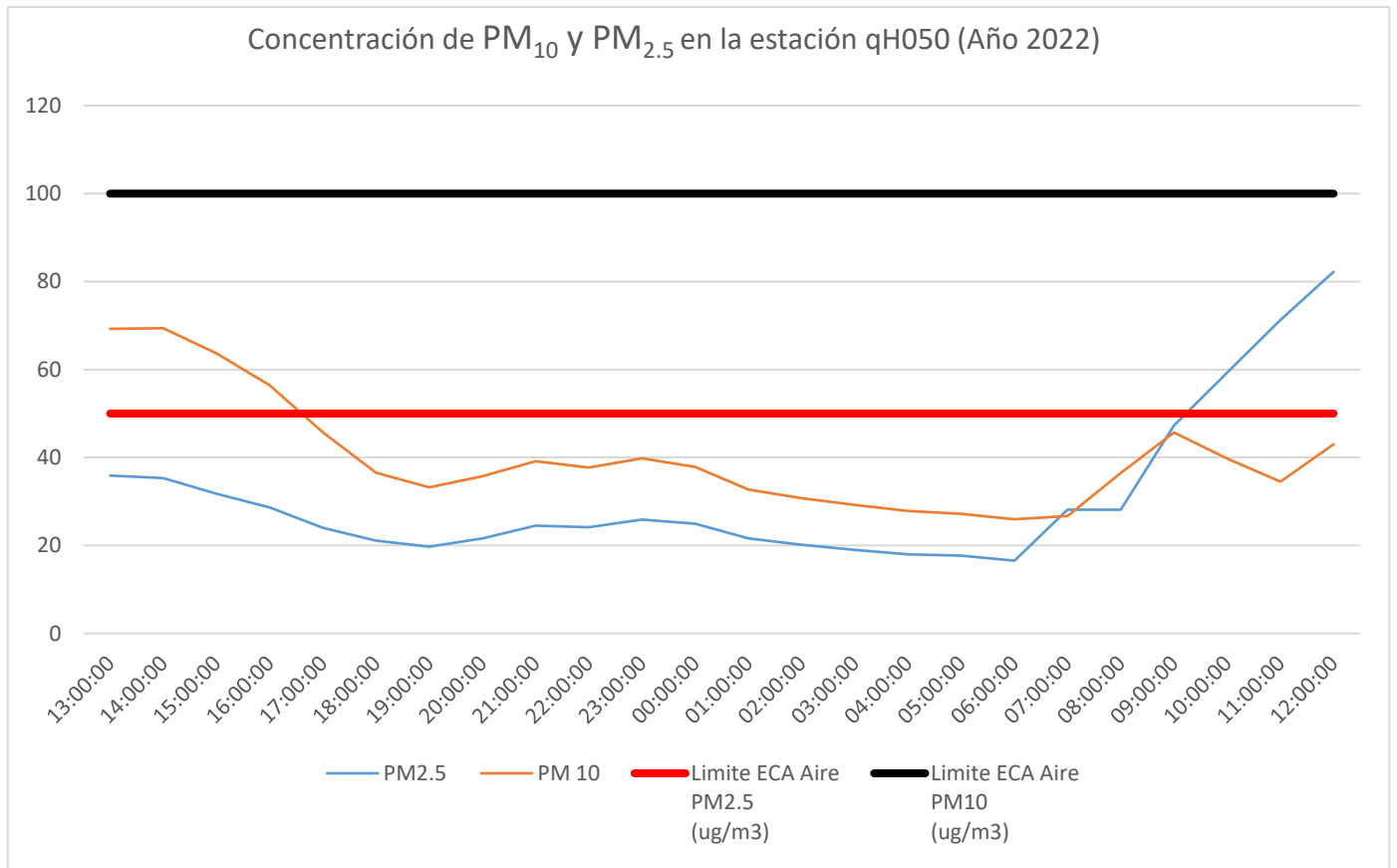


Tabla 25. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh046 – Palacio Municipal.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh046	13:00:00	33.231	65.702	50	100
	14:00:00	34.489	69.163	50	100
	15:00:00	35.348	71.389	50	100
	16:00:00	32.954	66.401	50	100
	17:00:00	27.094	53.092	50	100
	18:00:00	19.059	33.773	50	100
	19:00:00	16.665	27.679	50	100
	20:00:00	17.051	27.301	50	100
	21:00:00	18.566	28.913	50	100
	22:00:00	18.329	27.927	50	100
	23:00:00	19.271	29.281	50	100
	00:00:00	19.074	29.414	50	100
	01:00:00	17.049	26.207	50	100
	02:00:00	15.977	24.37	50	100
	03:00:00	15.321	23.377	50	100
	04:00:00	14.759	22.978	50	100
	05:00:00	14.503	22.397	50	100
	06:00:00	13.621	21.153	50	100
	07:00:00	24.193	20.319	50	100
	08:00:00	24.308	20.249	50	100
	09:00:00	24.164	20.505	50	100
	10:00:00	25.67	23.878	50	100
	11:00:00	17.287	28.215	50	100
	12:00:00	19.348	33.071	50	100

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 28. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh046 – Palacio Municipal.

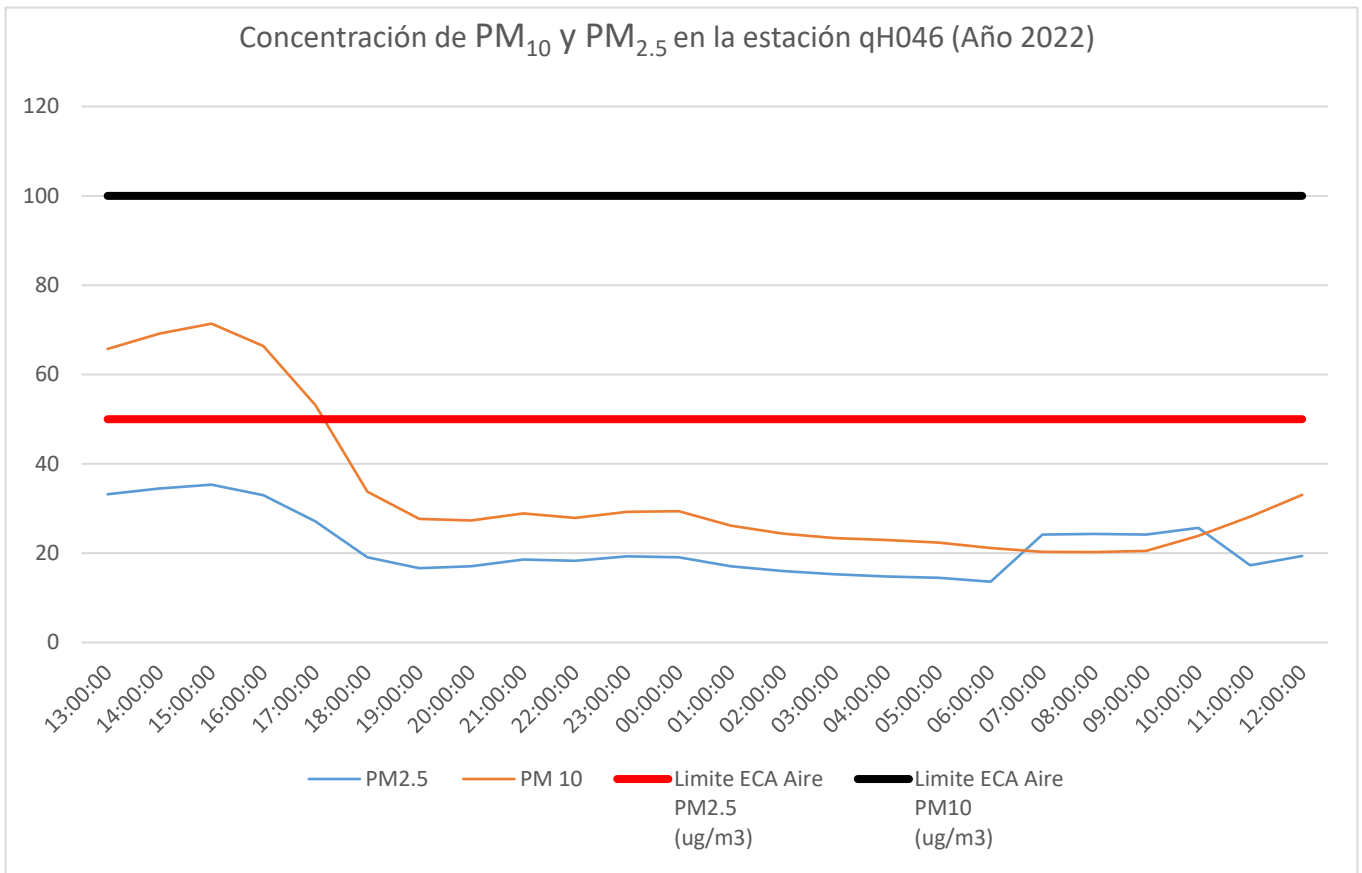


Tabla 26. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh038 – Mercado Central Ramón Castilla.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh038	13:00:00	24.399	48.551	50	100
	14:00:00	26.196	52.588	50	100
	15:00:00	25.314	50.614	50	100
	16:00:00	23.677	47.016	50	100
	17:00:00	19.615	37.9	50	100
	18:00:00	15.048	27.448	50	100
	19:00:00	13.668	24.035	50	100
	20:00:00	12.916	22.237	50	100
	21:00:00	12.657	21.542	50	100
	22:00:00	12.415	20.877	50	100
	23:00:00	12.954	22.038	50	100
	00:00:00	13.063	22.406	50	100
	01:00:00	12.176	20.414	50	100
	02:00:00	11.575	19.185	50	100
	03:00:00	10.979	17.891	50	100
	04:00:00	11.076	18.223	50	100
	05:00:00	10.878	17.783	50	100
	06:00:00	10.316	16.487	50	100
	07:00:00	9.849	15.134	50	100
	08:00:00	10.009	15.32	50	100
	09:00:00	10.789	17.026	50	100
	10:00:00	11.643	19.142	50	100
	11:00:00	13.117	22.825	50	100
	12:00:00	14.721	26.705	50	100

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 29. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh038 – Mercado Central Ramón Castilla.

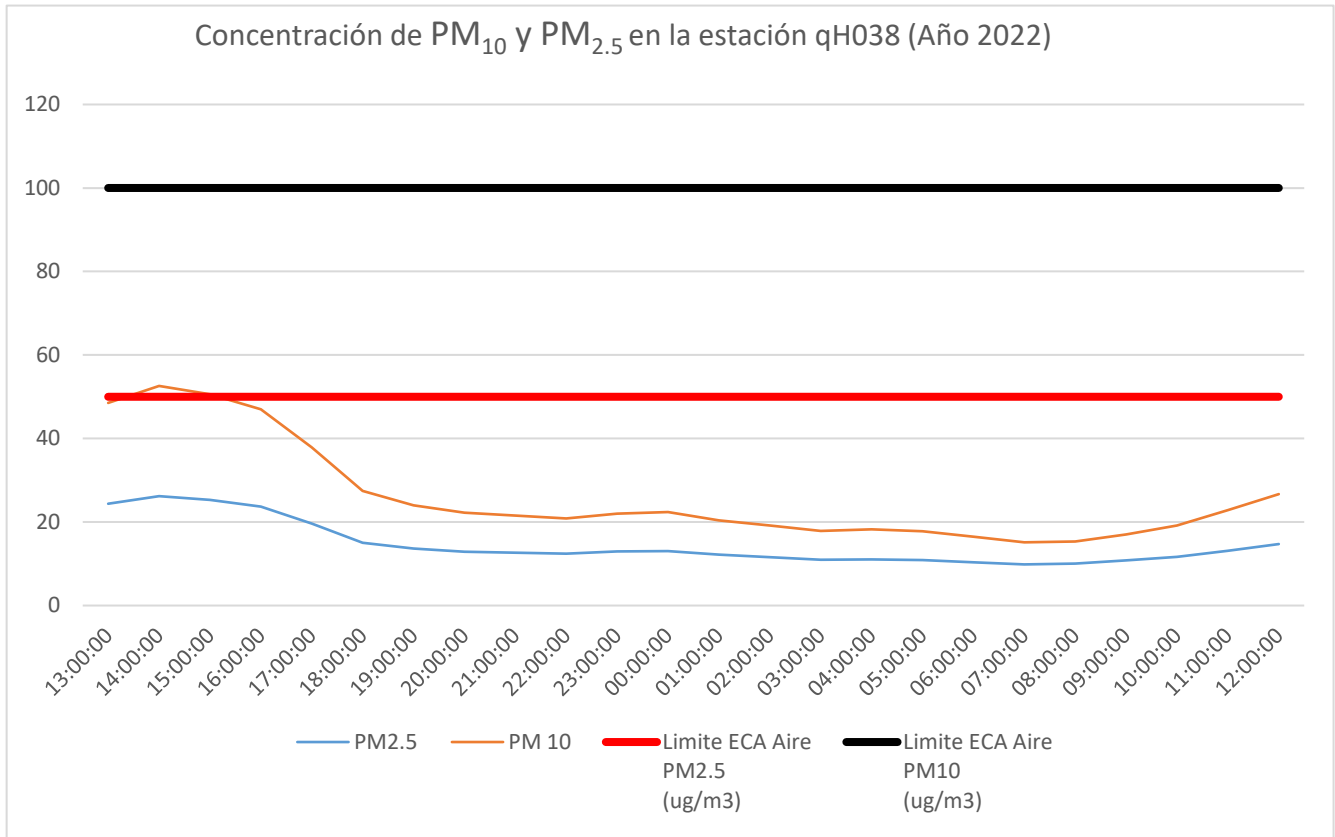


Tabla 27. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh047 – Gruta de la Virgen de Lourdes – Av. Abancay.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh047	13:00:00	25.215	47.953	50	100
	14:00:00	25.73	49.846	50	100
	15:00:00	26.421	51.933	50	100
	16:00:00	23.522	45.629	50	100
	17:00:00	19.864	36.91	50	100
	18:00:00	16.976	29.414	50	100
	19:00:00	19.265	32.257	50	100
	20:00:00	16.042	25.725	50	100
	21:00:00	16.919	26.69	50	100
	22:00:00	16.607	26.134	50	100
	23:00:00	17.611	27.453	50	100
	00:00:00	16.532	25.774	50	100
	01:00:00	14.47	21.967	50	100
	02:00:00	13.721	20.694	50	100
	03:00:00	13.102	19.581	50	100
	04:00:00	12.639	19.106	50	100
	05:00:00	12.261	18.483	50	100
	06:00:00	12.026	18.274	50	100
	07:00:00	12.862	18.485	50	100
	08:00:00	13.139	18.737	50	100
	09:00:00	12.711	18.38	50	100
	10:00:00	28.256	27.256	50	100
	11:00:00	15.646	25.251	50	100
	12:00:00	17.571	29.912	50	100

