UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
Facultad de Ingeniería

Laboratorio GIGA

INFORME FINAL DE CALIDAD DEL AIRE DE LA CAMPAÑA DE MONITOREO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO CORNARE– UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA NÚMERO 481-2021 QUE TIENE COMO OBJETO DESARROLLAR LA CAMPAÑA DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE MANERA SIMULTÁNEA EN CUATRO (4) PUNTOS, UBICADOS EN LA SUBREGIÓN VALLES DE SAN NICOLÁS Y EN LA ZONA CALERA DE LA SUBREGIÓN BOSQUES REALIZANDO EL MUESTREO Y EVALUACIÓN DE LOS CONTAMINANTES CRITERIO SOLICITADOS EN CONJUNTO CON LA VERIFICACIÓN METROLÓGICA DE LOS MEDIDORES DE PARTÍCULAS Y VARIABLES METEOROLÓGICAS DE LA CORPORACIÓN

ELABORADO POR
LABORATORIO DEL GRUPO DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL
LABGIGA

FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

MEDELLÍN

2022-03-31

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 7

2 OBJETIVOS 8
2.1 OBJETIVO GENERAL 8
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8

3 INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA 8

4 NORMATIVA 8

5 METODOLOGÍA 9
5.1 PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 2.5 MICRAS ($PM_{2.5}$) 9
5.2 PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRAS HIVOL (PM_{10}) 11
5.3 EQUIPOS UTILIZADOS 12

6 PUNTOS DE MUESTREO 15
6.1 DESCRIPCIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO 15

7 RESULTADOS 21
7.1 CALIDAD DEL AIRE 21
7.1.1 ESTACION DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE; CORREGIMIENTO JERUSALEN 21
7.1.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE; CORREGIMIENTO LA DANTA 23
7.1.3 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE; ALCALDÍA DE GUARNE 24
7.1.4 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE; HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA 25
7.2 METEOROLOGÍA 27
7.2.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE; CORREGIMIENTO JERUSALÉN 27
7.2.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE; CORREGIMIENTO LA DANTA 35
7.2.3 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE; ALCALDÍA DE GUARNE 43
7.2.4 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE; HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA 52

8 ANÁLISIS DE RESULTADOS 61
8.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE; CORREGIMIENTO JERUSALÉN. 61
8.1.1 PARTÍCULAS MENORES A 2.5 MICRAS ($PM_{2.5}$) 61
8.1.2 PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS (PM_{10}) 63
8.1.3 RELACIÓN ENTRE PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS (PM_{10}) Y PARTÍCULAS MENORES A 2.5 MICRAS ($PM_{2.5}$) 65
8.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE; CORREGIMIENTO LA DANTA. 66

8.2.1 PARTÍCULAS MENORES A 2.5 MICRAS ($PM_{2.5}$) 66
8.2.2 PARTICULAS MENORES A 10 MICRAS (PM_{10}) 68
8.2.3 RELACIÓN ENTRE PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS (PM_{10}) Y PARTÍCULAS MENORES A 2.5 MICRAS ($PM_{2.5}$) 70
8.3 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE; ALCALDÍA DE GUARNE 71
8.3.1 PARTICULAS MENORES A 2.5 MICRAS ($PM_{2.5}$) 71
8.3.2 PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS (PM_{10}) 73
8.3.3 RELACIÓN ENTRE PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS (PM_{10}) Y PARTÍCULAS MENORES A 2.5 MICRAS ($PM_{2,5}$) 75
8.4 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE; HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA 76
8.4.1 PARTÍCULAS MENORES A 2.5 MICRAS ($PM_{2.5}$) 76
8.4.2 PARTICULAS MENORES A 10 MICRAS (PM_{10}) 78
8.4.3 RELACIÓN ENTRE PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS (PM_{10}) Y PARTÍCULAS MENORES A 2,5 MICRAS ($PM_{2,5}$) 80

9 ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AIRE – ICA 81

10 REPORTES A LA PLATAFORMA SISAIRE 88

11 CONCLUSIONES 90

12 RESPONSABILIDAD 91

13 NOTAS DE CAMBIO 91

14 BIBLIOGRAFÍA 92

ANEXO 1. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN 94

ANEXO 2. RESOLUCIÓN DE ACREDITACIÓN LABGIGA 95

ANEXO 3. RESOLUCIÓN DE ACREDITACIÓN LABORATORIOS SUBCONTRATADOS 96

ANEXO 4. RESULTADOS DE LABORATORIO 97

ANEXO 5. MEMORIAS DE CÁLCULO 98

ANEXO 6. FORMATOS SISAIRE 99

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire 9
Tabla 2. Información equipos utilizados 13
Tabla 3. Ubicación de puntos de monitoreo. 15
Tabla 4. Concentraciones diarias medidas en Jerusalén. 22
Tabla 5. Concentraciones diarias medidas en La Danta. 23
Tabla 6. Concentraciones diarias medidas en Guarne. 24
Tabla 7. Concentraciones diarias medidas en Marinilla. 26
Tabla 8. Variables meteorológicas promedio diario, Jerusalén. 27
Tabla 9. Variables meteorológicas promedio horarias, Jerusalén. 30
Tabla 10. Distribución de frecuencias de la rosa de vientos, Jerusalén. 33
Tabla 11. Variables meteorológicas promedio diario, La Danta. 35
Tabla 12. Variables meteorológicas promedio horarias, La Danta. 38
Tabla 13. Distribución de frecuencias de la rosa de vientos, La Danta. 41
Tabla 14. Variables meteorológicas promedio diario, Alcaldía de Guarne. 43
Tabla 15. Variables meteorológicas promedio horarias, Alcaldía de Guarne. 47
Tabla 16. Distribución de frecuencias de la rosa de vientos, Alcaldía de Guarne. 50
Tabla 17. Variables meteorológicas promedio diario, Hospital San Juan de Dios de Marinilla. 53
Tabla 18. Variables meteorológicas promedio horarias, Hospital San Juan de Dios de Marinilla. 56
Tabla 19. Distribución de frecuencias de la rosa de vientos, Hospital San Juan de Dios de Marinilla. 59
Tabla 20. Puntos de corte ICA 82
Tabla 21. Categorías del Índice de Calidad del Aire. 82
Tabla 22. Índice de Calidad del Aire para los contaminantes monitoreados en Jerusalén 83
Tabla 23. Índice de Calidad del Aire para los contaminantes monitoreados en La Danta 84
Tabla 24. Índice de Calidad del Aire para los contaminantes monitoreados, Alcaldía de Guarne. 85
Tabla 25. Índice de Calidad del Aire para los contaminantes monitoreados, Hospital San Juan de Dios, Marinilla. 86

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfica 1. Variación de la humedad y la temperatura promedio diaria, Jerusalén. 31
Gráfica 2. Variación de la humedad y la temperatura horaria, Jerusalén. 32
Gráfica 3. Rosa de vientos, Jerusalén. 33
Gráfica 4. Distribución de frecuencias de clases de vientos de la rosa de vientos, Jerusalén..... 34
Gráfica 5. Rosa de vientos diurna, Jerusalén Gráfica 6. Rosa de vientos nocturna, Jerusalén34
Gráfica 7. Variación de la humedad y la temperatura promedio diaria, La Danta. 39
Gráfica 8. Variación de la humedad y la temperatura horaria, La Danta. 40
Gráfica 9. Rosa de vientos, La Danta. 41
Gráfica 10. Distribución de frecuencias de clases de vientos de la rosa de vientos, La Danta..... 42
Gráfica 11. Rosa de vientos diurna, La Danta Gráfica 12. Rosa de vientos nocturna, La Danta 43
Gráfica 13. Variación de la humedad y la temperatura promedio diaria, Alcaldía de Guarne. 48
Gráfica 14. Variación de la humedad y la temperatura horaria, Alcaldía de Guarne. 49
Gráfica 15. Rosa de vientos, Alcaldía de Guarne. 50

Gráfica 16. Distribución de frecuencias de clases de vientos de la rosa de vientos, Alcaldía de Guarne. 51
Gráfica 17. Rosa de vientos diurna, Alcaldía de Guarne..... 52
Gráfica 18.Rosa de vientos nocturna, Alcaldía de Guarne..... 52
Gráfica 19. Variación de la humedad y la temperatura promedio diaria, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.. 57
Gráfica 20. Variación de la humedad y la temperatura horaria, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.. 58
Gráfica 21. Rosa de vientos, Hospital San Juan de Dios de Marinilla. 59
Gráfica 22. Distribución de frecuencias de clases de vientos de la rosa de vientos, Hospital San Juan de Dios de Marinilla. 60
Gráfica 23. Rosa de vientos diurna, Hospital san Juan de Dios 60
Gráfica 24. Rosa de vientos nocturna, Hospital San Juan de Dios..... 61
Gráfica 25. Variación diaria de la concentración de $PM_{2.5}$, Jerusalén..... 62
Gráfica 26. Variación diaria de la concentración de $PM_{2.5}$ y la velocidad del viento, Jerusalén. 62
Gráfica 27. Variación diaria de la concentración de $PM_{2.5}$ y la precipitación, Jerusalén..... 63
Gráfica 28. Variación diaria de la concentración de PM_{10}, Jerusalén. 64
Gráfica 29. Variación diaria de la concentración de PM_{10} y la velocidad del viento, Jerusalén..... 64
Gráfica 30. Variación diaria de la concentración de PM_{10} y la precipitación, Jerusalén. 65
Gráfica 31. Variación diaria de la concentración de PM_{10} y $PM_{2.5}$, Jerusalén..... 66
Gráfica 32. Variación diaria de la concentración de $PM_{2,5}$, La Danta..... 67
Gráfica 33. Variación diaria de la concentración de $PM_{2.5}$ y la velocidad del viento, La Danta. 67
Gráfica 34. Variación diaria de la concentración de $PM_{2.5}$ y la precipitación, La Danta..... 68
Gráfica 35. Variación diaria de la concentración de PM_{10}, La Danta. 69
Gráfica 36. Variación diaria de la concentración de PM_{10} y la velocidad del viento, La Danta..... 69
Gráfica 37. Variación diaria de la concentración de PM_{10} y la precipitación, La Danta. 70
Gráfica 38. Variación diaria de la concentración de PM_{10} y $PM_{2.5}$, La Danta..... 71
Gráfica 39. Variación diaria de la concentración de $PM_{2.5}$, Alcaldía de Guarne. 72
Gráfica 40. Variación diaria de la concentración de $PM_{2.5}$ y la velocidad del viento, Alcaldía de Guarne. 72
Gráfica 41. Variación diaria de la concentración de $PM_{2.5}$ y la precipitación, Alcaldía de Guarne. 73
Gráfica 42. Variación diaria de la concentración de PM_{10}, Alcaldía de Guarne..... 74
Gráfica 43. Variación diaria de la concentración de PM_{10} y la velocidad del viento, Alcaldía de Guarne. 74
Gráfica 44. Variación diaria de la concentración de PM_{10} y la precipitación, Alcaldía de Guarne.. 75
Gráfica 45. Variación diaria de la concentración de PM_{10} y $PM_{2.5}$, Alcaldía de Guarne. 76
Gráfica 46. Variación diaria de la concentración de $PM_{2.5,}$ Hospital San Juan de Dios, Marinilla. . 77
Gráfica 47. Variación diaria de la concentración de $PM_{2.5}$ y la velocidad del viento, Hospital San Juan de Dios, Marinilla. 77
Gráfica 48. Variación diaria de la concentración de $PM_{2,5}$ y la precipitación, Hospital San Juan de Dios, Marinilla. 78
Gráfica 49. Variación diaria de la concentración de PM_{10}, Hospital San Juan de Dios, Marinilla. . 79
Gráfica 50. Variación diaria de la concentración de PM_{10} y la velocidad del viento, Hospital San Juan de Dios, Marinilla. 79
Gráfica 51. Variación diaria de la concentración de PM_{10} y la precipitación, Hospital San Juan de Dios, Marinilla. 80
Gráfica 52. Variación diaria de la concentración de PM10 y PM2.5, Hospital San Juan de Dios, Marinilla..... 81

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Muestreador de bajo volumen Partisol-2000i para PM2.5 10
Imagen 2. Diagrama de flujo TE – Wilbur para PM2,5 y PM10 11
Imagen 3. Muestreador de alto volumen para PM_{10} (Hi-Vol PM_{10}). 11
Imagen 4. Dispositivo de flujo crítico para el muestreador de Aire de Alto Volumen PM_{10} - Wedding 12
Imagen 5. Registro SISAIRE de noviembre 2021, La Danta 88
Imagen 6. Registro SISAIRE de diciembre 2021, Jerusalén 88
Imagen 7. Registro SISAIRE actualización diciembre 2021, Alcaldía de Guarne 89
Imagen 8. Registro SISAIRE de enero 2022, Hospital San Juan de Dios de Marinilla 89
Imagen 9. Registro SISAIRE de febrero 2022, Jerusalén 90

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 6.1. Ubicación, punto de monitoreo, Jerusalén. 16
Ilustración 6.2. Ubicación, punto de monitoreo, La Danta. 18
Ilustración 6.3. Ubicación, Alcaldía de Guarne. 19
Ilustración 6.4. Ubicación, Hospital San Juan de Dios, Marinilla. 21

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Equipos utilizados. 14
Fotografía 2. Punto de monitoreo, Jerusalén. 16
Fotografía 3. Punto de monitoreo, La Danta. 17
Fotografía 4. Punto de monitoreo, Alcaldía de Guarne. 19
Fotografía 5. Punto de monitoreo, Hospital San Juan de Dios, Marinilla. 20

1 INTRODUCCIÓN

La Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare, CORNARE, mediante el Convenio Interadministrativo N° 481 de 2021, interesada en conocer la calidad del aire en cuatro puntos ubicados en la subregión del Valle de San Nicolás y en la Zona Calera de la Subregión Bosques, realizando el muestreo y evaluación de contaminantes criterio solicitados, en conjunto con la verificación metrológica de los medidores de partículas y variables meteorológicas de La Corporación, contrató al Laboratorio del Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental – LabGIGA de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia, el cual se encuentra acreditado bajo la norma NTC ISO 17025 por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM – bajo Resolución No. 0651 del 02 de julio de 2021, para realizar dicho trabajo.

El muestreo de calidad del aire de la campaña inició el 3 de noviembre, donde se realizaron las adecuaciones eléctricas, montaje y calibración en el corregimiento La Danta del municipio de Sonsón, el 4 de noviembre en el corregimiento de Jerusalén del municipio de Sonsón, el 5 de noviembre en Marinilla y el 6 de noviembre en Guarne, con una frecuencia de tres (03) días en la toma de muestra de los parámetros PM_{10} y $PM_{2,5}$.

Coordinador del Laboratorio
David Aguiar Gil

Directora de calidad
Claudia Zuluaga Echeverry

Coordinadora de logística
Kelly Yohana Ramírez Gómez

Analista
Isamar Álvarez Cerquera
Manuela Suárez Suárez

Auxiliares de Ingeniería
Ever Emilio Nuñez Bustamante
Adolfo Trejos Correa
Luis Mariano Ortiz Ordoñez

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del aire por medio del monitoreo y análisis de los contaminantes $PM_{2.5}$ y PM_{10} , en cuatro (4) puntos de monitoreo, en la subregión del Valle de San Nicolás y la Zona Calera de la subregión Bosques.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Monitorear los niveles de PM $_{2.5}$ y PM_{10} en cuatro (4) puntos de monitoreo, en la subregión del Valle de San Nicolás y la Zona Calera de la subregión Bosques.
- Determinar el estado de la calidad del aire mediante la aplicación del índice de calidad del aire (ICA).
- Analizar el comportamiento de los contaminantes de acuerdo con las condiciones meteorológicas presentadas en los días de monitoreo.

3 INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

Nombre ó Razón Social	CORNARE; Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare
Naturaleza Jurídica	Ente público autónomo e independiente, de conformidad con lo dispuesto por el artículo 23 de la Ley 99 de 1993.
Sector	Ambiente y Desarrollo Sostenible
Director General	Javier Parra Bedoya
NIT	890.985.138-3

4 NORMATIVA

La Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS – por la cual adopta la norma de calidad de aire ambiente y se dictan otras disposiciones, establece la norma de calidad del aire o nivel de inmisión a condiciones de referencia (25 °C y 760 mm Hg) y adopta disposiciones para la gestión del recurso aire en el territorio nacional, con el objetivo de garantizar un ambiente sano y minimizar el riesgo sobre la salud humana que pueda ser causado por la exposición a los contaminantes en la atmósfera.

En la Tabla 1 se presentan los niveles máximos permisibles para contaminantes criterio que rigen a partir del 01 de enero de 2018.

Tabla 1. Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire

Contaminante	Unidad	Límite máximo permisible Resolución 2254/2017	Tiempo de exposición
PM_{10}	$\mu g/m^3$	50	Anual
		100	24 horas
$PM_{2.5}$	$\mu g/m^3$	25	Anual
		50	24 horas

Fuente: Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017

Es importante aclarar que la Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017, establece en el parágrafo 1 del artículo 2 que, a partir del 1 de julio de 2018, los niveles máximos permisibles de PM_{10} y $PM_{2.5}$ para un tiempo de exposición 24 horas serán de 75 $\mu g/m^3$ y 37 $\mu g/m^3$ respectivamente.

5 METODOLOGÍA

El muestreo de contaminantes en ambiente se desarrolló de acuerdo con los lineamientos establecidos en el Protocolo para el Muestreo y Seguimiento de la Calidad del Aire del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT y a los métodos establecidos por la Environmental Protection Agency – EPA de los Estados Unidos.

5.1 PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 2.5 MICRAS ($PM_{2.5}$)

El método de referencia para el muestreo de $PM_{2.5}$ en la atmósfera se encuentra consignado en el Código Federal de Regulación - CFR Título 40, Parte 50, Apéndice L. Este método permite medir la concentración de estas partículas por medio de un muestreador de bajo volumen (Low–Vol $PM_{2.5}$) debidamente instalado y calibrado (Ver Imagen 1).

El muestreador de bajo volumen Partisol-2000i trabaja con un sistema de control de caudal volumétrico activo, el cual mantiene un caudal volumétrico constante en los niveles especificados por el usuario (predeterminado de 16,7 L/min) mediante la incorporación de un controlador de caudal másico y sensores de presión y temperatura ambiente. Los volúmenes muestreados se informan en términos volumétricos y estándar. Así mismo, el muestreador utiliza filtros estándar de 47 mm alojados en cómodos casetes reutilizables. Estos casetes están montados en una bandeja de un solo filtro para facilitar el intercambio y el transporte hacia y desde el sitio de muestreo. El muestreo simultáneo de partículas finas y gruesas puede ser importante para la identificación de la fuente, ya que estas fracciones de tamaño de partículas a menudo tienen diferentes orígenes, el análisis elemental de los filtros puede revelar información sobre las fuentes de las partículas recolectadas, diferenciadas por tamaño de partícula.

Imagen 1. Muestreador de bajo volumen Partisol-2000i para $PM_{2.5}$

El muestreador TE-Wilbur es un equipo muestreador de partículas en el aire designado por la USEPA para la recolección de partículas de PM2.5 y PM10. El equipo posee un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI O UPS siglas en inglés) el cual está incorporado en el sistema permitiendo que siga funcionando durante varias horas durante una pérdida de potencia. El flujo de la muestra de aire es succionado a un caudal de 16.7 L/min, el flujo volumétrico se controla a través de un medidor de flujo de masa integrado y sensores de presión y temperatura ambiente a bordo. La configuración e intercambio de los filtros se logra a través del mecanismo de intercambio de filtros diseñado por Tisch que permite una fácil operación con una sola mano. Además, el mecanismo de cambio de filtro no requiere un ajuste continuo para sellar su filtro contra fugas (ver Imagen 2). El método de referencia de la EPA del muestreador para $PM_{2,5}$ se encuentra consignado en la Designación Nro. RFPS-1014-219 y el método de referencia de la EPA para PM_{10} se encuentra consignado en la Designación Nro. RFPS-0714-216.

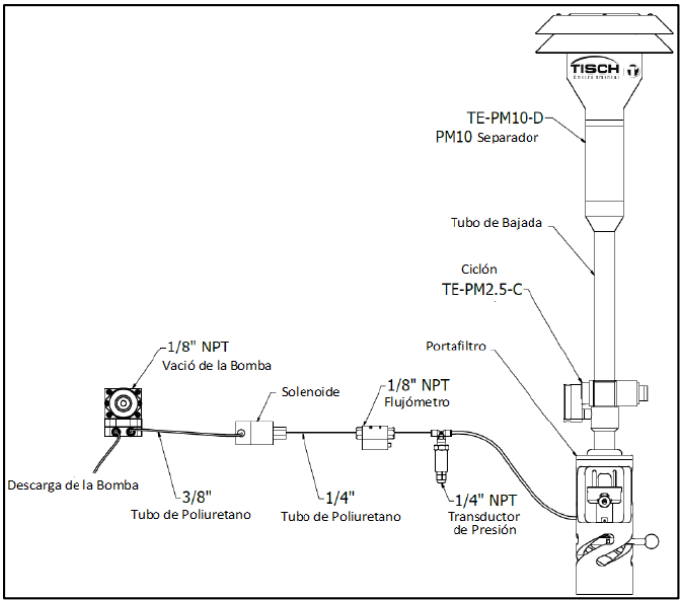


Imagen 2. Diagrama de flujo TE – Wilbur para $PM_{2,5}$ y PM_{10}

5.2 PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRAS HIVOL (PM_{10})

El método de referencia para el muestreo de PM_{10} en la atmósfera se encuentra consignado en el Código Federal de Regulación - CFR Título 40, Parte 50, Apéndice J. Este método permite medir la concentración de estas partículas por medio de un muestreador de alto volumen (Hi–Vol PM_{10}) debidamente instalado y calibrado (Ver Imagen 3).

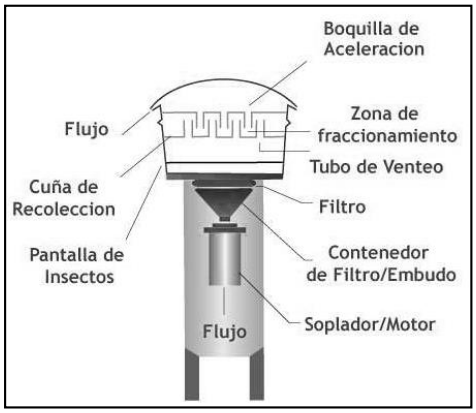


Imagen 3. Muestreador de alto volumen para PM_{10} (Hi-Vol PM_{10}).

Este equipo succiona a través de un filtro de cuarzo una cantidad determinada de aire, a razón de 1,13 m^3/minuto ± 10%, al interior de una caseta o coraza de protección, durante un período de muestreo de 24 ± 1 horas. El filtro se pesa en el laboratorio bajo condiciones de humedad y temperatura controladas, antes y después de su utilización, para determinar la ganancia de peso neto (masa). El volumen total de aire muestreado, corregido a condiciones de referencia (25°C y 760 mmHg), se determina a partir del caudal de aire ambiente medido y del tiempo de muestreo.

La concentración de partículas menores que 10 micras en el aire se calcula dividiendo la masa de partículas colectadas en el filtro por el volumen de aire muestreado y se expresa en microgramos por metro cúbico ($\mu g/m^3$) a condiciones de referencia. El método de referencia de la EPA de este muestreador se encuentra consignado en la Designación Nro. RFPS-0202-141.

El muestreador de Aire de Alto Volumen PM_{10} - Wedding contiene tres componentes principales: la entrada del muestreador de alto volumen, el armazón W&A y el dispositivo de flujo crítico. La entrada de este equipo utiliza un ciclón omnidireccional para el fraccionamiento, el cual permite el ingreso de aerosol/aire desde todos los ángulos de aproximación. El armazón Wedding & Associat es funciona como un abrigo que proporciona resistencia y protege al muestreador del polvo y el dispositivo de flujo crítico de Wedding utiliza implícitamente el efecto conocido como "asfixia". El flujo crítico se produce cuando se alcanza una velocidad lineal máxima, de modo que el número de Mach es la unidad. El caudal es una función única y predecible de la presión y la temperatura de estancamiento, por lo tanto, no se ve afectado por cambios en las condiciones como la velocidad del motor/soplador o la presión de salida.

El dispositivo de flujo crítico Wedding está fabricado con poliuretano rígido moldeado de una sola pieza con una superficie interior endurecida y altamente pulida. Un registrador de presión opcional está disponible para el monitoreo constante del caudal medido por la presión de estancamiento. El dispositivo de flujo crítico de Wedding se muestra en la Imagen 4.

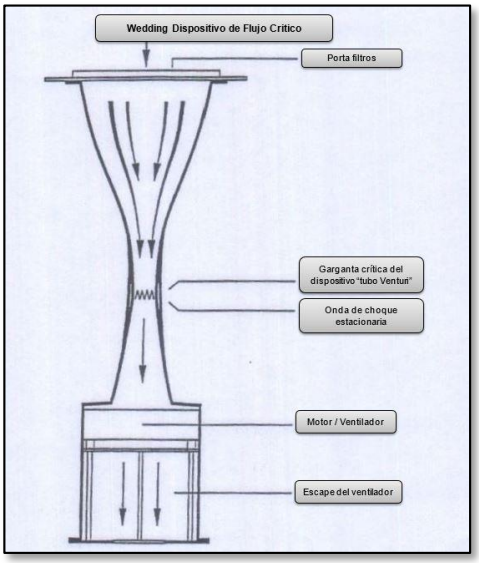


Imagen 4. Dispositivo de flujo crítico para el muestreador de Aire de Alto Volumen PM_{10} - Wedding

5.3 EQUIPOS UTILIZADOS

Para la determinación de las concentraciones por contaminante y las condiciones meteorológicas se utilizaron los siguientes equipos debidamente calibrados:

Tabla 2. Información equipos utilizados

Equipo	Serie	Contaminante por medir	Método de referencia	Punto Monitoreo
Partisol 2000i	2000I2-0352-1305	PM2.5	US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I. Subcapítulo C, Apéndice L. Bajo Volumen. Método de referencia manual: RFPS-0498-117	La Danta
Muestreador de alto volumen (Hi-vol)- Tisch	1788	PM10	US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I. Subcapítulo C, Apéndice J. Alto Volumen. Método de referencia manual: RFPS-0202-141	La Danta
TE-Wilbur	309	PM2.5	US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I. Subcapítulo C, Apéndice L. Bajo Volumen. Método de referencia manual: RFPS-1014-219	Jerusalén
Muestreador de alto volumen (Wedding and Asociates	SN 0940962106U	PM10	US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I. Subcapítulo C, Apéndice J. Alto Volumen. Método de referencia manual: RFPS-1087-062	Jerusalén
TE-Wilbur	310	PM2.5	US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I. Subcapítulo C, Apéndice L. Bajo Volumen. Método de referencia manual: RFPS-1014-219	Guarne
Muestreador de alto volumen (Hi-vol)- Tisch	1788	PM10	US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I. Subcapítulo C, Apéndice J. Alto Volumen. Método de referencia manual: RFPS-0202-141	Guarne
TE-Wilbur	311	PM2.5	US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I. Subcapítulo C, Apéndice L. Bajo Volumen. Método de referencia manual: RFPS-1014-219	Marinilla
Muestreador de alto volumen (Hi-vol)- Tisch	3645	PM10	US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I. Subcapítulo C, Apéndice J. Alto Volumen. Método de referencia manual: RFPS-0202-141	Marinilla

Fotografía 1. Equipos utilizados.

Muestreador de alto volumen para PM_{10} (Hi-Vol. PM_{10})

Muestreador de bajo volumen para $PM_{2,5}$- Thermo - Partisol 2000i

Muestreador de bajo volumen para $PM_{2,5}$ - PM_{10} – TE Wilbur TISCH

Calibrador de flujo, temperatura y presión, Low Vol.

Estación Meteorológica Davis Vantage Pro2

Estación Meteorológica Davis Vantage Vue

Calibrador de oficios Varyflow

Muestreador de Aire de Alto Volumen PM10 Wedding

6 PUNTOS DE MUESTREO

Para la evaluación de la calidad del aire en las zonas de interés, se ubicaron cuatro (4) puntos de monitoreo, dos en la zona la Calera de la subregión Bosques, otro en el municipio de Guarne y finalmente uno ubicado en el municipio de Marinilla, ambos de la subregión del Valle de San Nicolás. Estos puntos se ubicaron teniendo en cuenta los criterios de diseño para un sistema de vigilancia de calidad del aire establecidos en el capítulo 5.7.5 del Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire del MAVDT. A continuación, se realiza una descripción de cada punto de monitoreo seleccionado (ver Tabla 3).

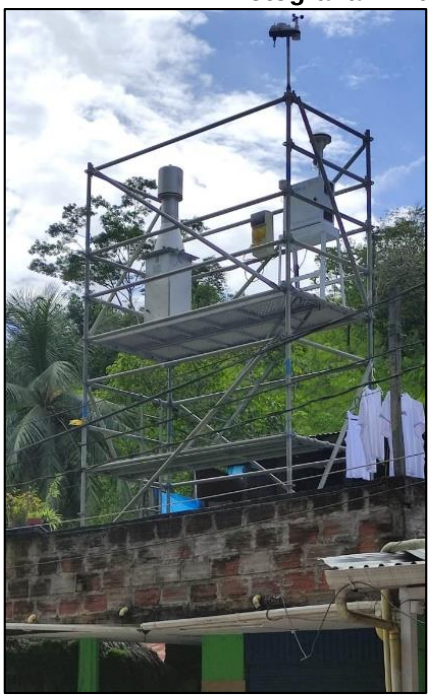
Tabla 3. Ubicación de puntos de monitoreo.

Zona o Subregión	Municipio	ID de la estación	Sistema de coordenadas WGS1984		Altitud (msnm)
			Latitud	Longitud	
Calera de la subregión Bosques.	Sonsón	Jerusalén	05°53’50.40’’N	74°50’50.90’’W	339
	Sonsón	La Danta	05°50’17.00’’N	74°49’41.90’’W	378
Subregión Valle de San Nicolás	Guarne	Guarne	06° 16’48.5”N	75° 26’31.3”W	2120
	Marinilla	Marinilla	06° 10’27.21”N	75° 20’21.93”W	2105

6.1 DESCRIPCIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO

1) **Jerusalén:** Ubicado en la vía principal del corregimiento Jerusalén del municipio de Sonsón, aproximadamente a 1,30 kilómetros de la autopista Medellín-Bogotá. El punto de monitoreo se encuentra en la terraza (segundo piso) de una vivienda ubicada en la parte central de la vía principal del corregimiento. El corregimiento se encuentra en zona de influencia de minas de extracción de materia prima para cementeras y plantas de procesamiento de cementos. Durante los recorridos de muestreo se identificó que en esta vía circula transporte pesado de carga tipo volquetas y tractocamiones.

Fotografía 2. Punto de monitoreo, Jerusalén.



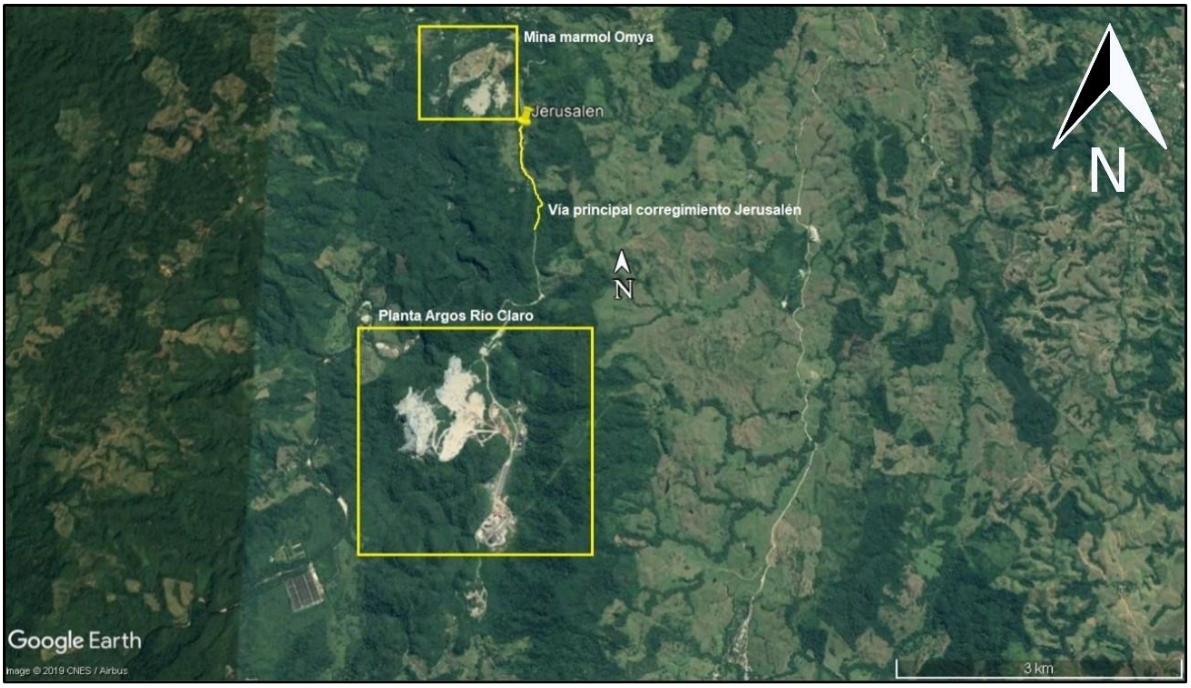
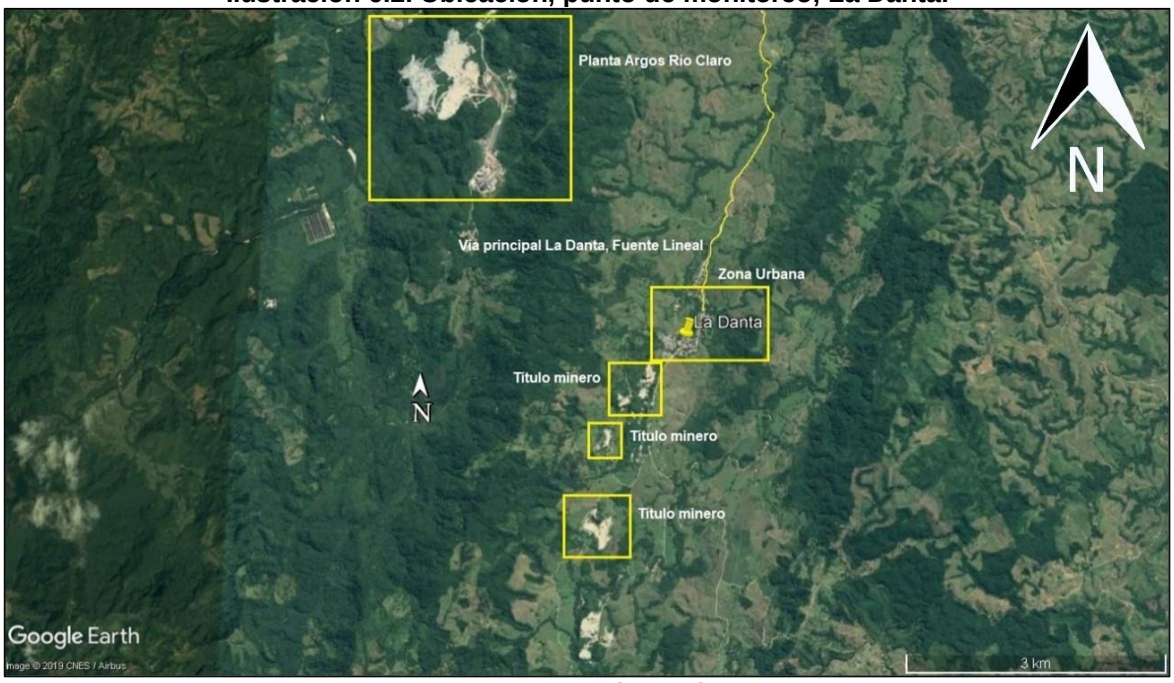


Ilustración 6.1. Ubicación, punto de monitoreo, Jerusalén.
Fuente: Google Earth Pro.