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 30. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh047 – Gruta de la Virgen de Lourdes – Av. Abancay.

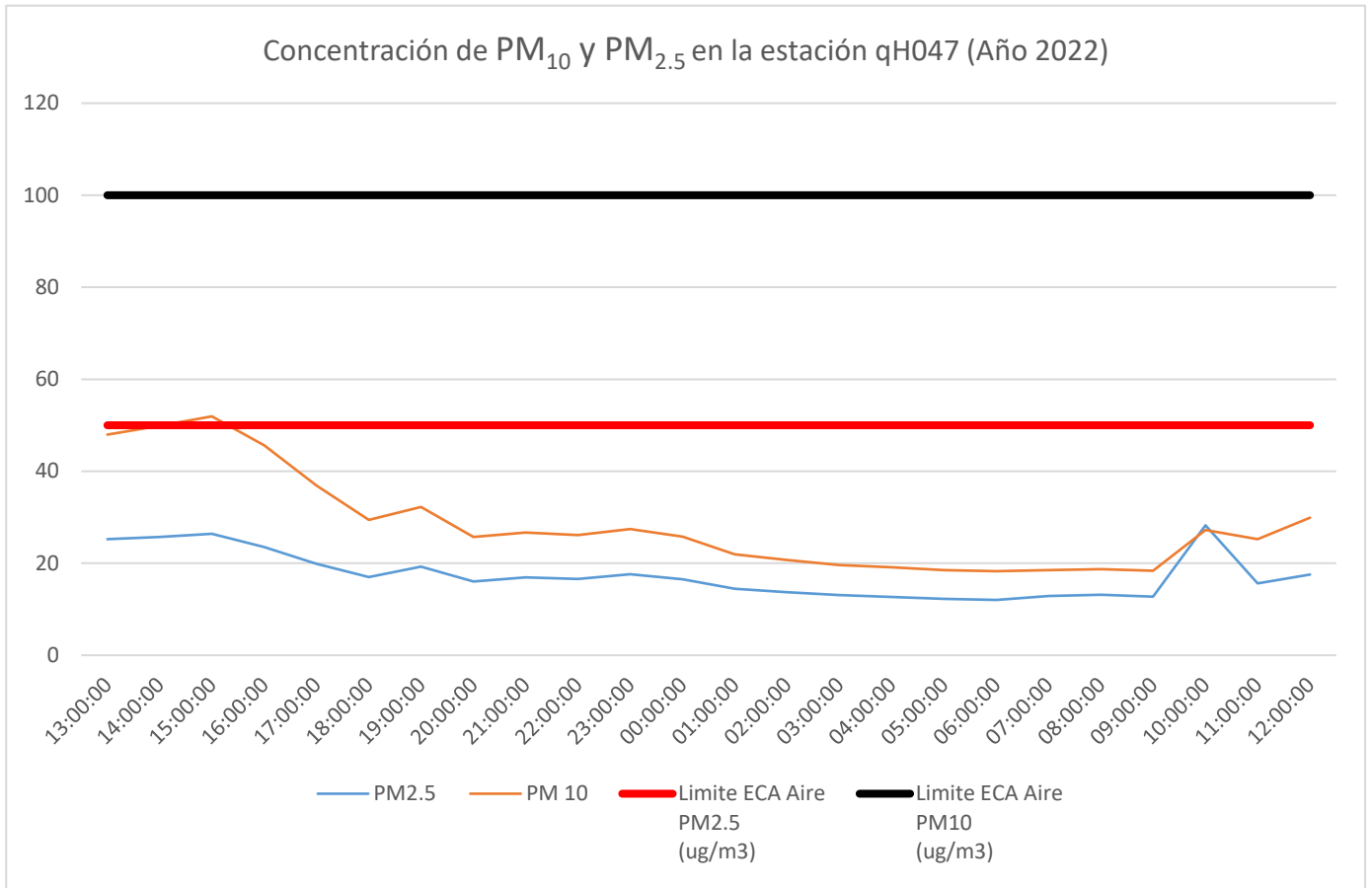


Tabla 28. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh055 – Parque de la Exposición.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh055	13:00:00	23.426	45.865	50	100
	14:00:00	25.397	50.254	50	100
	15:00:00	24.183	47.56	50	100
	16:00:00	21.154	40.725	50	100
	17:00:00	16.87	30.949	50	100
	18:00:00	13.596	23.188	50	100
	19:00:00	12.742	20.925	50	100
	20:00:00	12.735	20.875	50	100
	21:00:00	12.508	20.291	50	100
	22:00:00	12.316	19.745	50	100
	23:00:00	12.617	20.362	50	100
	00:00:00	12.722	20.729	50	100
	01:00:00	11.266	17.493	50	100
	02:00:00	10.868	16.681	50	100
	03:00:00	11.064	17.251	50	100
	04:00:00	10.984	17.18	50	100
	05:00:00	10.866	16.931	50	100
	06:00:00	10.762	16.601	50	100
	07:00:00	10.801	16.478	50	100
	08:00:00	11.073	17.075	50	100
	09:00:00	11.717	18.472	50	100
	10:00:00	12.754	21.067	50	100
	11:00:00	14.273	24.862	50	100
	12:00:00	16.189	29.369	50	100

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 31. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh055 – Parque de la Exposición.

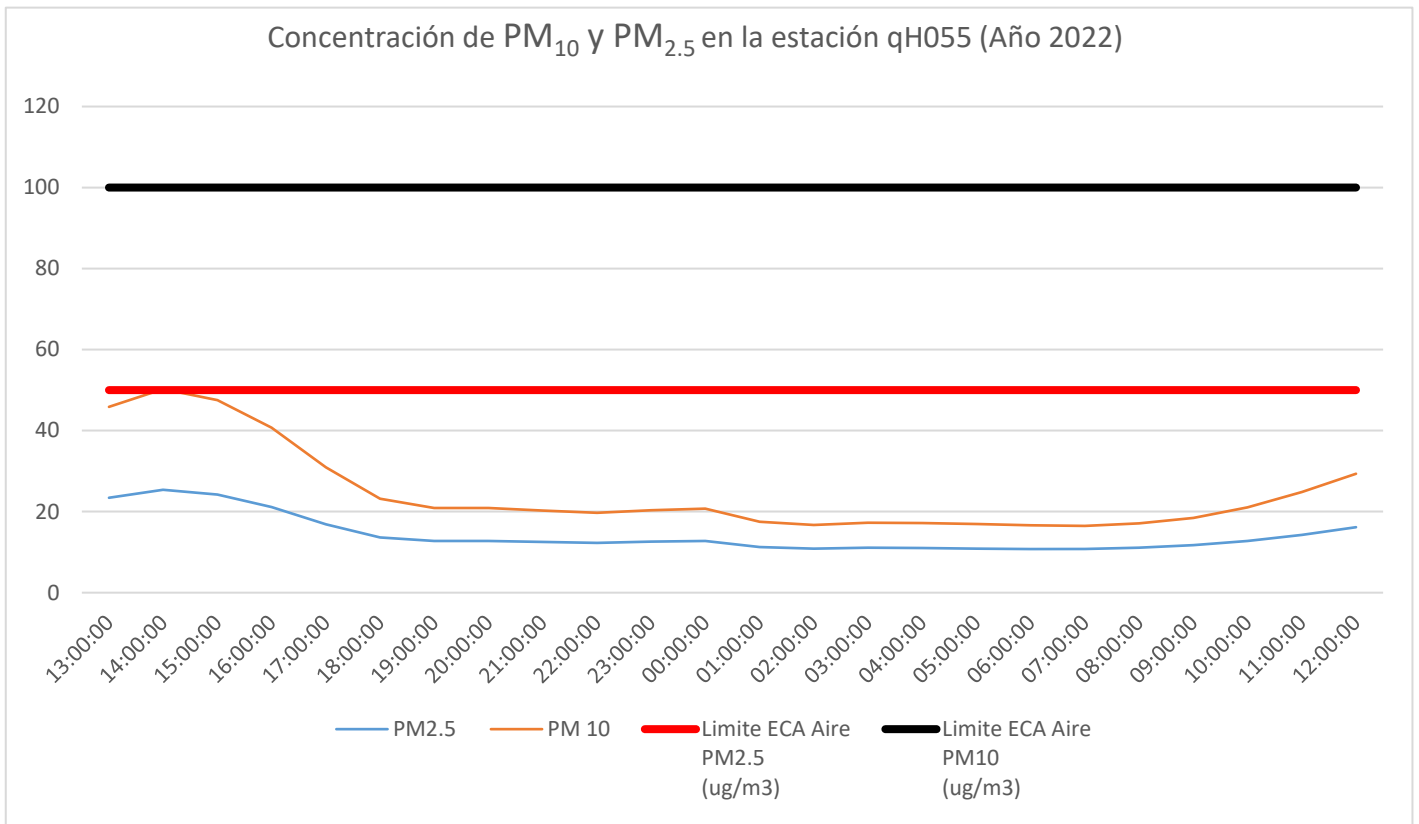


Tabla 29. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh054 – Instituto Nacional de Salud del Niño.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh054	21:00:00	30.035	39.886	50	100
	22:00:00	27.578	37.127	50	100
	23:00:00	32.556	42.766	50	100
	00:00:00	25.822	34.945	50	100
	01:00:00	21.008	28.618	50	100
	02:00:00	19.129	27.951	50	100
	03:00:00	18.479	27.061	50	100
	04:00:00	14.237	20.775	50	100
	05:00:00	14.491	21.147	50	100
	06:00:00	13.43	19.715	50	100
	07:00:00	18.141	24.782	50	100
	08:00:00	19.76	26.736	50	100
	09:00:00	19.343	26.518	50	100
	10:00:00	21.135	40.671	50	100
	11:00:00	32.894	45.178	50	100
	12:00:00	34.613	59.187	50	100
	13:00:00	30.649	35.532	50	100
	14:00:00	18.109	32.017	50	100
	15:00:00	17.859	31.717	50	100
	16:00:00	18.019	32.881	50	100
17:00:00	16.563	28.44	50	100	
18:00:00	15.08	24.881	50	100	
19:00:00	14.424	22.194	50	100	
20:00:00	16.184	24.856	50	100	

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 32. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh054 – Instituto Nacional de Salud del Niño.

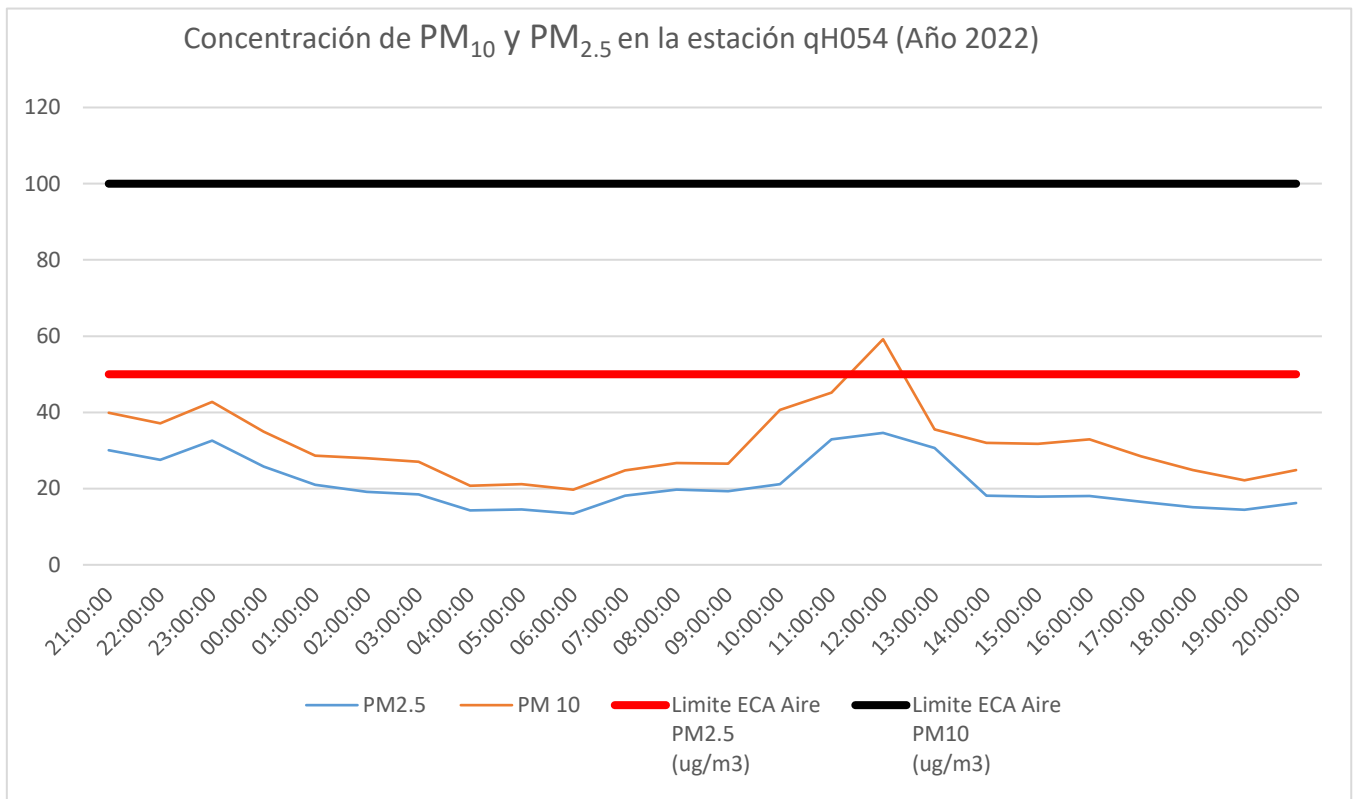


Tabla 30. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh040 – Base de Serenazgo – Las Malvinas.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh040	21:00:00	29.443	43.343	50	100
	22:00:00	28.456	41.581	50	100
	23:00:00	30.937	44.673	50	100
	00:00:00	26.406	39.758	50	100
	01:00:00	22.573	32.942	50	100
	02:00:00	21.286	31.431	50	100
	03:00:00	19.819	29.666	50	100
	04:00:00	19.051	29.243	50	100
	05:00:00	18.44	29.014	50	100
	06:00:00	20.099	31.55	50	100
	07:00:00	23.878	35.242	50	100
	08:00:00	21.829	31.644	50	100
	09:00:00	20.644	30.473	50	100
	10:00:00	22.157	33.58	50	100
	11:00:00	23.247	36.763	50	100
	12:00:00	25.013	41.698	50	100
	13:00:00	26.998	47.401	50	100
	14:00:00	19.732	34.096	50	100
	15:00:00	18.904	33.286	50	100
	16:00:00	20.604	36.452	50	100
17:00:00	20.134	35.227	50	100	
18:00:00	19.405	33.592	50	100	
19:00:00	19.217	31.392	50	100	
20:00:00	19.725	31.703	50	100	

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 33. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh040 – Base de Serenazgo – Las Malvinas.

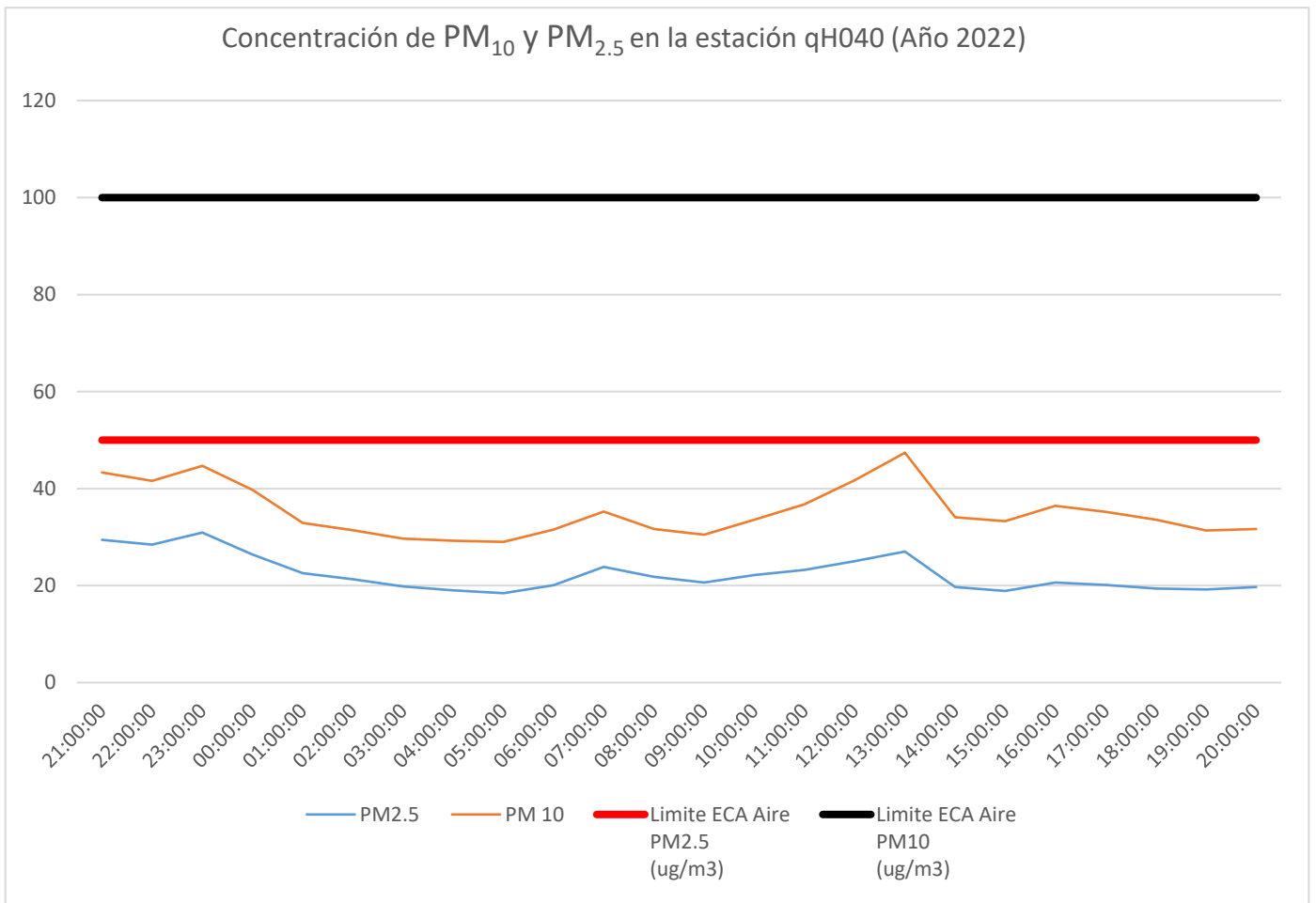


Tabla 31. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh046 – Palacio Municipal.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh046	21:00:00	18.566	28.913	50	100
	22:00:00	18.329	27.927	50	100
	23:00:00	19.271	29.281	50	100
	00:00:00	19.074	29.414	50	100
	01:00:00	17.049	26.207	50	100
	02:00:00	15.977	24.37	50	100
	03:00:00	15.321	23.377	50	100
	04:00:00	14.759	22.978	50	100
	05:00:00	14.503	22.397	50	100
	06:00:00	13.621	21.153	50	100
	07:00:00	14.193	20.319	50	100
	08:00:00	14.308	20.249	50	100
	09:00:00	14.164	20.505	50	100
	10:00:00	15.67	23.878	50	100
	11:00:00	17.287	28.215	50	100
	12:00:00	19.348	43.071	50	100
	13:00:00	23.429	43.248	50	100
	14:00:00	22.021	41.162	50	100
	15:00:00	20.757	38.547	50	100
	16:00:00	20.118	37.362	50	100
17:00:00	20.139	36.815	50	100	
18:00:00	16.688	39.479	50	100	
19:00:00	14.574	23.426	50	100	
20:00:00	14.852	23.94	50	100	

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 34. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh046 – Palacio Municipal.

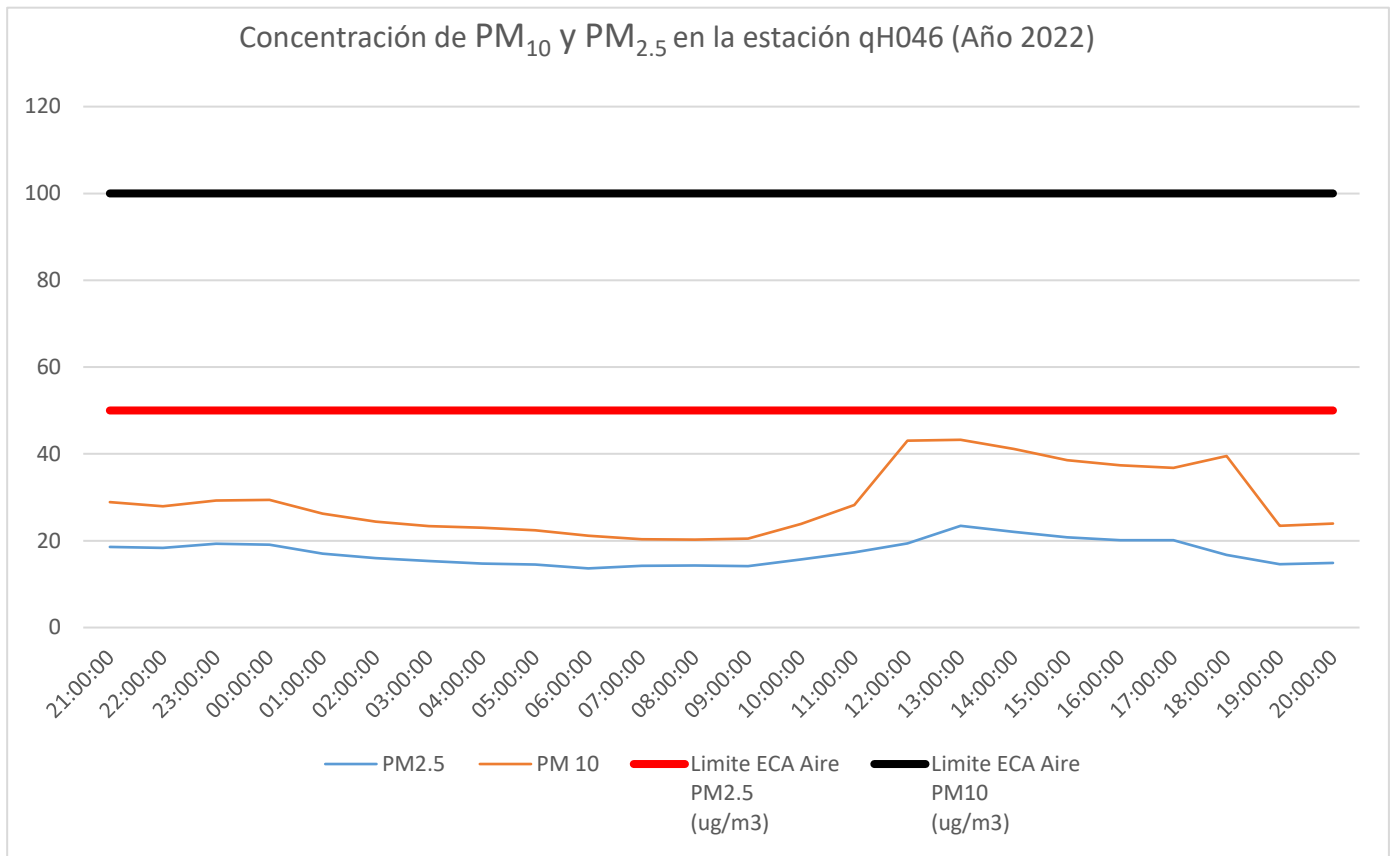


Tabla 32. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh038 – Mercado Central Ramón Castilla.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh038	21:00:00	12.657	21.542	50	100
	22:00:00	12.415	20.877	50	100
	23:00:00	12.954	22.038	50	100
	00:00:00	13.063	22.406	50	100
	01:00:00	12.176	20.414	50	100
	02:00:00	11.575	19.185	50	100
	03:00:00	10.979	17.891	50	100
	04:00:00	11.076	18.223	50	100
	05:00:00	10.878	17.783	50	100
	06:00:00	10.316	16.487	50	100
	07:00:00	9.849	15.134	50	100
	08:00:00	10.009	15.32	50	100
	09:00:00	10.789	17.026	50	100
	10:00:00	11.643	19.142	50	100
	11:00:00	13.117	22.825	50	100
	12:00:00	14.721	26.705	50	100
	13:00:00	17.63	33.324	50	100
	14:00:00	16.875	31.552	50	100
	15:00:00	16.305	40.294	50	100
	16:00:00	16.034	39.919	50	100
17:00:00	16.309	42.539	50	100	
18:00:00	14.718	36.992	50	100	
19:00:00	12.569	21.81	50	100	
20:00:00	12.451	21.306	50	100	

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 35. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh038 – Mercado Central Ramón Castilla.