2) **La Danta:** Ubicado en la vía principal del casco urbano del corregimiento de La Danta – municipio de Sonsón. El punto de monitoreo se encuentra en la terraza (segundo piso) de la panadería las Delicias de La Danta. Este corregimiento se encuentra ubicado en zona de influencia de minas de extracción de materia prima para la fabricación de cemento y otros materiales de construcción, es así como este sector se convierte en un cruce importante de vehículos de carga pesada, especialmente volquetas. Si bien la parte central urbanizada del corregimiento cuenta con sus vías pavimentadas, las vías de acceso y las vías que comunican con las veredas no se encuentran pavimentadas.

Fotografía 3. Punto de monitoreo, La Danta.

Ilustración 6.2. Ubicación, punto de monitoreo, La Danta.



Fuente: Google Earth Pro.

3) **Alcaldía de Guarne:** La estación se encuentra ubicada en el casco urbano del municipio de Guarne, localizado en la dirección Carrera 50 No. 50 – 02, correspondiente al edificio de la Alcaldía de este municipio. La estación no tiene presencia de vegetación, ni obstáculos considerables en sus alrededores, lo cual garantiza la representatividad en la toma de las muestras de acuerdo con los lineamientos establecidos por el protocolo de calidad del aire del Ministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial en octubre de 2010.

Fotografía 4. Punto de monitoreo, Alcaldía de Guarne.

Ilustración 6.3. Ubicación, Alcaldía de Guarne.

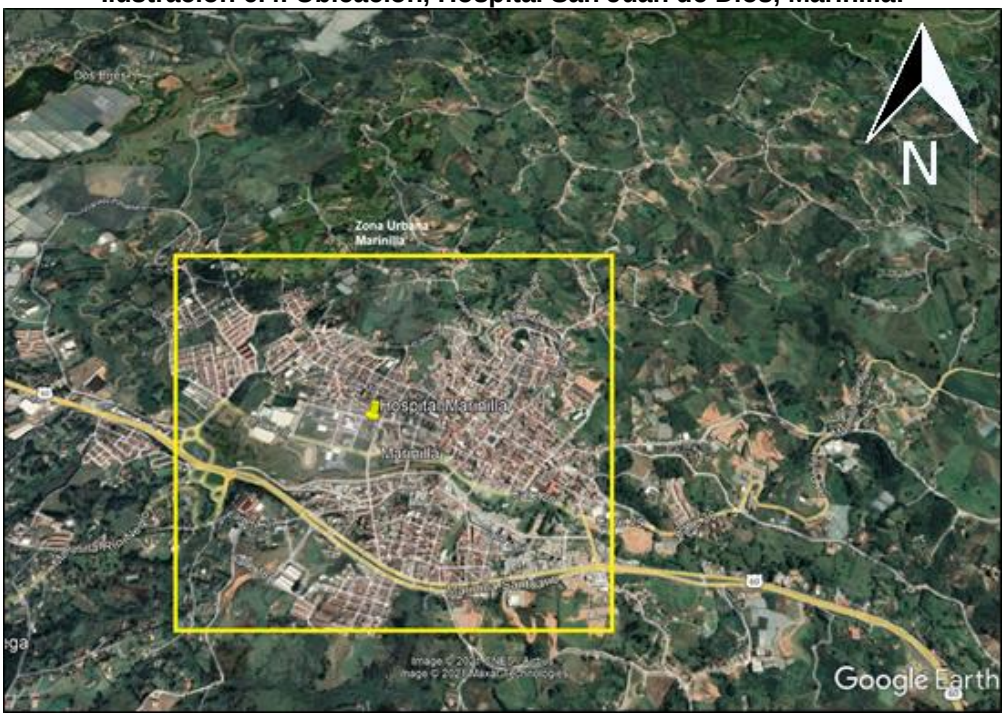
Fuente: Google Earth Pro.

4) **Hospital San Juan de Dios de Marinilla:** La estación se encuentra ubicada en el casco urbano del municipio de Marinilla, localizado en la dirección Carrera 36 No. 28 – 85, correspondiente al Hospital San Juan de Dios. La estación no tiene presencia de vegetación, ni obstáculos considerables en sus alrededores, lo cual garantiza la representatividad en la toma de las

muestras de acuerdo con los lineamientos establecidos por el protocolo de calidad del aire del Ministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial en octubre de 2010.

Fotografía 5. **Punto de monitoreo, Hospital San Juan de Dios, Marinilla**.

Ilustración 6.4. Ubicación, Hospital San Juan de Dios, Marinilla.



Fuente: Google Earth Pro.

7 RESULTADOS

De la Tabla 4 a la Tabla 7, se presentan las concentraciones promedio diarias de partículas menores a 2.5 micras – $PM_{2.5}$ y partículas menores a 10 micras – PM_{10}, registradas durante los monitoreos realizados desde el 06 de noviembre de 2021 para los puntos de monitoreo de La Danta y Jerusalén y desde el 7 de noviembre de 2021 para Guarne y Marinilla, la fecha de finalización de las campañas es el 10 de febrero para las estaciones de la Zona Calera y el 06 de marzo para las estaciones de la subregión Valle de San Nicolás. Además, se presentan las concentraciones promedio para el período monitoreado y los valores máximos y mínimos para cada contaminante evaluado.

Debido a fallas técnicas presentadas en los equipos de medición, fue necesario invalidar algunas muestras y, por lo tanto, extender el tiempo de monitoreo para la Subregión Valle de San Nicolás con el fin de cumplir con el porcentaje de datos simultáneos requeridos.

7.1 CALIDAD DEL AIRE

7.1.1 ESTACION DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE; CORREGIMIENTO JERUSALEN

En la estación de calidad de aire del corregimiento Jerusalén se presentaron inconvenientes en las muestras correspondientes a los días 6, 24 y 27 de noviembre del 2021, así como para el 14, 17 y 29 de enero, 7 y 10 de febrero de 2022 esto debido a fallas técnicas del equipo, fallas eléctricas o a que las muestras no cumplieron con los criterios requeridos en la validación de los datos.

Tabla 4. Concentraciones diarias medidas en Jerusalén.

Fecha	Día	Concentración PM10 ($\mu g/m^3$)	Concentración PM2.5 ($\mu g/m^3$)
2021-11-06	Sábado	39,4	N.D
2021-11-09	Martes	23,6	13,0
2021-11-12	Viernes	33,5	19,4
2021-11-15	Lunes	24,6	17,8
2021-11-18	Jueves	34,7	21,7
2021-11-21	Domingo	25,6	21,3
2021-11-24	Viernes	N.D	N.D
2021-11-27	Lunes	N.D	29,7
2021-11-30	Martes	18,4	17,9
2021-12-03	Viernes	37,0	12,9
2021-12-06	Lunes	31,1	20,2
2021-12-09	Jueves	36,1	20,4
2021-12-12	Domingo	31,4	17,9
2021-12-15	Miércoles	28,4	15,9
2021-12-18	Sábado	39,3	28,1
2021-12-21	Martes	26,8	14,1
2021-12-24	Viernes	25,6	12,7
2021-12-27	Lunes	29,4	14,6
2021-12-30	Jueves	35,8	17,3
2022-01-02	Domingo	26,4	20,5
2022-01-05	Miércoles	31,6	20,2
2022-01-08	Sábado	25,9	15,9
2022-01-11	Martes	34,4	21,9
2022-01-14	Viernes	N.D	12,3
2022-01-17	Lunes	N.D	N.D
2022-01-20	Jueves	28,6	18,8
2022-01-23	Domingo	29,3	22,1
2022-01-26	Miércoles	32,9	32,4
2022-01-29	Sábado	N.D	27,7
2022-02-01	Martes	33,5	23,9
2022-02-04	Viernes	37,5	20,3
2022-02-07	Lunes	N.D	16,8
2022-02-10	Jueves	N.D	12,4
Promedio		**30,8**	**19,4**
Máximo		**39,4**	**32,4**
Mínimo		**18,4**	**12,3**

N.D: No Disponible.

7.1.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE; CORREGIMIENTO LA DANTA

En la estación de calidad de aire del corregimiento de La Danta no fue posible tomar la concentración de PM_{10} del 12 de diciembre del 2021 y la de $PM_{2,5}$ del 10 de febrero de 2022, esto se atribuye a inconvenientes técnicos de los equipos pertenecientes a la estación.

Tabla 5. Concentraciones diarias medidas en La Danta.

Fecha	Día	Concentración PM10 (µg/m^3)	Concentración PM2,5 (µg/m^3)
2021-11-06	Sábado	75,2	13,3
2021-11-09	Martes	30,7	12,4
2021-11-12	Viernes	90,0	20,4
2021-11-15	Lunes	30,1	17,1
2021-11-18	Jueves	89,5	10,4
2021-11-21	Domingo	36,3	13,9
2021-11-24	Viernes	32,8	6,3
2021-11-27	Lunes	40,7	12,5
2021-11-30	Martes	24,3	8,2
2021-12-03	Viernes	66,0	13,6
2021-12-06	Lunes	54,9	12,5
2021-12-09	Jueves	82,6	17,0
2021-12-12	Domingo	N.D	14,3
2021-12-15	Miércoles	82,8	13,2
2021-12-18	Sábado	51,2	12,5
2021-12-21	Martes	76,7	15,8
2021-12-24	Viernes	91,7	20,9
2021-12-27	Lunes	89,2	12,2
2021-12-30	Jueves	57,9	12,5
2022-01-02	Domingo	46,9	17,5
2022-01-05	Miércoles	75,9	17,5
2022-01-08	Sábado	54,7	19,7
2022-01-11	Martes	81,4	15,5
2022-01-14	Viernes	63,9	16,3
2022-01-17	Lunes	67,5	15,8
2022-01-20	Jueves	76,7	17,0
2022-01-23	Domingo	58,8	17,1
2022-01-26	Miércoles	82,0	17,7
2022-01-29	Sábado	108,1	20,0

Fecha	Día	Concentración PM10 (µg/m^3)	Concentración PM2,5 (µg/m^3)
2022-02-01	Martes	91,2	21,1
2022-02-04	Viernes	69,0	26,3
2022-02-07	Lunes	42,6	13,2
2022-02-10	Jueves	106,0	N.D
Promedio		**66,5**	**15,4**
Máximo		**108,1**	**26,3**
Mínimo		**24,3**	**6,3**

N.D: No Disponible.

7.1.3 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE; ALCALDÍA DE GUARNE

En la estación ubicada en el municipio de Guarne, se presentaron inconvenientes con las muestras de material particulado del 9, 18 y 27 de noviembre de 2021, así como para el 2 y 23 de enero, 1 y 28 de febrero y 6 de marzo de 2022, debido a fallas técnicas del equipo, fallas eléctricas o a que las muestras cumplieron con los criterios requeridos en la validación de los datos.

Tabla 6. Concentraciones diarias medidas en Guarne.

Fecha	Día	Concentración PM10 (µg/m^3)	Concentración PM2.5 (µg/m^3)
2021-11-07	Sábado	29,6	17,7
2021-11-09	Martes	20,3	N.D
2021-11-12	Viernes	25,4	17,3
2021-11-15	Lunes	25,8	17,7
2021-11-18	Jueves	22,0	N.D
2021-11-21	Domingo	22,7	9,4
2021-11-24	Viernes	16,1	12,3
2021-11-27	Lunes	N.D	17,4
2021-11-30	Martes	19,5	13,9
2021-12-03	Viernes	21,6	16,1
2021-12-06	Lunes	26,4	19,4
2021-12-09	Jueves	26,3	15,0
2021-12-12	Domingo	20,8	15,2
2021-12-15	Miércoles	29,4	19,5
2021-12-18	Sábado	50,8	24,5
2021-12-21	Martes	60,8	33,8
2021-12-24	Viernes	40,4	19,4

Fecha	Día	Concentración PM10 ($\mu g/m^3$)	Concentración PM2.5 ($\mu g/m^3$)
2021-12-27	Lunes	26,4	13,7
2021-12-30	Jueves	23,1	14,1
2022-01-02	Domingo	20,4	N.D
2022-01-05	Miércoles	31,8	20,0
2022-01-08	Sábado	29,4	17,1
2022-01-11	Martes	21,9	14,2
2022-01-14	Viernes	14,4	10,8
2022-01-17	Lunes	23,8	18,6
2022-01-20	Jueves	30,9	21,4
2022-01-23	Domingo	24,3	N.D
2022-01-26	Miércoles	33,4	18,4
2022-01-29	Sábado	34,5	23,1
2022-02-01	Martes	N.D	N.D
2022-02-04	Viernes	41,9	29,9
2022-02-07	Lunes	18,4	12,9
2022-02-10	Jueves	25,8	12,5
2022-02-13	Domingo	23,2	20,7
2022-02-16	Miércoles	27,7	17,6
2022-02-19	Sábado	26,9	22,9
2022-02-22	Martes	20,9	17,7
2022-02-25	Viernes	44,6	39,1
2022-02-28	Lunes	N.D	N.D
2022-03-03	Jueves	20,7	15,8
2022-03-06	Domingo	N.D	N.D
Promedio		**27,6**	**18,5**
Máximo		**60,8**	**39,1**
Mínimo		**14,4**	**9,4**

N.D: No Disponible.

7.1.4 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE; HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA

En la estación del municipio de Marinilla se presentaron inconvenientes en la toma de muestras, para una totalidad de 12 muestras inválidas de PM_{10} y 4 de $PM_{2.5}$, esto se atribuye a fallas técnicas del equipo, fallas eléctricas o a que las muestras no cumplieron con los criterios requeridos en la validación de los datos.

Tabla 7. Concentraciones diarias medidas en Marinilla.

Fecha	Día	Concentración PM10	Concentración PM2.5
		(µg/m^3)	(µg/m^3)
2021-11-07	Sábado	N.D	29,3
2021-11-09	Martes	24,1	16,1
2021-11-12	Viernes	26,6	18,7
2021-11-15	Lunes	23,2	22,3
2021-11-18	Jueves	21,8	13,2
2021-11-21	Domingo	16,0	14,9
2021-11-24	Viernes	7,7	6,8
2021-11-27	Lunes	N.D	9,8
2021-11-30	Martes	N.D	23,4
2021-12-03	Viernes	N.D	25,4
2021-12-06	Lunes	30,3	10,5
2021-12-09	Jueves	27,8	13,6
2021-12-12	Domingo	N.D	11,9
2021-12-15	Miércoles	N.D	18,7
2021-12-18	Sábado	N.D	22,8
2021-12-21	Martes	33,0	20,8
2021-12-24	Viernes	29,8	15,3
2021-12-27	Lunes	N.D	12,2
2021-12-30	Jueves	N.D	N.D
2022-01-02	Domingo	N.D	N.D
2022-01-05	Miércoles	25,9	14,6
2022-01-08	Sábado	34,5	17,0
2022-01-11	Martes	17,1	15,6
2022-01-14	Viernes	N.D	N.D
2022-01-17	Lunes	37,7	16,6
2022-01-20	Jueves	40,2	28,6
2022-01-23	Domingo	33,9	20,9
2022-01-26	Miércoles	35,5	18,9
2022-01-29	Sábado	44,3	21,9
2022-02-01	Martes	35,9	18,7
2022-02-04	Viernes	38,7	25,9
2022-02-07	Lunes	18,9	13,4
2022-02-10	Jueves	34,7	16,1
2022-02-13	Domingo	33,0	16,7

Fecha	Día	Concentración PM10 ($\mu g/m^3$)	Concentración PM2.5 ($\mu g/m^3$)
2022-02-16	Miércoles	39,8	19,6
2022-02-19	Sábado	24,5	16,3
2022-02-22	Martes	30,1	18,6
2022-02-25	Viernes	51,3	36,4
2022-02-28	Lunes	N.D	N.D
2022-03-03	Jueves	23,3	14,1
2022-03-06	Domingo	19,8	15,3
Promedio		**29,6**	**18,1**
Máximo		**51,3**	**36,4**
Mínimo		**7,7**	**6,8**

N.D: No Disponible.

7.2 METEOROLOGÍA

Con el fin de obtener información acerca de la influencia de las condiciones meteorológicas sobre la dispersión de contaminantes en las zonas de estudio, se llevó un registro de la temperatura, precipitación, presión atmosférica, humedad, dirección y velocidad de los vientos durante el tiempo de monitoreo.

7.2.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE; CORREGIMIENTO JERUSALÉN

En la Tabla 8 y la Tabla 9 se presentan las condiciones atmosféricas promedio diarias y horarias que se registraron durante cada uno de los días de muestreo de la calidad del aire en la estación de Jerusalén. Se aclara que para la precipitación se aplicó sumatoria y que la dirección del viento está determinada por la dirección o punto del horizonte desde donde sopla el viento.

Tabla 8. Variables meteorológicas promedio diario, Jerusalén.

Fecha	Temperatura ambiente (°C)	Presión barométrica (mm Hg)	Humedad relativa (%)	Dirección del viento (deg)	Dirección del viento	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación (mm) *
2021-11-06	26,3	727,0	86,7	225	SW	0,2	0,0
2021-11-07	26,7	724,8	86,4	202,5	SSW	0,2	3,3
2021-11-08	25,2	725,5	89,2	202,5	SSW	0,3	61,0
2021-11-09	25,3	725,5	88,0	202,5	SSW	0,2	8,4
2021-11-10	25,2	724,8	89,0	202,5	SSW	0,2	1,5
2021-11-11	25,7	724,8	88,4	202,5	SSW	0,2	0,0
2021-11-12	25,9	723,6	87,5	202,5	SSW	0,3	0,0
2021-11-13	25,9	724,6	85,7	225,0	SW	0,2	0,8
2021-11-14	25,7	724,7	88,4	315	NW	0,2	11,4
2021-11-15	24,6	724,7	95,0	315	NW	0,1	13,5
2021-11-16	26,1	724,1	89,9	315	NW	0,1	0,3

Fecha	Temperatura ambiente (°C)	Presión barométrica (mm Hg)	Humedad relativa (%)	Dirección del viento (deg)	Dirección del viento	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación (mm) *
2021-11-17	26,4	724,4	87,7	315	NW	0,2	0,8
2021-11-18	25,6	724,8	89,2	315	NW	0,2	0,0
2021-11-19	25,9	724,8	86,5	315	NW	0,2	0,0
2021-11-20	25,7	724,6	88,2	315	NW	0,1	0,0
2021-11-21	25,6	725,0	89,5	315	NW	0,1	32,8
2021-11-22	24,4	724,7	92,5	315	NW	0,1	13,2
2021-11-23	23,9	725,3	94,6	315	NW	0,1	116,3
2021-11-24	24,0	725,5	97,9	315	NW	0,1	7,6
2021-11-25	24,4	725,3	98,1	315	NW	0,1	15,2
2021-11-26	24,5	725,5	92,3	315	NW	0,2	15,5
2021-11-27	24,3	725,5	91,8	315	NW	0,1	3,3
2021-11-28	27,1	724,5	81,4	135	SE	0,4	0
2021-11-29	28,1	724,0	84,8	315	NW	0,1	1,0
2021-11-30	24,3	725,2	93,3	315	NW	0,2	108,5
2021-12-01	25,2	725,9	90,4	315	NW	0,1	1,0
2021-12-02	26,4	724,9	86,7	315	NW	0,2	0,0
2021-12-03	27,0	724,0	87,2	315	NW	0,1	0,0
2021-12-04	25,0	724,9	98,1	22,5	NNE	0,1	15,7
2021-12-05	27,3	722,9	88,3	22,5	NNE	0,2	0,0
2021-12-06	24,2	723,6	81,7	90	E	0,4	8,9
2021-12-07	27,4	722,7	87,4	22,5	NNE	0,1	0,0
2021-12-08	26,2	722,9	90,9	22,5	NNE	0,1	0,0
2021-12-09	24,9	722,9	85,1	135	SE	0,2	0,0
2021-12-10	27,9	722,1	84,1	22,5	NNE	0,2	0,0
2021-12-11	26,4	722,3	88,6	135	SE	0,3	0,0
2021-12-12	25,5	723,9	88,8	135	SE	0,1	0,0
2021-12-13	26,9	723,8	78,6	337,5	NNW	0,1	0,0
2021-12-14	25,8	723,5	77,6	135	SE	0,4	0,0
2021-12-15	30,0	722,9	79,8	90	E	0,3	0,0
2021-12-16	26,4	722,1	91,3	337,5	NNW	0,1	0,0
2021-12-17	27,5	722,4	81,3	90	E	0,3	0,0
2021-12-18	27,6	723,5	88,3	135	SE	0,2	0,0
2021-12-19	27,0	722,9	84,8	135	SE	0,2	0,0
2021-12-20	26,1	722,6	90,4	135	SE	0,2	0,0
2021-12-21	23,9	723,0	84,5	67,5	ENE	0,4	0,0
2021-12-22	27,1	724,2	81,9	45	NE	0,3	0,0
2021-12-23	25,7	724,5	89,9	337,5	NNW	0,2	0,0

Fecha	Temperatura ambiente (°C)	Presión barométrica (mm Hg)	Humedad relativa (%)	Dirección del viento (deg)	Dirección del viento	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación (mm) *
2021-12-24	26,4	724,2	88,2	337,5	NNW	0,1	0,0
2021-12-25	26,4	723,3	87,9	337,5	NNW	0,1	0,0
2021-12-26	26,1	724,0	91,4	22,5	NNE	0,2	1,0
2021-12-27	25,6	724,6	91,9	22,5	NNE	0,1	0,0
2021-12-28	26,2	724,3	89,0	22,5	NNE	0,2	0,0
2021-12-29	25,8	725,1	90,6	22,5	NNE	0,1	20,8
2021-12-30	24,5	725,0	95,4	0	N	0,1	0,0
2021-12-31	26,5	723,9	88,3	0	N	0,2	43,9
2022-01-01	25,5	724,2	93,3	22,5	NNE	0,1	5,6
2022-01-02	25,9	724,9	93,1	22,5	NNE	0,1	1,0
2022-01-03	25,4	725,8	89,3	22,5	NNE	0,1	0,0
2022-01-04	25,2	724,7	89,6	22,5	NNE	0,1	0,3
2022-01-05	25,5	723,6	86,8	22,5	NNE	0,2	0,0
2022-01-06	25,7	724,1	87,5	22,5	NNE	0,2	0,0
2022-01-07	24,4	725,8	94,0	337,5	NNW	0,0	0,8
2022-01-08	25,4	726,7	88,8	337,5	NNW	0,1	0,0
2022-01-09	25,4	726,1	88,9	337,5	NNW	0,2	0,3
2022-01-10	23,8	726,0	94,4	337,5	NNW	0,1	14,0
2022-01-11	24,1	726,4	93,8	337,5	NNW	0,1	0,0
2022-01-12	24,1	726,4	92,0	337,5	NNW	0,2	2,8
2022-01-13	22,8	727,3	96,2			0,0	13,7
2022-01-14	23,3	727,7	92,8	337,5	NNW	0,1	4,6
2022-01-15	24,7	726,9	88,9	337,5	NNW	0,1	0,0
2022-01-16	26,1	725,8	86,9	337,5	NNW	0,2	0,0
2022-01-17	25,4	725,5	92,3	337,5	NNW	0,2	3,8
2022-01-18	24,6	725,5	94,6	337,5	NNW	0,1	4,8
2022-01-19	26,2	724,5	88,2	337,5	NNW	0,1	0,0
2022-01-20	26,8	723,4	87,0	337,5	NNW	0,2	0,0
2022-01-21	27,5	724,3	83,8	337,5	NNW	0,2	0,0
2022-01-22	28,0	725,3	80,3	45	NE	0,2	0,0
2022-01-23	28,3	724,5	78,9	90	E	0,2	0,0
2022-01-24	26,3	723,8	87,7	337,5	NNW	0,1	15,2
2022-01-25	25,3	724,5	93,4	0	N	0,1	22,9
2022-01-26	25,1	725,0	92,3	0	N	0,1	0,8
2022-01-27	24,3	725,5	93,4	0	N	0,1	6,8
2022-01-28	25,5	725,2	87,4	0	N	0,3	0,0

Fecha	Temperatura ambiente (°C)	Presión barométrica (mm Hg)	Humedad relativa (%)	Dirección del viento (deg)	Dirección del viento	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación (mm) *
2022-01-29	25,0	725,8	87,5	315	NW	0,2	0,0
2022-01-30	24,5	726,3	86,7	315	NW	0,2	0,0
2022-01-31	24,7	725,8	86,0	315	NW	0,2	0,0
2022-02-01	24,4	725,2	86,1	315	NW	0,3	0,0
2022-02-02	25,4	724,4	84,6	315	NW	0,4	0,0
2022-02-03	26,2	724,5	85,3	315	NW	0,3	0,0
2022-02-04	25,4	725,6	89,8	315	NW	0,2	36,1
2022-02-05	23,1	726,2	96,2	337,5	NNW	0,1	24,6
2022-02-06	25,2	725,3	89,0	337,5	NNW	0,4	0,0
2022-02-07	24,6	725,9	91,6	337,5	NNW	0,1	3,0
2022-02-08	24,1	726,0	92,3	337,5	NNW	0,2	0,5
2022-02-09	25,0	725,3	88,4	135	SE	0,4	0,0
2022-02-10	26,2	724,2	86,4	45	NE	0,2	3,3
Máximo	30,0	727,7	98,1	N/A	N/A	0,4	116,33
Mínimo	22,8	722,1	77,6	N/A	N/A	0,0	0
Promedio	25,6	724,7	88,8	N/A	N/A	0,2	---

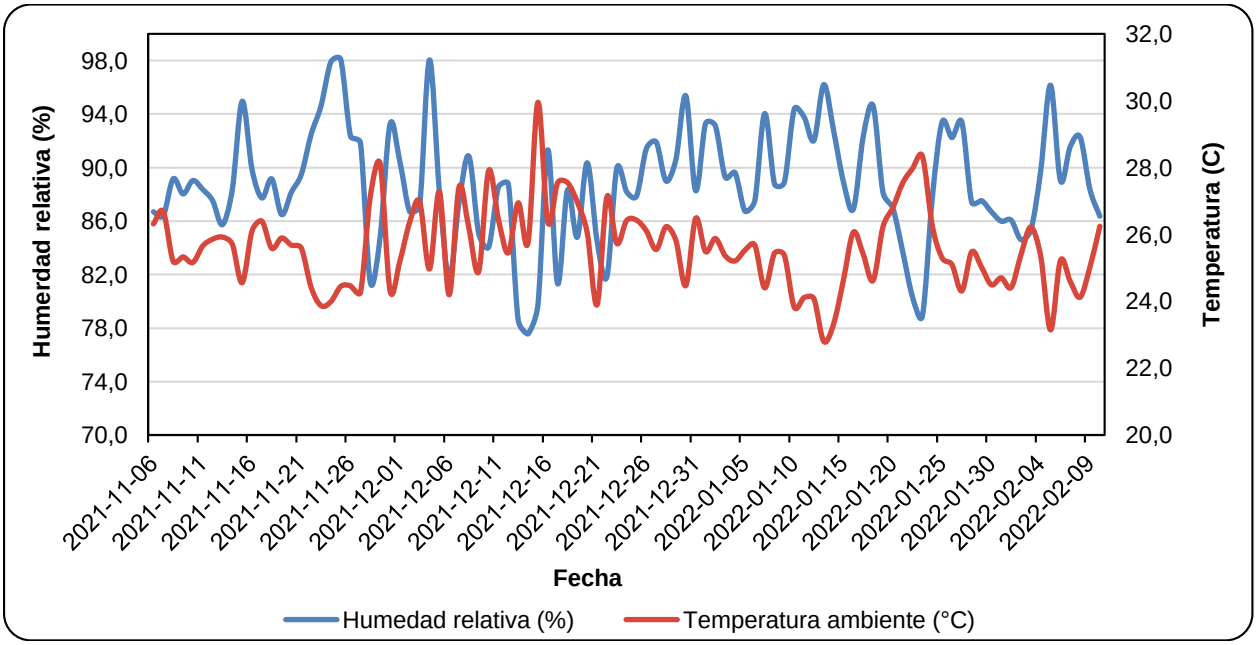
**Sumatoria (acumulado).*

Tabla 9. Variables meteorológicas promedio horarias, Jerusalén.

Hora	Temperatura ambiente (°C)	Presión barométrica (mm Hg)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación (mm)*
0:00	23,4	725,9	95,6	0,0	51,82
1:00	23,4	725,5	95,8	0,0	35,81
2:00	23,2	725,1	96,0	0,0	55,09
3:00	23,0	724,9	96,1	0,0	19,29
4:00	22,9	725,0	96,3	0,0	24,12
5:00	22,8	725,3	96,4	0,0	66,54
6:00	22,9	725,8	96,3	0,0	11,17
7:00	23,3	726,4	95,4	0,0	4,57
8:00	24,3	727,0	92,9	0,1	4,82
9:00	25,7	727,3	88,8	0,2	23,87
10:00	27,0	727,1	84,8	0,3	21,05
11:00	28,0	726,6	81,1	0,5	30,71
12:00	29,0	725,9	77,7	0,6	29,46
13:00	29,8	724,9	75,5	0,7	19,29
14:00	30,1	724,0	74,3	0,7	0
15:00	30,0	723,3	74,7	0,6	1,78

Hora	Temperatura ambiente (°C)	Presión barométrica (mm Hg)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación (mm)*
16:00	29,5	722,9	77,2	0,3	0,51
17:00	27,8	723,1	83,6	0,1	0
18:00	26,1	723,6	89,8	0,0	0,25
19:00	24,8	724,2	93,1	0,0	13,97
20:00	24,3	725,0	94,3	0,0	24,13
21:00	24,0	725,7	95,2	0,0	46,23
22:00	23,9	726,1	95,6	0,0	103,38
23:00	23,6	726,1	95,8	0,0	82,55
Promedio	**25,5**	**725,3**	**89,3**	**0,2**	**---**

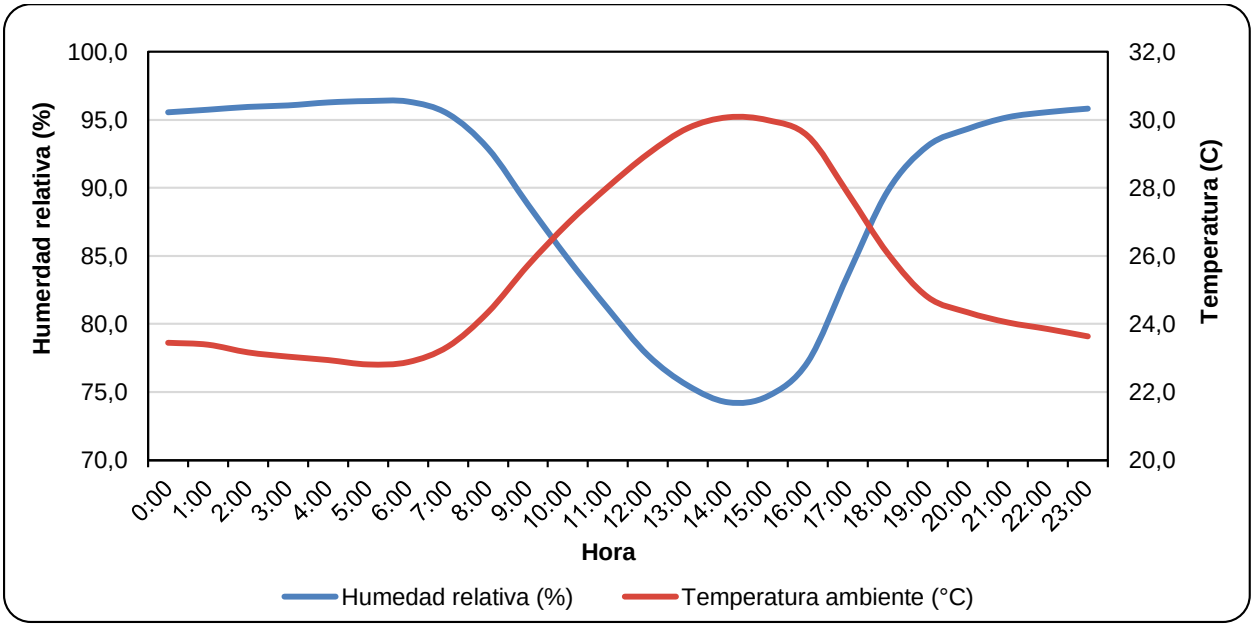
La Gráfica 1 presenta las variables meteorológicas humedad relativa y temperatura ambiente para la estación Jerusalén. La temperatura ambiente presentó un valor promedio de 25,6°C con una desviación estándar de 1,2°C, correspondiente a la medida de la variación de este parámetro respecto al promedio, alcanzando su valor máximo (30,0 °C) el 15 de diciembre de 2021 y su valor mínimo (22,8°C) el 13 de enero de 2022. El valor máximo de humedad relativa fue del 98,1%, se registró los días 25 de noviembre y 4 de diciembre de 2021, el valor mínimo registrado de humedad relativa fue del 77,6%, y se registró el 14 de diciembre de 2021. La humedad relativa promedio registrada fue 88,8%.



Gráfica 1. Variación de la humedad y la temperatura promedio diaria, Jerusalén.

En la Gráfica 2, se presenta la variación horaria de la humedad relativa y la temperatura ambiente registrada en el periodo de monitoreo. El valor máximo de temperatura se registró a las 14:00 horas con un valor de 30,1°C y la mínima a las 05:00 horas con un valor de 22,8°C. Se observa un ascenso en las magnitudes de esta variable entre las 07:00 horas y 14:00; a partir de las 15:00 empieza a descender hasta alcanzar los valores mínimos en horas de la noche y la madrugada.