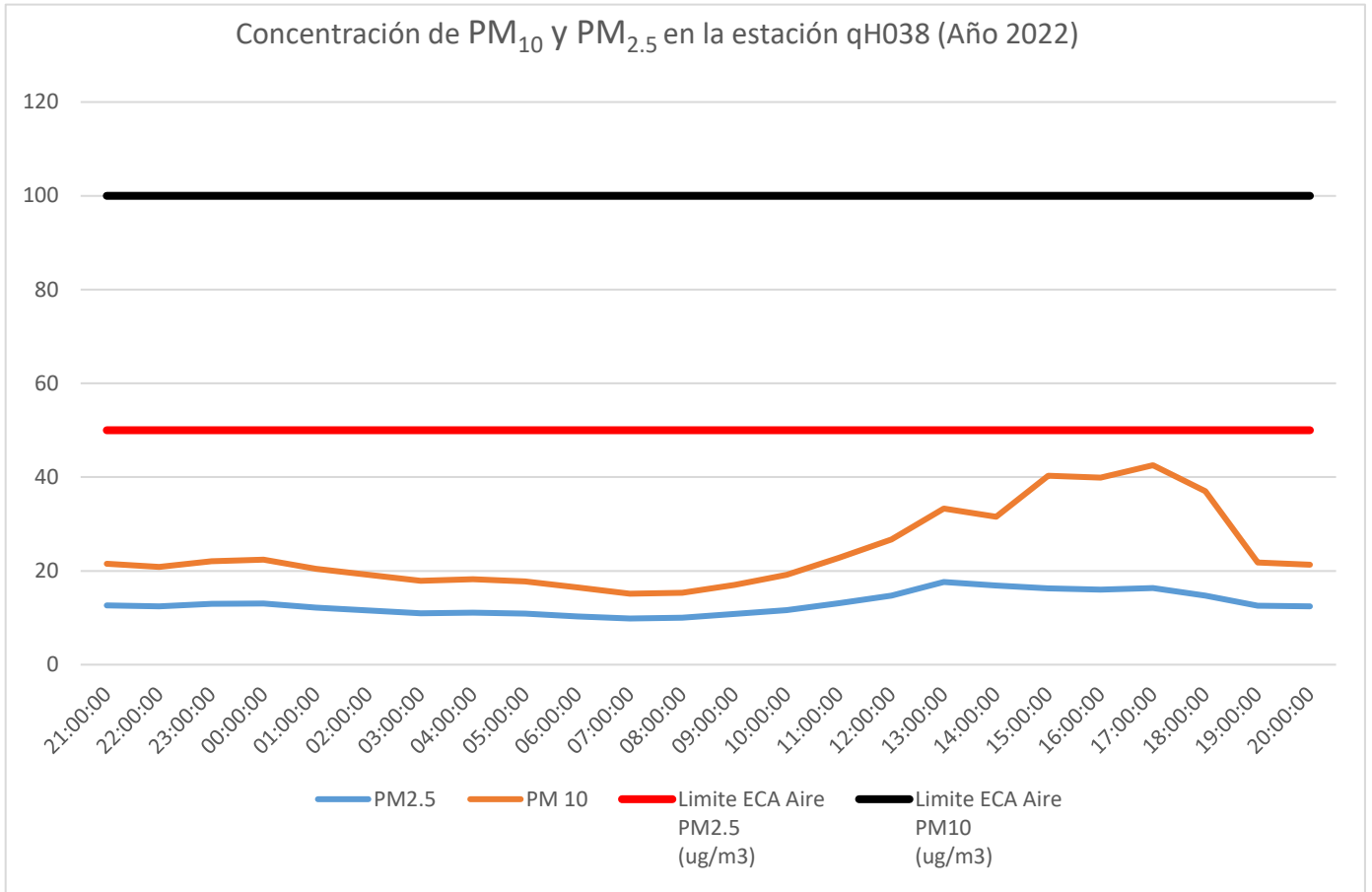


Tabla 33. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh047 – Gruta de la Virgen de Lourdes – Av. Abancay.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh047	21:00:00	16.919	26.69	50	100
	22:00:00	16.607	26.134	50	100
	23:00:00	17.611	27.453	50	100
	00:00:00	16.532	25.774	50	100
	01:00:00	14.47	21.967	50	100
	02:00:00	13.721	20.694	50	100
	03:00:00	13.102	19.581	50	100
	04:00:00	12.639	19.106	50	100
	05:00:00	12.261	18.483	50	100
	06:00:00	12.026	18.274	50	100
	07:00:00	12.862	18.485	50	100
	08:00:00	13.139	18.737	50	100
	09:00:00	12.711	38.382	50	100
	10:00:00	22.123	45.254	50	100
	11:00:00	15.646	35.251	50	100
	12:00:00	17.571	29.912	50	100
	13:00:00	19.18	34.305	50	100
	14:00:00	17.441	31.295	50	100
	15:00:00	16.76	30.104	50	100
	16:00:00	17.816	32.682	50	100
17:00:00	17.804	32.604	50	100	
18:00:00	15.53	27.308	50	100	
19:00:00	17.236	32.236	50	100	
20:00:00	13.746	22.236	50	100	

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 36. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh047 – Gruta de la Virgen de Lourdes – Av. Abancay.

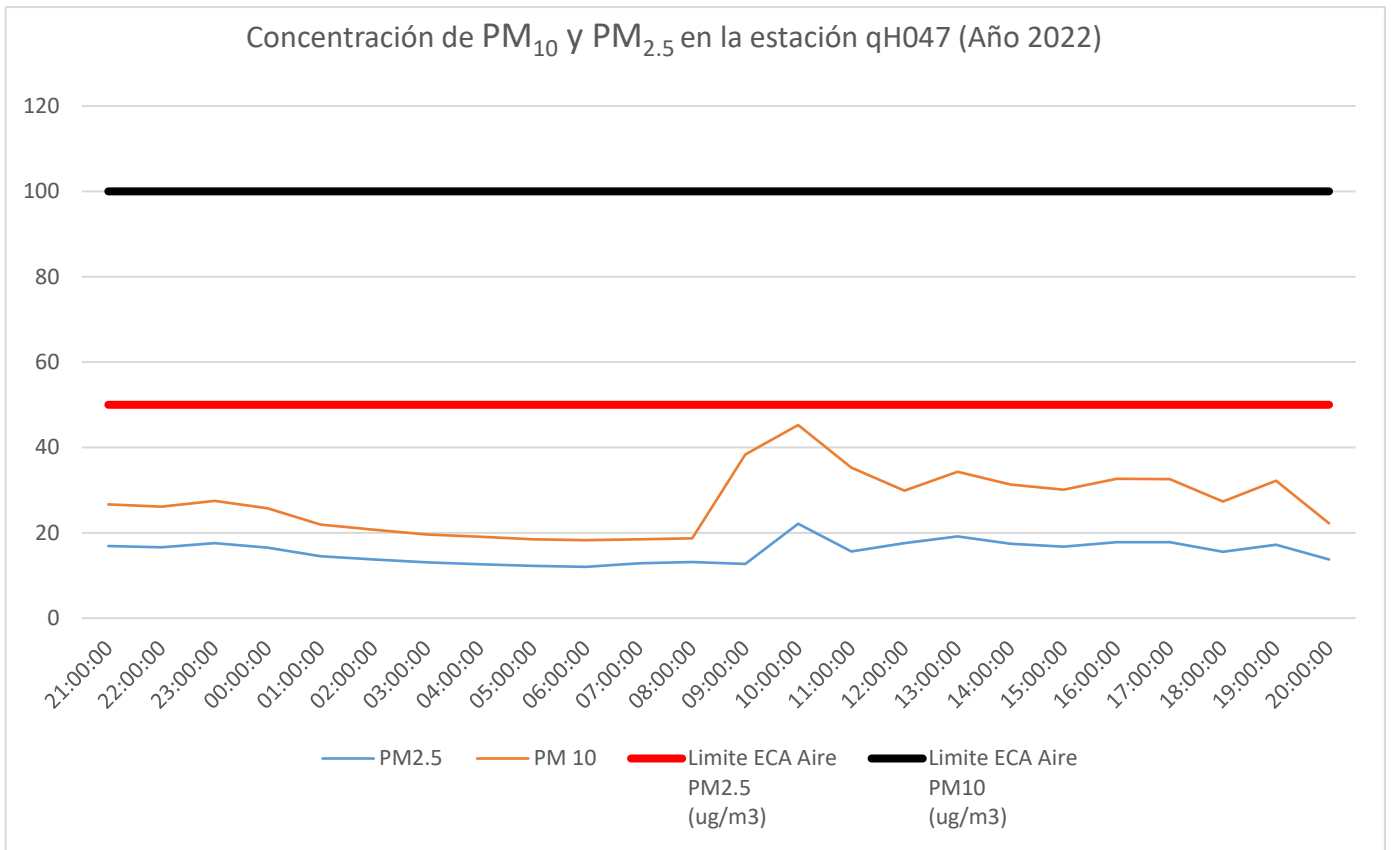


Tabla 34. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh073 – Av. Arequipa – Jr. Manuel Segura.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh073	00:00:00	34.227	60.752	50	100
	01:00:00	26.865	48.536	50	100
	02:00:00	27.365	15.245	50	100
	03:00:00	25.58	41.365	50	100
	04:00:00	26.842	45.254	50	100
	05:00:00	26.978	46.856	50	100
	06:00:00	22.681	39.794	50	100
	07:00:00	21.812	37.484	50	100
	08:00:00	27.87	48.239	50	100
	09:00:00	36.857	57.017	50	100
	10:00:00	27.481	58.488	50	100
	11:00:00	39.527	60.974	50	100
	12:00:00	38.884	59.645	50	100
	13:00:00	42.102	60.504	50	100
	14:00:00	37.541	56.792	50	100
	15:00:00	41.564	59.789	50	100
	16:00:00	40.602	58.24	50	100
	17:00:00	31.394	59.522	50	100
	18:00:00	29.362	54.783	50	100
	19:00:00	25.431	47.826	50	100
	20:00:00	21.722	42.355	50	100
	21:00:00	23.986	44.729	50	100
	22:00:00	25.457	46.618	50	100
	23:00:00	33.91	57.27	50	100

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 37. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh073 – Av Arequipa – Jr Manuel Segura.

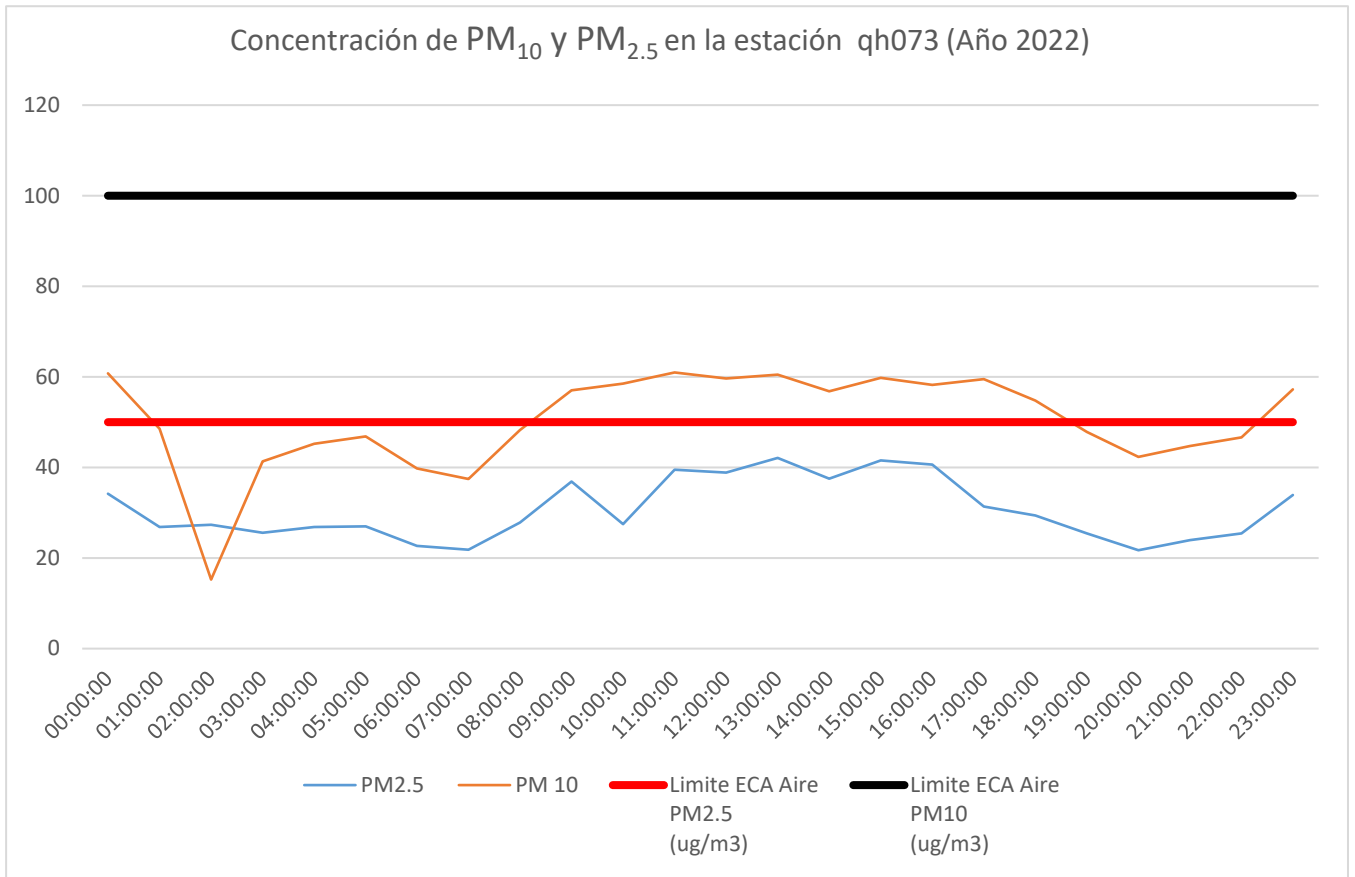


Tabla 35. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh042 – EX SETAME – Vía Evitamiento.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003-2017-MINAM	D.S. 003-2017-MINAM
Qh042	00:00:00	15.56	27.079	50	100
	01:00:00	15.073	25.998	50	100
	02:00:00	14.156	23.59	50	100
	03:00:00	13.162	21.062	50	100
	04:00:00	12.254	18.763	50	100
	05:00:00	12.231	18.378	50	100
	06:00:00	11.881	17.647	50	100
	07:00:00	12.089	18.058	50	100
	08:00:00	12.739	19.569	50	100
	09:00:00	14.743	24.604	50	100
	10:00:00	19.996	32.785	50	100
	11:00:00	29.96	42.434	50	100
	12:00:00	36.219	52.232	50	100
	13:00:00	40.835	60.407	50	100
	14:00:00	40.715	62.785	50	100
	15:00:00	41.531	64.876	50	100
	16:00:00	48.244	62.247	50	100
	17:00:00	38.4	58.07	50	100
	18:00:00	29.67	45.246	50	100
	19:00:00	17.489	33.425	50	100
	20:00:00	15.433	28.537	50	100
	21:00:00	14.432	25.767	50	100
	22:00:00	13.522	23.301	50	100
	23:00:00	13.086	22.535	50	100

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 38. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh042 – EX SETAME – Vía Evitamiento.

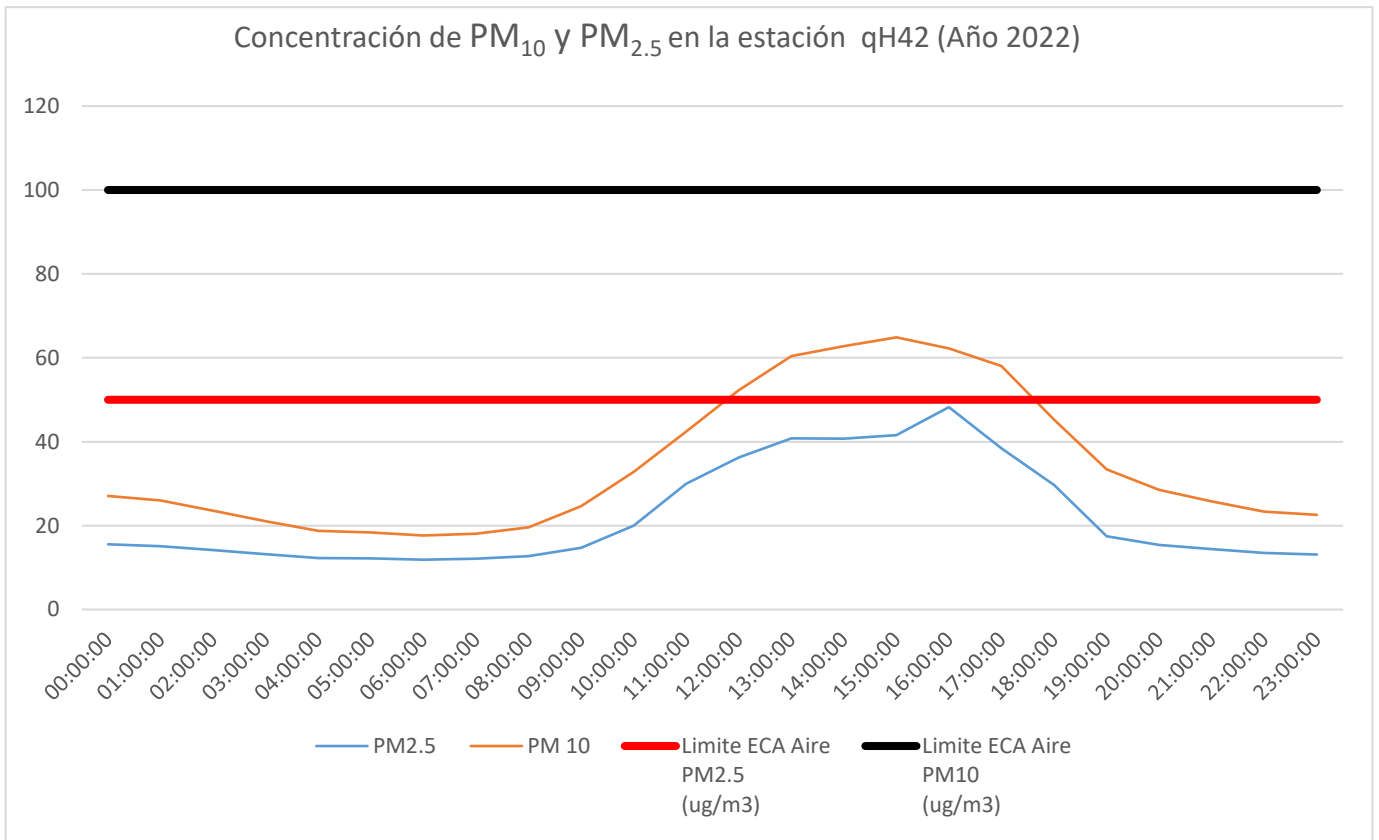
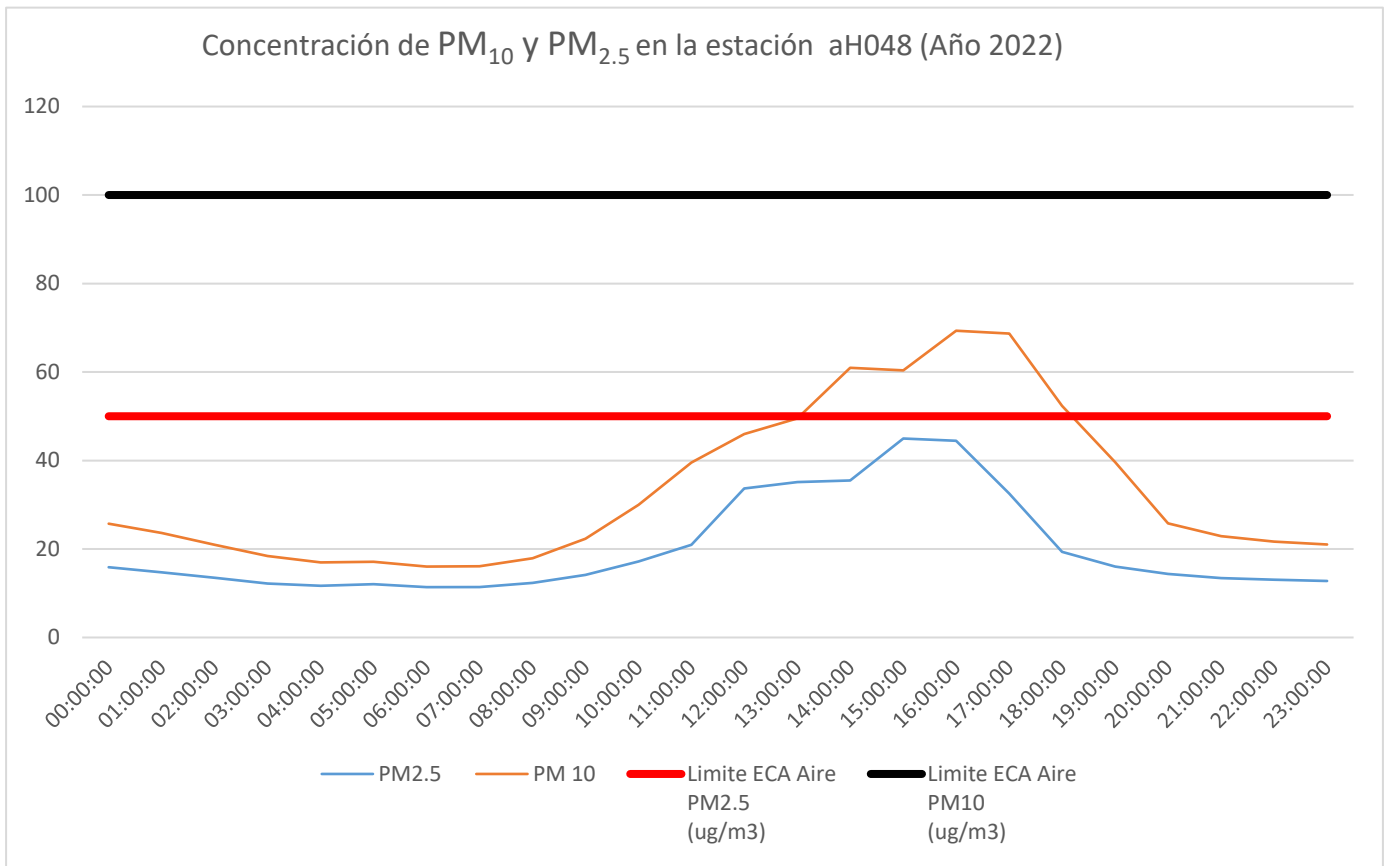


Tabla 36. Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh048 – Centro Infantil Municipal las Mercedarias – Barrios Altos.

ESTACION	HORA	PM _{2.5}	PM ₁₀	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
				D.S. 003- 2017- MINAM	D.S. 003- 2017- MINAM
Qh048	00:00:00	15.865	25.696	50	100
	01:00:00	14.7	23.606	50	100
	02:00:00	13.477	20.959	50	100
	03:00:00	12.183	18.39	50	100
	04:00:00	11.689	16.989	50	100
	05:00:00	12.017	17.091	50	100
	06:00:00	11.373	16.025	50	100
	07:00:00	11.425	16.119	50	100
	08:00:00	12.312	17.928	50	100
	09:00:00	14.142	22.345	50	100
	10:00:00	17.174	29.999	50	100
	11:00:00	20.934	39.517	50	100
	12:00:00	33.649	45.988	50	100
	13:00:00	35.139	49.522	50	100
	14:00:00	35.472	60.931	50	100
	15:00:00	44.967	60.404	50	100
	16:00:00	44.454	69.328	50	100
	17:00:00	32.502	68.693	50	100
	18:00:00	19.325	52.306	50	100
	19:00:00	16.007	39.589	50	100
	20:00:00	14.346	25.766	50	100
	21:00:00	13.395	22.921	50	100
	22:00:00	13.072	21.671	50	100
	23:00:00	12.801	21.037	50	100

Fuente. <https://qairamap.qairadrones.com/#/mml> – Municipalidad Metropolitana de Lima. 2022

Figura 39. Concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación Qh048 – Centro Infantil Municipal las Mercedarias – Barrios Altos.



Con respecto a los datos de monitoreo analizados, el análisis estadístico nos indica que el intervalo de confianza de los datos para el caso de material particulado PM₁₀ fue de 80% a comparación del PM_{2.5} fue del 95% en ambos casos se evidencia que los datos utilizados son confiables y válidos.