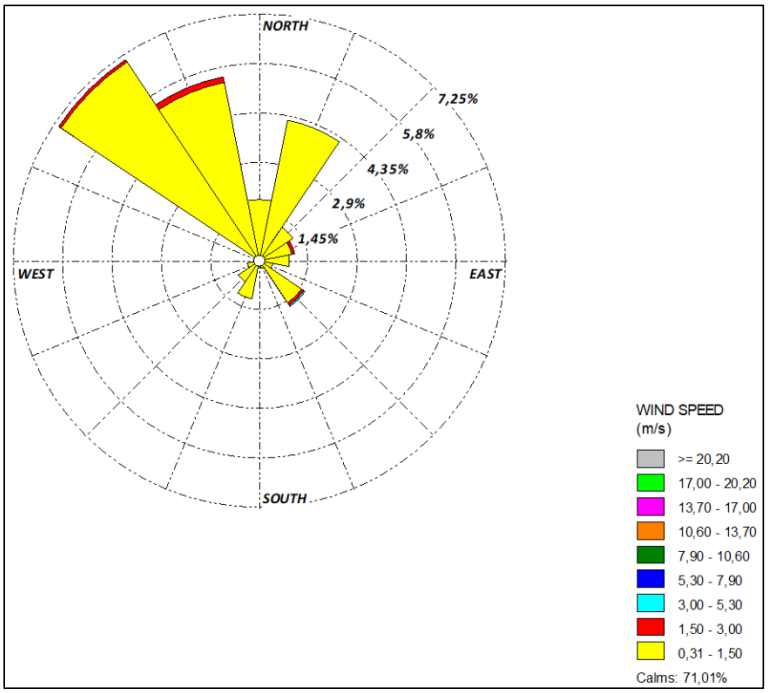
El mayor valor de humedad relativa se registró a las 05:00 horas con un valor máximo de 96,4% y el mínimo valor a las 14:00 horas con un valor de 74.3%. Esta variable muestra un comportamiento inverso al de la temperatura, ya que sus valores más altos están ente las 17:00 y 7:00 horas y los más bajos se encuentran en las horas del mediodía.



Gráfica 2. Variación de la humedad y la temperatura horaria, Jerusalén.

En la Gráfica 3 se observa la rosa de vientos correspondiente al periodo de muestreo en la estación de Jerusalén. La dirección predominante desde la cual proviene el viento es del Noroeste (NW), con una frecuencia de 7,1%, seguida por la dirección Nor-Noroeste (NNW) con un 5,5%, y Nor-Noreste con 4,2% como se muestra en la Tabla 11.

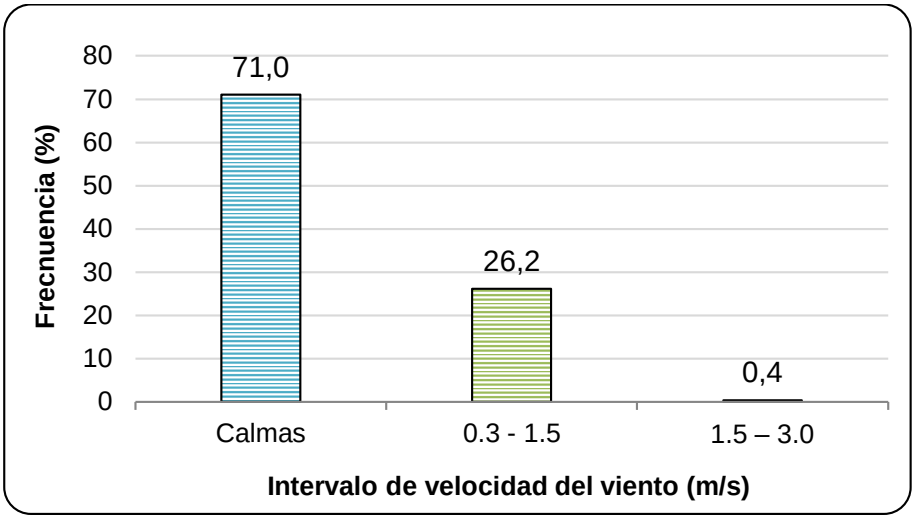
Las velocidades de viento registradas se encuentran en el intervalo 0,3 – 1,5 m/s con una frecuencia del 26,2%, este intervalo de velocidad es considerado como “Ventolina” de acuerdo con la escala de vientos de Beaufort; las velocidades de 1,5 – 3,0 m/s tuvieron una frecuencia de únicamente 0,4%. Las velocidades inferiores a 0,3 m/s, consideradas “calmas”, alcanzaron una frecuencia de 71,0%.



Gráfica 3. Rosa de vientos, Jerusalén.

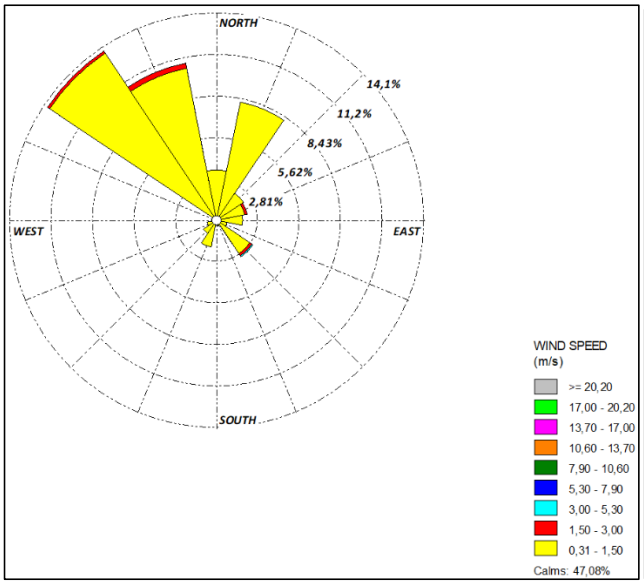
Tabla 10. Distribución de frecuencias de la rosa de vientos, Jerusalén.

Direcciones / Intervalos Velocidad de Vientos (m/s)	0,3 – 1,5	1,5 – 3,0	Total (%)
N	1,8	0,0	1,8
NNE	4,2	0,0	4,2
NE	1,2	0,0	1,2
ENE	1,0	0,1	1,1
E	0,9	0,0	0,9
ESE	0,4	0,0	0,4
SE	1,5	0,1	1,6
SSE	0,3	0,0	0,3
S	0,1	0,0	0,1
SSW	1,2	0,0	1,2
SW	0,8	0,0	0,8
WSW	0,4	0,0	0,4
W	0,1	0,0	0,1
WNW	0,0	0,0	0,0
NW	7,0	0,1	7,1
NNW	5,3	0,2	5,5
Sub-Total	26,2	0,4	26,7
Calmas	**71,0**		
Datos Perdidos o Incompletos	**2,3**		
Total	**100,0**		

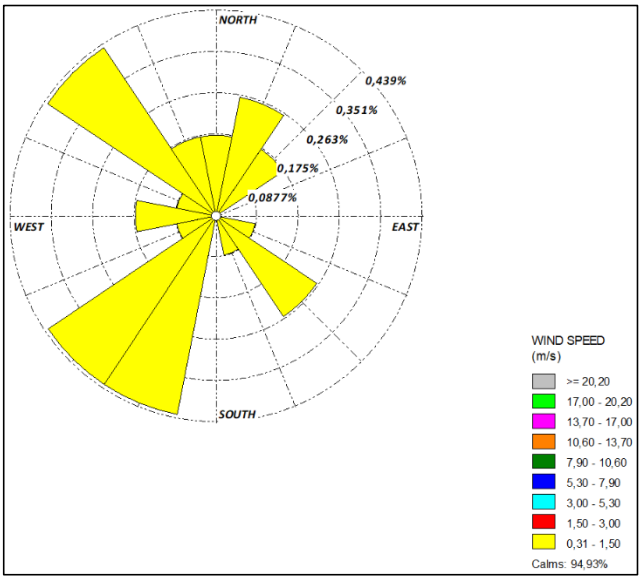


Gráfica 4. Distribución de frecuencias de clases de vientos de la rosa de vientos, Jerusalén

En la Gráfica 5 y Grafica 6 se encuentran las rosas de vientos correspondientes al horario diurno y nocturno para la estación de Jerusalén. En las horas de la noche el porcentaje de calmas es de 94,9% y se presenta una mayor frecuencia de vientos provenientes del Suroeste. En el caso diurno, la mayor frecuencia de vientos proviene del Noroeste (NW) con 13,7% y Nor-Noroeste (NNW) con 10,8%, mientras que su porcentaje de calmas es de 47,1%



Gráfica 5. Rosa de vientos diurna, Jerusalén



Gráfica 6. Rosa de vientos nocturna, Jerusalén

7.2.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE; CORREGIMIENTO LA DANTA

En la Tabla 11 y Tabla 12 se presentan las condiciones atmosféricas promedio diarias y horarias que se registraron durante cada uno de los días de muestreo de la calidad del aire en el punto denominado de La Danta. La dirección del viento está determinada por la dirección o punto del horizonte desde donde sopla el viento.

Tabla 11. Variables meteorológicas promedio diario, La Danta.

Fecha	Temperatura ambiente (°C)	Presión barométrica (mm Hg)	Humedad relativa (%)	Dirección del viento (deg)	Dirección del viento	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación* (mm)
2021-11-06	26,9	726,0	85,0	90	E	0,3	0,0
2021-11-07	27,4	726,1	82,3	112,5	ESE	0,3	42,4
2021-11-08	25,5	727,1	87,5	135	SE	0,4	91,2
2021-11-09	25,9	726,7	85,4	90	E	0,3	10,7
2021-11-10	25,8	726,3	85,7	135	SE	0,3	0,8
2021-11-11	26,5	726,0	84,9	67,5	ENE	0,4	2,0
2021-11-12	26,3	726,0	84,9	90	E	0,3	2,0
2021-11-13	26,5	725,8	83,2	135	SE	0,4	4,6
2021-11-14	26,2	725,8	85,6	90	E	0,3	57,2
2021-11-15	25,3	725,8	91,8	67,5	ENE	0,1	63,8
2021-11-16	26,8	725,1	86,0	67,5	ENE	0,3	0,0
2021-11-17	26,8	725,6	85,9	45	NE	0,3	0,0
2021-11-18	26,8	725,7	82,8	90	E	0,3	0,0
2021-11-19	26,4	726,0	83,6	90	E	0,4	0,0
2021-11-20	26,7	726,9	82,2	90	E	0,3	0,0
2021-11-21	26,3	725,9	85,3	112,5	ESE	0,3	35,8
2021-11-22	25,1	725,9	89,4	90	E	0,2	11,2
2021-11-23	24,9	726,7	90,5	45	NE	0,2	137,4
2021-11-24	25,3	727,3	87,5	67,5	ENE	0,2	5,1
2021-11-25	25,5	726,6	87,8	135	SE	0,3	18,8
2021-11-26	25,0	726,9	88,0	90	E	0,5	9,7
2021-11-27	26,0	726,6	84,5	135	SE	0,3	2,5
2021-11-28	26,8	725,4	84,0	135	SE	0,3	0,0
2021-11-29	27,5	725,0	81,8	67,5	ENE	0,4	36,3
2021-11-30	25,4	726,2	85,7	90	E	0,4	49,5
2021-12-01	25,9	727,0	86,3	90	E	0,3	1,0
2021-12-02	26,8	725,7	84,3	135	SE	0,3	0,0
2021-12-03	27,1	724,7	85,0	135	SE	0,4	82,0
2021-12-04	25,6	725,4	88,0	90	E	0,3	29,0
2021-12-05	27,5	725,5	85,4	135	SE	0,3	0,0
2021-12-06	27,1	725,9	84,8	90	E	0,4	2,5
2021-12-07	27,3	725,1	85,9	67,5	ENE	0,3	0,0

Fecha	Temperatura ambiente (°C)	Presión barométrica (mm Hg)	Humedad relativa (%)	Dirección del viento (deg)	Dirección del viento	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación* (mm)
2021-12-08	26,8	725,4	88,1	90	E	0,2	0,3
2021-12-09	27,3	725,1	86,4	67,5	ENE	0,3	0,0
2021-12-10	27,2	724,4	86,8	67,5	ENE	0,3	0,8
2021-12-11	25,8	725,0	91,5	135	SE	0,3	11,4
2021-12-12	25,4	726,4	90,4	135	SE	0,1	3,3
2021-12-13	25,8	726,5	81,9	90	E	0,4	0,0
2021-12-14	26,4	726,2	82,8	135	SE	0,4	0,0
2021-12-15	27,2	725,2	83,2	90	E	0,3	0,0
2021-12-16	26,5	724,6	88,5	270	W	0,2	0,8
2021-12-17	26,4	725,0	89,3	135	SE	0,3	9,7
2021-12-18	25,5	725,8	90,1	135	SE	0,2	38,3
2021-12-19	26,4	725,5	87,7	135	SE	0,2	0,0
2021-12-20	27,1	725,1	85,3	135	SE	0,3	0,0
2021-12-21	26,7	725,5	86,4	67,5	ENE	0,4	0,5
2021-12-22	26,7	727,0	84,3	45	NE	0,4	0,3
2021-12-23	25,7	727,4	88,0	90	E	0,4	0,0
2021-12-24	27,0	726,8	84,6	135	SE	0,3	0,0
2021-12-25	27,1	725,9	84,3	112,5	ESE	0,3	0,0
2021-12-26	27,1	726,1	84,7	135	SE	0,2	12,2
2021-12-27	26,0	726,0	88,0	135	SE	0,2	0,3
2021-12-28	27,1	725,7	85,2	135	SE	0,3	2,8
2021-12-29	27,0	726,4	83,5	90	E	0,2	29,7
2021-12-30	26,5	726,1	83,8	90	E	0,3	0,0
2021-12-31	27,9	724,9	80,9	90	E	0,2	0,0
2022-01-01	27,4	725,3	82,3	90	E	0,2	3,1
2022-01-02	28,0	725,8	81,8	22,5	NNE	0,3	4,6
2022-01-03	27,0	726,8	81,5	225	SW	0,4	0,0
2022-01-04	26,8	725,7	82,0	67,5	ENE	0,2	0,0
2022-01-05	27,1	724,5	79,3	90	E	0,2	0,0
2022-01-06	27,4	725,1	80,3	90	E	0,2	0,0
2022-01-07	26,2	726,9	85,3	45	NE	0,2	0,5
2022-01-08	26,8	727,8	81,1	90	E	0,2	0,0
2022-01-09	27,0	727,1	80,5	90	E	0,2	0,0
2022-01-10	25,6	727,1	84,7	67,5	ENE	0,1	2,0
2022-01-11	26,4	727,3	81,3	90	E	0,1	0,0
2022-01-12	25,6	727,4	82,3	202,5	SSW	0,1	1,5

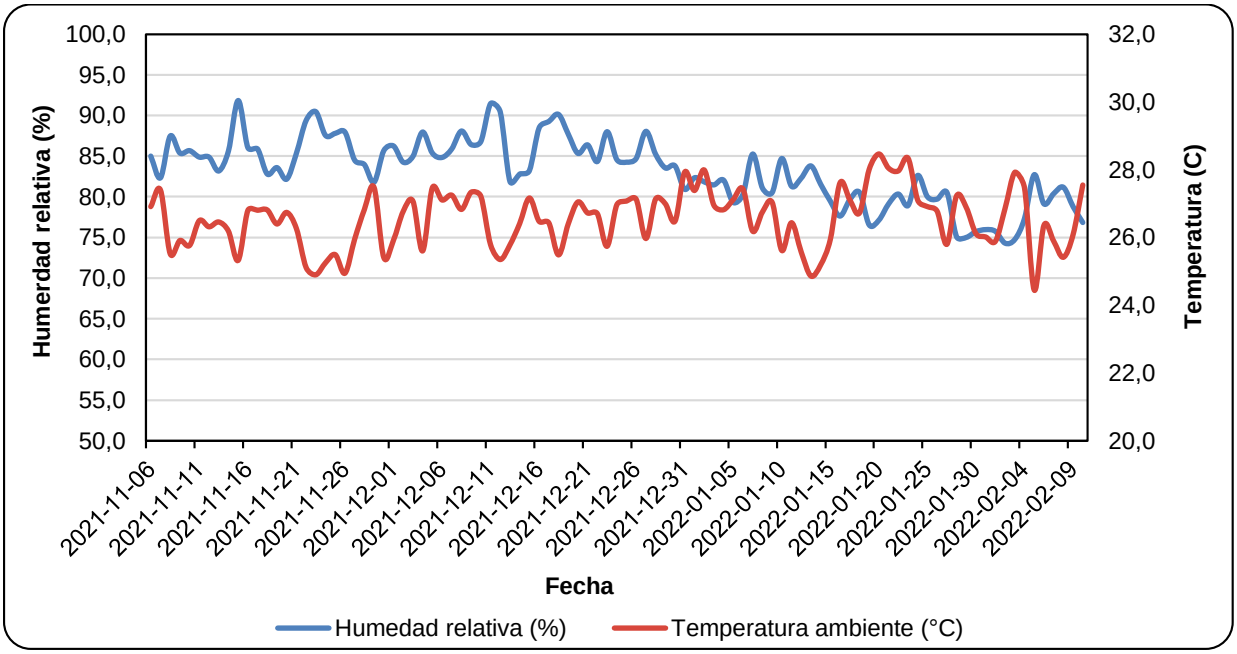
Fecha	Temperatura ambiente (°C)	Presión barométrica (mm Hg)	Humedad relativa (%)	Dirección del viento (deg)	Dirección del viento	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación* (mm)
2022-01-13	24,9	728,4	83,8	90	E	0,2	10,7
2022-01-14	25,2	728,6	81,5	22,5	NNE	0,2	2,0
2022-01-15	26,0	727,9	79,5	90	E	0,1	0,3
2022-01-16	27,6	726,7	77,6	90	E	0,2	2,3
2022-01-17	27,1	726,4	79,6	90	E	0,1	8,9
2022-01-18	26,7	726,5	80,5	337,5	NNW	0,2	0,0
2022-01-19	28,0	725,4	76,5	90	E	0,2	0,0
2022-01-20	28,5	724,2	77,1	90	E	0,2	0,0
2022-01-21	28,1	724,8	79,1	45	NE	0,1	16,3
2022-01-22	28,0	725,3	80,3	45	NE	0,2	0,0
2022-01-23	28,3	724,5	78,9	90	E	0,2	0,0
2022-01-24	27,1	724,3	82,6	0	N	0,1	14,0
2022-01-25	26,9	725,5	80,0	337,5	NNW	0,1	1,5
2022-01-26	26,8	725,9	79,7	22,5	NNE	0,1	1,8
2022-01-27	25,8	726,7	80,5	N.D	N.D	0,1	18,8
2022-01-28	27,2	726,2	75,1	90	E	0,3	0,0
2022-01-29	26,9	726,7	75,0	45	NE	0,3	0,0
2022-01-30	26,1	727,3	75,7	0	N	0,3	0,0
2022-01-31	26,0	726,9	76,0	22,5	NNE	0,3	0,0
2022-02-01	25,9	726,1	75,8	45	NE	0,1	0,0
2022-02-02	26,9	725,4	74,3	22,5	NNE	0,1	0,0
2022-02-03	27,9	725,4	74,8	67,5	ENE	0,1	0,0
2022-02-04	27,5	726,5	77,3	90	E	0,3	6,6
2022-02-05	24,5	727,3	82,7	90	E	0,1	38,1
2022-02-06	26,4	726,4	79,1	135	SE	0,2	5,6
2022-02-07	25,9	726,9	80,4	22,5	NNE	0,3	6,3
2022-02-08	25,4	727,0	81,2	157,5	SSE	0,4	0,5
2022-02-09	26,1	726,3	78,8	135	SE	0,4	0,3
2022-02-10	27,6	725,1	76,8	90	E	0,2	2,8
Máximo	28,5	728,6	91,8	N.D	N.D	0,5	137,4
Mínimo	24,5	724,2	74,3	N.D	N.D	0,1	0
Promedio	26,6	726,1	83,2	N.D	N.D	0,3	---

**Sumatoria (acumulado).*

Tabla 12. Variables meteorológicas promedio horarias, La Danta.

Hora	Temperatura ambiente (°C)	Presión barométrica (mm Hg)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación (mm)*
0:00	24,4	726,5	90,3	0,1	151,63
1:00	24,2	726,1	90,6	0,1	99,81
2:00	24,0	725,8	90,6	0,0	24,37
3:00	23,8	725,8	90,7	0,0	45,45
4:00	23,6	726,1	91,0	0,0	106,91
5:00	23,5	726,5	91,2	0,0	39,61
6:00	23,9	727,0	90,3	0,0	17,01
7:00	24,8	727,6	87,3	0,0	5,57
8:00	26,1	727,9	83,8	0,1	12,44
9:00	27,4	728,2	80,2	0,4	60,96
10:00	28,4	727,5	76,6	0,6	83,31
11:00	29,2	726,8	74,0	0,7	28,94
12:00	29,9	726,0	71,5	0,8	7,87
13:00	30,7	725,0	68,9	0,8	0,5
14:00	30,8	724,2	68,4	0,8	20,31
15:00	30,9	723,8	68,5	0,7	0,25
16:00	30,2	723,7	72,1	0,5	0,51
17:00	28,6	724,1	79,6	0,1	0
18:00	26,9	724,7	85,4	0,0	0
19:00	26,0	725,4	87,6	0,0	1,52
20:00	25,5	726,2	88,6	0,0	44,7
21:00	25,2	726,7	89,4	0,1	87,12
22:00	24,9	726,9	89,8	0,1	80,01
23:00	24,7	726,8	89,7	0,0	35,04
Promedio	**26,6**	**726,1**	**83,2**	**0,3**	**---**

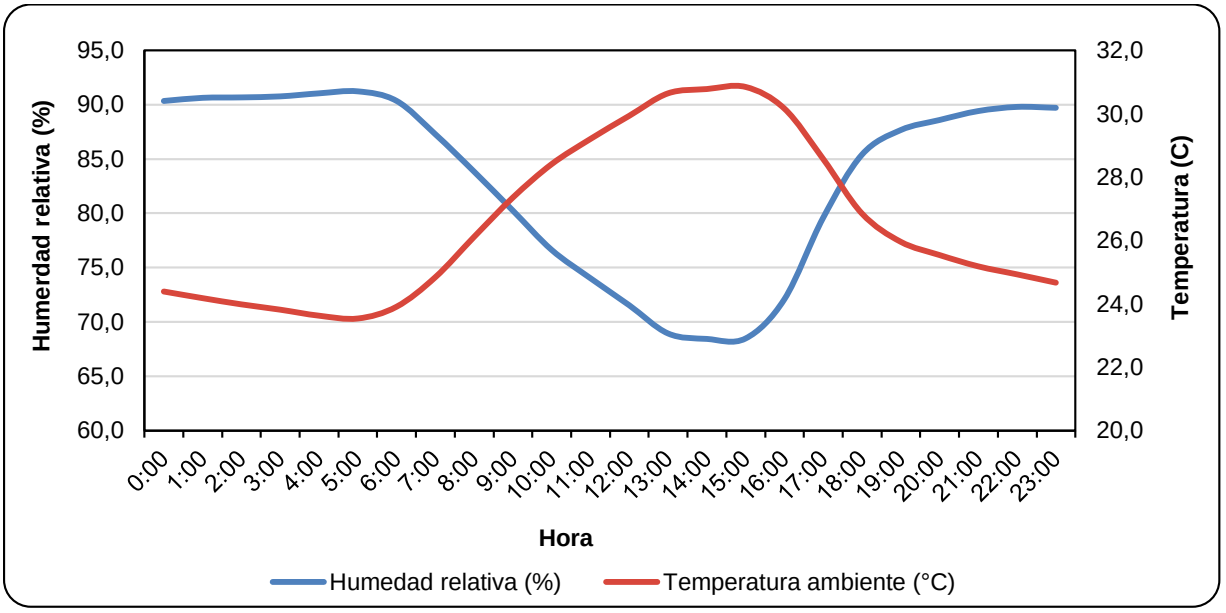
La Gráfica 7 presenta las variables meteorológicas humedad relativa y temperatura ambiente para la estación “La Danta”. La temperatura ambiente presentó un valor máximo de 28,5°C y mínimo de 24,5°C, a su vez, el promedio para esta variable durante el periodo de monitoreo fue de 26,6°C con una desviación estándar de 0,9°C. Para la humedad relativa, el valor máximo fue de 91,8% el día 15 de noviembre del 2021 y el valor mínimo registrado fue del 74,3% el 02 de febrero de 2022. Con respecto a la relación entre las variables, se logra establecer claramente una relación inversa entre ambas, lo que se encuentra acorde con el comportamiento esperado para estas.



Gráfica 7. Variación de la humedad y la temperatura promedio diaria, La Danta.

En la Gráfica 8 se presenta la variación horaria de la humedad relativa y la temperatura ambiente registrada en el periodo de monitoreo. El máximo de temperatura se registró a las 15:00 horas con un valor de 30,9°C y el mínimo fue registrado a las 05:00 horas con un valor de 23,5°C. A partir de las 07:00 horas se observa un aumento continuo en las magnitudes de esta variable, hasta alcanzar los valores máximos y es a partir de las 16:00 que inicia un descenso que continua en las horas de la tarde y la noche.

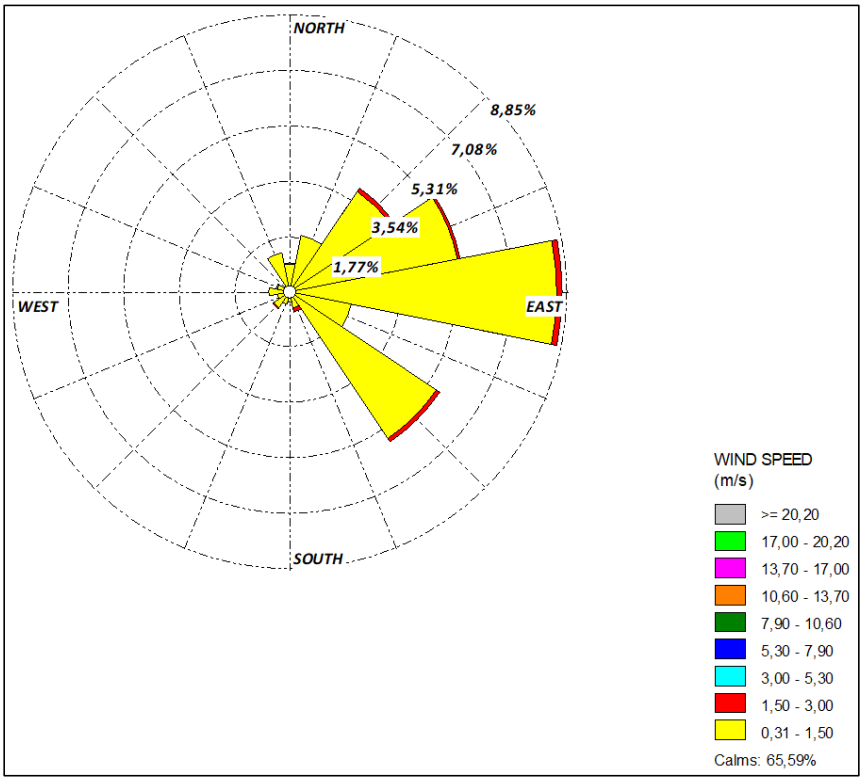
La humedad registró a las 05:00 horas un valor máximo de 91,2% y el mínimo a las 14:00 horas con un valor de 68,4%. Se observa un comportamiento inverso al de la temperatura, alcanzando los valores mínimos durante el mediodía y los máximos en la tarde y la noche.



Gráfica 8. Variación de la humedad y la temperatura horaria, La Danta.

En la Gráfica 9 se observa la rosa de vientos para el periodo de muestreo en la estación “La Danta”. Las direcciones predominantes desde las cuales proviene el viento son el Este (E) con una frecuencia porcentual de 8,7% y el Sureste (SE) con 5,8%, seguido de la dirección Este-noreste (ENE) con 5,5% y finalmente, la dirección Noreste (NE) con 4,0%.

Como se observa en la Tabla 14, la distribución de las velocidades del viento se concentra específicamente en dos rangos, la mayor frecuencia (33,2%) se presenta en el intervalo denominado “ventolina” en la escala de vientos de Beaufort, con velocidades comprendidas entre 0,3 y 1,5 m/s. En segundo lugar, se encuentra una frecuencia de 0,7% en el intervalo “brisa muy débil”; es decir, con velocidad entre 1,5 y 3,0 m/s. El porcentaje de calmas (viento menor a 0,3 m/s) alcanzó el 65,6%.

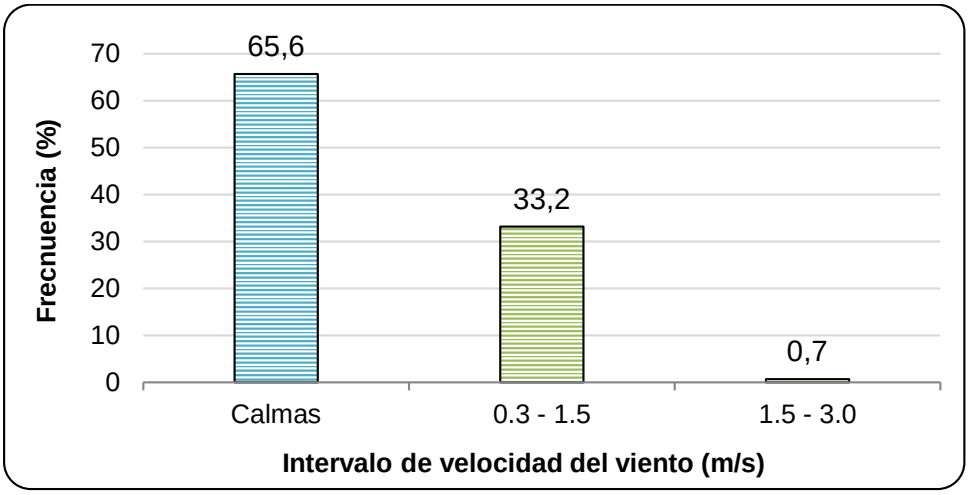


Gráfica 9. Rosa de vientos, La Danta.

Tabla 13. Distribución de frecuencias de la rosa de vientos, La Danta.

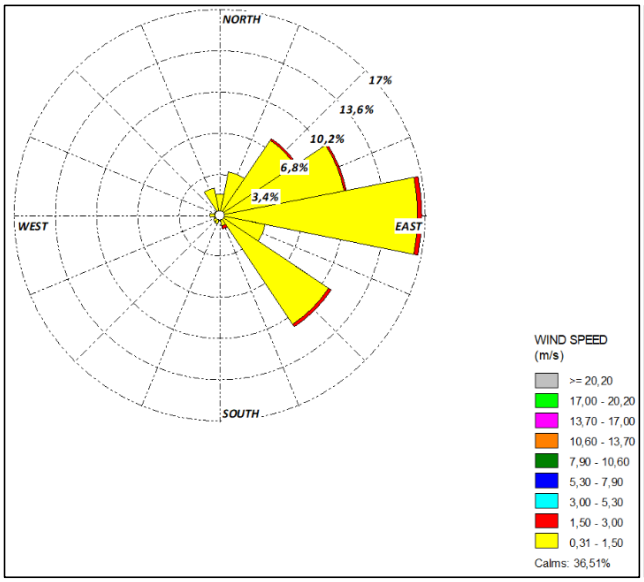
Direcciones / Intervalos Velocidad de vientos (m/s)	0,3 – 1,5	1,5 – 3,0	Total (%)
N	0,9	0,0	0,9
NNE	1,8	0,0	1,8
NE	3,9	0,1	4,0
ENE	5,5	0,1	5,5
E	8,5	0,2	8,7
ESE	2,0	0,0	2,0
SE	5,6	0,1	5,8
SSE	0,6	0,1	0,7
S	0,3	0,0	0,3
SSW	0,4	0,0	0,4
SW	0,6	0,0	0,7
WSW	0,4	0,0	0,4
W	0,7	0,0	0,7
WNW	0,4	0,0	0,5
NW	0,2	0,0	0,2
NNW	1,3	0,0	1,3

Direcciones / Intervalos Velocidad de vientos (m/s)	0,3 – 1,5	1,5 – 3,0	Total (%)
Sub-Total	33,2	0,7	34,0
Calmas	**65,6**		
Datos Perdidos o Incompletos	**0,4**		
Total	**100.0**		

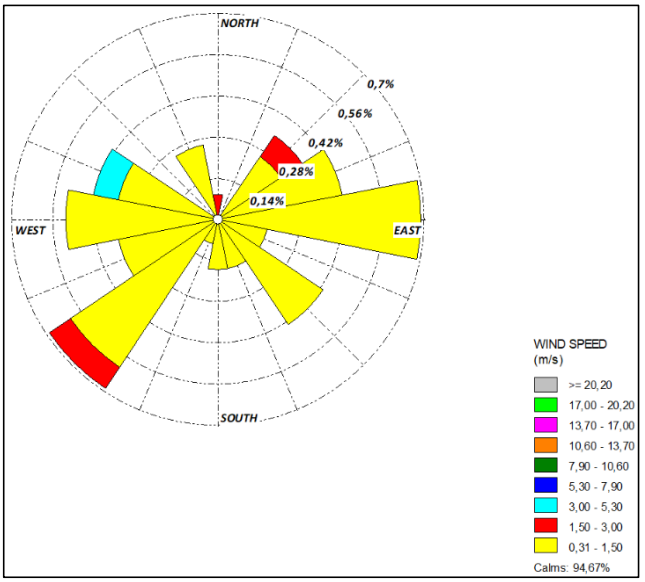


Gráfica 10. Distribución de frecuencias de clases de vientos de la rosa de vientos, La Danta

En los Gráficos 11 y 12 se encuentran las rosas de vientos para la estación de La Danta en los horarios diurno y nocturno. El porcentaje de calmas es mucho mayor en el horario nocturno, alcanzando un valor de 94,7%, mientras que en el día es de 36,5%, así mismo, se puede notar que las velocidades más altas para esta estación (3,0 – 5,3 m/s) se dan en las horas de la noche.



Gráfica 11. Rosa de vientos diurna, La Danta



Gráfica 12. Rosa de vientos nocturna, La Danta

7.2.3 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE; ALCALDÍA DE GUARNE

En la Tabla 14 y la Tabla 15, se presentan las condiciones atmosféricas promedio diarias y horarias que se registraron durante cada uno de los días de muestreo de la calidad del aire en el punto ubicado en la Alcaldía del municipio de Guarne. La dirección del viento está determinada por la dirección o punto del horizonte desde donde sopla el viento.

Tabla 14. Variables meteorológicas promedio diario, Alcaldía de Guarne.