Tabla 36. Correlación de datos de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5}

Material particulado	R regresión lineal	Intervalo de confianza
PM ₁₀	0.60	80%
PM _{2.5}	0.94	95%

B. Objetivo Especifico 2. Determinar las características del PM₁₀ y PM_{2.5} mediante el uso de imágenes satelitales Landsat para una propuesta de un plan de minimización Lima 2022.

Las imágenes del satélite Landsat 8 y 9 correspondiente al área de estudio se descargaron del servidor de imágenes del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS).

Figura 40. Portal del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

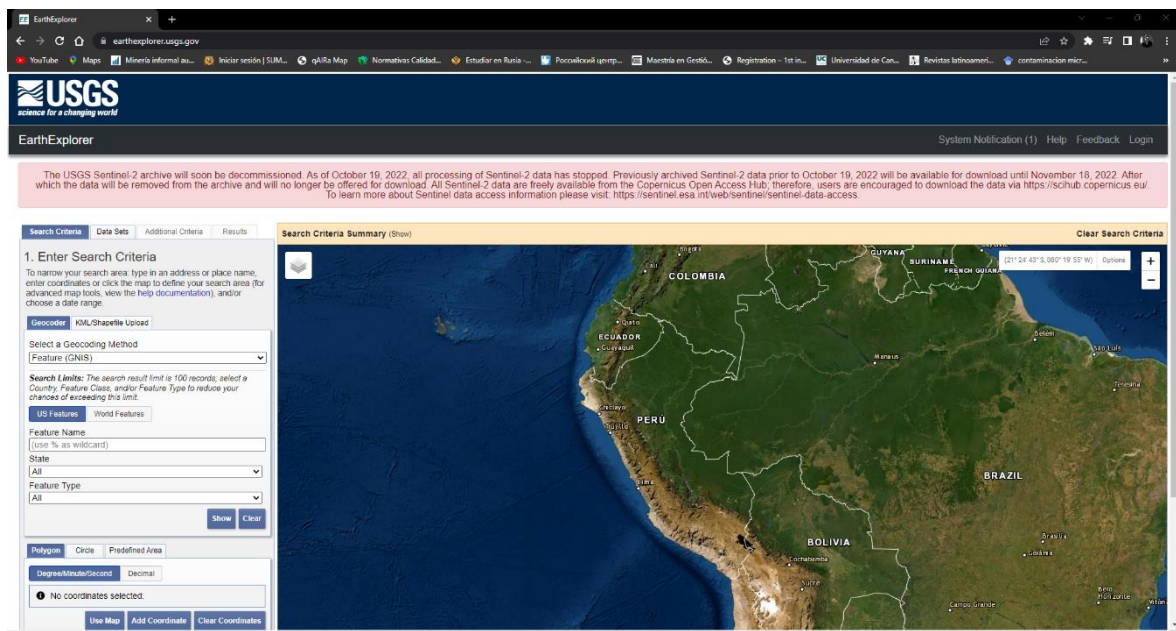
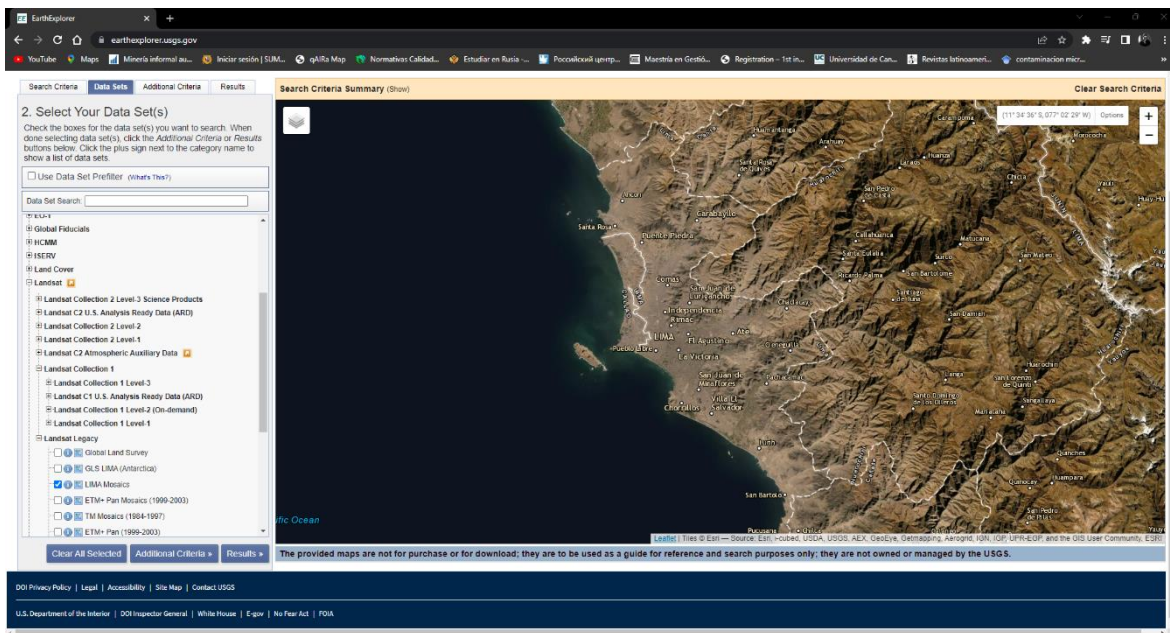


Figura 41. Extracción de Imagen satelital LANDSAT 8 y 9 del área de estudio.



Posterior a ello se aplicó y consideró un porcentaje de nubosidad menor al 20% y de esta manera se procedió a extraer las imágenes satelitales LANDSAT de 14 bandas espectrales correspondientes a los satélites 8 y 9.

A través del software ARCGIS 10.8 se procedió a georreferenciar las imágenes satelitales y a realizar la composición de bandas espectrales para el análisis de la concentración del material particulado en el ámbito de estudio.

Se procedió a realizar una secuencia de procesos con las imágenes satelitales LANDSAT 8 y 9 del ámbito de estudio que permitió el análisis de las concentraciones del material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} en Lima Metropolitana.

De esta manera se obtuvo las características y concentración de material particulado en Lima Metropolitana cuyo resultado de concentración es MODERADO a ALTO

Figura 42. Escena Path: 7 Row: 68 de Imagen satelital LANDSAT 8 y 9 del área de estudio – Lima Metropolitana

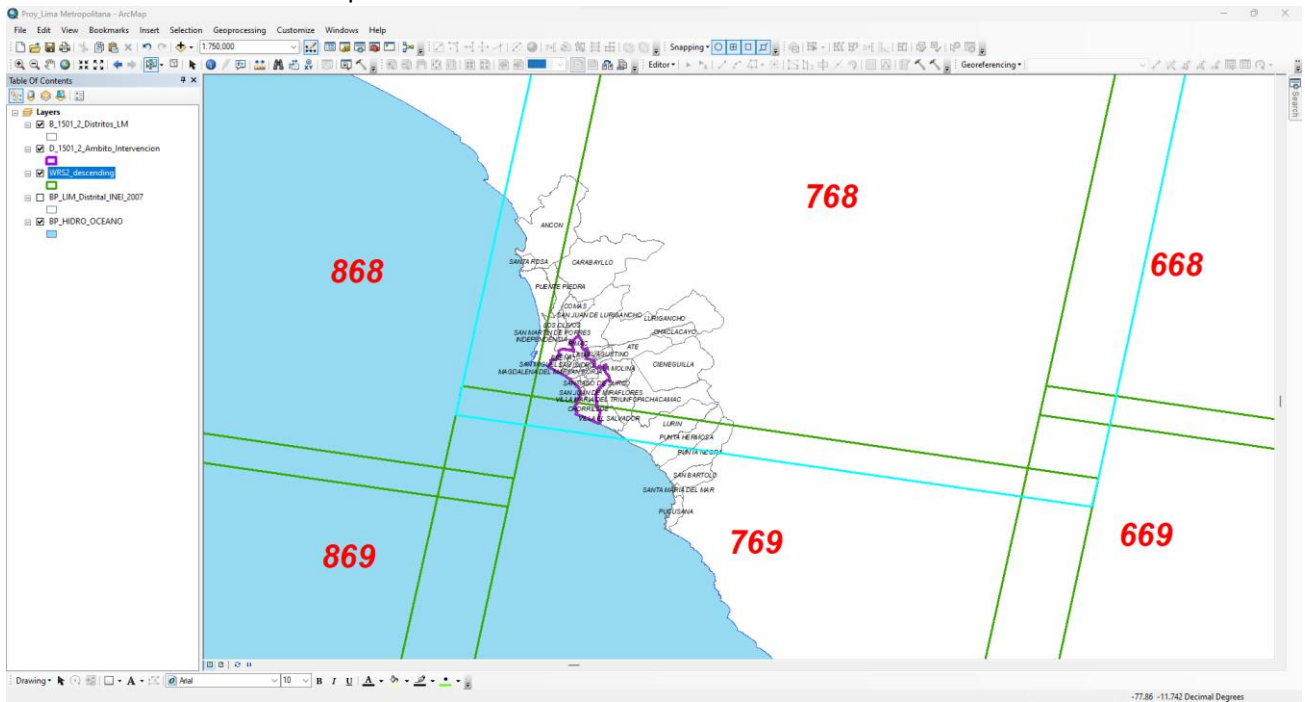
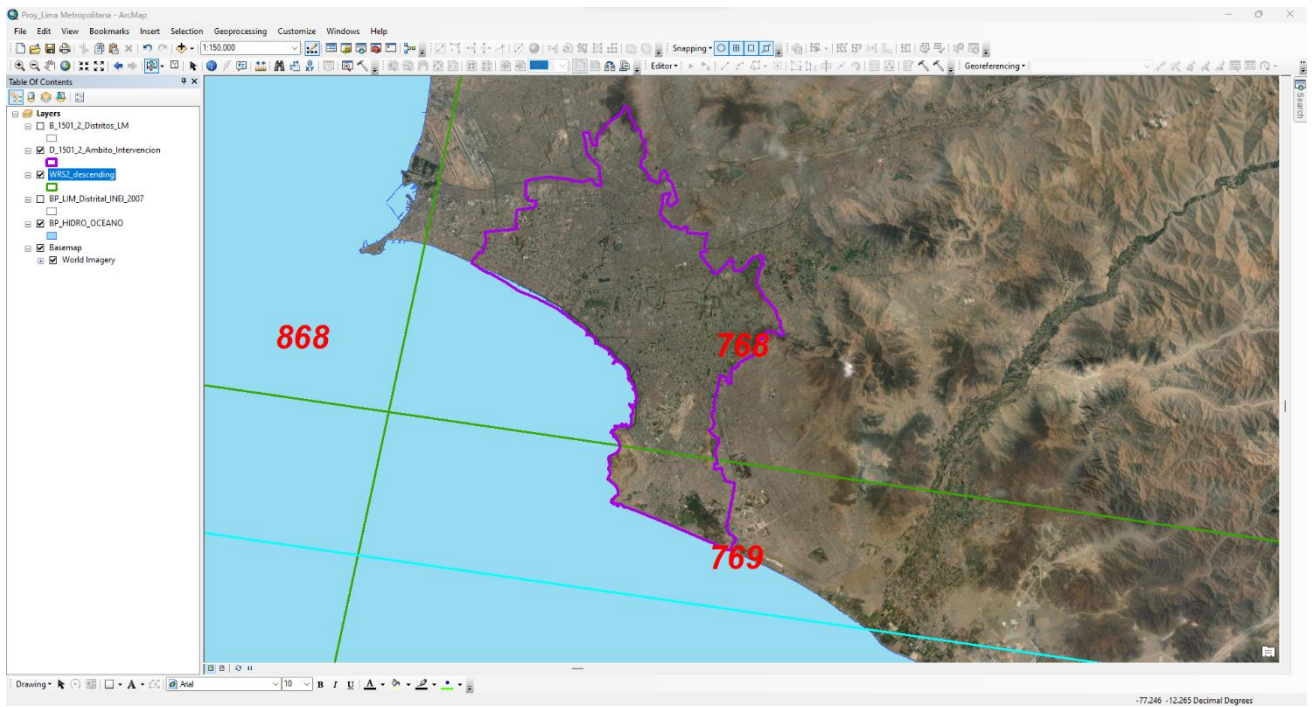


Figura 43. Imágenes satelitales LANDSAT 8 y 9 del área de estudio – Lima Metropolitana.



De esta manera se obtuvo las características y concentración de material particulado en Lima Metropolitana cuyo resultado de concentración es MODERADO a ALTO.

Figura 44. Concentración de material particulado PM₁₀ a través de imágenes satelitales LANDSAT 8 y 9 del área de estudio.