Fecha	Temperatura ambiente (°C)	Presión barométrica (mm Hg)	Humedad relativa (%)	Dirección del viento (deg)	Dirección del viento	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación* (mm)
2021-11-07	17,4	587,4	65,0	135	SE	0,8	0,0
2021-11-08	16,9	587,7	71,2	135	SE	0,6	5,3
2021-11-09	16,2	587,4	77,5	135	SE	0,4	5,8
2021-11-10	16,0	587,1	78,8	135	SE	0,5	3,6
2021-11-11	16,4	587,1	71,1	135	SE	0,5	0,0
2021-11-12	16,5	587,0	69,1	135	SE	0,7	0,0
2021-11-13	16,3	586,9	68,9	135	SE	0,8	5,3
2021-11-14	16,6	586,8	71,5	90	E	0,6	0,0
2021-11-15	15,6	586,8	79,0	135	SE	0,3	6,3
2021-11-16	16,4	586,5	74,6	135	SE	0,4	0,0
2021-11-17	16,2	586,9	71,3	90	E	0,6	0,0
2021-11-18	16,4	586,8	65,3	292,5	WNW	0,7	0,0
2021-11-19	15,8	586,9	69,8	135	SE	0,5	12,4
2021-11-20	16,8	586,7	72,8	135	SE	0,7	5,1
2021-11-21	16,3	586,9	72,1	135	SE	0,5	0,5

Fecha	Temperatura ambiente (°C)	Presión barométrica (mm Hg)	Humedad relativa (%)	Dirección del viento (deg)	Dirección del viento	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación* (mm)
2021-11-22	15,7	586,8	72,7	135	SE	0,5	0,0
2021-11-23	14,9	587,1	76,8	292,5	WNW	0,3	15,8
2021-11-24	16,1	587,5	75,0	0	N	0,6	15,0
2021-11-25	15,9	587,2	77,1	0	N	0,5	12,9
2021-11-26	15,4	587,3	78,1	45	NE	0,2	5,6
2021-11-27	17,4	587,1	67,8	135	SE	0,8	6,3
2021-11-28	17,0	586,7	67,6	135	SE	0,7	0,0
2021-11-29	17,0	586,4	70,5	135	SE	0,6	0,3
2021-11-30	17,0	587,0	67,5	135	SE	0,7	7,1
2021-12-01	16,6	587,7	70,3	135	SE	0,5	1,3
2021-12-02	17,6	586,9	64,5	135	SE	0,9	0,0
2021-12-03	17,3	586,2	69,0	135	SE	0,5	5,8
2021-12-04	17,4	586,6	69,3	135	SE	0,7	3,3
2021-12-05	18,0	587,0	66,0	135	SE	0,9	0,0
2021-12-06	17,7	587,3	68,1	135	SE	0,6	1,0
2021-12-07	17,8	586,8	64,2	135	SE	0,9	0,0
2021-12-08	17,0	587,1	67,9	315	NW	0,5	0,0
2021-12-09	17,2	586,8	66,5	135	SE	0,7	0,0
2021-12-10	16,6	586,1	66,6	135	SE	0,5	0,0
2021-12-11	16,6	586,2	69,2	135	SE	0,5	3,6
2021-12-12	15,5	587,1	73,0	202,5	SSW	0,4	1,8
2021-12-13	15,3	587,2	64,6	135	SE	0,5	0,0
2021-12-14	17,1	587,1	62,6	135	SE	0,8	0,0
2021-12-15	17,6	586,6	63,6	135	SE	0,8	3,8
2021-12-16	17,2	586,1	71,3	135	SE	0,5	0,0
2021-12-17	15,8	586,7	75,8	337,5	NNW	0,5	12,2
2021-12-18	14,6	587,0	76,8	135	SE	0,3	2,0
2021-12-19	16,8	586,8	70,5	135	SE	0,6	0,3
2021-12-20	17,5	586,6	66,5	90	E	0,6	0,0
2021-12-21	16,3	586,7	71,7	292,5	WNW	0,4	2,3
2021-12-22	16,7	587,8	69,4	135	SE	0,6	0,3
2021-12-23	16,4	588,1	70,3	135	SE	0,7	0,0
2021-12-24	17,3	587,7	64,6	135	SE	0,7	0,0
2021-12-25	17,3	587,3	66,3	90	E	0,5	0,3
2021-12-26	18,0	587,4	64,8	135	SE	0,8	0,0
2021-12-27	16,1	587,3	71,1	202,5	SSW	0,3	21,1

Fecha	Temperatura ambiente (°C)	Presión barométrica (mm Hg)	Humedad relativa (%)	Dirección del viento (deg)	Dirección del viento	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación* (mm)
2021-12-28	16,3	587,1	70,3	135	SE	0,5	1,8
2021-12-29	15,8	587,7	73,5	135	SE	0,4	2,5
2021-12-30	16,8	587,3	68,1	135	SE	0,7	0,8
2021-12-31	17,1	586,6	65,2	135	SE	0,7	1,3
2022-01-01	17,3	586,8	66,5	135	SE	0,5	0,3
2022-01-02	16,3	587,6	73,0	135	SE	0,5	9,9
2022-01-03	15,8	588,1	68,1	135	SE	0,6	0,3
2022-01-04	15,4	587,1	64,9	135	SE	0,7	0,0
2022-01-05	15,5	586,0	64,6	135	SE	0,6	0,0
2022-01-06	15,3	586,4	70,4	135	SE	0,5	20,8
2022-01-07	15,0	587,6	73,9	135	SE	0,5	7,9
2022-01-08	15,9	588,3	69,5	135	SE	0,4	0,0
2022-01-09	16,6	588,0	66,2	135	SE	0,7	0,0
2022-01-10	15,8	587,6	67,8	135	SE	0,6	6,9
2022-01-11	15,4	587,8	71,9	135	SE	0,4	2,8
2022-01-12	16,3	587,6	69,3	135	SE	0,7	3,0
2022-01-13	16,1	588,0	68,3	292,5	WNW	0,7	12,7
2022-01-14	15,5	588,1	69,9	135	SE	0,7	0,5
2022-01-15	14,7	588,6	66,7	135	SE	0,6	0,0
2022-01-16	16,3	587,9	62,8	135	SE	1,0	0,0
2022-01-17	16,7	587,5	63,5	135	SE	0,8	0,0
2022-01-18	16,1	587,5	64,2	135	SE	0,6	0,0
2022-01-19	17,7	587,1	61,0	135	SE	1,3	0,0
2022-01-20	17,0	586,7	59,9	135	SE	1,4	0,0
2022-01-21	17,3	587,1	64,3	135	SE	0,9	0,0
2022-01-22	16,5	587,2	65,4	292,5	WNW	0,4	0,8
2022-01-23	17,0	586,5	64,0	135	SE	0,9	0,0
2022-01-24	17,0	586,2	62,7	135	SE	0,8	0,0
2022-01-25	16,5	586,9	63,6	135	SE	0,7	0,0
2022-01-26	16,4	587,0	63,1	135	SE	0,7	0,0
2022-01-27	16,1	587,5	65,8	135	SE	0,6	0,0
2022-01-28	16,4	587,5	60,5	90	E	0,6	0,0
2022-01-29	15,2	587,7	63,7	135	SE	0,7	0,0
2022-01-30	15,0	587,8	64,3	135	SE	0,8	0,0
2022-01-31	14,8	587,4	63,3	135	SE	0,8	0,0
2022-02-01	15,5	586,8	63,2	135	SE	0,8	0,0

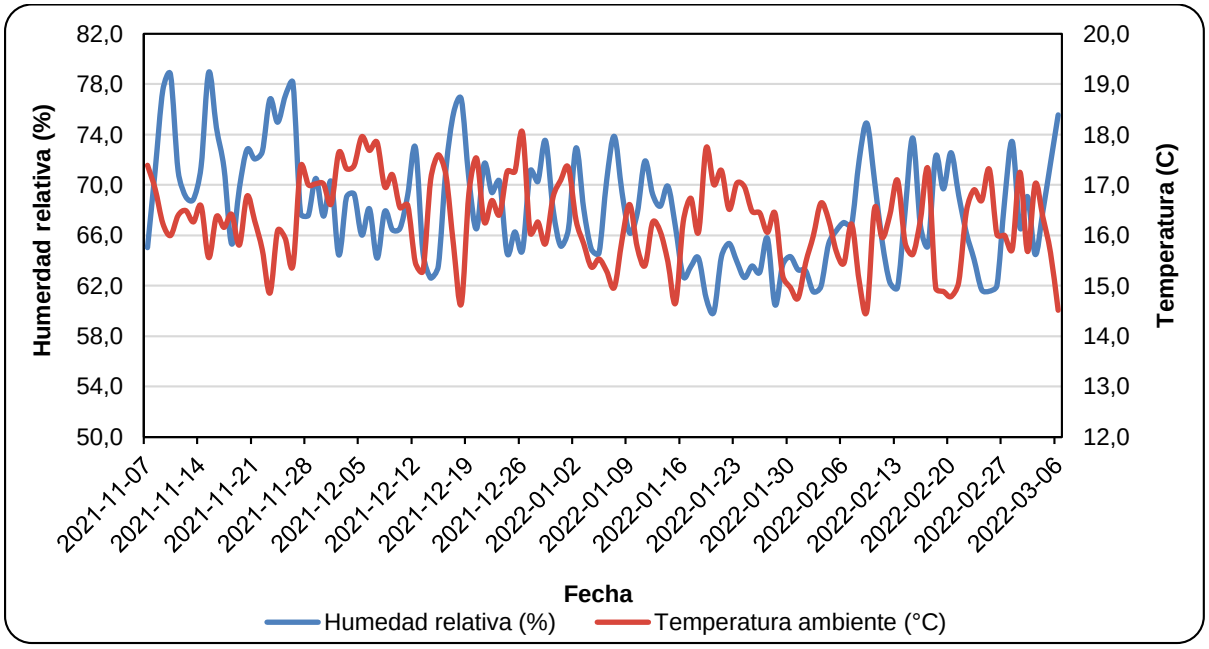
Fecha	Temperatura ambiente (°C)	Presión barométrica (mm Hg)	Humedad relativa (%)	Dirección del viento (deg)	Dirección del viento	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación* (mm)
2022-02-02	16,0	586,7	61,5	135	SE	0,8	0,0
2022-02-03	16,6	587,3	62,0	135	SE	0,7	0,0
2022-02-04	16,3	587,8	65,3	135	SE	0,7	7,1
2022-02-05	15,7	587,5	66,4	135	SE	0,7	0,3
2022-02-06	15,4	587,2	67,0	135	SE	0,7	5,8
2022-02-07	16,2	587,2	66,9	135	SE	0,5	1,0
2022-02-08	15,1	587,5	72,0	315	NW	0,3	6,1
2022-02-09	14,5	587,3	74,9	135	SE	0,4	2,0
2022-02-10	16,5	586,5	70,4	135	SE	0,5	0,0
2022-02-11	16,0	586,3	65,5	135	SE	0,7	0,0
2022-02-12	16,4	586,4	62,3	135	SE	0,6	0,0
2022-02-13	17,1	586,5	61,9	135	SE	0,7	0,0
2022-02-14	15,9	587,3	67,9	135	SE	0,3	11,9
2022-02-15	15,6	587,5	73,8	90	E	0,5	1,3
2022-02-16	16,3	587,4	66,8	135	SE	0,8	0,0
2022-02-17	17,3	587,1	65,2	135	SE	0,8	0,5
2022-02-18	15,0	587,2	72,3	135	SE	0,4	4,8
2022-02-19	14,9	587,0	69,7	135	SE	0,6	8,6
2022-02-20	14,8	587,4	72,6	135	SE	0,3	11,9
2022-02-21	15,1	587,4	69,2	135	SE	0,8	7,6
2022-02-22	16,5	587,2	66,2	135	SE	0,6	1,5
2022-02-23	16,9	587,2	64,1	135	SE	0,8	0,0
2022-02-24	16,7	587,0	61,7	135	SE	0,6	0,0
2022-02-25	17,3	587,1	61,6	135	SE	0,8	0,0
2022-02-26	16,0	587,8	62,0	135	SE	0,5	0,3
2022-02-27	16,0	587,4	68,8	135	SE	0,5	16,5
2022-02-28	15,7	587,4	73,5	135	SE	0,3	18,0
2022-03-01	17,3	587,1	66,6	135	SE	0,9	4,8
2022-03-02	15,7	587,7	69,1	135	SE	0,3	8,6
2022-03-03	17,0	587,3	64,5	135	SE	0,7	0,0
2022-03-04	16,4	587,5	67,9	135	SE	0,6	3,1
2022-03-05	15,7	587,4	71,8	0	N	0,4	4,6
2022-03-06	14,5	587,6	75,6	135	SE	0,3	29,2
Máximo	18,0	588,6	79,0	N.D	N.D	1,4	29,2
Mínimo	14,5	586,0	59,9	N.D	N.D	0,2	0
Promedio	16,3	587,2	68,2	N.D	N.D	0,6	---

**Sumatoria (acumulado).*

Tabla 15. Variables meteorológicas promedio horarias, Alcaldía de Guarne.

Hora	Temperatura ambiente (°C)	Presión barométrica (mm Hg)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación (mm)*
0:00	14,1	587,8	75,8	0,2	15,97
1:00	13,9	587,4	76,2	0,2	10,65
2:00	13,8	587,0	76,8	0,2	7,85
3:00	13,6	586,8	77,4	0,2	12,69
4:00	13,4	586,8	77,9	0,1	9,12
5:00	13,3	587,0	78,0	0,2	8,62
6:00	13,2	587,4	78,1	0,1	1,25
7:00	13,6	587,8	76,9	0,2	4,56
8:00	15,1	588,2	71,5	0,3	2,54
9:00	16,8	588,3	65,5	0,6	3,04
10:00	18,4	588,1	60,0	1,0	5,83
11:00	19,8	587,7	55,2	1,2	3,81
12:00	20,6	587,1	53,0	1,3	15,23
13:00	20,8	586,6	53,0	1,4	23,11
14:00	20,4	586,0	55,2	1,5	26,16
15:00	19,8	585,7	57,4	1,5	30,97
16:00	19,3	585,7	59,3	1,4	51,28
17:00	18,3	585,9	62,9	1,1	25,37
18:00	17,2	586,3	66,3	0,7	28,19
19:00	16,2	586,8	69,0	0,4	26,4
20:00	15,6	587,4	70,8	0,3	11,67
21:00	15,1	587,9	72,4	0,2	13,2
22:00	14,8	588,0	73,6	0,2	24,39
23:00	14,4	588,0	74,8	0,2	31,98
Promedio	**16,3**	**587,2**	**68,2**	**0,6**	**---**

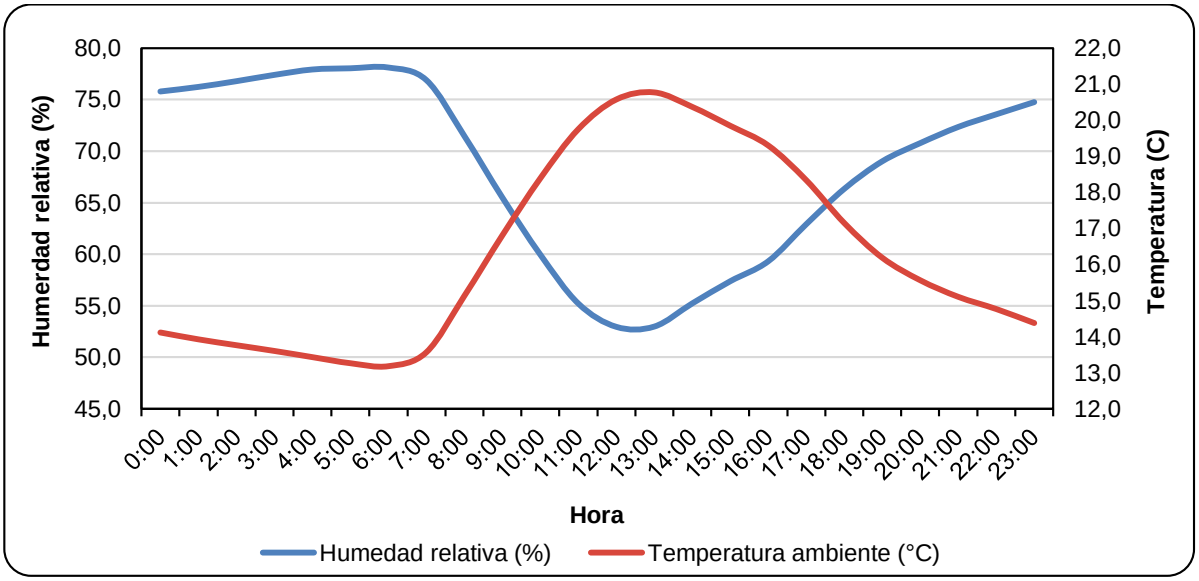
La Gráfica 13 presenta las variables meteorológicas humedad relativa y temperatura ambiente para la estación ubicada en la Alcaldía de Guarne. La temperatura ambiente presentó un valor promedio de 16,3°C con una desviación estándar de 0,8°C, correspondiente a la variación de este parámetro respecto al promedio. El valor máximo registrado fue de 18,0°C los días 5 y 26 de diciembre de 2021, a su vez el mínimo fue de 14,5°C el 9 de febrero y 6 de marzo de 2022. La humedad relativa presentó un valor mínimo de 59,9% y máximo de 79,0%. El valor promedio de la humedad relativa fue 68,2%.



Gráfica 13. Variación de la humedad y la temperatura promedio diaria, Alcaldía de Guarne.

En la Gráfica 14, se presenta la variación horaria de la humedad relativa y temperatura ambiente registrada en el periodo de monitoreo. El máximo de temperatura se registró a las 13:00 horas con un valor de 20,8°C y el mínimo a las 06:00 horas con un valor de 13,2°C. Se evidencia claramente un aumento en la temperatura a partir de las 07:00 horas, continuando con este comportamiento hasta las 16:00 horas donde se nota un descenso que se mantiene durante las horas de la tarde y la noche.

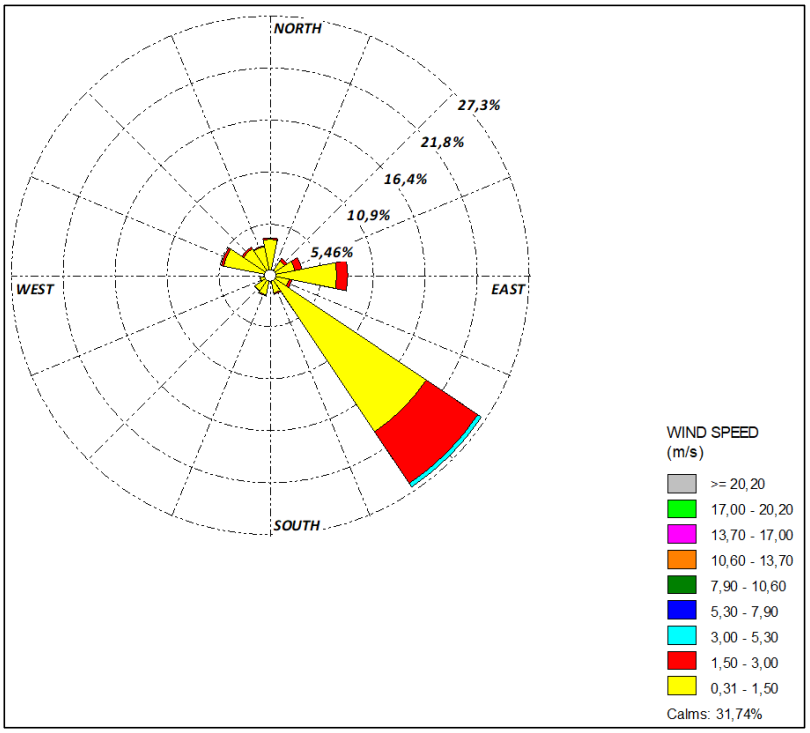
El mayor valor de humedad relativa se registró a las 06:00 horas con un valor de 78,1% y el mínimo se presentó a las 12:00 y 13:00 horas con un valor de 53,0%. Es evidente que, en cuanto a los promedios diarios y horarios, la humedad relativa presentó una relación opuesta con respecto a la temperatura ambiental.



Gráfica 14. Variación de la humedad y la temperatura horaria, Alcaldía de Guarne.

En la Gráfica 15 se observa la rosa de vientos correspondiente al periodo de monitoreo en la estación ubicada en la Alcaldía de Guarne. Se puede evidencia que, la dirección predominante de donde proviene el viento es del Sureste (SE) con una frecuencia de 26,7%, seguido de las direcciones Este (E) con 8,2% y Oeste-Noroeste (WNW) con una frecuencia de 5,3%.

La distribución de las velocidades del viento se concentra específicamente en tres rangos, la mayor frecuencia (57,4%) se presenta en el intervalo denominado “ventolina” en la escala de vientos de Beaufort, con velocidades comprendidas entre 0,3 y 1,5 m/s. En segundo lugar, se encuentra una frecuencia de 10,2% en el intervalo “brisa muy débil”; es decir, con velocidad entre 1,5 y 3,0 m/s, finalmente, un 0,5% se ubicó en el rango 3,0 y 5,3 m/s o brisa débil. El porcentaje de calmas (viento menor a 0,3 m/s) alcanzó el 31,7%.

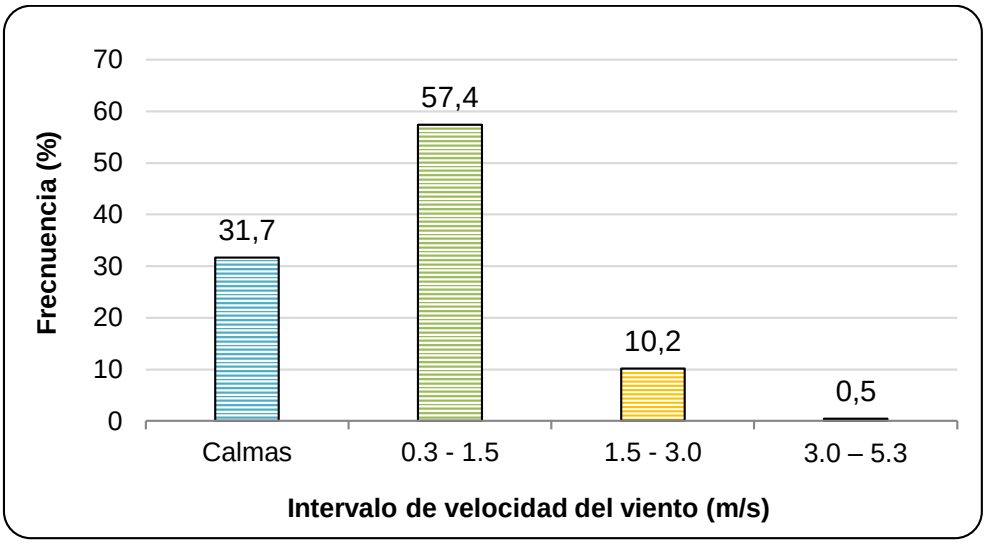


Gráfica 15. Rosa de vientos, Alcaldía de Guarne.

Tabla 16. Distribución de frecuencias de la rosa de vientos, Alcaldía de Guarne.

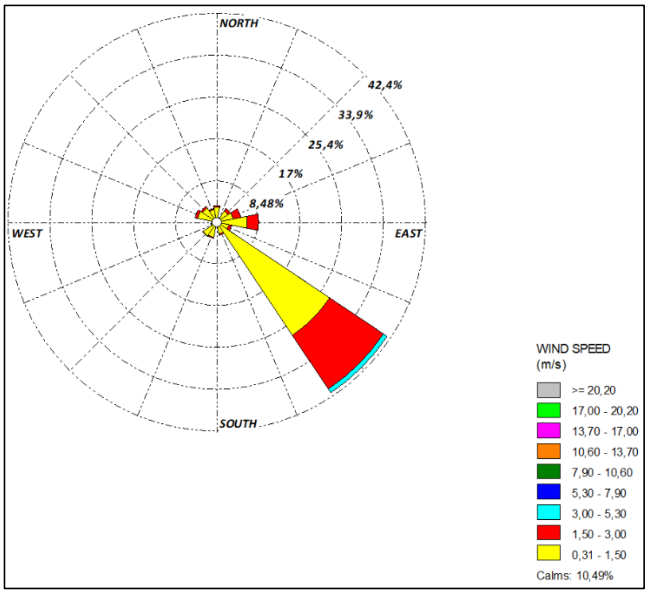
Direcciones / Intervalos Velocidad de vientos (m/s)	0,3 – 1,5	1,5 – 3,0	3,0 – 5,3	Total (%)
N	3,9	0,1	0,0	4,0
NNE	0,3	0,0	0,0	0,3
NE	1,9	0,3	0,0	2,3
ENE	2,7	0,8	0,0	3,5
E	7,0	1,2	0,0	8,2
ESE	2,1	0,3	0,0	2,4
SE	19,8	6,5	0,5	26,7
SSE	2,0	0,1	0,0	2,1
S	0,0	0,0	0,0	0,0
SSW	2,2	0,1	0,0	2,3
SW	2,0	0,0	0,0	2,1
WSW	1,1	0,0	0,0	1,2
W	0,7	0,0	0,0	0,7
WNW	5,0	0,3	0,0	5,3
NW	3,4	0,2	0,0	3,6
NNW	3,2	0,1	0,0	3,3
Sub-Total	57,4	10,2	0,5	68,1

Direcciones / Intervalos Velocidad de vientos (m/s)	0,3 – 1,5	1,5 – 3,0	3,0 – 5,3	Total (%)
Calmas	**31,7**			
Datos Perdidos o Incompletos	**0,2**			
Total	**100,0**			

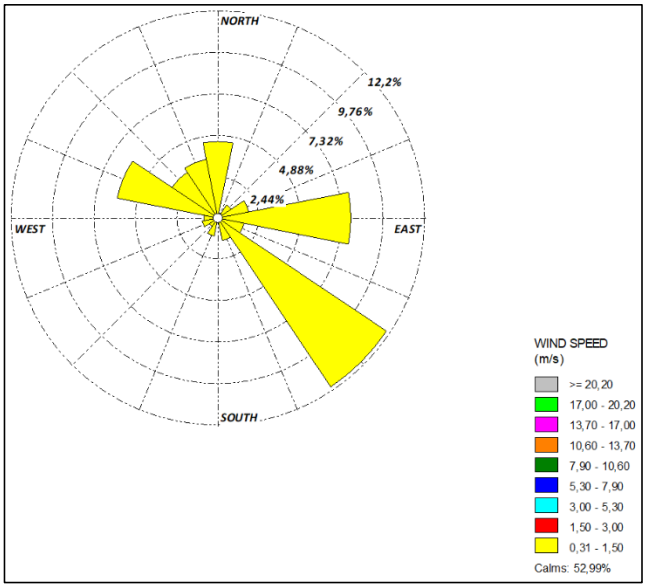


Gráfica 16. Distribución de frecuencias de clases de vientos de la rosa de vientos, Alcaldía de Guarne.

En la Gráfica 17 y Gráfica 18 se muestran las rosas de vientos correspondientes al horario diurno y nocturno para la estación de la Alcaldía de Guarne. En las horas de la noche el porcentaje de calmas es de 52,9% y se presentan vientos de menor velocidad en comparación con el horario diurno, donde las calmas únicamente alcanzan el 10,5% y la mayor frecuencia de vientos proviene del Sureste (SE) con 41,5%



Gráfica 17. Rosa de vientos diurna, Alcaldía de Guarne



Gráfica 18.Rosa de vientos nocturna, Alcaldía de Guarne

7.2.4 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE; HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA

En la Tabla 17 y la Tabla 18, se presentan las condiciones atmosféricas promedio diarias y horarias que se registraron durante cada uno de los días de muestreo de la calidad del aire en el punto ubicado en el Hospital San Juan de Dios del municipio de Marinilla.

Tabla 17. Variables meteorológicas promedio diario, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.

Fecha	Temperatura ambiente (°C)	Presión barométrica (mm Hg)	Humedad relativa (%)	Dirección del viento (deg)	Dirección del viento	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación* (mm)
2021-11-07	18,0	593,8	82,6	112,5	ESE	1,4	2,5
2021-11-08	17,4	594,3	88,5	112,5	ESE	1,0	20,3
2021-11-09	17,5	594,0	86,5	90	E	0,9	27,9
2021-11-10	16,9	593,8	90,5	270	W	0,7	3,0
2021-11-11	17,3	593,9	87,0	45	NE	1,1	0,3
2021-11-12	17,4	593,7	86,7	45	NE	1,4	2,3
2021-11-13	17,1	593,4	87,0	112,5	ESE	1,5	8,4
2021-11-14	17,4	593,4	89,5	45	NE	0,9	0,0
2021-11-15	17,4	593,2	91,2	90	E	0,9	2,8
2021-11-16	18,0	592,8	87,9	270	W	1,1	0,0
2021-11-17	17,8	593,1	87,1	67,5	ENE	1,0	0,0
2021-11-18	17,2	593,6	82,8	315	NW	1,2	0,0
2021-11-19	17,0	593,6	85,4	270	W	1,2	0,0
2021-11-20	17,6	593,3	85,4	112,5	ESE	1,0	4,6
2021-11-21	17,1	593,7	88,4	112,5	ESE	1,3	0,8
2021-11-22	17,1	593,5	90,2	45	NE	0,8	9,4
2021-11-23	16,6	594,1	92,1	270	W	1,0	20,1
2021-11-24	17,3	594,5	89,5	67,5	ENE	0,9	32,8
2021-11-25	16,9	594,0	92,5	45	NE	0,7	30,7
2021-11-26	16,3	594,5	94,2	45	NE	0,6	28,2
2021-11-27	17,7	594,0	86,8	135	SE	1,4	10,7
2021-11-28	18,1	593,0	85,5	315	NW	1,5	0,0
2021-11-29	18,3	592,3	87,3	112,5	ESE	1,2	11,2
2021-11-30	17,6	593,7	86,6	112,5	ESE	1,3	14,2
2021-12-01	17,0	594,6	89,3	45	NE	1,1	14,0
2021-12-02	18,1	593,3	84,9	112,5	ESE	1,4	0,0
2021-12-03	17,8	592,2	89,0	90	E	1,1	14,7
2021-12-04	17,8	593,1	88,2	112,5	ESE	1,3	6,4
2021-12-05	18,2	593,3	87,3	112,5	ESE	1,2	6,9
2021-12-06	18,6	593,3	88,2	112,5	ESE	1,4	0,8
2021-12-07	18,4	592,8	83,9	112,5	ESE	1,5	0,0
2021-12-08	18,3	593,1	88,9	112,5	ESE	1,2	0,0
2021-12-09	18,3	592,9	86,8	45	NE	1,2	0,8
2021-12-10	17,7	592,2	87,0	45	NE	0,9	0,0
2021-12-11	17,6	592,3	90,3	22,5	NNE	1,0	0,3
2021-12-12	16,5	594,2	89,1	45	NE	1,1	0,0
2021-12-13	16,1	594,9	84,0	112,5	ESE	1,1	0,0

Fecha	Temperatura ambiente (°C)	Presión barométrica (mm Hg)	Humedad relativa (%)	Dirección del viento (deg)	Dirección del viento	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación* (mm)
2021-12-14	17,8	593,6	83,4	112,5	ESE	1,6	0,0
2021-12-15	18,1	592,7	86,5	45	NE	1,4	0,0
2021-12-16	18,2	592,2	87,7	45	NE	1,1	0,0
2021-12-17	16,9	593,0	93,5	67,5	ENE	0,8	5,6
2021-12-18	16,1	594,6	94,1	270	W	0,6	8,6
2021-12-19	17,8	593,5	89,2	45	NE	1,0	0,0
2021-12-20	18,2	592,6	88,3	315	NW	1,0	0,0
2021-12-21	17,5	593,2	91,0	90	E	0,8	0,3
2021-12-22	18,0	594,3	87,7	45	NE	1,2	0,3
2021-12-23	17,2	595,2	90,0	112,5	ESE	1,2	0,5
2021-12-24	18,0	594,2	88,8	112,5	ESE	1,3	0,3
2021-12-25	18,4	593,6	87,0	112,5	ESE	1,2	0,0
2021-12-26	18,5	593,5	84,1	112,5	ESE	2,0	0,0
2021-12-27	17,3	593,7	91,3	337,5	NNW	0,8	5,8
2021-12-28	17,7	593,7	90,4	67,5	ENE	0,9	0,0
2021-12-29	17,4	594,2	93,6	45	NE	0,8	6,3
2021-12-30	17,3	594,1	89,3	112,5	ESE	1,4	7,1
2021-12-31	17,3	593,2	85,1	112,5	ESE	1,5	0,3
2022-01-01	17,7	593,1	91,6	67,5	ENE	1,1	0,8
2022-01-02	18,0	593,9	89,1	315	NW	1,2	5,3
2022-01-03	17,2	594,9	87,2	67,5	ENE	1,2	0,3
2022-01-04	16,6	594,0	88,3	315	NW	1,2	0,0
2022-01-05	16,5	592,9	87,7	45	NE	1,2	0,0
2022-01-06	16,4	593,0	92,0	112,5	ESE	1,3	5,6
2022-01-07	16,0	595,0	93,7	112,5	ESE	0,9	3,8
2022-01-08	16,7	595,9	90,6	45	NE	0,9	0,0
2022-01-09	17,1	595,2	88,8	45	NE	1,1	0,0
2022-01-10	16,1	595,0	92,5	45	NE	0,8	5,1
2022-01-11	15,7	595,5	92,6	45	NE	0,8	4,1
2022-01-12	16,4	595,2	92,3	45,0	NE	1,0	2,3
2022-01-13	16,2	595,6	90,7	90,0	E	1,1	29,7
2022-01-14	16,2	595,8	91,4	45,0	NE	1,1	0,3
2022-01-15	16,5	596,0	85,3	112,5	ESE	1,1	0,3
2022-01-16	17,4	594,8	86,6	112,5	ESE	1,6	0,0
2022-01-17	17,1	594,4	91,6	45,0	NE	1,1	4,8
2022-01-18	16,5	594,6	92,5	67,5	ENE	0,9	2,5