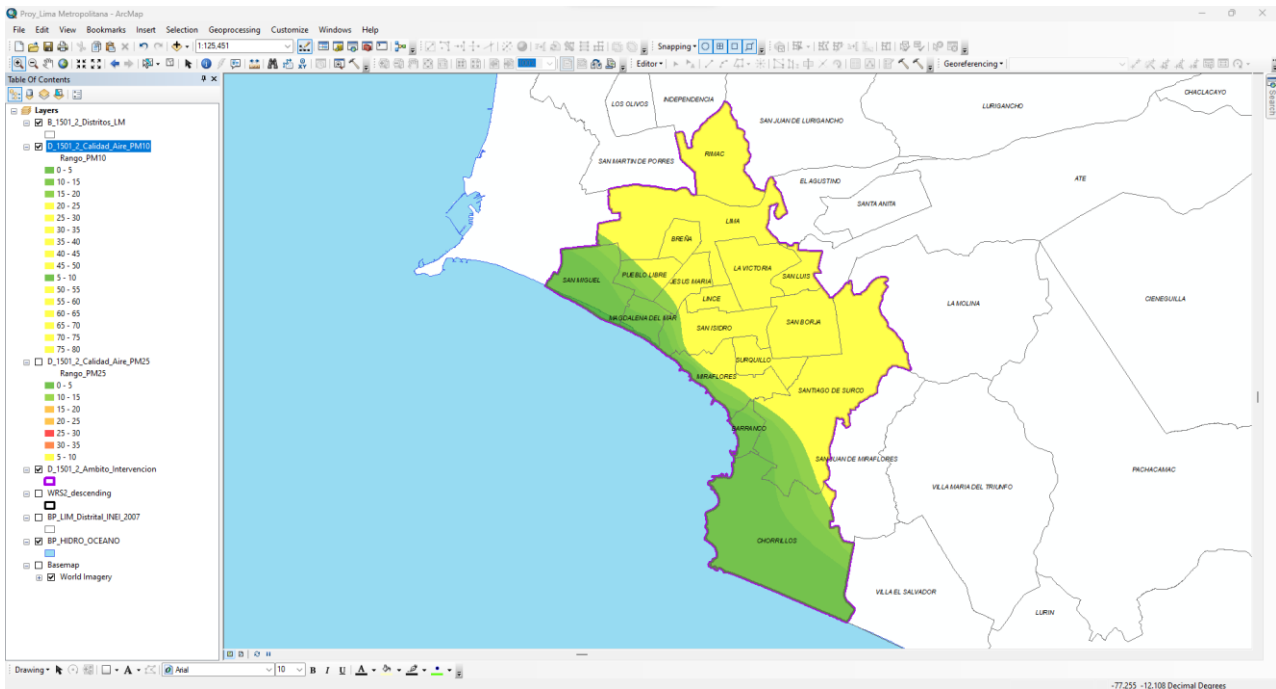
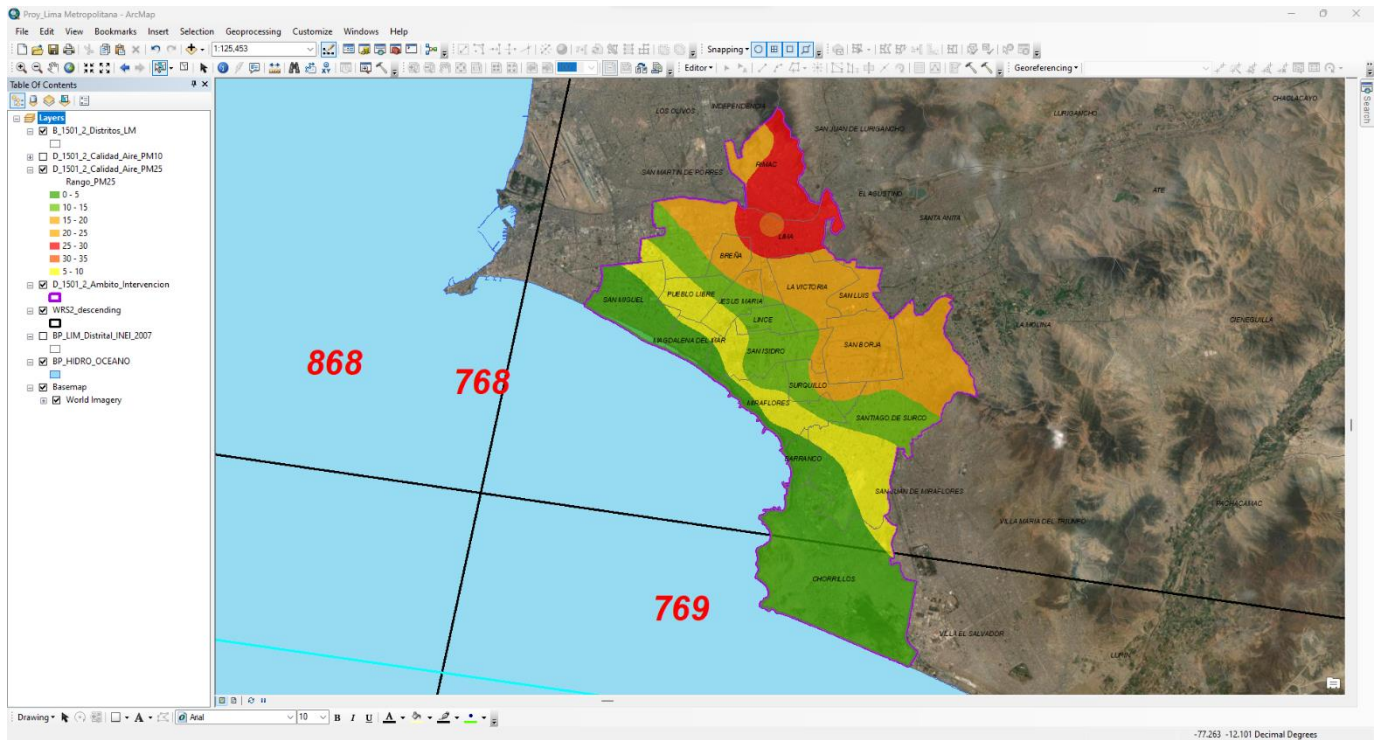


Figura 45. Concentración de material particulado $PM_{2.5}$ a través de imágenes LANDSAT 8 y 9 del área de estudio.



C. Objetivo Especifico 3. Determinar la propuesta de un plan de minimización de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} Lima 2022.

La propuesta de plan de minimización de las concentraciones de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} en Lima Metropolitana específicamente en los distritos de Breña, Cercado de Lima, La Victoria, Lince y Breña acordaran a la ampliación de la red de monitoreo LowCost, así como la construcción de jardines verticales en puntos estratégicos de mayor concentración de material particulado orientadas bajo lineamientos de planes de reducción de contaminación de la calidad del aire.

Con respecto a la ampliación de la red de monitoreo Low-cost

Se articula con diferentes elementos del territorio de lima metropolitana acorde a las condiciones ambientales en cuanto a la topografía, límites de cuencas, dinámica atmosférica, entre otros aspectos. Esta propuesta se sugiere este compuesta por 50 estaciones de monitoreo de la calidad del aire considerando los siguientes componentes, tenemos:

- Adquisición de equipos de monitoreo de calidad de aire y ruido
- Implementación de un sistema de control y fiscalización de la contaminación atmosférica
- Mejoramiento de capacidades para el control y monitoreo de la calidad de aire y ruido (Capacitación técnicos municipales)
- Mantenimiento del sistema de vigilancia ambiental de la calidad de aire para Lima Metropolitana

Descripción costos de infraestructura de la propuesta

▪ Ítem	Costo Referencial	%
Adquisición de equipos de monitoreo de calidad de aire.	S/35,000,00 0.00	32.35
Implementación del área de vigilancia ambiental de la calidad de aire en el área Sistema de Información Ambiental (software, equipamiento, dotación de insumos de oficina).	S/95,000.00	0.25

De esta manera, se pueda habilitar una plataforma virtual integral en el cual se muestre toda la información de las estaciones en calidad de aire; para que, de esta forma se pueda identificar las zonas de mayor impacto.

Así mismo es importante mencionar que la información resultante de la propuesta desde este sistema de vigilancia tendrá participación en la emisión de boletines mensuales y anuales, que deberán que contribuirán con aportes en materia científica para que servirán de insumo para estudios más específicos en materia ambiental.

Problema central

- Ausencia de un sistema de monitoreo ambiental de la calidad ambiental en aire en forma integral para Lima Metropolitana.

Causas

- Alteración en el ruido ambiental procedente del tránsito vehicular y/o actividades productivas.
- Alteración de la calidad de aire por la emisión de material particulado y gases procedentes del tránsito vehicular y emisiones fijas.
- Deficiencia en la actividad de vigilancia y fiscalización de entidades públicas en el tema de calidad de aire y ruido.
- Ausencia de una plataforma virtual para la integración de datos de las estaciones de calidad de aire y ruido de diversas instituciones.
- Ausencia en la identificación de zonas de mayor contaminación en aire y ruido.

Efectos

- Ausencia de un sistema de vigilancia ambiental en calidad de aire y ruido que trabaje en forma integral y articulada para la edificación de zonas de mayor impacto.
- Medio ambiental inadecuado que propicia el desarrollo de enfermedades asociadas al componente aire y ruido.
- Ineficiencia en la adopción de políticas y fiscalización de zonas de mayor impacto por contaminación de aire y ruido.

La propuesta de minimización plantea la ubicación de 35 estaciones de monitoreo de calidad de aire en relación a los beneficiarios indirectos son toda la población que pertenece a Lima Metropolitana.

V. DISCUSIÓN

Respecto a la identificación de datos de monitoreo en comparación con estos dos materiales (PM_{10} y $PM_{2.5}$ respectivamente) nos indicaron que existe una mayor correlación del $PM_{2.5}$ y siendo a su vez el de mayor incidencia de concentración en Lima Metropolitana con un intervalo de confianza del 95%. Sin embargo, al momento de procesar la información de 24 horas de las estaciones low cost de los monitoreos se observó que el PM_{10} no fue muy incidente con un comportamiento correlacional del 0.60 a intervalo de confianza de 80% en categoría medio.

Ante ello (Valdivia S. A., 2016) afirma que la variación plurianual de PM_{10} y $PM_{2.5}$ muestra una tendencia a la baja moderada para PM_{10} y leve para $PM_{2.5}$, pero se deben tomar medidas de control para evitar su incremento. El norte, sur y este de Lima tienen los valores más altos de PM_{10} y $PM_{2.5}$. Los valores de la relación PM_{10} y $PM_{2.5}$ en Lima metropolitana van de 0.50 (Lima Norte) a 0.75 (Callao) y el promedio de la ciudad es de 0.65.

En otra instancia la estación qH050 es la que registra mayor incidencia de concentración de material particulado $PM_{2.5}$ ($86 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a comparación de las demás estaciones y cuyo aumento de registro se da en el lapso de las 13:00 horas hasta las 16:00 horas y vuelve a presentar una tendencia de crecimiento desde las 20:00 horas hasta las 21:00 horas, La estación de monitoreo qH073 registra un crecimiento exponencial de concentración de material particulado $PM_{2.5}$ desde las 17:00 horas hasta las 20:00 horas con un valor de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Con respecto a las características del PM_{10} y $PM_{2.5}$ mediante el uso de las imágenes satelitales LANDSAT 8 y 9, fue acertado considerar porcentaje de nubosidad menos del 20% ya que nos arrojó un resultado válido del comportamiento de las concentraciones de estos tipos de materiales particulados en suspensión, pero es la imagen LANDSAT 9 la que nos precisó un mejor resultado de estos dos tipos de materia particulado.

No obstante (Regalado Cotrina, 2020) afirma que existe presencia de material particulado en los meses marzo y abril, concluye que las concentraciones

de PM_{10} en ambos meses de las tres estaciones no sobrepasan el límite mínimo de $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ alcanzando como resultado una calidad de aire buena, a diferencia del $PM_{2.5}$ que si sobrepasa el umbral mínimo que es de $12.5\mu\text{g}/\text{m}^3$, como resultado una calidad de aire mala.

VI. CONCLUSIONES

- La identificación de los datos de monitoreo PM₁₀ y PM_{2.5} respecto a la normativa ECA Calidad del Aire D.S. 003-2017-MINAM para una propuesta de un plan de minimización Lima 2022 permitió tener el análisis actual de las condiciones de concentración del material particulado presente en donde se evidenció que para el caso del PM_{2.5} se presenta mayor concentración en el horario de 10 am a 12 pm fluctuando entre 59.289 ug/m³ hasta los 82.224 ug/m³ siendo estas horas las más críticas y sobrepasando el valor máximo permitido según ECA Aire (50 ug/m³). En relación al PM₁₀ si bien es cierto que se refleja valores de concentración que fluctúa entre los 60.752 ug/m³ a 72.252 ug/m³ y en horario de las 6am (84.219 ug/m³), 7am (82.104 ug/m³), 14:00 horas (77.034 ug/m³), 15:00 horas (86.995 ug/m³) y 20:00 horas (87.059 ug/m³) no sobrepasa el valor ECA Calidad Aire estipulado (100 ug/m³)
- La determinación de las características del PM₁₀ y PM_{2.5} mediante el uso de imágenes satelitales Landsat para una propuesta de un plan de minimización Lima 2022 fue apropiada y pertinente ya que para el caso del PM₁₀ su concentración es media, pero con tendencia a pasar a un nivel moderado en donde los distritos más afectados son Breña, Lima Cercado, La Victoria, Rímac, San Luis, Lince, San Borja, Santiago de Surco. A comparación del PM_{2.5}, el procesamiento de imágenes satelitales nos indica que la concentración muy crítica de este tipo de material particulado se da en los distritos de Lima Cercado y el Rímac con valores que van entre 82.025 ug/m³ a 85 ug/m³ respectivamente y una categorización de nivel moderado en los distritos de Breña, La Victoria, San Luis y San Borja con valores que fluctúan entre los 70.5 ug/m³ a 76.5 ug/m³.
 - La caracterización del material particulado PM_{2.5} con el empleo de las imágenes satelitales LANDSAT 8 y 9 nos indica que los distritos del Rímac, Lima Cercado, La Victoria, Breña, San Luis presentan altos índices de material particulado de este tipo que sobrepasa lo establecido en la normativa ambiental vigente teniéndose que para el distrito del Rímac, Cercado de Lima y La Victoria las variaciones fluctúan entre 70 ug/m³ a 85 ug/m³ y siendo los más perjudiciales para la salud de los pobladores residentes por ello la propuesta del plan de minimización es considerablemente favorable para reducir estos contaminantes.