Fecha	Temperatura ambiente (°C)	Presión barométrica (mm Hg)	Humedad relativa (%)	Dirección del viento (deg)	Dirección del viento	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación* (mm)
2022-01-19	18,1	593,8	85,8	112,5	ESE	1,8	0,0
2022-01-20	17,8	593,1	84,6	112,5	ESE	1,7	0,0
2022-01-21	17,9	593,4	87,7	90,0	E	1,4	0,0
2022-01-22	17,9	593,4	87,9	45,0	NE	1,0	0,0
2022-01-23	17,5	593,0	88,9	90,0	E	1,0	0,0
2022-01-24	17,4	592,5	89,5	45,0	NE	1,4	0,3
2022-01-25	17,3	593,6	89,8	67,5	ENE	0,8	1,5
2022-01-26	16,8	594,1	90,2	45,0	NE	1,1	1,8
2022-01-27	16,1	595,1	90,8	112,5	ESE	1,1	0,3
2022-01-28	17,3	594,4	85,9	45,0	NE	1,1	0,0
2022-01-29	16,1	595,2	86,5	45,0	NE	1,2	0,0
2022-01-30	15,7	595,6	85,4	90,0	E	1,2	0,0
2022-01-31	16,1	594,9	84,4	45,0	NE	1,2	0,0
2022-02-01	16,3	594,1	86,8	45,0	NE	1,3	0,0
2022-02-02	17,0	593,5	86,6	112,5	ESE	1,7	0,0
2022-02-03	17,9	593,7	86,5	112,5	ESE	1,5	0,0
2022-02-04	17,5	594,5	89,2	67,5	ENE	1,3	6,4
2022-02-05	15,9	594,9	91,2	112,5	ESE	1,0	6,4
2022-02-06	16,3	594,6	89,9	135,0	SE	0,9	0,0
2022-02-07	16,5	594,4	92,4	67,5	ENE	1,3	5,1
2022-02-08	16,5	594,6	92,5	90,0	E	0,9	2,5
2022-02-09	16,0	594,5	92,8	112,5	ESE	0,8	5,3
2022-02-10	17,4	593,4	89,9	45,0	NE	1,1	0,0
2022-02-11	16,9	592,9	88,0	45,0	NE	1,1	0,3
2022-02-12	17,4	592,7	87,6	112,5	ESE	1,1	0,0
2022-02-13	17,7	592,8	88,6	112,5	ESE	1,2	0,3
2022-02-14	16,9	594,1	91,5	45,0	NE	0,9	0,3
2022-02-15	16,4	594,7	92,8	112,5	ESE	1,0	0,5
2022-02-16	17,4	594,3	89,0	45,0	NE	1,4	0,8
2022-02-17	17,7	593,7	88,8	112,5	ESE	1,3	1,3
2022-02-18	16,0	594,2	95,2	270,0	W	0,8	1,8
2022-02-19	16,2	594,4	90,6	270,0	W	1,1	7,9
2022-02-20	15,8	594,9	93,1	67,5	ENE	0,9	15,0
2022-02-21	15,6	594,8	92,6	270,0	W	1,1	1,0
2022-02-22	17,2	594,3	88,7	67,5	ENE	1,0	5,3
2022-02-23	17,5	593,9	87,1	135,0	SE	1,2	0,5

Fecha	Temperatura ambiente (°C)	Presión barométrica (mm Hg)	Humedad relativa (%)	Dirección del viento (deg)	Dirección del viento	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación* (mm)
2022-02-24	17,3	593,7	88,2	67,5	ENE	1,0	0,3
2022-02-25	17,9	593,7	85,9	67,5	ENE	1,4	0,5
2022-02-26	16,4	595,2	91,2	112,5	ESE	1,0	1,0
2022-02-27	17,2	594,3	90,0	67,5	ENE	1,1	0,3
2022-02-28	16,7	594,4	93,0	135,0	SE	1,1	0,5
2022-03-01	17,8	593,8	87,7	135,0	SE	1,3	0,5
2022-03-02	16,7	594,6	92,9	292,5	WNW	0,7	0,3
2022-03-03	17,5	594,1	89,1	112,5	ESE	1,2	0,3
2022-03-04	17,1	594,3	91,0	67,5	ENE	1,0	2,5
2022-03-05	16,5	594,4	94,9	135,0	SE	0,4	0,0
2022-03-06	15,6	595,1	97,3	292,5	WNW	0,4	0,0
Máximo	18,6	596,0	97,3	N.D	N.D	2,0	32,77
Mínimo	15,6	592,2	82,6	N.D	N.D	0,4	0
Promedio	17,2	593,9	89,0	N.D	N.D	1,1	---

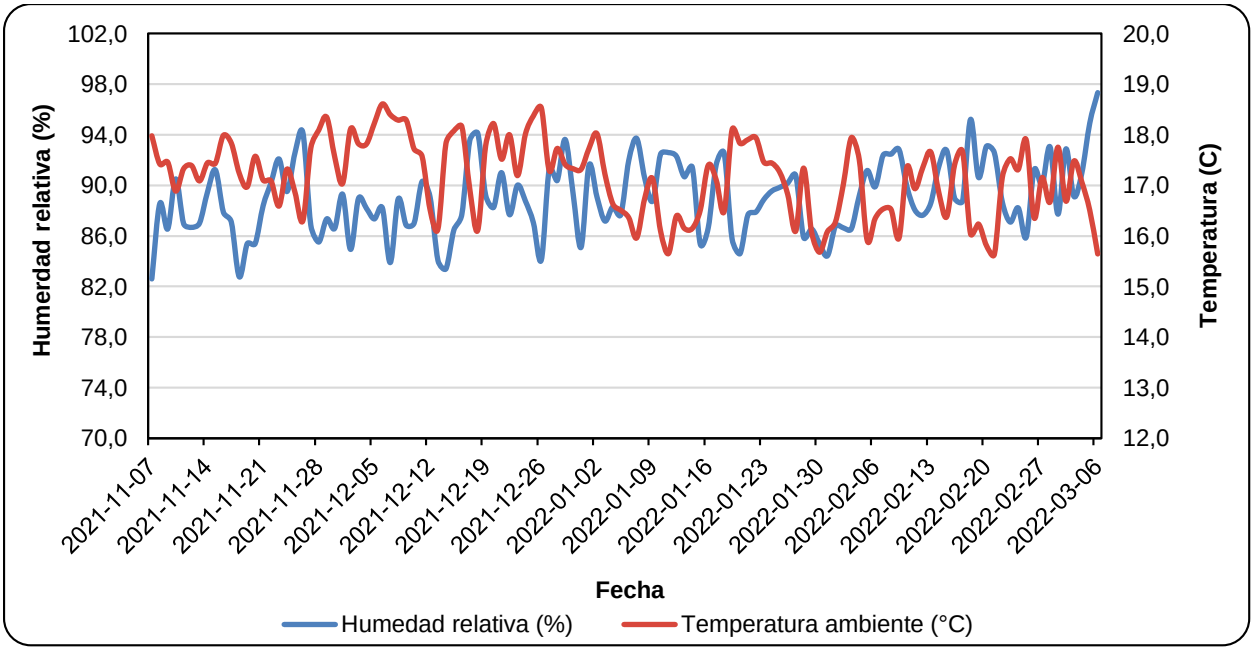
**Sumatoria (acumulado).*

Tabla 18. Variables meteorológicas promedio horarias, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.

Hora	Temperatura ambiente (°C)	Presión barométrica (mm Hg)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación* (mm)
0:00	15,6	594,2	96,5	0,5	26,4
1:00	15,3	593,7	96,9	0,5	37,8
2:00	15,1	593,3	97,3	0,4	27,2
3:00	14,9	593,3	97,5	0,4	17,5
4:00	14,8	593,6	97,6	0,4	14,0
5:00	14,6	594,2	97,8	0,4	11,2
6:00	14,7	594,9	97,5	0,4	8,6
7:00	15,0	595,5	96,1	0,5	4,8
8:00	15,9	595,7	92,5	0,6	11,9
9:00	17,3	595,5	86,5	0,9	7,1
10:00	18,6	595,0	80,2	1,3	9,6
11:00	19,7	594,3	76,0	1,7	4,3
12:00	20,2	593,5	73,9	2,1	9,4
13:00	20,5	592,8	73,6	2,5	20,8
14:00	20,6	592,2	73,9	2,6	15,0
15:00	20,3	591,9	75,9	2,6	14,2
16:00	19,7	592,1	80,0	2,3	7,1

Hora	Temperatura ambiente (°C)	Presión barométrica (mm Hg)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación* (mm)
17:00	18,8	592,6	85,0	1,9	22,1
18:00	17,8	593,4	89,3	1,4	17,3
19:00	17,2	594,1	92,6	1,0	16,2
20:00	16,8	594,7	93,8	0,8	27,2
21:00	16,5	594,9	94,6	0,6	37,6
22:00	16,2	594,8	95,2	0,6	38,9
23:00	15,9	594,6	95,8	0,5	37,6
Promedio	**17,2**	**593,9**	**89,0**	**1,1**	**---**

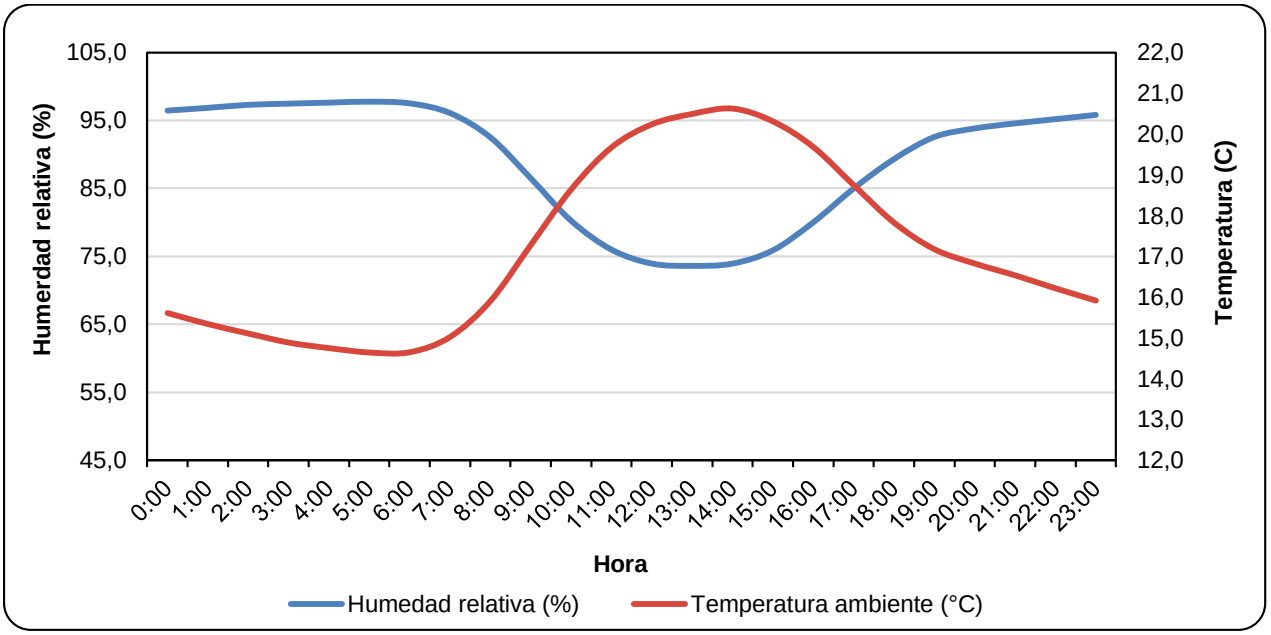
La Gráfica 19 presenta las variables meteorológicas humedad relativa y temperatura ambiente en la estación del Hospital San Juan de Dios. La temperatura presentó un valor promedio de 17,2°C con una desviación estándar de 0,7°C. El valor máximo (18,6°C) se presentó el 06 de diciembre de 2021 y su valor mínimo (15,6°C) el 06 de marzo de 2022. El valor máximo de humedad relativa fue del 97,3%, el valor mínimo registrado fue de 82,6% y el promedio fue de 89,0%.



Gráfica 19. Variación de la humedad y la temperatura promedio diaria, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.

En la Gráfica 20 se presenta la variación horaria de la humedad relativa y temperatura ambiente registrada en el periodo de monitoreo, el máximo de temperatura se registró a las 14:00 horas con un valor de 20,6°C y el mínimo a las 05:00 horas, con un valor de 14,6°C. Se observa una disminución en las magnitudes de esta variable en las horas de la tarde y la noche, mientras que entre las 07:00 y 14:00 horas se evidencia un aumento continuo hasta alcanzar sus valores máximos al medio día.

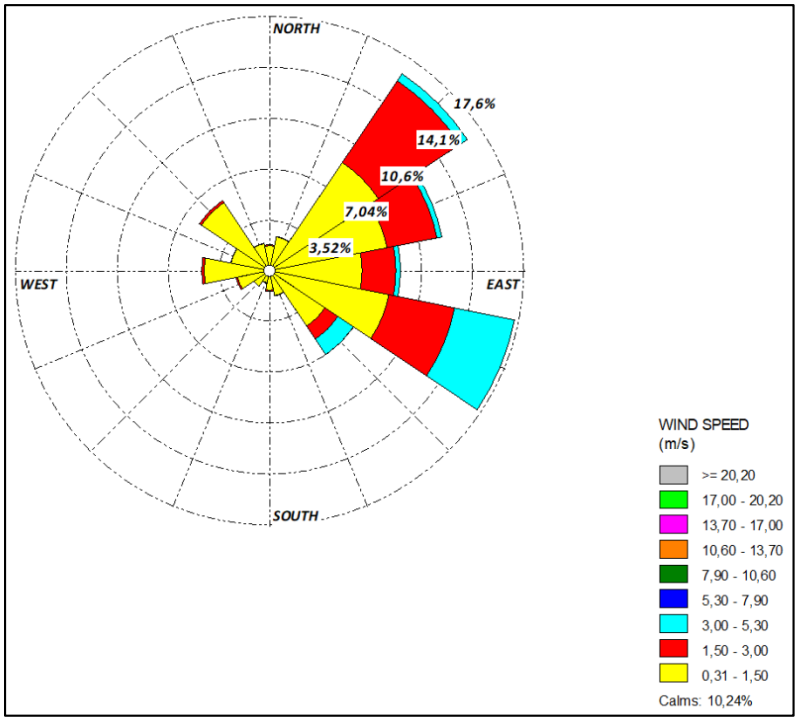
El mayor valor de humedad relativa se registró a las 05:00 horas con un valor de 97,8% y el mínimo valor a las 13:00 horas con un valor de 73,6%. Con respecto a la relación entre las variables, se logra establecer claramente una relación inversa entre ambas, lo que se encuentra acorde con el comportamiento esperado para estas.



Gráfica 20. Variación de la humedad y la temperatura horaria, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.

En la Gráfica 21 se observa la rosa de vientos presentada durante el periodo de muestreo en la estación ubicada en el Hospital San Juan de Dios. En esta se encuentra que la dirección predominante desde la cual proviene el viento es Este-sureste (ESE) con una frecuencia porcentual de 17,3% seguido de la dirección Noreste (NE) con un 16,4% y el la dirección Este-Noreste (ENE) con 12,2%.

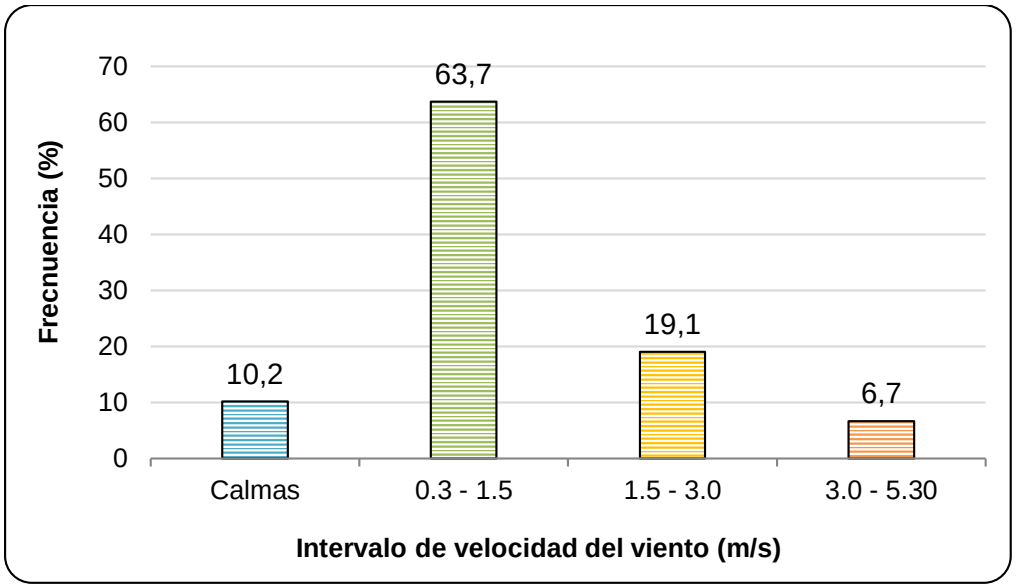
En la distribución de velocidades del viento se identifica que estas se dividen específicamente en 3 intervalos; un 63,7% se encuentra en el intervalo denominado “ventolina” de acuerdo con la escala de vientos de Beaufort, con velocidades comprendidas entre 0,3 y 1,5 m/s. Adicionalmente se presentó un 19,1% en el intervalo “Brisa muy débil”, el cual comprende de velocidades con magnitud entre 1,5 y 3,0 m/s y un 6,7% se ubicó en el rango 3,0 y 5,3 m/s o brisa débil. Un porcentaje de 10,2% corresponde a velocidades menores a 0,3 m/s conocidas como calmas.



Gráfica 21. Rosa de vientos, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.

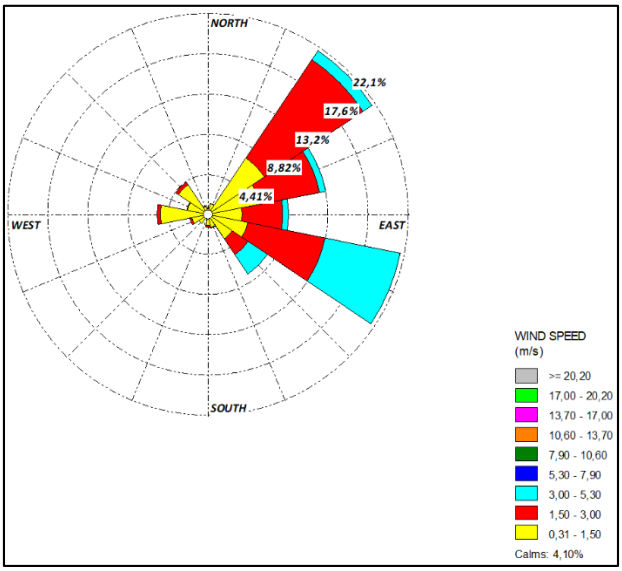
Tabla 19. Distribución de frecuencias de la rosa de vientos, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.

Direcciones / Intervalos Velocidad de Vientos (m/s)	0,3 – 1,5	1,5 – 3,0	3,0 – 3,5	Total (%)
N	1,8	0,1	0,0	1,8
NNE	2,4	0,0	0,0	2,5
NE	9,0	6,8	0,6	16,4
ENE	8,3	3,5	0,3	12,2
E	6,4	2,3	0,3	9,1
ESE	8,4	4,6	4,2	17,3
SE	4,7	1,1	1,3	7,0
SSE	1,8	0,0	0,0	1,8
S	1,4	0,1	0,0	1,5
SSW	0,9	0,0	0,0	0,9
SW	1,4	0,0	0,0	1,4
WSW	2,3	0,1	0,0	2,4
W	4,5	0,2	0,0	4,7
WNW	2,7	0,0	0,0	2,8
NW	5,7	0,2	0,0	5,9
NNW	1,9	0,0	0,0	2,0
Sub-Total	63,7	19,1	6,7	89,5
Calmas	**10,2**			
Datos Perdidos o Incompletos	**0,2**			
Total	**100,0**			

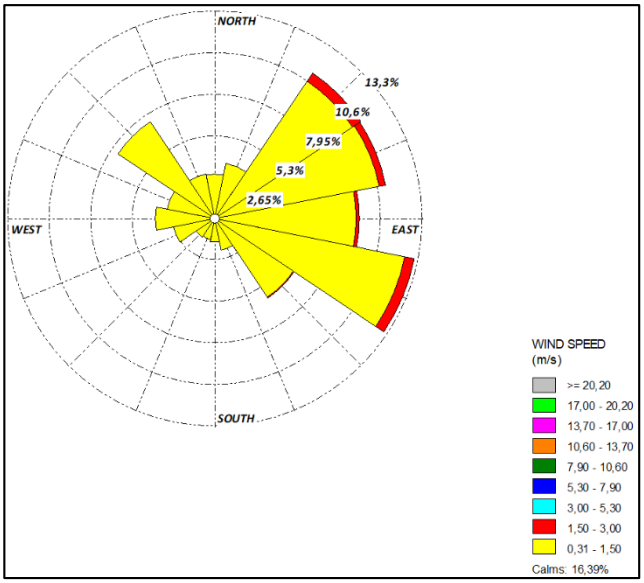


Gráfica 22. Distribución de frecuencias de clases de vientos de la rosa de vientos, Hospital San Juan de Dios de Marinilla.

En los Gráficos 23 y 24 se presentan las rosas de vientos para la estación del Hospital San Juan de Dios de Marinilla en los horarios diurno y nocturno. El porcentaje de calmas es mayor en el horario nocturno, con un valor de 16,4%, mientras que en el día es de 4,1%, así mismo, se puede notar que las velocidades más altas para esta estación (3,00 – 5,30 m/s) se dan en las horas del día.



Gráfica 23. Rosa de vientos diurna, Hospital san Juan de Dios



Gráfica 24. Rosa de vientos nocturna, Hospital San Juan de Dios

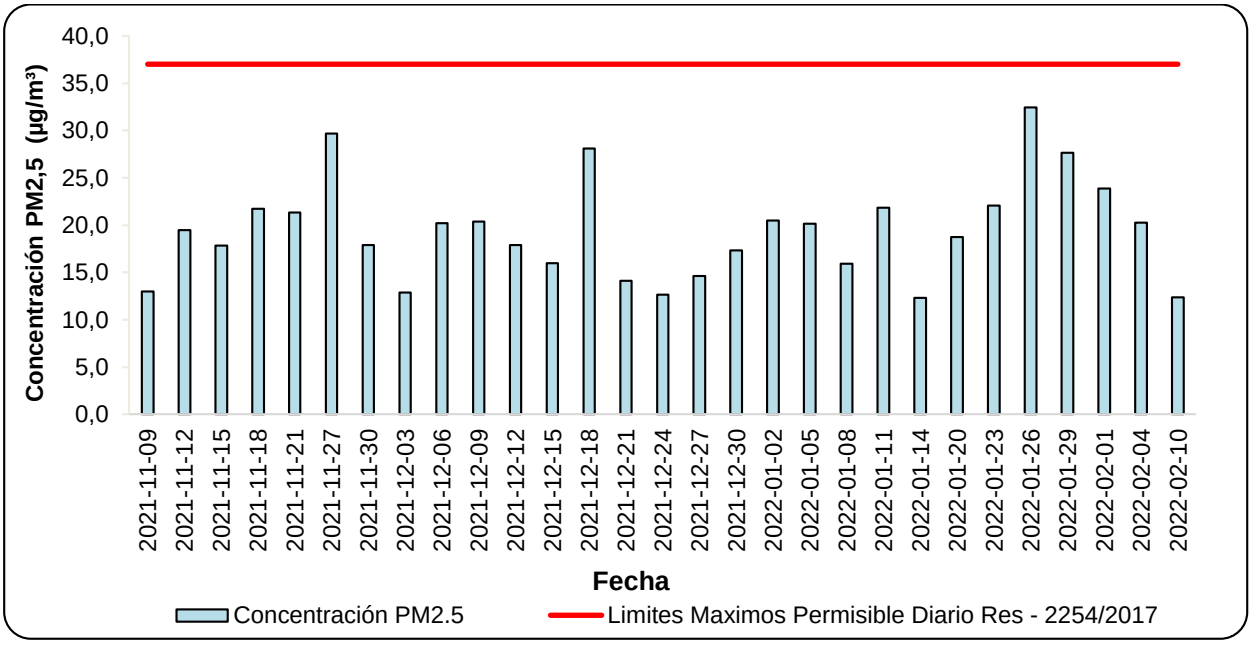
8 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados de las mediciones realizadas durante el monitoreo de calidad del aire se analizaron a la luz de la norma nacional vigente: Resolución 2254 de 01 de noviembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones (Tabla 1). Estas concentraciones se calculan a condiciones de referencia, es decir, 25°C y 760 mm Hg, de manera que se pueda establecer una comparación directa con la norma de calidad del aire.

8.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE; CORREGIMIENTO JERUSALÉN.

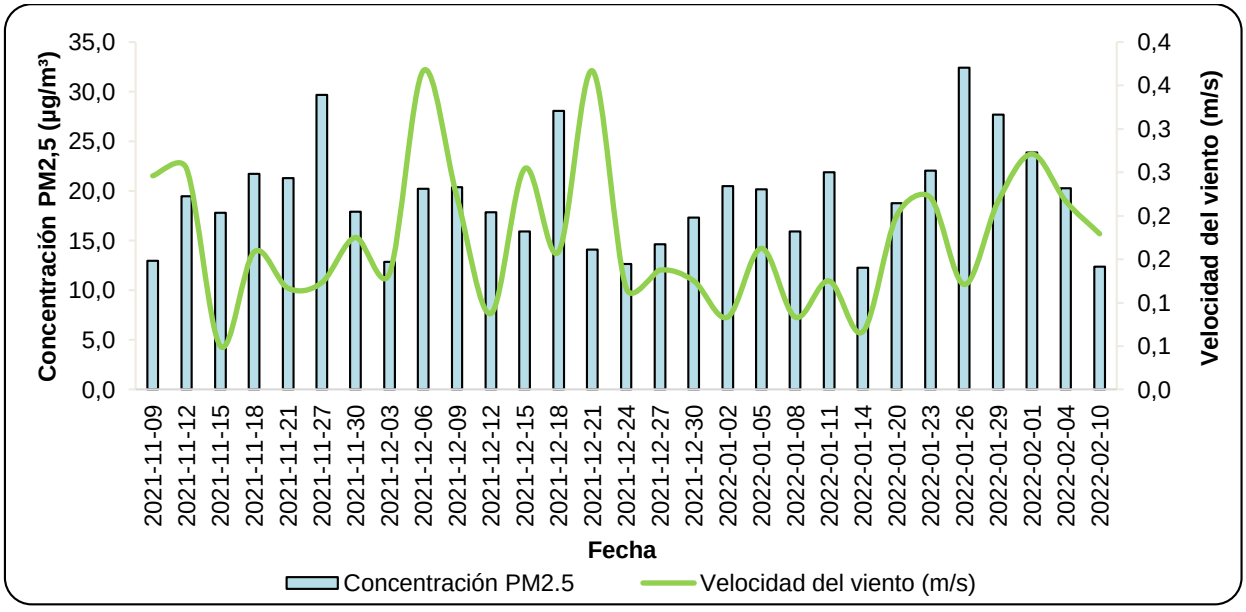
8.1.1 PARTÍCULAS MENORES A 2.5 MICRAS ($PM_{2.5}$)

En la Gráfica 25 se presenta la variación diaria de las concentraciones de $PM_{2.5}$ registradas en el punto de monitoreo ubicado en Jerusalén, donde se obtuvo un valor máximo de 32,4 µg/m^3 el miércoles 26 de enero de 2022 y una concentración mínima de 12,3 µg/m^3 el viernes 14 de enero de 2022. Las concentraciones registradas se encuentran por debajo del límite máximo permisible para partículas menores a 2.5 micras en un período de 24 horas establecido en 37,0µg/m^3 según la Resolución 2254 de 2017. La concentración promedio de este contaminante para el periodo de medición fue de 19,3 µg/m^3, este valor es menor al nivel máximo permisible anual (25,0 µg/m^3).



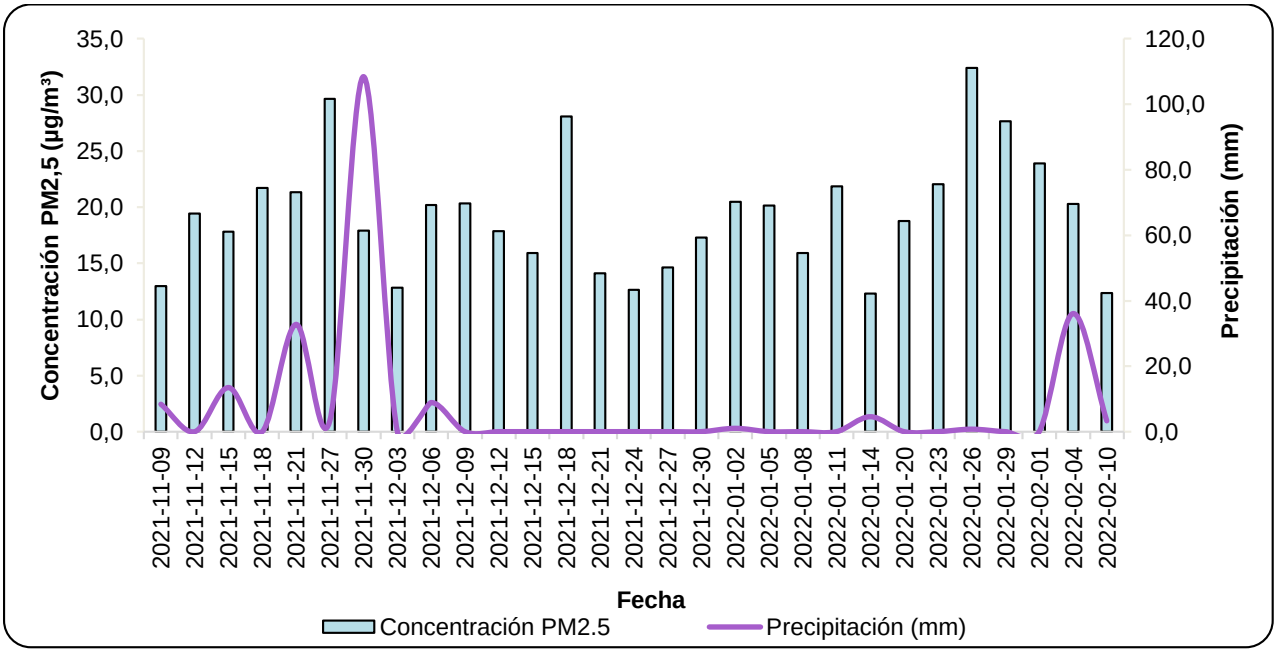
Gráfica 25. Variación diaria de la concentración de $PM_{2.5}$, Jerusalén.

Como se puede observar en la Gráfica 26, las velocidades de viento promedio diarias registradas para el punto de monitoreo, se encontraron en un intervalo de velocidades de 0,1 y 0,4 m/s, con un valor promedio de 0,2 m/s. Los días 6 y 21 de diciembre de 2021 se registraron las velocidades más altas, con un valor promedio de 0,4 m/s. Es posible notar que en días específicos cuando la velocidad del viento aumenta, la concentración de $PM_{2.5}$ disminuye y viceversa, sin embargo, este comportamiento no es generalizado para todo el periodo de muestreo.



Gráfica 26. Variación diaria de la concentración de $PM_{2.5}$ y la velocidad del viento, Jerusalén.

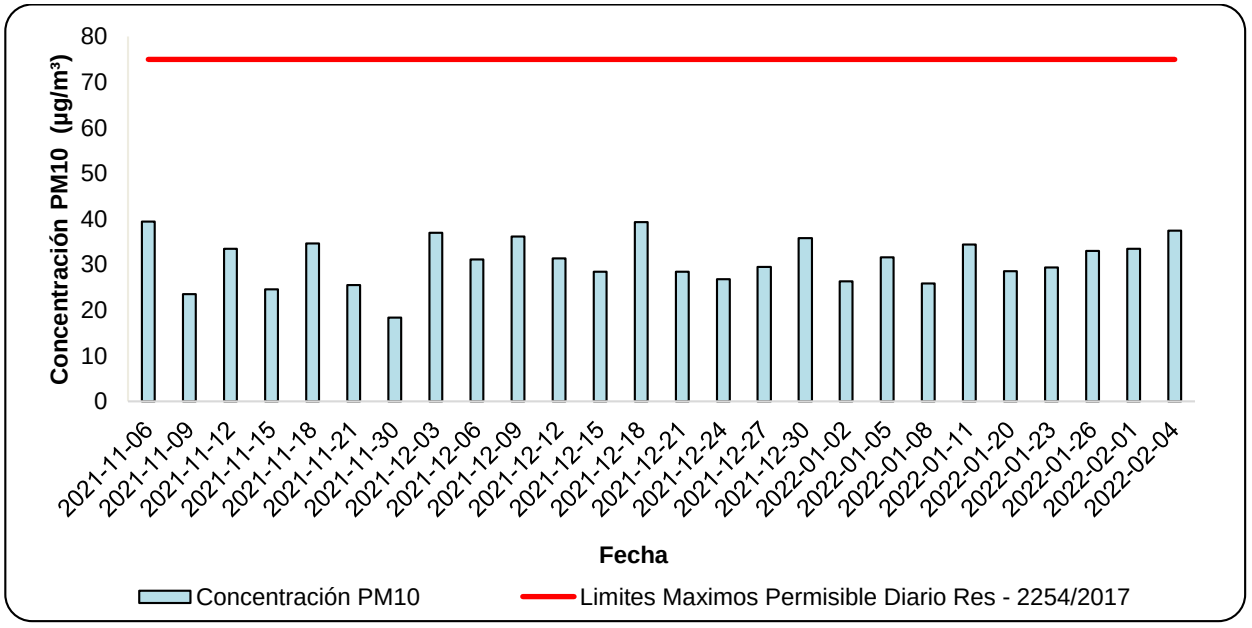
En la Gráfica 27 se observa que el día 30 de noviembre de 2021, se registró la precipitación más alta, con un valor de 108,5 mm, este día se evidencia una disminución en la concentración respecto a concentraciones anteriores.



Gráfica 27. Variación diaria de la concentración de $PM_{2.5}$ y la precipitación, Jerusalén.

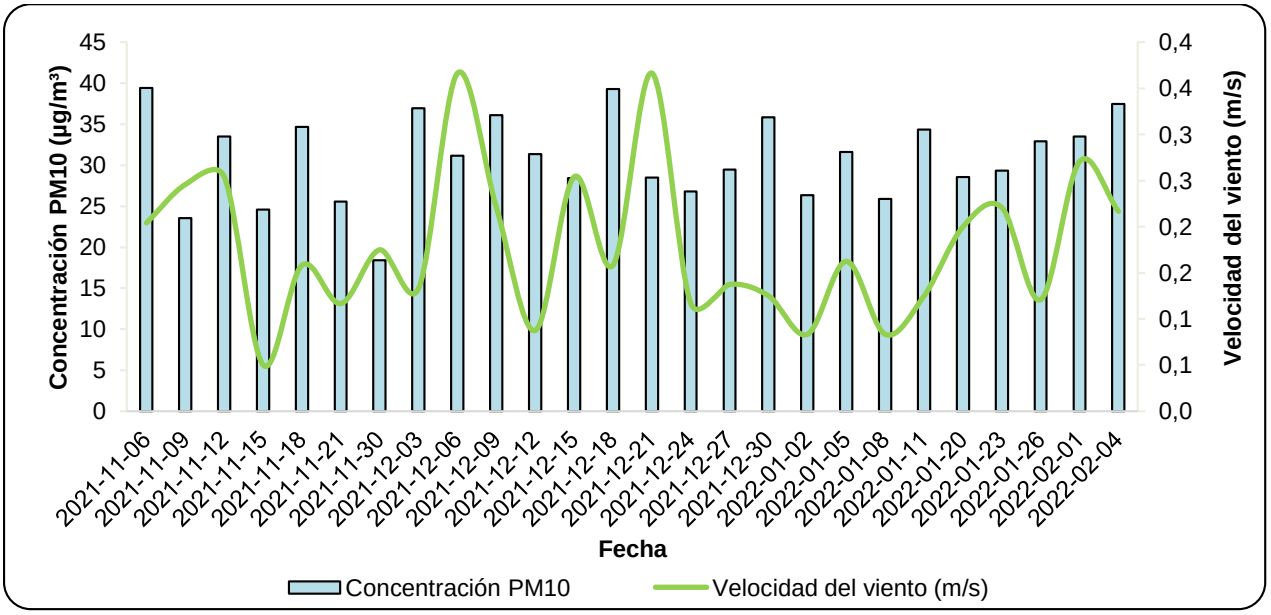
8.1.2 PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS (PM_{10})

La Gráfica 28 presenta la variación de las concentraciones diarias de PM_{10} registradas en el punto de monitoreo ubicado en Jerusalén, la máxima concentración de PM_{10} se registró el sábado 06 de noviembre de 2021, con un valor de 39,4 µg/m^3 y la mínima el martes 30 de noviembre de 2021 con un valor de 18,4 µg/m^3. Todas las concentraciones son menores a 75,0 µg/m^3, correspondiente al límite máximo permisible en un periodo de 24 horas establecido según la Resolución 2254 de 2017. La concentración promedio de este parámetro durante los meses de monitoreo fue de 30,8 µg/m^3, este valor es inferior al nivel máximo permisible anual (50,0 µg/m^3).



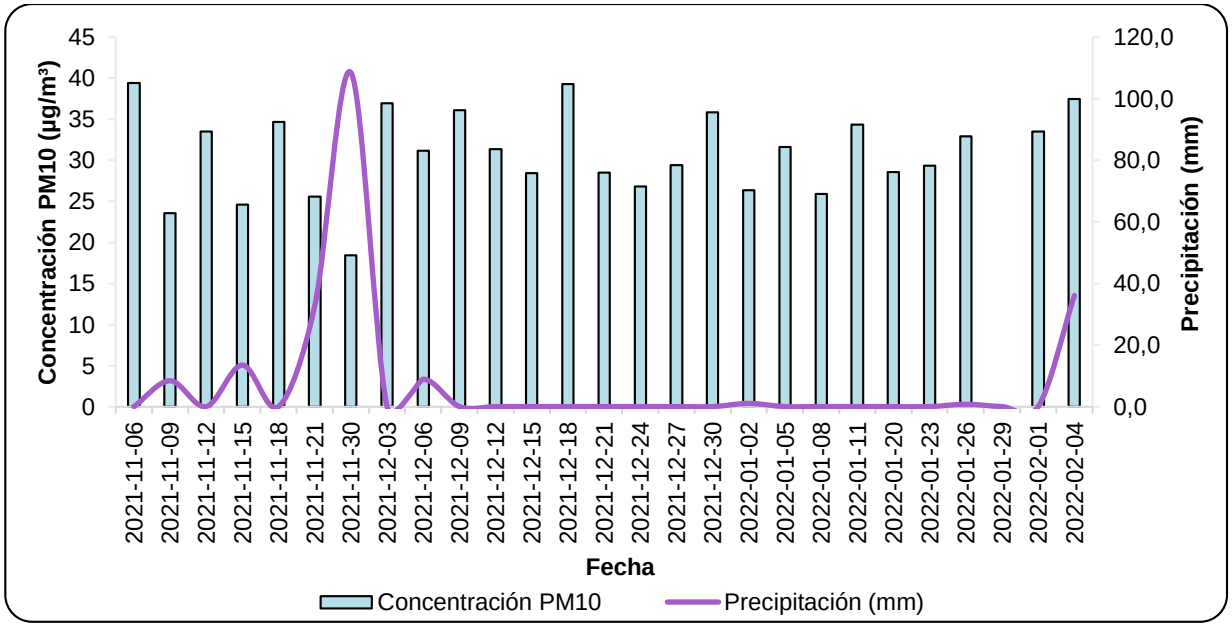
Gráfica 28. Variación diaria de la concentración de PM_{10}, Jerusalén.

Como se puede observar en la Gráfica 29, las velocidades de viento promedio diarias registradas para el punto de monitoreo, se encontraron en un intervalo de velocidades de 0,1 y 0,4 m/s, con un valor promedio de 0,2 m/s. Los días 6 y 21 de diciembre de 2021 se registraron las velocidades más altas, con un valor promedio de 0,4 m/s. Se observa que para casos específicos ambas variables tienen un comportamiento inverso, lo que indicaría un aporte de la velocidad del viento en la dispersión de contaminantes, sin embargo, este comportamiento no es generalizado.



Gráfica 29. Variación diaria de la concentración de PM_{10} y la velocidad del viento, Jerusalén.

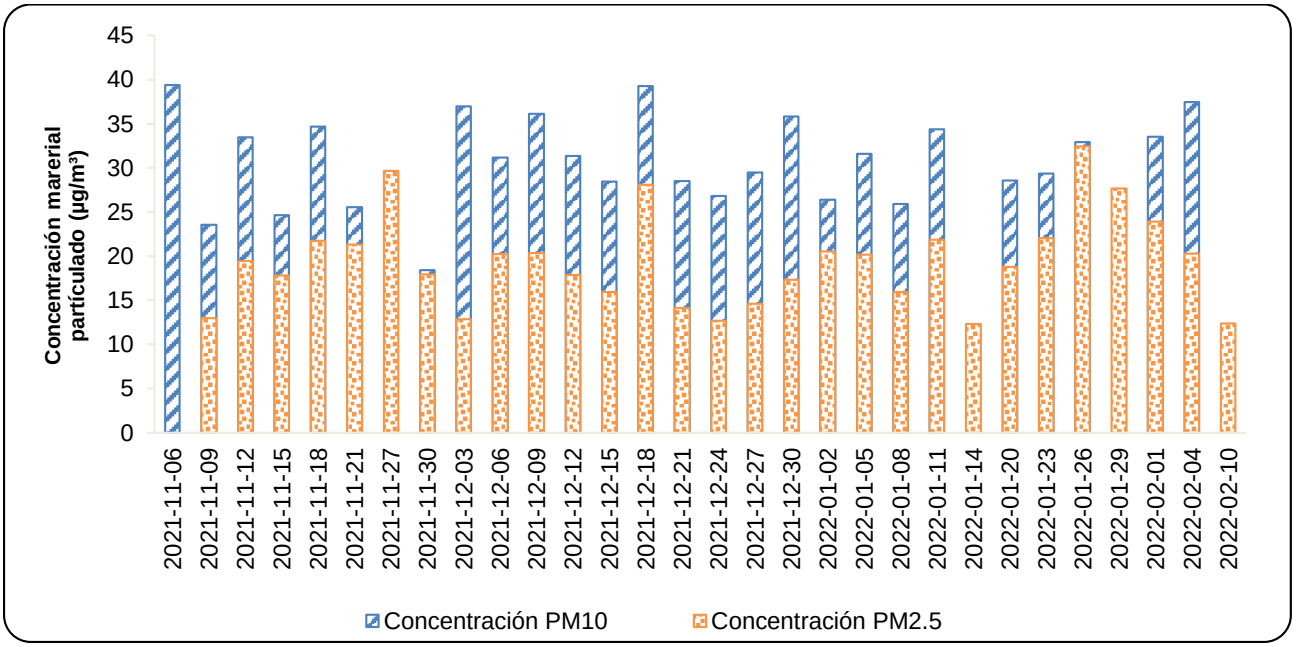
En la Gráfica 30, se observa que el día 30 de noviembre de 2021, se registró la precipitación más alta, con un valor de 108,5 mm, este día se evidencia una disminución en la concentración respecto a días anteriores, lo que puede indicar una ayuda de la precipitación en la dispersión del contaminante.



Gráfica 30. Variación diaria de la concentración de PM_{10} y la precipitación, Jerusalén.

8.1.3 RELACIÓN ENTRE PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS (PM_{10}) Y PARTÍCULAS MENORES A 2.5 MICRAS ($PM_{2.5}$)

En la Gráfica 31 se observa la relación entre PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el punto de monitoreo denominado ubicado en el corregimiento de Jerusalén, se observa que en promedio de la fracción total de PM_{10}, el 63,8% corresponde a $PM_{2.5}$.

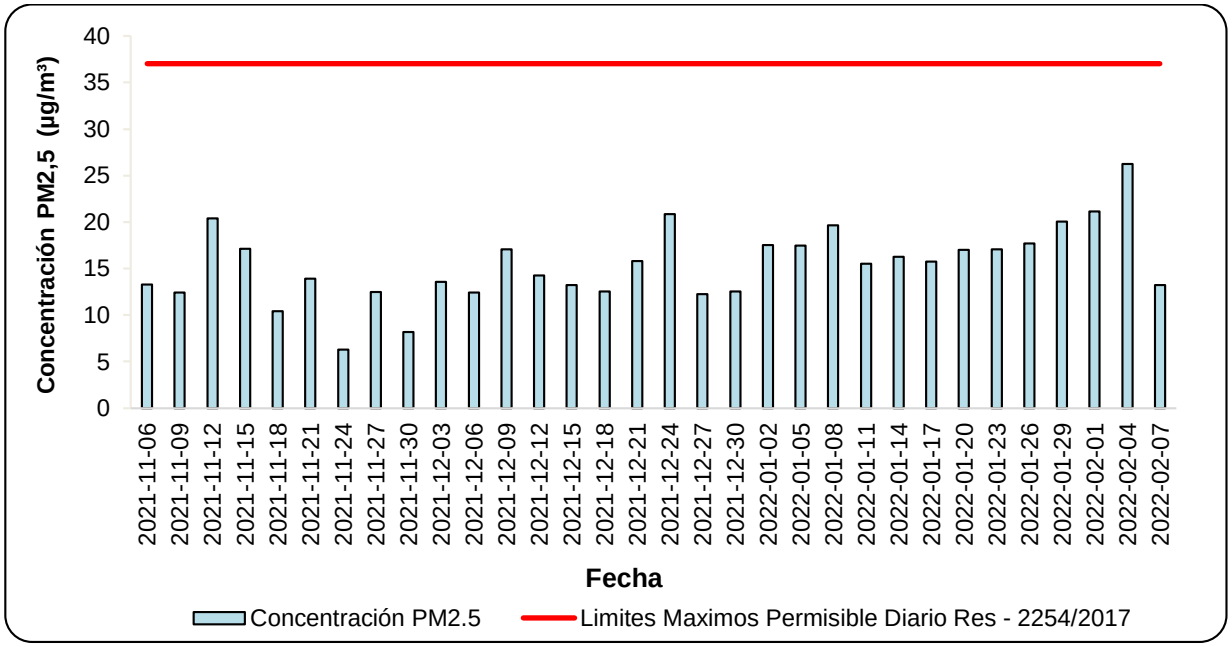


Gráfica 31. Variación diaria de la concentración de PM_{10} y $PM_{2.5}$, Jerusalén.

8.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE; CORREGIMIENTO LA DANTA.

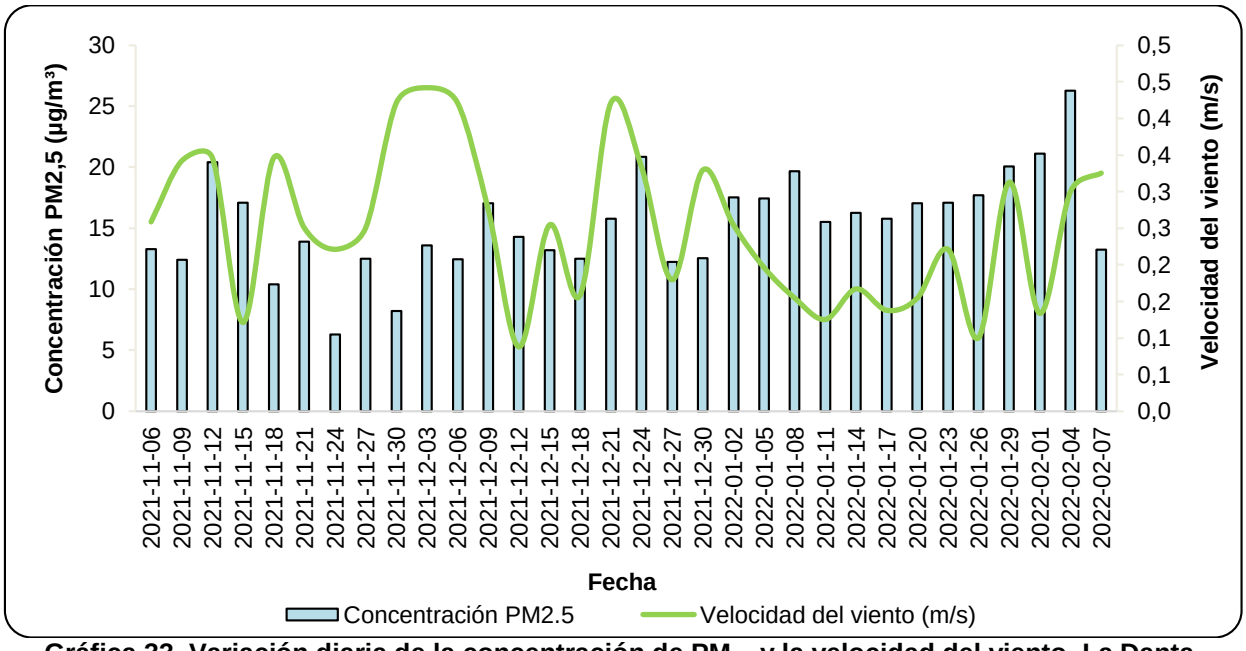
8.2.1 PARTÍCULAS MENORES A 2.5 MICRAS ($PM_{2.5}$)

En la Gráfica 32 se presenta la variación diaria de las concentraciones de $PM_{2.5}$ registradas en el punto de monitoreo de La Danta, donde se obtuvo un valor máximo de 26,3 µg/m^3 el viernes 4 de febrero de 2022 y una concentración mínima de 6,3 µg/m^3 el día 24 de noviembre de 2021. Las concentraciones registradas se encuentran por debajo del límite máximo permisible para partículas menores a 2.5 micras en un período de 24 horas establecido en 37,0 µg/m^3 según la Resolución 2254 de 2017. La concentración promedio de este contaminante para el periodo de medición fue de 15,4 µg/m^3, este valor es inferior al nivel máximo permisible anual establecido en 25,0 µg/m^3.



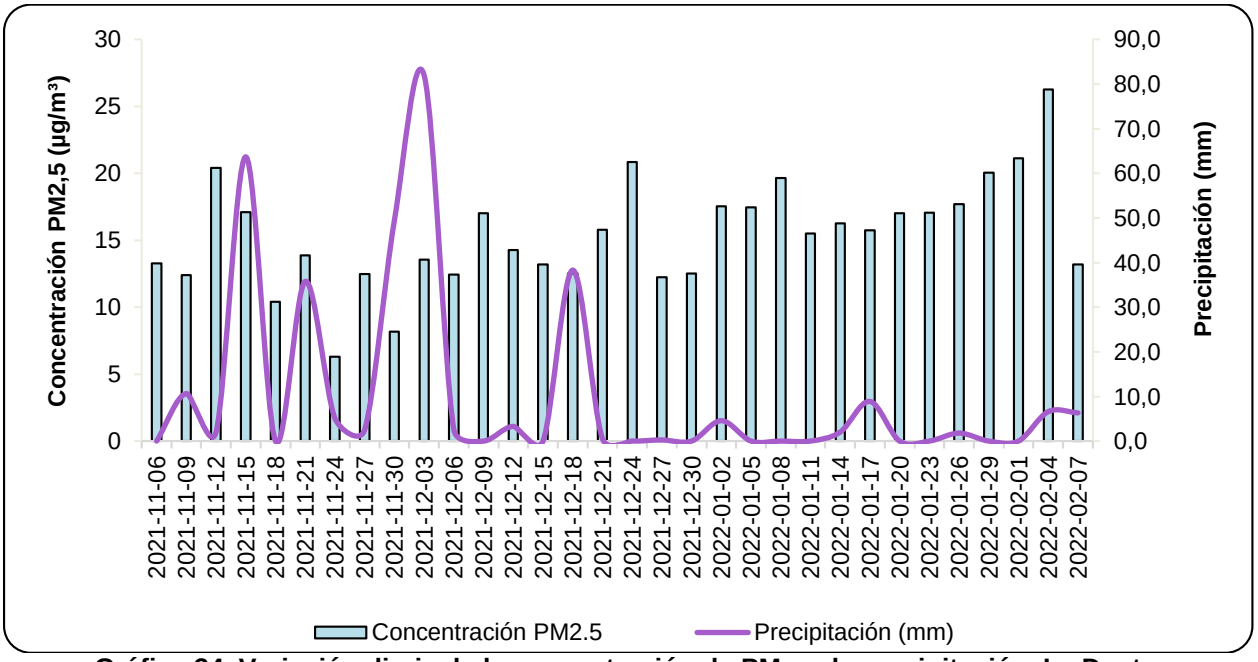
Gráfica 32. Variación diaria de la concentración de $PM_{2,5}$, La Danta.

Como se observa en la Gráfica 33, las velocidades de viento promedio diarias registradas para el punto de monitoreo de La Danta se encontraron en un intervalo de velocidades de 0,1 y 0,4 m/s, con un valor promedio de 0,2 m/s. Es posible observar que para días específicos del periodo de monitoreo el aumento de la velocidad del viento coincide con una disminución en el contaminante evaluado.



Gráfica 33. Variación diaria de la concentración de $PM_{2.5}$ y la velocidad del viento, La Danta.

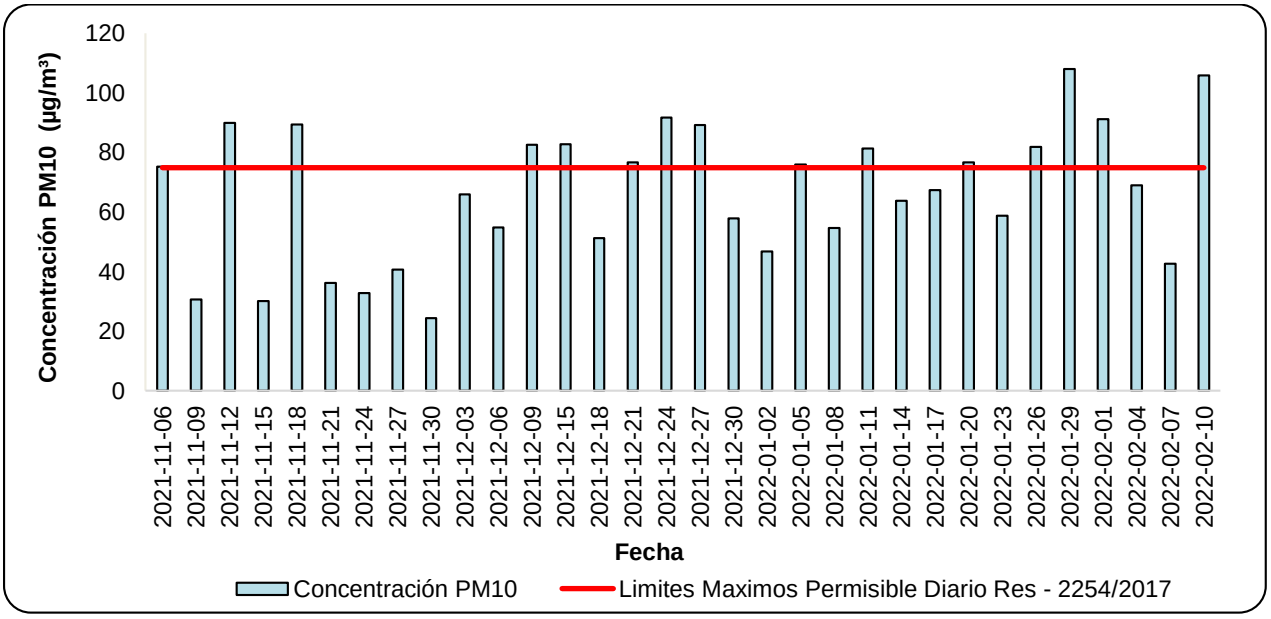
En la Gráfica 34 es posible visualizar que, tras el evento del 03 de diciembre de 2021, se presentó una disminución en la concentración de partículas, sin embargo, es necesario tomar individualmente cada caso para identificar características como duración y horario de la precipitación y así establecer los efectos reales de la lluvia sobre la concentración de contaminantes.



Gráfica 34. Variación diaria de la concentración de $PM_{2.5}$ y la precipitación, La Danta.

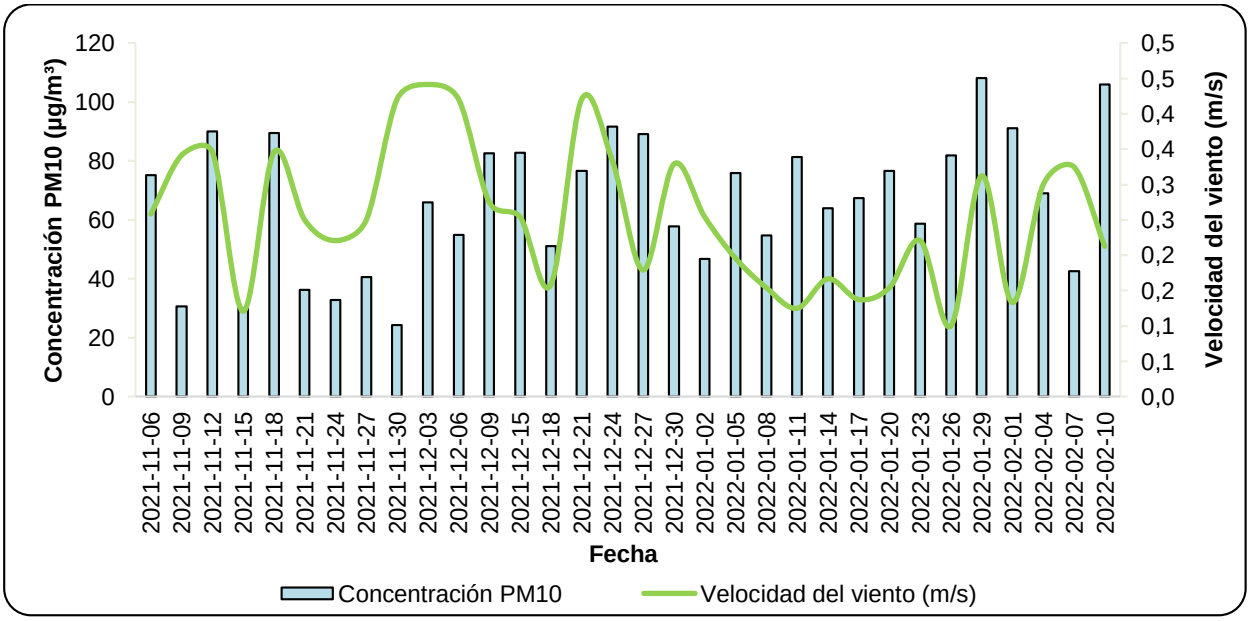
8.2.2 PARTICULAS MENORES A 10 MICRAS (PM_{10})

La Gráfica 35 presenta la variación de las concentraciones diarias de PM_{10} registradas en el punto de monitoreo de La Danta, donde la máxima concentración se registró el sábado 29 de enero de 2022 con un valor de 108,1 µg/m^3 y la mínima el martes 30 de noviembre de 2021 con un valor de 24,3 µg/m^3. Se observa que, durante el periodo de monitoreo se presentaron ***15*** excedencias de la norma diaria para material particulado PM_{10}, establecida en la resolución 2254 de 2017 (75 µg/m3.), lo que genera una situación negativa en cuanto al cumplimiento normativo. La concentración promedio de este parámetro para los meses monitoreados fue de ***66,5 µg/m^3***, superando el nivel máximo permisible anual establecido en 50,0 µg/m^3.



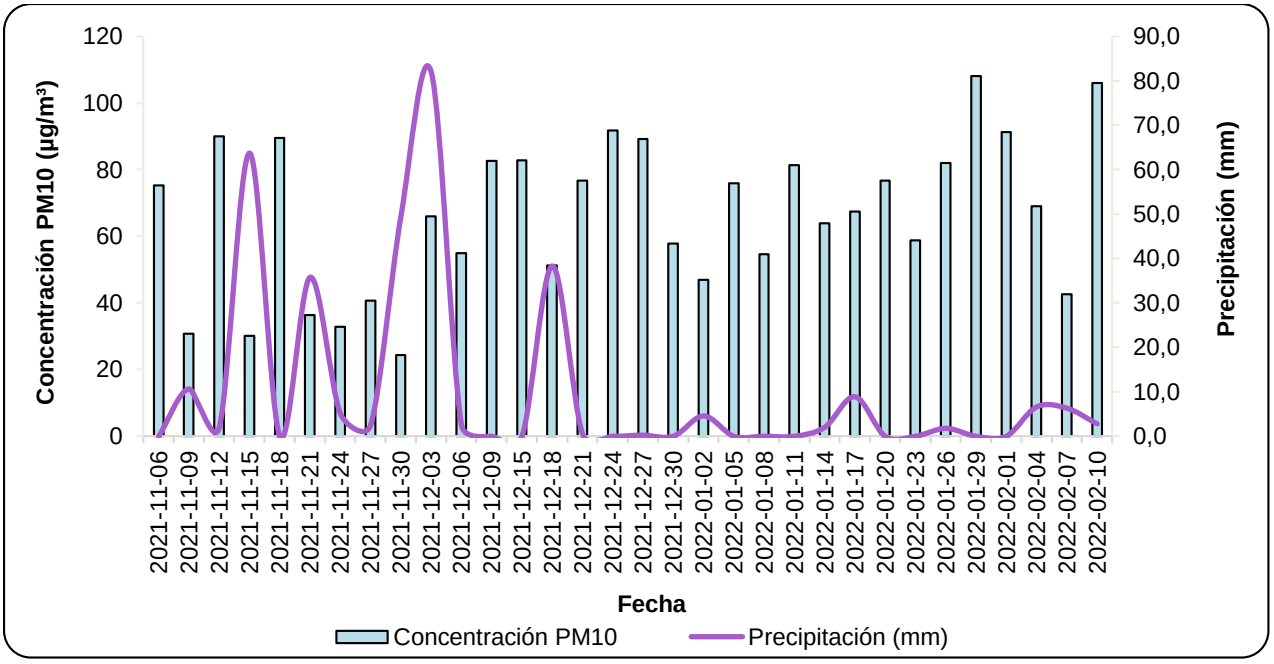
Gráfica 35. Variación diaria de la concentración de PM_{10}, La Danta.

Como se puede observar en la Gráfica 36, la velocidad del viento en los días de muestreo se encontró en un intervalo de 0,1 y 0,4 m/s, con un valor promedio de 0,3 m/s. Es posible notar que en casos específicos existe una relación inversa entre ambas variables, sin embargo, esta relación no se muestra de manera marcada y permanente.



Gráfica 36. Variación diaria de la concentración de PM_{10} y la velocidad del viento, La Danta.

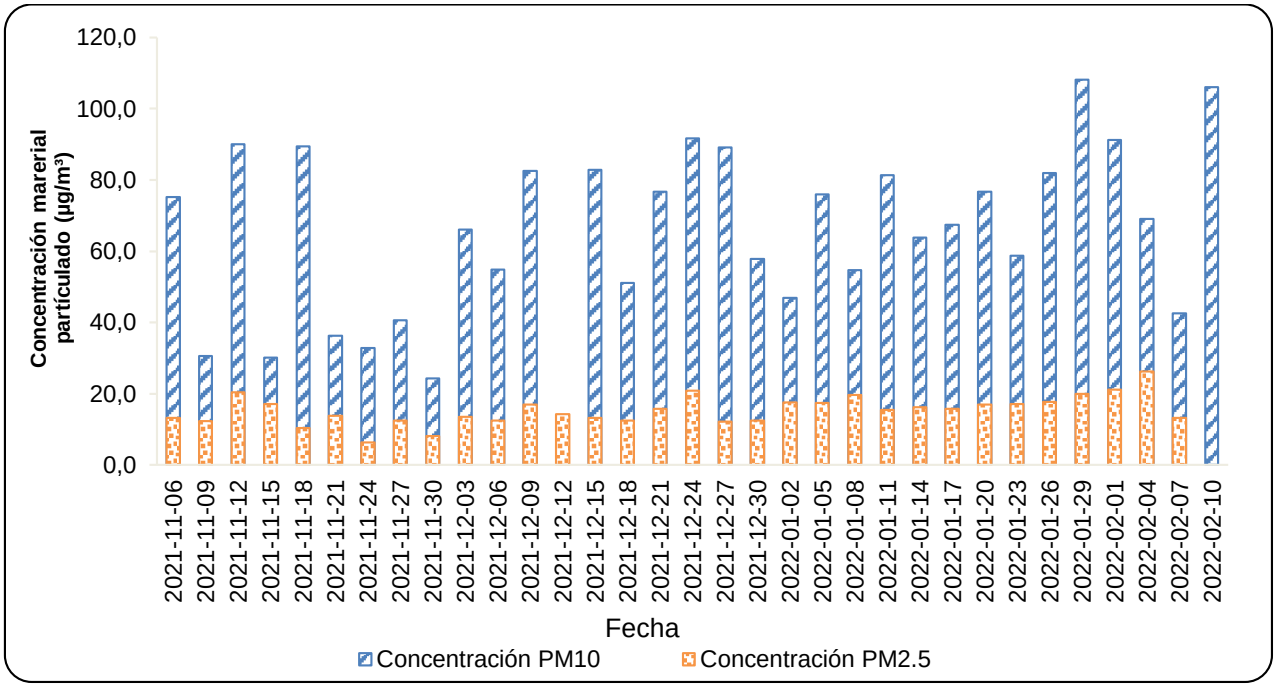
En la Gráfica 37 se observa que tras el evento de precipitación del día 15 de noviembre de 2021, con un valor de 63,8 mm, se evidencia una disminución en la concentración respecto a la concentración reportada el día anterior. Un comportamiento similar se evidencia en días puntuales durante el periodo de muestreo.



Gráfica 37. Variación diaria de la concentración de PM_{10} y la precipitación, La Danta.

8.2.3 RELACIÓN ENTRE PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS (PM_{10}) Y PARTÍCULAS MENORES A 2.5 MICRAS ($PM_{2.5}$)

En la Gráfica 38 se observa la relación entre PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el punto de monitoreo de La Danta, se observa que, en promedio, de la fracción total de PM_{10}, el 25,9% corresponde a $PM_{2.5}$.

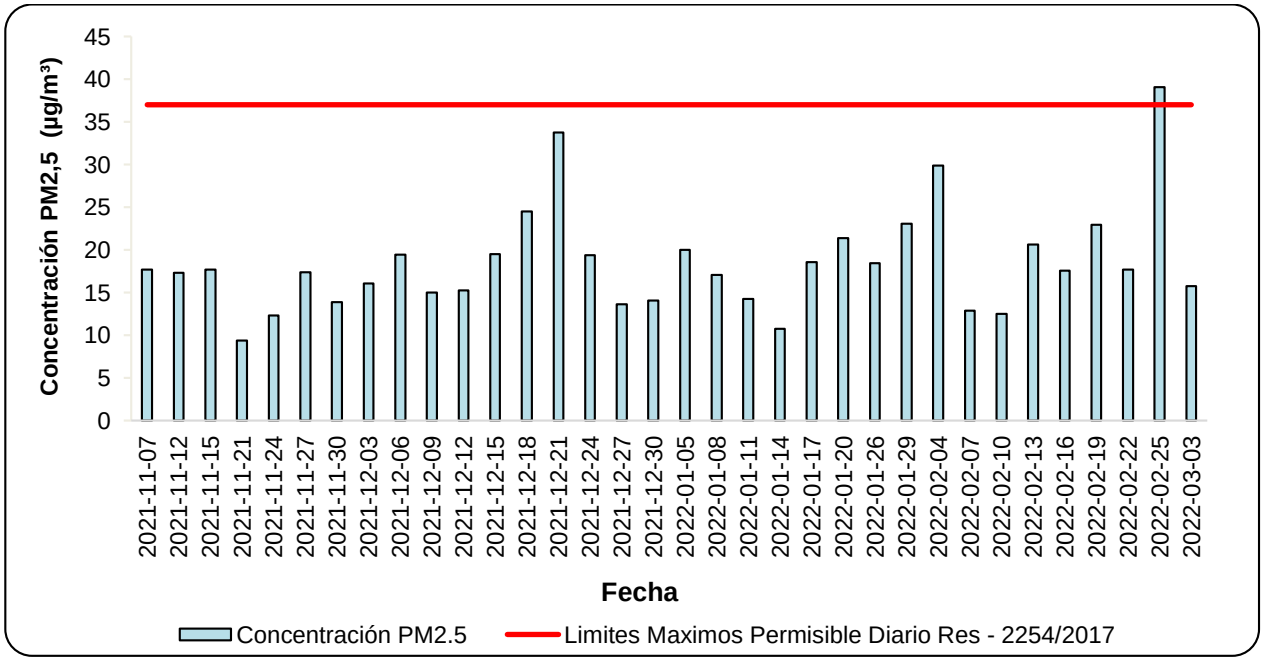


Gráfica 38. Variación diaria de la concentración de PM_{10} y $PM_{2.5}$, La Danta.

8.3 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE; ALCALDÍA DE GUARNE

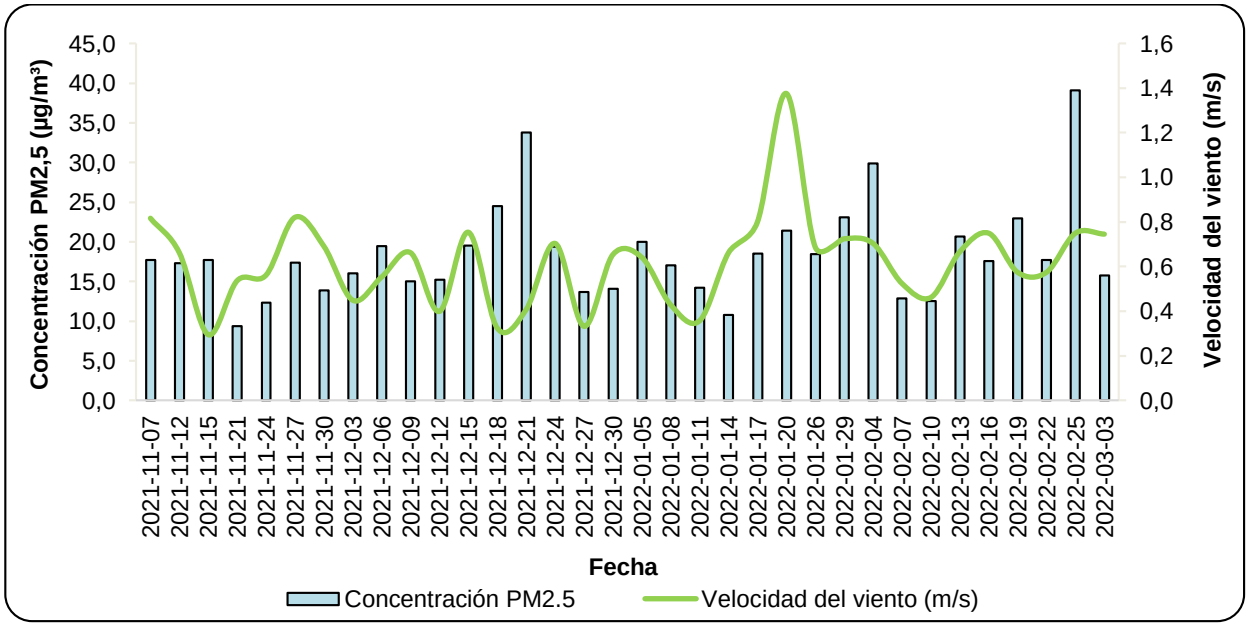
8.3.1 PARTICULAS MENORES A 2.5 MICRAS ($PM_{2.5}$)

En la Gráfica 39, se presentan las concentraciones diarias de $PM_{2.5}$ registradas en el punto de monitoreo ubicado en la Alcaldía del municipio de Guarne, donde se obtuvo un valor máximo de 39,1 µg/m^3 el 25 de febrero de 2022 y un valor mínimo de 9,4 µg/m^3 el domingo 21 de noviembre de 2021. En el periodo se registra **una excedencia** del límite máximo permisible para partículas menores a 2.5 micras en un período de 24 horas establecido en 37,0 µg/m^3 según la Resolución 2254 de 2017. La concentración promedio de este contaminante para el periodo de medición fue de 18,5 µg/m^3, este valor está por debajo del nivel máximo permisible anual (25,0 µg/m^3).