VII. RECOMENDACIONES

- Innovar e implementar tecnologías de infraestructura verde a nivel de lima metropolitana con apoyo de estudios específicos de ingeniería a y a nivel de diseño arquitectónico urbano.
- Impulsar el uso de tecnologías de información geoespacial para el análisis de escenarios en el mediano plazo acerca de las concentraciones de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el ámbito de estudio.
- Llevar a cabo nuevas investigaciones en materia de calidad del aire a nivel local e interurbano que viabilicen acciones estratégicas y toma de decisiones de reducción de la contaminación atmosférica en el ámbito de estudio.
- Se recomienda que los pobladores residentes en Lima Metropolitana participen en programas de sensibilización ambiental en calidad del aire y que se involucren como agentes de cambio en materia ambiental.
- Se recomienda que la presente investigación sirva como modelo y guía técnica para poder replicarla en otros territorios que presenten esta misma problemática de contaminación atmosférica como es el caso de Cusco y en la cual se pueda implementar tecnologías de bajo costo denominadas “Low Cost”.

REFERENCIAS

- Aldunate, P. P. (2006). Los efectos de la contaminación atmosférica por PM10 sobre la salud ciudad de La Paz-Bolivia (3650 msnm). *Acta Nova*, 3(2), 422-442.
- Álvarez-Tolentino, D. &.S. (2020). Aporte cuantitativo de las fuentes de PM10 y PM2.5 en sitios urbanos del valle del Mantaro, Perú. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 875-892.
- Andi Shiguango, J. G. (2019). Determinación y caracterización de las concentraciones de material particulado sedimentable y volátil en el sector Calpi, cantón Riobamba por incidencia industrial . *Bachelor's thesis, Universidad Nacional de Chimborazo*.
- Arciniegas Suarez, C. A. (2012). Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM10. *Luna Azul*, 195-213.
- Medina, E. &. (2016). Análisis y modelamiento a micro-escala de las concentraciones de material particulado PM10 en Lima, Perú. *Revista ECIPerú Volumen, 10(1)*., 1-9.
- Méndez Espinosa, J. F. (2017). Estimación de factores de emisión de material particulado resuspendido antes, durante y después de la pavimentación de una vía en Bogotá. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina.*, 43-60.
- Moya Álvarez, A. S. (2017). Determinación de la presencia de partículas (PM 10) en Perú producidas por quema de biomasa con ayuda de modelos numéricos. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 33(1), 99-108.
- OMS. (2005). Guia de Calidad del aire y su fundamento. In Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre Actualización. 5, 1-21. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf;jsessionid=970454FA25DFB60943EBC3409FF7E87B?ssequence=1
- Ortiz-Durán, E. Y.-R. (2013). Estimación de los beneficios económicos en salud asociados a la reducción de PM10 en Bogotá. *Revista de Salud Pública*, 90-102.
- Rojano, R. E. (2013). Niveles de partículas suspendidas totales (PST), PM10 y PM2.5 y su relación en lugares públicos de la Ciudad Riohacha, Caribe colombiano. *Información tecnológica*, 37-46.
- Salini Calderón, G. A. (2017). Estudio sobre la dinámica temporal de material particulado PM 10 emitido en Cochabamba, Bolivia. *Revista internacional de contaminación ambiental*., 437-448.

- Suárez-Salas, L. Á. (2017). Caracterización química del material particulado atmosférico del centro urbano de Huancayo, Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 187-199.
- Tejada Ancco, O. A. (2018). Implementación de un sistema de mitigación de material particulado en el area de chancado mediante la aplicación de niebla seca en la unidad belen de la Empresa Minera Titan del Perú SRL. *UNSA*, 114.
- Valdivia, S. A. (2016). Análisis temporal y espacial de la calidad del aire determinado por material particulado PM10 y PM2, 5 en Lima Metropolitana. *In Anales Científicos* , 273-283.
- Yépez, R. C. (2022). Lo que debemos de saber sobre las partículas atmosféricas PM10. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 16, 1-8.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Operacionalización de Variables

Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDADES DE MEDICIÓN
Variable 1 (V.1) Evaluación de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5}	La calidad ambiental del aire se determina en la concentración de los contaminantes de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} respecto a lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental.	Para determinar la caracterización del PM ₁₀ y PM _{2.5} se tomará de acuerdo los puntos de monitoreo teniendo como característica la zona y se realizará mediante el uso de imágenes satelitales Landsat.	Características de la zona de estudio	Industria	Cantidad de puntos y %
				Punto de afluencia	
			Puntos de Monitoreo	24 en Lima	Cantidad de puntos de monitoreo
				4 Breña	
				3 La Victoria	
				2 Lince	
			Características del PM ₁₀ y PM _{2.5}	Temperatura	µg/m ³ T Hr
				Humedad relativa	
				Barlovento	
				Sotavento	

Variable 2 (V.2) Propuesta de un plan de minimización	Conjunto de lineamientos y estrategias cuya aplicabilidad se orienta a la toma de acciones de reducción de efectos nocivos al ambiente.	Se determina mediante la elaboración de estrategias ambientales asociadas a la reducción del material particulado en el ámbito de estudio	Propuestas y estrategia de minimización	Puntos críticos	- % de puntos críticos identificados
--	---	---	---	-----------------	--------------------------------------

Anexo 2: Matriz de Consistencia

Problemas	Objetivos	Variable	Definición conceptual	Definición Operacional			
				Dimensión	Indicadores	Unidad de medida	Instrumento/Técnica
<p>PG. ¿Cómo es el comportamiento del material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} mediante el uso de imágenes satelitales LANDSAT para una propuesta de un plan de minimización Lima, 2022?</p>	<p>OG. Evaluar la calidad de aire de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} mediante el uso de imágenes satelitales LANDSAT para la elaboración de una propuesta de un plan de minimización en Lima, 2022.</p>	<p>V1 Material particulado PM₁₀ y PM_{2.5}</p>	<p>La calidad ambiental del aire se determina en la concentración de los contaminantes de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} respecto a lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental.</p>	<p>Características de la zona de estudio</p> <p>Puntos de Monitoreo</p> <p>Características del PM₁₀ y PM_{2.5}</p>	<p>Industria Punto de afluencia</p> <p>24 en Lima 4 Breña 3 La Victoria 2 Lince</p> <p>Temperatura Humedad relativa Barlovento Sotavento</p>	<p>Cantidad de puntos y %</p> <p>µg/m³ T Hr</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ficha de Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} - Ficha de Procesamiento Satelital
<p>PE. A. ¿Cuáles son las concentraciones del material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} respecto a la normativa ECA Calidad del Aire</p>	<p>O.E. A. Identificar los datos de monitoreo PM₁₀ y PM_{2.5} respecto a la normativa ECA Calidad del Aire D.S. 003-2017 MINAM para una propuesta de un plan de minimización Lima 2022.</p>	<p>V2 Propuesta de un plan de Minimización</p>	<p>Conjunto de lineamientos y estrategias cuya aplicabilidad se orienta a la toma de acciones de reducción de efectos</p>	<p>Propuesta y estrategia en minimización</p>	<p>Puntos críticos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Número de ordenanzas municipales para la reducción del material particulado - Número de planes de reducción de material existente 	

<p>D.S. 003-2017 MINAM para una propuesta de un plan de minimización Lima, 2022?</p> <p>B. ¿Cuáles son las características del PM₁₀ y PM_{2.5} mediante el uso de imágenes satelitales Landsat para una propuesta del plan de minimización Lima 2022?</p> <p>C. ¿Cómo se determinará la propuesta de un plan de minimización de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} Lima 2022?</p>	<p>B. Determinar las características del PM₁₀ y PM_{2.5} mediante el uso de imágenes satelitales Landsat para una propuesta de un plan de minimización Lima 2022.</p> <p>C. Determinar la propuesta de un plan de minimización de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} Lima 2022.</p>		<p>nocivos al ambiente.</p>				
---	---	--	-----------------------------	--	--	--	--

Anexo 3. Validación de Instrumentos de recolección de datos

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 1

I. DATOS GENERALES

Nombres y Apellidos	: Ing. Peter Francis Trujillo Quirita
Cargo e institución donde labora	: Especialista Ambiental
Especialidad o línea de investigación	: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
Nombre del instrumento motivo de evaluación	: Ficha de Registro de material particulado PM10 y PM2.5
Autor del Instrumento	: Luis Marcelo Champi Castro

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible													X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos													X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica													X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos													X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación

SI

X

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

NO

85%

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN
Cusco, 2 de noviembre del 2022



Peter Francis Trujillo Quirita
DNI 71467481
CIP 222592

Anexo 4. Validación del instrumento 2.

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 2

V. DATOS GENERALES

Nombres y Apellidos	: Ing. Mario Enrique Robles Cusihualpa
Cargo e institución donde labora	: Especialista Ambiental
Especialidad o línea de investigación	: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
Nombre del instrumento motivo de evaluación	: Ficha de procesamiento satelital
Autor del Instrumento	: Luis Marcelo Champi Castro

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE					ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100		
11. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible													X		
12. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos													X		
13. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación													X		
14. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica													X		
15. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X		
16. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													X		
17. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos													X		
18. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X		
19. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis													X		
20. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico													X		

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación

SI

X

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

NO

X

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Cusco, 2 de noviembre del 2022



Mario Enrique Robles Cusihuallpa
DNI 44114034
CIP 194648

Anexo 5. Instrumentos de recolección de datos

Ficha 1 de Registro de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5}

HORA	PM _{2.5} MÁXIMO	PM ₁₀ MÁXIMO	Límite ECA Aire PM _{2.5} (ug/m ³)	Límite ECA Aire PM ₁₀ (ug/m ³)
0	34.227	60.752	50	100
1	29.589	59.377	50	100
2	35.603	68.566	50	100
3	34.412	65.888	50	100
4	37.757	55.499	50	100
5	38.543	61.036	50	100
6	43.793	84.219	50	100
7	48.149	82.104	50	100
8	43.289	72.252	50	100
9	47.282	72.104	50	100
10	59.289	69.458	50	100
11	71.29	69.478	50	100
12	82.224	70.644	50	100
13	42.102	69.245	50	100
14	40.715	77.034	50	100
15	44.967	86.995	50	100
16	48.244	69.328	50	100
17	38.4	68.693	50	100
18	35.676	61.376	50	100
19	36.349	68.862	50	100
20	47.546	87.059	50	100
21	49.443	66.46	50	100
22	38.146	65.908	50	100
23	33.91	64.293	50	100

Anexo 6. Instrumentos de recolección de datos.

Ficha 2 de Procesamiento Satelital

CÓDIGO DE IMAGEN SATELITAL	SISTEMA DE COORDEMADAS	FECHA DE LA IMAGEN SATELITAL	SENSOR REMOTO	CANTIDAD DE BANDAS ESPECTRALES	% DE NUBOSIDAD
LANDSAT ETM7	UTM WGS84 Zona 18 Sur	12/2022	SENSOR LANDSAT	14	15
LANDSAT ETM 8	UTM WGS84 Zona 18 Sur	12/2022	SENSOR LANDSAT	14	15
LANDSAT ETM 9	UTM WGS84 Zona 18 Sur	12/2022	SENSOR LANDSAT	14	15



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, QUIJANO PACHECO WILBER SAMUEL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Evaluación de material particulado PM10 y PM2.5 mediante imágenes satelitales LANDSAT para una propuesta de un plan de minimización Lima, 2022", cuyo autor es CHAMPI CASTRO LUIS MARCELO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 21.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 03 de Marzo del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
QUIJANO PACHECO WILBER SAMUEL DNI: 06082600 ORCID: 0000-0001-7889 -7928	Firmado electrónicamente por: WLSAMUELQUP el 03-03-2023 19:16:03

Código documento Trilce: TRI - 0535578