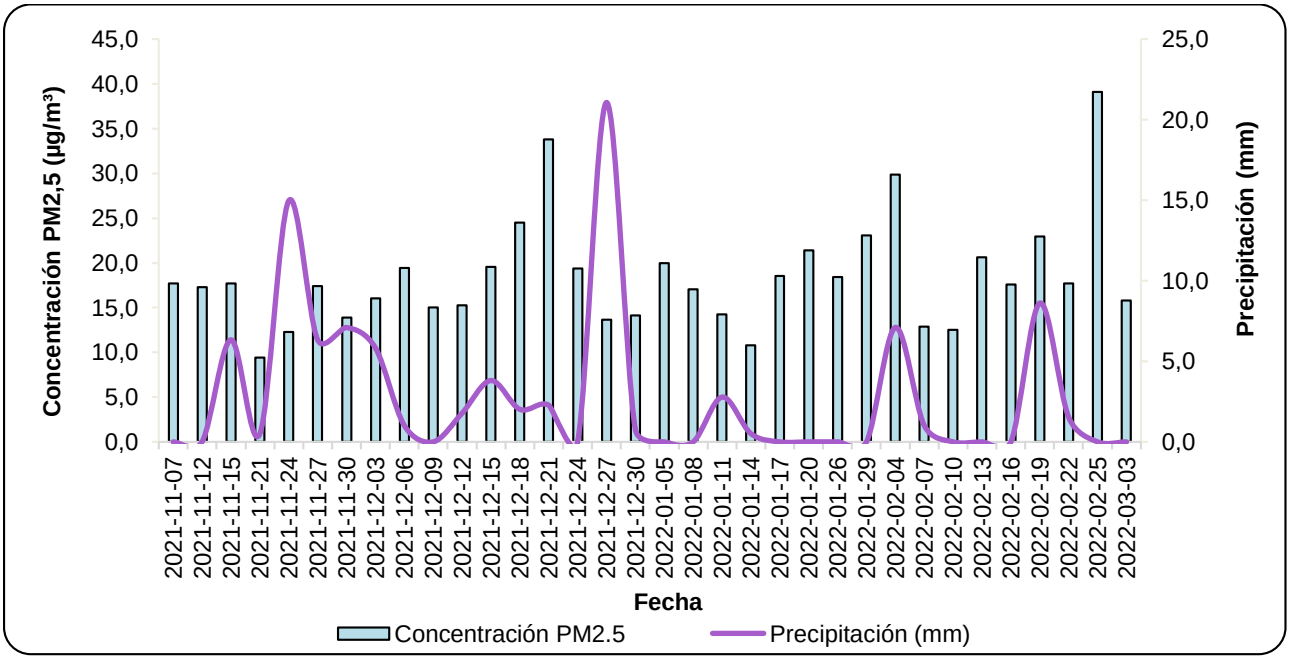
Gráfica 39. Variación diaria de la concentración de $PM_{2.5}$, Alcaldía de Guarne.

Como puede apreciarse en la Gráfica 40, las velocidades de viento promedio diarias registradas para el punto de monitoreo de la Alcaldía de Guarne, se encontraron en un intervalo de velocidades de 0,3 y 1,4 m/s, con un promedio de 0,6 m/s. No es posible identificar una relación marcada entre la velocidad del viento y las concentraciones de $PM_{2.5}$.



Gráfica 40. Variación diaria de la concentración de $PM_{2.5}$ y la velocidad del viento, Alcaldía de Guarne.

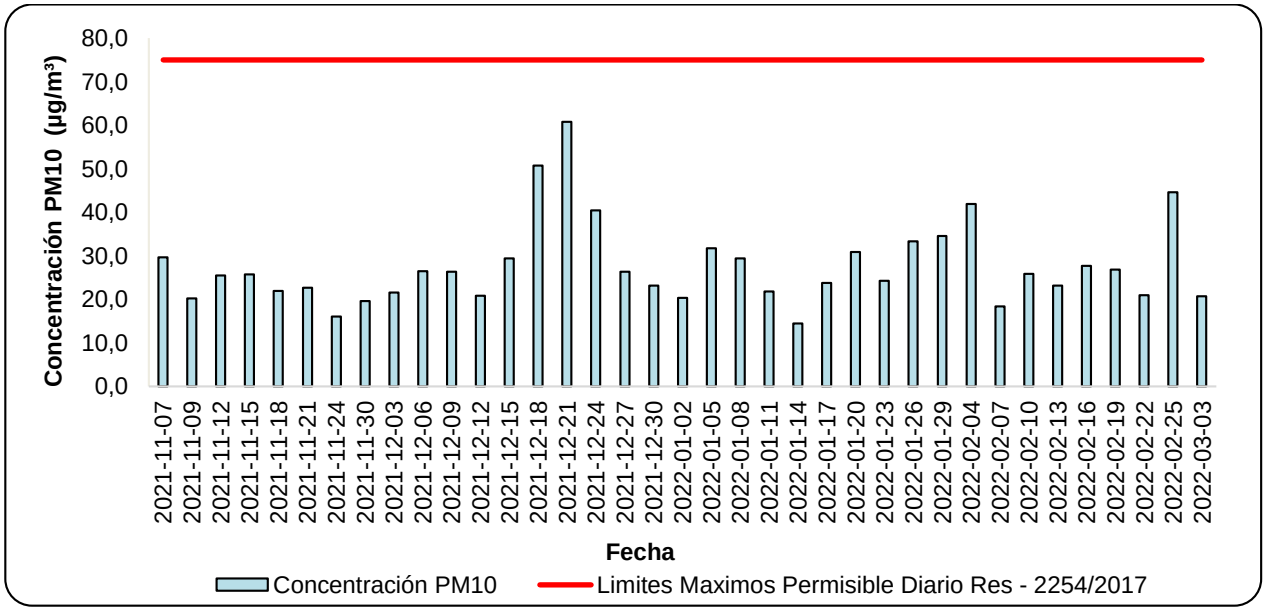
En el Gráfica 41 se observa que el día 27 de diciembre de 2021 se registró el valor máximo precipitación, con un valor de 21,1 mm, este día se evidencia una disminución en la concentración respecto a la concentración reportada el día anterior.



Gráfica 41. Variación diaria de la concentración de $PM_{2.5}$ y la precipitación, Alcaldía de Guarne.

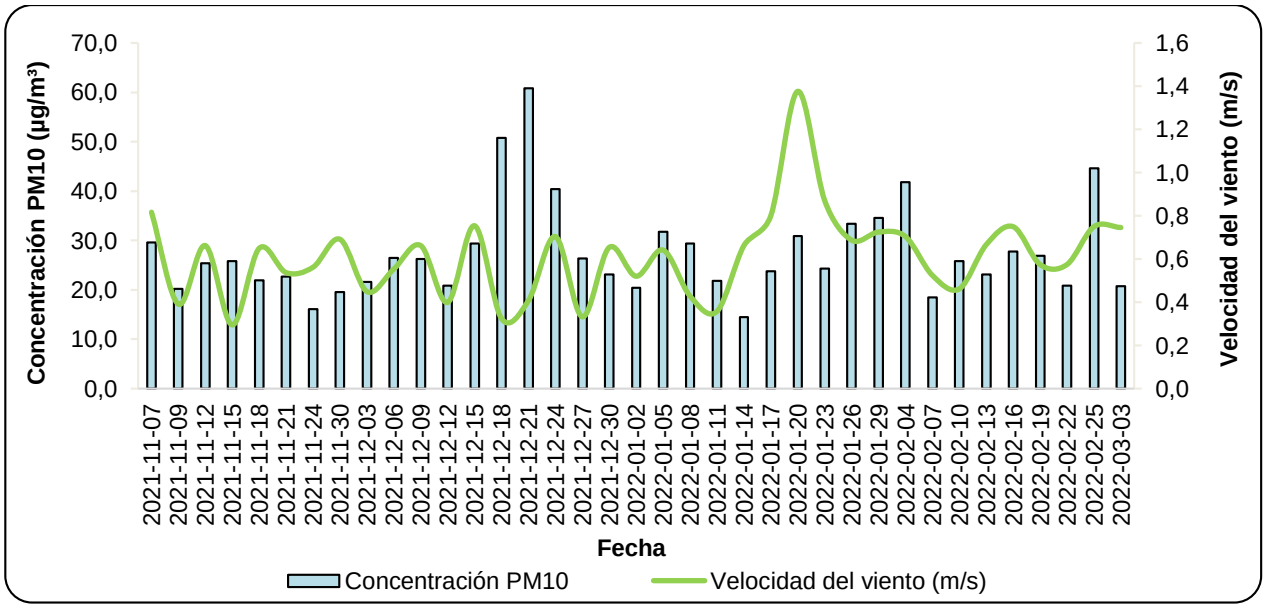
8.3.2 PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS (PM_{10})

La Gráfica 42 presenta la variación de las concentraciones de PM_{10} registradas en el punto de monitoreo Alcaldía de Guarne, la máxima concentración se registró el martes 21 de diciembre de 2021 con un valor de 60,8 µg/m^3 y la mínima el viernes 14 de enero de 2022, con un valor de 14,4 µg/m^3. Todas las concentraciones se encuentran por debajo de los 75,0 µg/m^3, correspondiente al límite máximo permisible en un periodo de 24 horas establecido según la Resolución 2254 de 2017. La concentración promedio de este parámetro fue de 27,6 µg/m^3, este valor es menor al nivel máximo permisible anual (50,0 µg/m^3).



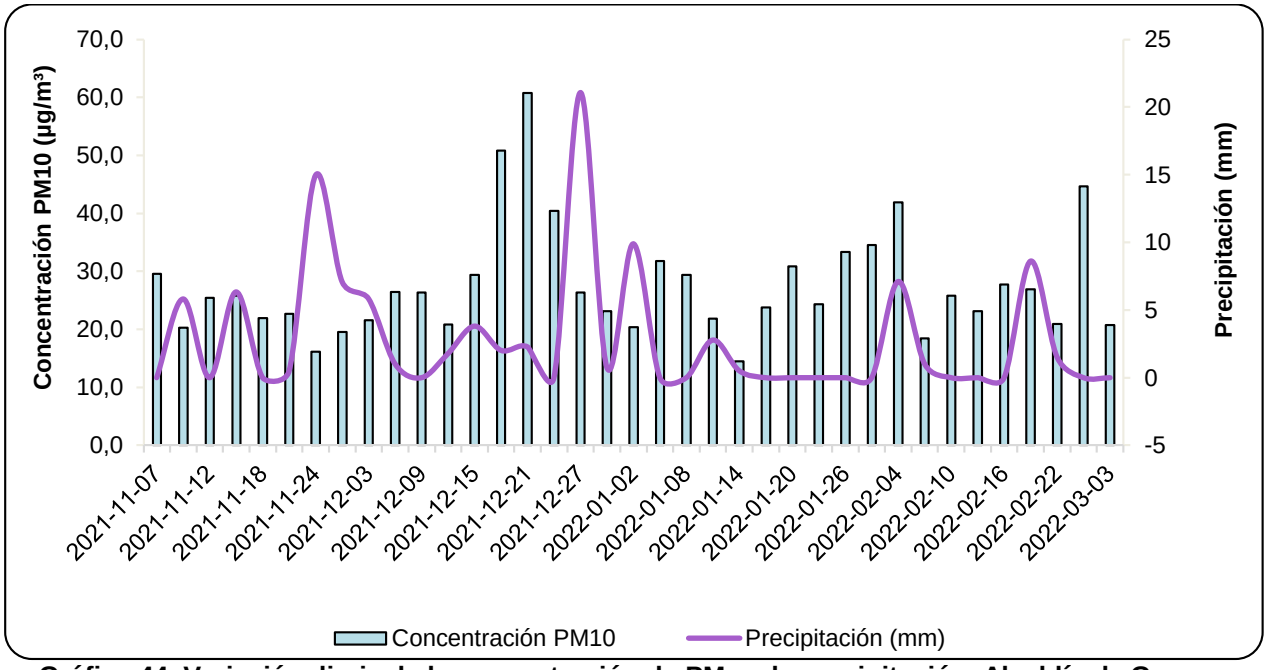
Gráfica 42. Variación diaria de la concentración de PM_{10}, Alcaldía de Guarne.

Como puede observarse en la Gráfica 43, las velocidades de viento promedio diarias registradas en el punto de monitoreo denominado Alcaldía de Guarne se encontraron en un intervalo de velocidades de 0,3 y 1,4 m/s, con un promedio de 0,6 m/s. Para las muestras del 18 y 21 de diciembre de 2021 se nota como las magnitudes más altas del contaminante coinciden con una disminución de la velocidad del viento.



Gráfica 43. Variación diaria de la concentración de PM_{10} y la velocidad del viento, Alcaldía de Guarne.

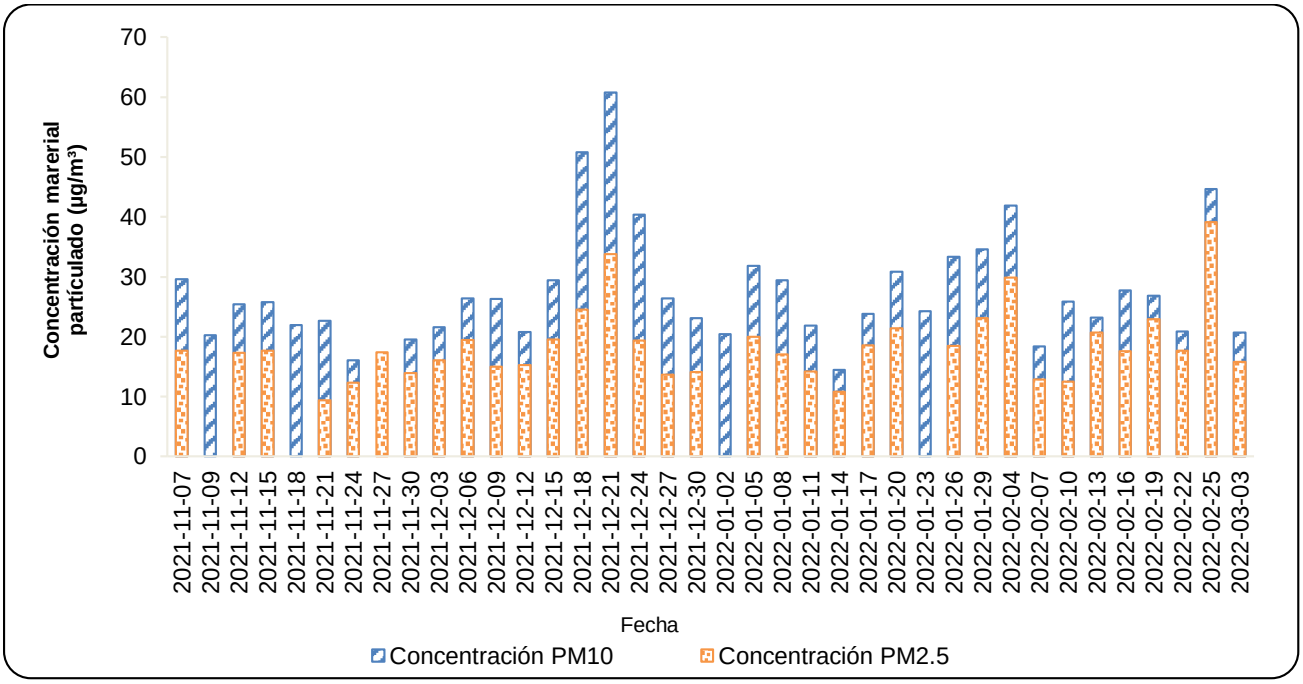
En la Gráfica 44, se observa que en los días 24 de noviembre y 27 de diciembre tras los eventos más representativos de precipitación se registró una disminución de las concentraciones de PM_{10} respecto al día anterior, sin embargo, este no es un comportamiento generalizado.



Gráfica 44. Variación diaria de la concentración de PM_{10} y la precipitación, Alcaldía de Guarne.

8.3.3 RELACIÓN ENTRE PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS (PM_{10}) Y PARTÍCULAS MENORES A 2.5 MICRAS ($PM_{2,5}$)

En la Gráfica 45 se observa la relación entre PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el punto de monitoreo de la Alcaldía de Guarne y se resalta que, en promedio, de la fracción total de $PM_{10,}$ el 66,7% corresponde a $PM_{2.5}$.

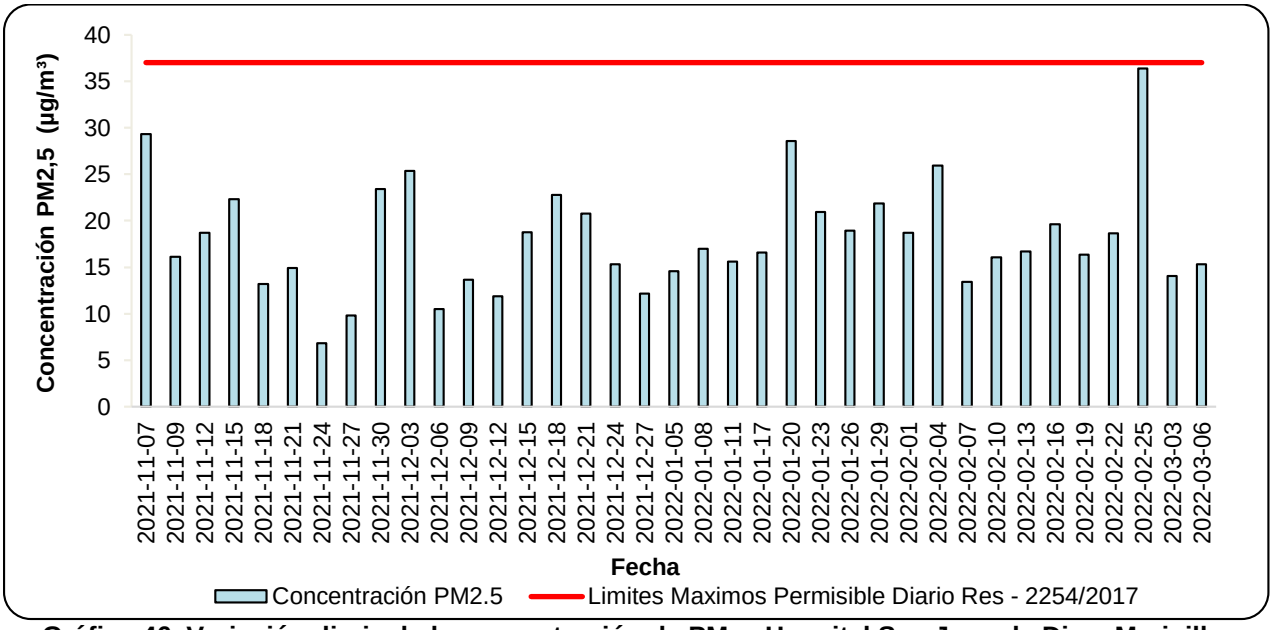


Gráfica 45. Variación diaria de la concentración de PM_{10} y $PM_{2.5}$, Alcaldía de Guarne.

8.4 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE; HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE MARINILLA

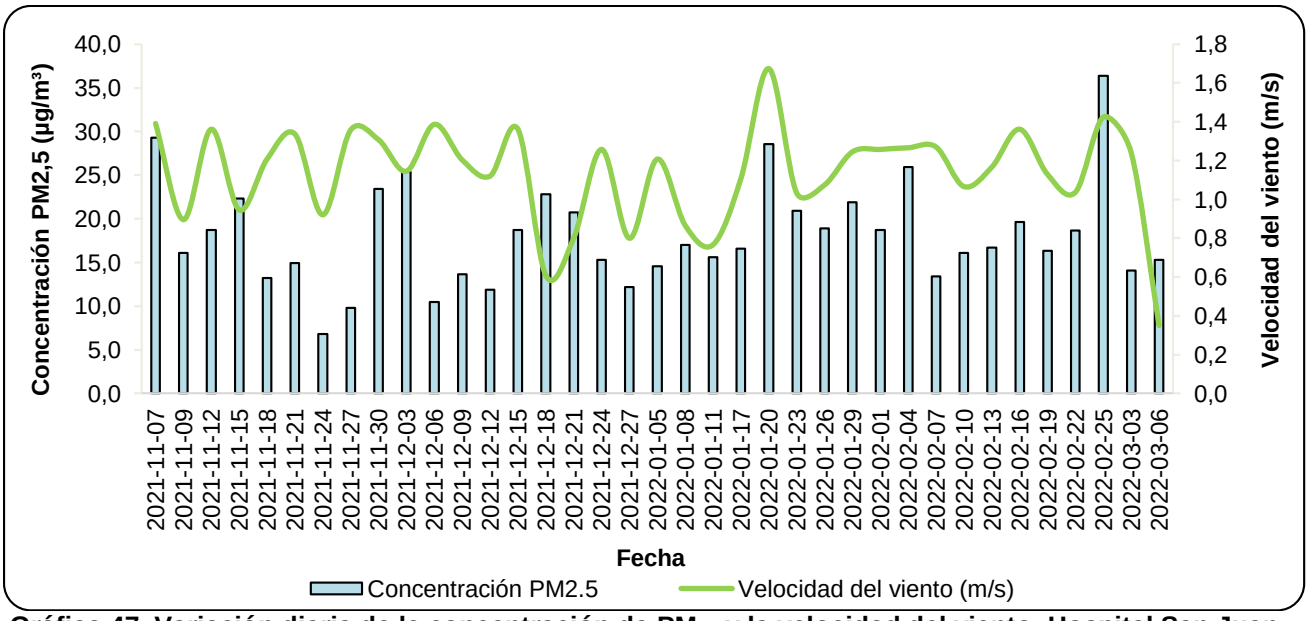
8.4.1 PARTÍCULAS MENORES A 2.5 MICRAS ($PM_{2.5}$)

En la Gráfica 46 se presentan las concentraciones diarias de $PM_{2.5}$ registradas en el punto de monitoreo del Hospital San Juan de Dios del municipio de Marinilla, donde se obtuvo un valor máximo de 36,4 µg/m^3 el viernes 25 de febrero de 2022 y un valor mínimo de 6,8 µg/m^3 el viernes 24 de noviembre de 2021. Todas las concentraciones registradas se encuentran por debajo del límite máximo permisible para partículas menores a 2.5 micras en un período de 24 horas establecido en 37,0 µg/m^3 según la Resolución 2254 de 2017. La concentración promedio de este contaminante para el periodo de medición fue de 18,1 µg/m^3, este valor está por debajo del nivel máximo permisible anual (25,0 µg/m^3).



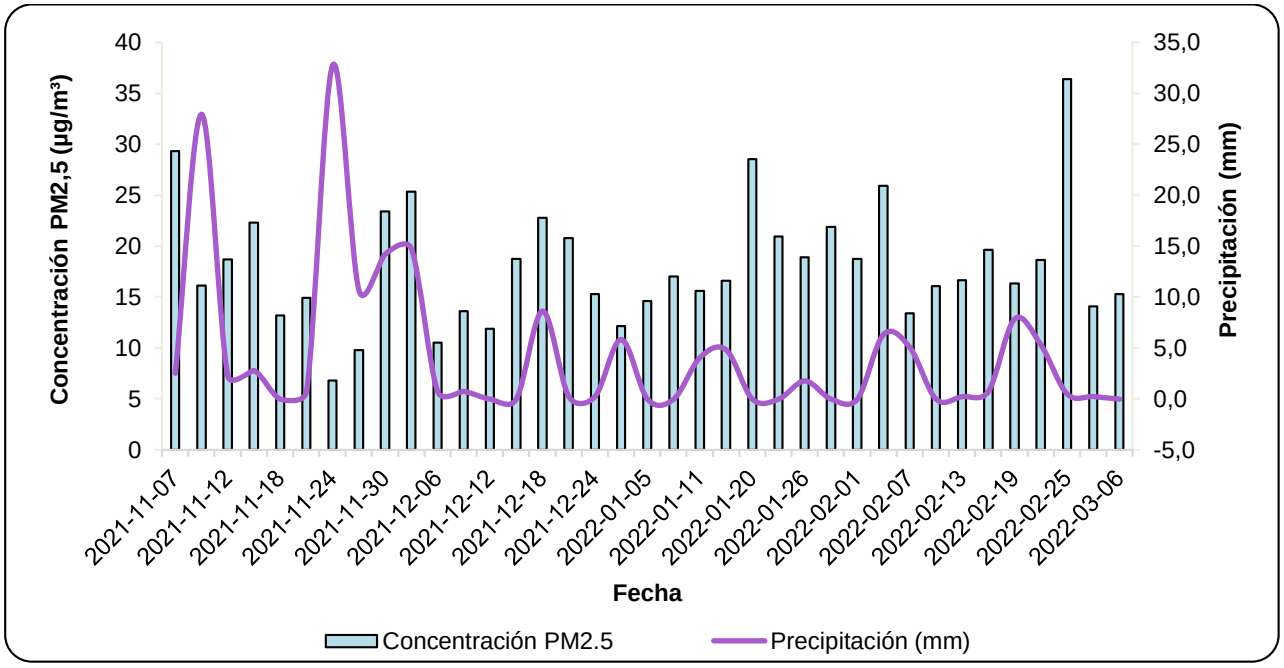
Gráfica 46. Variación diaria de la concentración de $PM_{2.5}$, Hospital San Juan de Dios, Marinilla.

Como puede apreciarse en la Gráfica 47, las velocidades de viento promedio diarias registradas en el punto de monitoreo del Hospital San Juan de Dios, se encontraron en un intervalo de 0,4 y 1,7 m/s, con un promedio de 1,1 m/s. Se puede observar que, en casos puntuales, como el del 20 de enero y 25 de febrero, las mayores magnitudes de velocidad del viento coinciden con un aumento en las concentraciones de $PM_{2.5}$, sin embargo, esta relación no es permanente durante el periodo de muestreo.



Gráfica 47. Variación diaria de la concentración de $PM_{2.5}$ y la velocidad del viento, Hospital San Juan de Dios, Marinilla.

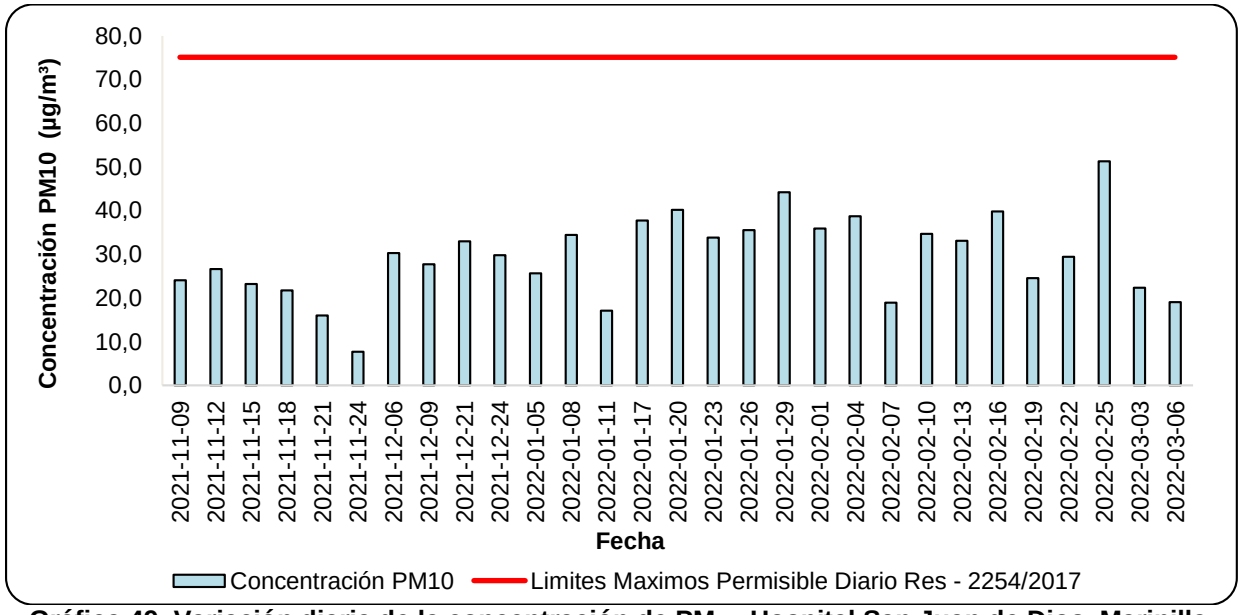
En la Gráfica 48 se observa que para los eventos de precipitación de los días 9 y 24 de noviembre de 2021, se registró una disminución en las concentraciones del contaminante respecto al día anterior, sin embargo, no es posible establecer una relación marcada entre estas dos variables.



Gráfica 48. Variación diaria de la concentración de $PM_{2,5}$ y la precipitación, Hospital San Juan de Dios, Marinilla.

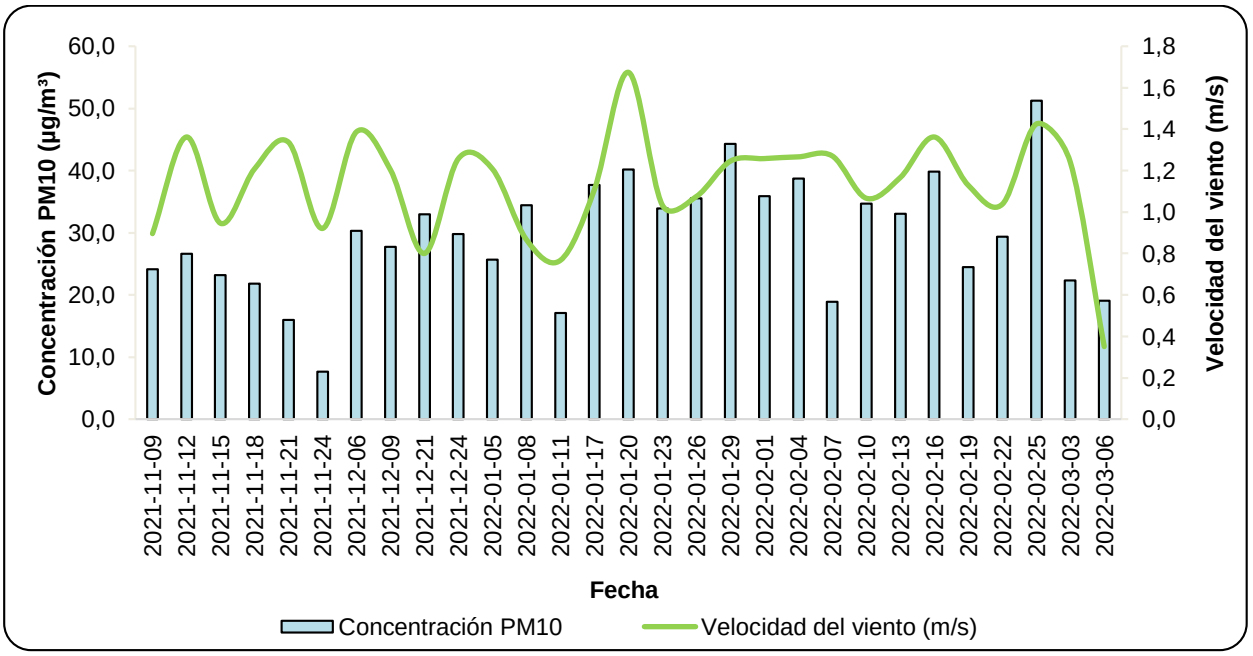
8.4.2 PARTICULAS MENORES A 10 MICRAS (PM_{10})

La Gráfica 49 presenta la variación de las concentraciones de PM_{10} registradas en el punto de monitoreo del Hospital San Juan de Dios. La concentración máxima se registró el viernes 25 de febrero de 2022 sábado con un valor de 51,3 µg/m^3 y la mínima el viernes 24 de noviembre con un valor de 7,7 µg/m^3. Durante el periodo de muestreo las concentraciones estuvieron por debajo de 75,0µg/m^3, correspondiente al límite máximo permisible en un periodo de 24 horas establecido según la Resolución 2254 de 2017. La concentración promedio de este parámetro para los meses de muestreo fue de 29,6 µg/m^3, este valor es menor al nivel máximo permisible anual (50,0 µg/m^3).



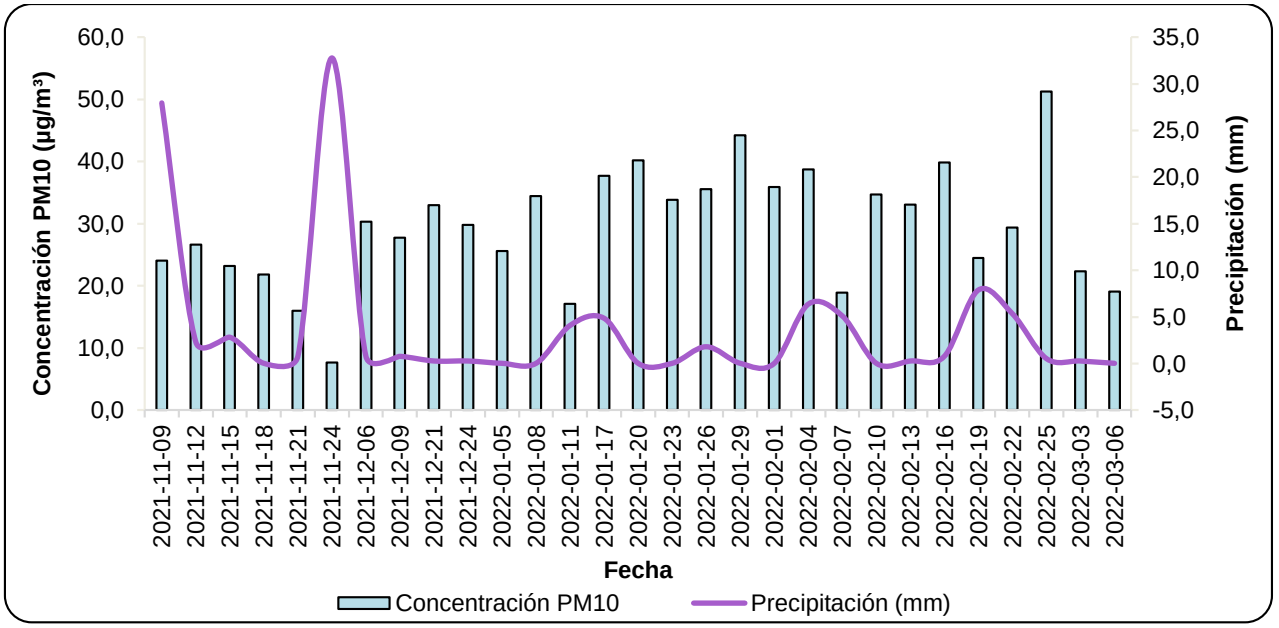
Gráfica 49. Variación diaria de la concentración de PM_{10}, Hospital San Juan de Dios, Marinilla.

Como puede apreciarse en la Gráfica 50, las velocidades de viento promedio diarias registradas en el punto de monitoreo del Hospital San Juan de Dios, se encontraron en un intervalo de 0,4 y 1,7 m/s, con un promedio de 1,1 m/s. No es posible establecer una relación clara y permanente entre ambas variables.



Gráfica 50. Variación diaria de la concentración de PM_{10} y la velocidad del viento, Hospital San Juan de Dios, Marinilla.

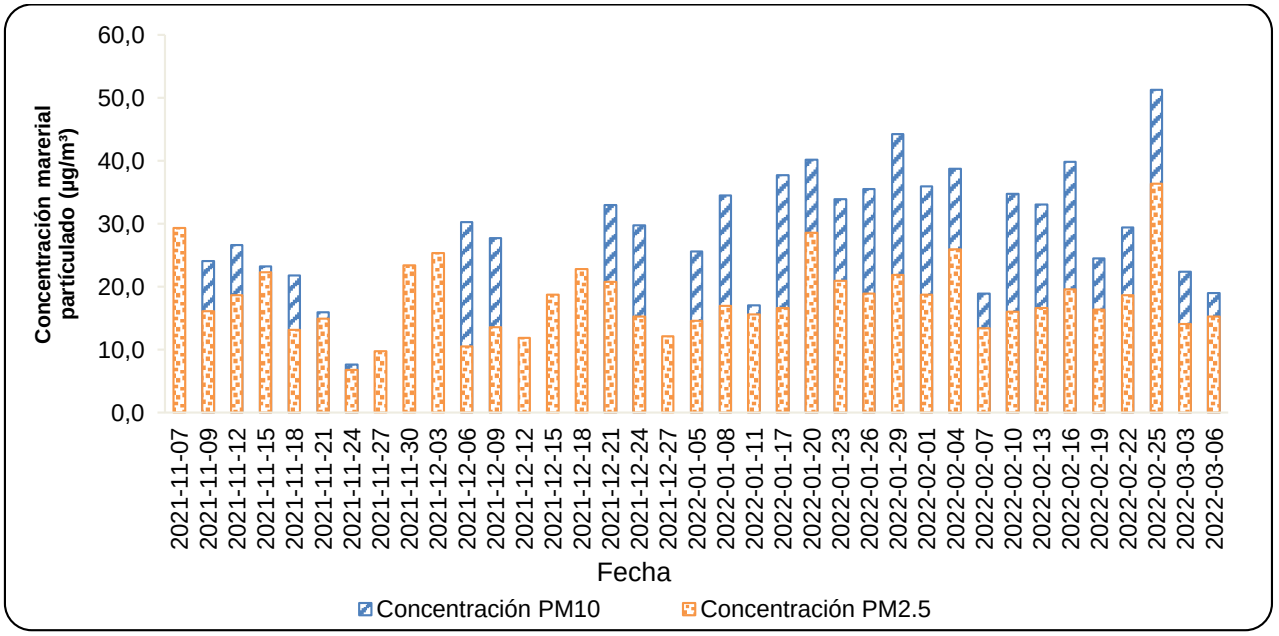
En la Gráfica 51 se observa que el día 24 de noviembre de 2021 se presentó el evento de precipitación de mayor magnitud (32,8 mm) coincidiendo con el valor mínimo de concentración registrado durante los días de muestre, lo que indica que este evento tuvo una influencia significativa en la concentración de partículas en la atmósfera.



Gráfica 51. Variación diaria de la concentración de PM_{10} y la precipitación, Hospital San Juan de Dios, Marinilla.

8.4.3 RELACIÓN ENTRE PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS (PM_{10}) Y PARTÍCULAS MENORES A 2,5 MICRAS ($PM_{2,5}$)

En la Gráfica 52 se observa la relación entre PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el punto de monitoreo del Hospital San Juan de Dios, evidenciando que, en promedio, de la fracción total de PM_{10}, el 63,1% corresponde a $PM_{2.5}$.



Gráfica 52. Variación diaria de la concentración de PM10 y PM2.5, Hospital San Juan de Dios, Marinilla.

9 ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AIRE – ICA

El índice de calidad atmosférica (ICA) representa una de las herramientas más efectivas para la interpretación del estado en que se encuentra una atmósfera previamente monitoreada. El comportamiento de éste se caracteriza por su relación directa con los niveles de concentración del contaminante y los efectos en la salud. Este indicador fue desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos U.S. EPA, fue adoptado por Colombia según el Protocolo para el muestreo y seguimiento de la calidad del aire (MAVDT) y fue modificado por la Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017.

El indicador es adimensional y posee una escala de 0 a 500, la cual depende del grado de contaminación del aire. Este indicador está relacionado con la afectación que tiene la contaminación del aire sobre la salud humana.

El cálculo del ICA se realiza a partir de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$ICA = \frac{I\sup - I\inf}{PQ\sup - PQ\inf}(Cp - PQ\inf) + I\inf$$

Donde,

ICA: Índice de calidad atmosférica

Cp: Concentración del contaminante crítico.

PQsup: Punto de quiebre mayor o igual a Cp.

PQinf: Punto de quiebre menor o igual a Cp.

Isup: Valor del ICA correspondiente al PQsup.

Iinf: Valor del ICA correspondiente al PQinf.

Tabla 20. Puntos de corte ICA

O_3 (µg/m^3) 1 Hora[1]	O_3* (µg/m^3) 8 horas	PM_{10} (µg/m^3) 24 Horas	$PM_{2.5}$ (µg/m^3) 24 Horas	CO (µg/m^3) 8 Horas	SO_2 (µg/m^3) 1 Hora	NO_2 (µg/m^3) 1 Hora	RANGO ICA
--	0 – 106	0- 54	0-12	0 – 5094	0 – 93	0-100	0-50
--	107 – 138	55 - 154	13 – 37	5095 – 10819	94 – 197	101 – 189	51-100
245 - 323	139 – 167	155 - 254	38 – 55	10820 – 14254	198 – 486	190 – 677	101-150
324 - 401	168 – 207	255 - 354	56 – 150	14255- 17688	487 – 797	678 – 1221	151-200
402 - 794	208 – 393	355 - 424	151 – 250	17689 - 34862	798 – 1583	1222 – 2349	201-300
795 - 1185	394	425 - 604	251 – 500	34863 - 57703	1584 - 2629	2350 - 3853	301-500

La Tabla 21 presenta la categorización de los valores del Índice de Calidad del Aire:

Tabla 21. Categorías del Índice de Calidad del Aire.

Categorías ICA	Valor Numérico ICA	Significado
Peligrosa	**> 300**	Es muy probable que la población entera sea afectada y se deben presentar advertencias en la salud por condiciones de emergencia.
Muy Insalubre	**201 - 300**	En este nivel se debe usar una alarma para prevenir efectos en salud de toda la población, pues todos pueden presentar problemas serios.
No Saludable	**151 - 200**	Representa un mensaje de advertencia para la población en general y puede generar efectos serios en la salud para grupos sensibles.
No Saludable para grupos sensibles	**101 - 150**	Representa un mensaje de advertencia para miembros de grupos sensibles. Esto significa que es muy probable que sean afectados por niveles más bajos de contaminación. Por ejemplo, la población con enfermedades del pulmón está en mayor riesgo si se expone al ozono, mientras que las personas con enfermedades de pulmón o con enfermedades cardíacas están en mayor riesgo cuando son expuestas a la contaminación de partículas. Este nivel de ICA no presenta afecciones para el público en general.
Aceptable	**51 - 100**	Transmite un mensaje de que la calidad del aire diaria es aceptable desde el punto de vista de salud pública, pero cada día en éste rango puede ocasionar efectos crónicos en la salud.
Buena	**0 - 50**	Transmite un mensaje positivo acerca de la calidad del aire. La calidad del aire se considera satisfactoria, y la contaminación atmosférica plantea poco o nada de riesgo.

La Tabla 22 presenta el índice de calidad del aire obtenido para cada uno de los contaminantes monitoreados en Jerusalén. En cuanto al PM_{10} presentó una calidad de aire “Buena” durante la totalidad de los días muestreados, en contraste a esto, el $PM_{2.5}$ presentó una calidad de aire “Buena” únicamente los días 14 de enero y 10 de febrero de 2022, es decir que 6,7% de los días

monitoreados se obtuvo un ICA en categoría “Buena” y el 93,3% de los días monitoreados se obtuvo un ICA en categoría “Aceptable”.

Tabla 22. Índice de Calidad del Aire para los contaminantes monitoreados en Jerusalén

Fecha	Contaminantes y clasificación según el ICA					
	PM_{10}			$PM_{2.5}$		
	Concentración	Valor ICA	Clasificación	Concentración	Valor ICA	Clasificación
2021-11-06	39,4	36,0	Buena	N.D	N.D	N.D
2021-11-09	23,6	22,0	Buena	13,0	51,0	Aceptable
2021-11-12	33,5	31,0	Buena	19,4	64,0	Aceptable
2021-11-15	24,6	23,0	Buena	17,8	61,0	Aceptable
2021-11-18	34,7	32,0	Buena	21,7	69,0	Aceptable
2021-11-21	25,6	24,0	Buena	21,3	68,0	Aceptable
2021-11-24	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
2021-11-27	N.D	N.D	N.D	29,7	85,0	Aceptable
2021-11-30	18,4	17,0	Buena	17,9	61,0	Aceptable
2021-12-03	37,0	34,0	Buena	12,9	51,0	Aceptable
2021-12-06	31,1	29,0	Buena	20,2	66,0	Aceptable
2021-12-09	36,1	33,0	Buena	20,4	66,0	Aceptable
2021-12-12	31,4	29,0	Buena	17,9	61,0	Aceptable
2021-12-15	28,4	26,0	Buena	15,9	57,0	Aceptable
2021-12-18	39,3	36,0	Buena	28,1	82,0	Aceptable
2021-12-21	28,5	26,0	Buena	14,1	53,0	Aceptable
2021-12-24	26,8	25,0	Buena	12,7	50,0	Aceptable
2021-12-27	29,4	27,0	Buena	14,6	54,0	Aceptable
2021-12-30	35,8	33,0	Buena	17,3	60,0	Aceptable
2022-01-02	26,4	24,0	Buena	20,5	66,0	Aceptable
2022-01-05	31,6	29,0	Buena	20,2	66,0	Aceptable
2022-01-08	25,9	24,0	Buena	15,9	57,0	Aceptable
2022-01-11	34,4	32,0	Buena	21,9	69,0	Aceptable
2022-01-14	N.D	N.D	N.D	12,3	50,0	Buena
2022-01-17	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
2022-01-20	28,6	26,0	Buena	18,8	63,0	Aceptable
2022-01-23	29,3	27,0	Buena	22,1	69,0	Aceptable
2022-01-26	32,9	30,0	Buena	32,4	91,0	Aceptable
2022-01-29	N.D	N.D	N.D	27,7	81,0	Aceptable
2022-02-01	33,5	31,0	Buena	23,9	73,0	Aceptable
2022-02-04	37,5	35,0	Buena	20,3	66,0	Aceptable
2022-02-07	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
2022-02-10	N.D	N.D	N.D	12,4	50,0	Buena

La Tabla 23 presenta el índice de calidad del aire obtenido para la estación ubicada en La Danta. El contaminante PM_{10} presentó una calidad de aire "Buena" durante el 28,1% del tiempo de estudio (9 de 32 datos válidos) y "Aceptable" durante el 71,9% del tiempo de estudio (23 de 32 datos válidos). El contaminante $PM_{2.5}$ presentó una calidad de aire "Buena" durante el 28,1% del tiempo de estudio (9 de 32 datos válidos) y "Aceptable" durante el 71,9% del tiempo de estudio (23 de 32 datos válidos).

Tabla 23. Índice de Calidad del Aire para los contaminantes monitoreados en La Danta

Fecha	Contaminantes y clasificación según el ICA					
	PM_{10}			$PM_{2.5}$		
	Concentración	Valor ICA	Clasificación	Concentración	Valor ICA	Clasificación
2021-11-06	75,2	61,0	Aceptable	13,3	52,0	Aceptable
2021-11-09	30,7	28,0	Buena	12,4	50,0	Buena
2021-11-12	90,0	68,0	Aceptable	20,4	66,0	Aceptable
2021-11-15	30,1	28,0	Buena	17,1	59,0	Aceptable
2021-11-18	89,5	68,0	Aceptable	10,4	43,0	Buena
2021-11-21	36,3	34,0	Buena	13,9	53,0	Aceptable
2021-11-24	32,8	30,0	Buena	6,3	26,0	Buena
2021-11-27	40,7	38,0	Buena	12,5	50,0	Buena
2021-11-30	24,3	23,0	Buena	8,2	34,0	Buena
2021-12-03	66,0	56,0	Aceptable	13,6	52,0	Aceptable
2021-12-06	54,9	51,0	Aceptable	12,5	50,0	Buena
2021-12-09	82,6	65,0	Aceptable	17,0	59,0	Aceptable
2021-12-12	N.D	N.D	N.D	14,3	54,0	Aceptable
2021-12-15	82,8	65,0	Aceptable	13,2	51,0	Aceptable
2021-12-18	51,2	47,0	Buena	12,5	50,0	Buena
2021-12-21	76,7	62,0	Aceptable	15,8	57,0	Aceptable
2021-12-24	91,7	69,0	Aceptable	20,9	67,0	Aceptable
2021-12-27	89,2	68,0	Aceptable	12,2	49,0	Buena
2021-12-30	57,9	52,0	Aceptable	12,5	50,0	Buena
2022-01-02	46,9	43,0	Buena	17,5	60,0	Aceptable
2022-01-05	75,9	61,0	Aceptable	17,5	60,0	Aceptable
2022-01-08	54,7	51,0	Aceptable	19,7	65,0	Aceptable
2022-01-11	81,4	64,0	Aceptable	15,5	56,0	Aceptable
2022-01-14	63,9	55,0	Aceptable	16,3	58,0	Aceptable
2022-01-17	67,5	57,0	Aceptable	15,8	57,0	Aceptable
2022-01-20	76,7	62,0	Aceptable	17,0	59,0	Aceptable
2022-01-23	58,8	53,0	Aceptable	17,1	59,0	Aceptable
2022-01-26	82,0	64,0	Aceptable	17,7	61,0	Aceptable
2022-01-29	108,1	77,0	Aceptable	20,0	65,0	Aceptable
2022-02-01	91,2	69,0	Aceptable	21,1	68,0	Aceptable

Fecha	Contaminantes y clasificación según el ICA					
	PM_{10}			$PM_{2.5}$		
	Concentración	Valor ICA	Clasificación	Concentración	Valor ICA	Clasificación
2022-02-04	69,0	58,0	Aceptable	26,3	78,0	Aceptable
2022-02-07	42,6	39,0	Buena	13,2	51,0	Aceptable
2022-02-10	106,0	76,0	Aceptable	N.D	N.D	N.D

La Tabla 24 presenta el índice de calidad del aire obtenido para cada uno de los contaminantes monitoreados en la estación ubicada en la Alcaldía de Guarne. Se obtuvo una calidad del aire "Buena" durante el 97,4% del tiempo monitoreado en lo que respecta a PM_{10} (38 de 39 datos válidos) y solo un día (2,6%) se presentó una categoría de "Aceptable". El contaminante $PM_{2.5}$ presentó una calidad de aire "Buena" durante el 11,1% del tiempo de estudio (4 de 36 datos válidos), "Aceptable" durante el 86,1% del tiempo de estudio (31 de 36 datos válidos) y finalmente un día (2,8%) con ICA naranja, representativo de una calidad de aire "Dañina para grupos sensibles".

Tabla 24. Índice de Calidad del Aire para los contaminantes monitoreados, Alcaldía de Guarne.

Fecha	Contaminantes y clasificación según el ICA					
	PM_{10}			$PM_{2.5}$		
	Concentración	Valor ICA	Clasificación	Concentración	Valor ICA	Clasificación
2021-11-07	29,6	27,0	Buena	17,7	61,0	Aceptable
2021-11-09	20,3	19,0	Buena	N.D	N.D	N.D
2021-11-12	25,4	24,0	Buena	17,3	60,0	Aceptable
2021-11-15	25,8	24,0	Buena	17,7	61,0	Aceptable
2021-11-18	22,0	20,0	Buena	N.D	N.D	N.D
2021-11-21	22,7	21,0	Buena	9,4	39,0	Buena
2021-11-24	16,1	15,0	Buena	12,3	50,0	Buena
2021-11-27	N.D	N.D	N.D	17,4	60,0	Aceptable
2021-11-30	19,5	18,0	Buena	13,9	53,0	Aceptable
2021-12-03	21,6	20,0	Buena	16,1	57,0	Aceptable
2021-12-06	26,4	24,0	Buena	19,4	64,0	Aceptable
2021-12-09	26,3	24,0	Buena	15,0	55,0	Aceptable
2021-12-12	20,8	19,0	Buena	15,2	56,0	Aceptable
2021-12-15	29,4	27,0	Buena	19,5	64,0	Aceptable
2021-12-18	50,8	47,0	Buena	24,5	75,0	Aceptable
2021-12-21	60,8	54,0	Aceptable	33,8	93,0	Aceptable
2021-12-24	40,4	37,0	Buena	19,4	64,0	Aceptable
2021-12-27	26,4	24,0	Buena	13,7	52,0	Aceptable
2021-12-30	23,1	21,0	Buena	14,1	53,0	Aceptable
2022-01-02	20,4	19,0	Buena	N.D	N.D	N.D
2022-01-05	31,8	29,0	Buena	20,0	65,0	Aceptable
2022-01-08	29,4	27,0	Buena	17,1	59,0	Aceptable

Fecha	Contaminantes y clasificación según el ICA					
	PM_{10}			$PM_{2.5}$		
	Concentración	Valor ICA	Clasificación	Concentración	Valor ICA	Clasificación
2022-01-11	21,9	20,0	Buena	14,2	54,0	Aceptable
2022-01-14	14,4	13,0	Buena	10,8	45,0	Buena
2022-01-17	23,8	22,0	Buena	18,6	62,0	Aceptable
2022-01-20	30,9	29,0	Buena	21,4	68,0	Aceptable
2022-01-23	24,3	22,0	Buena	N.D	N.D	N.D
2022-01-26	33,4	31,0	Buena	18,4	62,0	Aceptable
2022-01-29	34,5	32,0	Buena	23,1	72,0	Aceptable
2022-02-01	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
2022-02-04	41,9	39,0	Buena	29,9	85,0	Aceptable
2022-02-07	18,4	17,0	Buena	12,9	51,0	Aceptable
2022-02-10	25,8	24,0	Buena	12,5	50,0	Buena
2022-02-13	23,2	21,0	Buena	20,7	67,0	Aceptable
2022-02-16	27,7	26,0	Buena	17,6	60,0	Aceptable
2022-02-19	26,9	25,0	Buena	22,9	71,0	Aceptable
2022-02-22	20,9	19,0	Buena	17,7	61,0	Aceptable
2022-02-25	44,6	41,0	Buena	39,1	104,0	Dañina para grupos sensibles
2022-02-28	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
2022-03-03	20,7	19,0	Buena	15,8	57,0	Aceptable
2022-03-06	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

La Tabla 25 presenta el índice de calidad del aire obtenido para cada uno de los contaminantes monitoreados en la estación del Hospital San Juan de Dios de Marinilla, obteniéndose una calidad del aire “Buena” durante el 100% del tiempo monitoreado en lo que respecta a PM_{10} (29 datos de 29 datos válidos). El contaminante $PM_{2.5}$ presentó una calidad de aire “Buena” durante el 13,5% del tiempo de estudio (5 de 37 datos válidos) y “Aceptable” durante el 86,5% del tiempo de estudio (32 de 37 datos válidos).

Tabla 25. Índice de Calidad del Aire para los contaminantes monitoreados, Hospital San Juan de Dios, Marinilla.

Fecha	Contaminantes y clasificación según el ICA					
	PM_{10}			$PM_{2.5}$		
	Concentración	Valor ICA	Clasificación	Concentración	Valor ICA	Clasificación
2021-11-07	N.D	N.D	N.D	29,3	84,0	Aceptable
2021-11-09	24,1	22,0	Buena	16,1	57,0	Aceptable
2021-11-12	26,6	25,0	Buena	18,7	63,0	Aceptable
2021-11-15	23,2	22,0	Buena	22,3	70,0	Aceptable
2021-11-18	21,8	20,0	Buena	13,2	51,0	Aceptable

Fecha	Contaminantes y clasificación según el ICA					
	PM_{10}			$PM_{2.5}$		
	Concentración	Valor ICA	Clasificación	Concentración	Valor ICA	Clasificación
2021-11-21	16,0	15,0	Buena	14,9	55,0	Aceptable
2021-11-24	7,7	7,0	Buena	6,8	28,0	Buena
2021-11-27	N.D	N.D	N.D	9,8	41,0	Buena
2021-11-30	N.D	N.D	N.D	23,4	72,0	Aceptable
2021-12-03	N.D	N.D	N.D	25,4	76,0	Aceptable
2021-12-06	30,3	28,0	Buena	10,5	44,0	Buena
2021-12-09	27,8	26,0	Buena	13,6	52,0	Aceptable
2021-12-12	N.D	N.D	N.D	11,9	49,0	Buena
2021-12-15	N.D	N.D	N.D	18,7	63,0	Aceptable
2021-12-18	N.D	N.D	N.D	22,8	71,0	Aceptable
2021-12-21	33,0	31,0	Buena	20,8	67,0	Aceptable
2021-12-24	29,8	28,0	Buena	15,3	56,0	Aceptable
2021-12-27	N.D	N.D	N.D	12,2	49,0	Buena
2021-12-30	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
2022-01-02	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
2022-01-05	25,9	24,0	Buena	14,6	54,0	Aceptable
2022-01-08	34,5	32,0	Buena	17,0	59,0	Aceptable
2022-01-11	17,1	16,0	Buena	15,6	56,0	Aceptable
2022-01-14	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
2022-01-17	37,7	35,0	Buena	16,6	58,0	Aceptable
2022-01-20	40,2	37,0	Buena	28,6	83,0	Aceptable
2022-01-23	33,9	31,0	Buena	20,9	67,0	Aceptable
2022-01-26	35,5	33,0	Buena	18,9	63,0	Aceptable
2022-01-29	44,3	41,0	Buena	21,9	69,0	Aceptable
2022-02-01	35,9	33,0	Buena	18,7	63,0	Aceptable
2022-02-04	38,7	36,0	Buena	25,9	77,0	Aceptable
2022-02-07	18,9	18,0	Buena	13,4	52,0	Aceptable
2022-02-10	34,7	32,0	Buena	16,1	57,0	Aceptable
2022-02-13	33,0	31,0	Buena	16,7	58,0	Aceptable
2022-02-16	39,8	37,0	Buena	19,6	65,0	Aceptable
2022-02-19	24,5	23,0	Buena	16,3	58,0	Aceptable
2022-02-22	30,1	28,0	Buena	18,6	62,0	Aceptable
2022-02-25	51,3	47,0	Buena	36,4	99,0	Aceptable
2022-02-28	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
2022-03-03	23,3	22,0	Buena	14,1	53,0	Aceptable
2022-03-06	19,8	18,0	Buena	15,3	56,0	Aceptable

10 REPORTES A LA PLATAFORMA SISAIRE

Dentro de las actividades realizadas durante el monitoreo de las 4 estaciones se incluye la revisión y validación de datos de calidad del aire para generar un reporte mensual de estos a la plataforma SISAIRE. A continuación, se muestran algunas evidencias de este proceso:

Estación	Fecha de Inicio	Fecha Final	Concentración	Variable	Bandera	Observaciones:
JERUSALEN 2021	2021-11-30 23:00:00.0	2021-11-30 23:59:00.0	17.2	PM2.5	Dato preeliminar	Exitoso
JERUSALEN 2021	2021-11-30 23:00:00.0	2021-11-30 23:59:00.0	0.0	VViento	Dato preeliminar	Exitoso
JERUSALEN 2021	2021-11-30 23:00:00.0	2021-11-30 23:59:00.0	315.0	DViento	Dato preeliminar	Exitoso
JERUSALEN 2021	2021-11-30 23:00:00.0	2021-11-30 23:59:00.0	0.76	PLiquida	Dato preeliminar	Exitoso
JERUSALEN 2021	2021-11-30 23:00:00.0	2021-11-30 23:59:00.0	98.0	HAire10	Dato preeliminar	Exitoso
JERUSALEN 2021	2021-11-30 23:00:00.0	2021-11-30 23:59:00.0	21.8	TAire10	Dato preeliminar	Exitoso

Imagen 5. Registro SISAIRE de noviembre 2021, La Danta

Estación	Fecha de Inicio	Fecha Final	Concentración	Variable	Bandera	Observaciones:
LA DANTA 2021	2021-12-01 00:00:00.0	2021-12-01 00:59:00.0	0.0	VViento	Dato preeliminar	Exitoso
LA DANTA 2021	2021-12-01 00:00:00.0	2021-12-01 00:59:00.0	247.5	DViento	Dato preeliminar	Exitoso
LA DANTA 2021	2021-12-01 00:00:00.0	2021-12-01 00:59:00.0	1.02	PLiquida	Dato preeliminar	Exitoso
LA DANTA 2021	2021-12-01 00:00:00.0	2021-12-01 00:59:00.0	97.0	HAire10	Dato preeliminar	Exitoso
LA DANTA 2021	2021-12-01 00:00:00.0	2021-12-01 00:59:00.0	22.4	TAire10	Dato preeliminar	Exitoso
LA DANTA 2021	2021-12-01 01:00:00.0	2021-12-01 01:59:00.0	0.0	VViento	Dato preeliminar	Exitoso
LA DANTA 2021	2021-12-01 01:00:00.0	2021-12-01 01:59:00.0	270.0	DViento	Dato preeliminar	Exitoso

Imagen 6. Registro SISAIRE de diciembre 2021, Jerusalén

Imagen 7. Registro SISAIRE actualización diciembre 2021, Alcaldía de Guarne

Imagen 8. Registro SISAIRE de enero 2022, Hospital San Juan de Dios de Marinilla

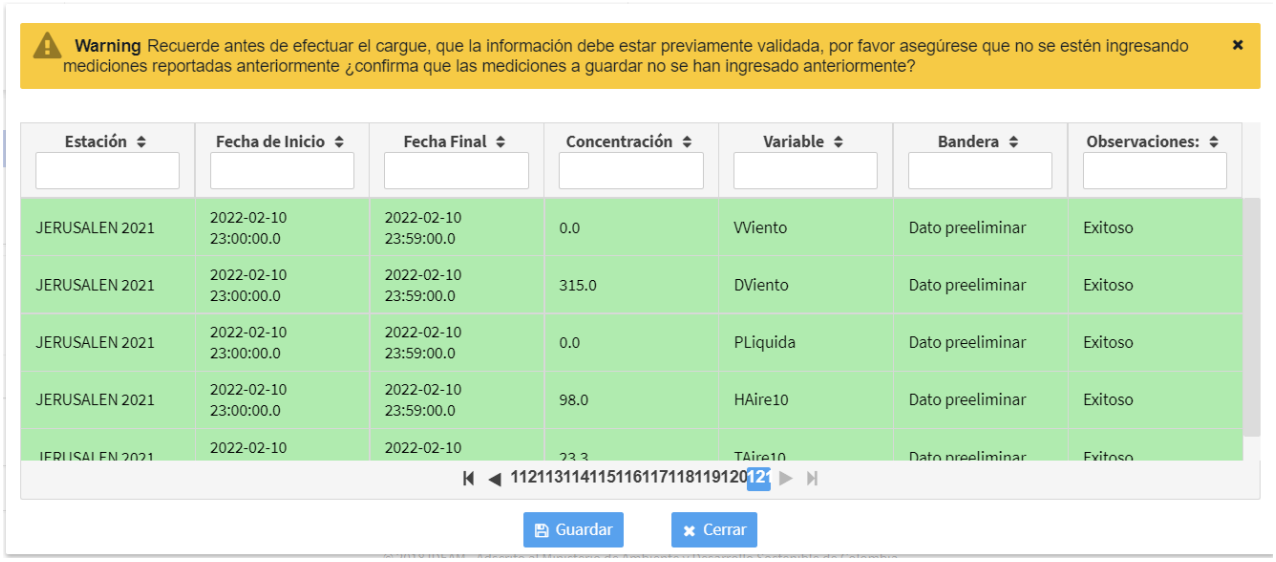


Imagen 9. Registro SISAIRE de febrero 2022, Jerusalén

11 CONCLUSIONES

Las concentraciones de partículas menores a 2.5 micras ($PM_{2,5}$) de las estaciones de Jerusalén, La Danta y Marinilla monitoreadas fueron menores al nivel máximo permisible diario establecido en la normativa colombiana para este tipo de contaminantes en la Resolución 2254 de 2017 del MADS (37,0 µg/m^3). Para la estación ubicada en la Alcaldía de Guarne se presentó una excedencia a la norma diaria el viernes 25 de febrero de 2022 con una concentración de 39,1 µg/m^3

En las estaciones de Jerusalén, Guarne y Marinilla no se presentaron excedencias de la norma diaria establecida para el PM_{10} en la Resolución 2254 de 2017 del MADS (75,0 µg/m^3), sin embargo, en la estación de La Danta se registraron 15 excedencias de la norma, lo que genera una situación negativa en cuanto a cumplimiento normativo para este punto y se hace necesario el seguimiento al comportamiento de este contaminante.

El Índice de Calidad del Aire (ICA) para $PM_{2.5}$ y PM_{10} indicó que durante los días muestreados donde la categoría de calidad de aire se clasifica como “Buena”, en términos generales, sin embargo, algunos días donde se clasificó en categoría “Aceptable”.

Únicamente la estación ubicada en la Alcaldía de Guarne registró un día con ICA naranja, representativo de una calidad de aire dañina para grupos sensibles.

En la estación ubicada en la Alcaldía de Guarne se puede notar un pico en las concentraciones tanto de PM_{10} como de $PM_{2.5}$ en las muestras tomadas del 15 al 27 de diciembre de 2021, este aumento en ambos contaminantes puede estar relacionado con las actividades y celebraciones decembrinas, así como una mayor circulación de vehículos y afluencia de visitantes. El 25 de febrero de 2022 se muestra un pico en las concentraciones de $PM_{2.5}$, esto puede estar relacionado con un aumento generalizado en las concentraciones reportadas por diferentes estaciones de monitoreo tanto en el Valle de Aburrá como en el Valle de San Nicolás, dado el incremento significativo de episodios asociados a incendios para estas fechas, especialmente en la Orinoquía

colombo-venezolana, por lo tanto, se puso generar un transporte de biomasa por vientos provenientes de la zona Este.

En la estación del Hospital San Juan de Dios de Marinilla se notan picos distribuidos en las concentraciones de ambos contaminantes. Analizando la posibilidad de un patrón en el comportamiento de las concentraciones, se pudo notar que varios de estos picos corresponden a viernes y sábados, lo que puede indicar que durante el fin de semana aumentan las fuentes de emisión en este municipio.

En la estación de Jerusalén y la Danta las velocidades del viento tienen magnitudes bajas y la cantidad de calmas es alta, superando el 60%, por lo tanto, se dificulta la influencia de esta variable meteorológica en la dispersión de contaminantes. En el caso de Marinilla se puede notar una mayor frecuencia de velocidades con magnitudes altas, igualmente una disminución en el porcentaje de calmas, lo que puede significar un aporte en la dispersión de partículas contaminantes en el aire, sin embargo, es importante tener en cuenta la dirección del viento y la ubicación de las fuentes de emisión para establecer el aporte en la dispersión.

12 RESPONSABILIDAD

DAVID AGUIAR GIL
Coordinador LABGIGA

Firmado digitalmente por: DAVID AGUIAR GIL
Motivo: Aprobación de informe

Este documento se ha enviado con protecciones de modificación y sólo podrá ser alterado o modificado por el LABGIGA. Este informe se envía por medio electrónico para facilidades de estudio por las partes interesadas, pero el único documento válido es el informe impreso firmado por el Coordinador del LABGIGA.

Los resultados de este informe son válidos únicamente para las muestras tomadas por el LabGIGA, son de carácter confidencial y de propiedad del cliente.

Este informe no debe reproducirse sin la aprobación del laboratorio, excepto en su totalidad.

13 NOTAS DE CAMBIO

No.	BREVE DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO	VERSIÓN FINAL	FECHA aaaa-mm-dd
01	No aplica para la primera versión.	01	2022-02-14
02	Se incluyen los resultados de las mediciones hasta finalizar las campañas	02	2022-03-31

14 BIBLIOGRAFÍA

- ENVIRONMENTAL PROTECCIÓN AGENCY. Guideline for reporting of daily air quality – Air Quality Index. Office of Air Quality Planning and Standards. 2006.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Protocolo para la vigilancia y seguimiento del módulo aire del sistema de información ambiental. Bogotá, 2005.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Protocolo para el muestreo y seguimiento de la calidad del aire. Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire. Bogotá, 2010.
- COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Decreto 948 (5 de junio de 1995). Por el cual se reglamentan parcialmente, la Ley 23 de 1973; los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto-Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.
- COLOMBIA. MINISTERÍO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2254 (01 de noviembre de 2017). Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones.

**** Fin del Informe Técnico ***

ANEXOS

ANEXO 1. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

ANEXO 2. RESOLUCIÓN DE ACREDITACIÓN LABGIGA

ANEXO 3. RESOLUCIÓN DE ACREDITACIÓN LABORATORIOS SUBCONTRATADOS

ANEXO 4. RESULTADOS DE LABORATORIO

ANEXO 5. MEMORIAS DE CÁLCULO

ANEXO 6. FORMATOS SISAIRE