



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CALIDAD DE AIRE POR
PARTÍCULAS MENORES A 10 Y 2.5 MICRAS (PM10 Y PM2.5),
DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂), DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂), Y
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)**

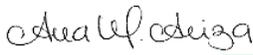
**ENEL CODENSA S.A. E.S.P.
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA OCCIDENTE-FUNZA**

*Monitoreo de calidad del aire realizado entre el 25 de diciembre de 2020 al
28 de enero de 2021, en las siguientes estaciones:*

- Provienda 1
- Provienda 2

**FUNZA/CUNDINAMARCA
ENERO 2021**



INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CALIDAD DE AIRE POR PARTÍCULAS MENORES A 10 Y 2.5 MICRAS (PM10 Y PM2.5), DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂), DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂), Y MONÓXIDO DE CARBONO (CO)**Elaboró:**
Yuliza Cabarcas Güette**Revisó:**
Ana Milena Ariza Blanco**Aprobó:**
Ángel Barrera Ibarra

El monitoreo fue realizado por **Servicios de Ingeniería y Ambiente S.A.S.**, empresa acreditada por el IDEAM por medio de la Resolución 1013 de 2019, vigente hasta el 12 de septiembre de 2023, para producir información cuantitativa física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades competentes; ubicada en la carrera 41 N° 73B-72 en la ciudad de Barranquilla, departamento del Atlántico. El grupo de trabajo estuvo conformado por los siguientes funcionarios de SERAMBIENTE S.A.S.:

JOAN SEBASTIÁN ESPAÑA SANCHEZ

Técnico de campo

YULIZA ELENA CABARCAS GÜETTE

Analista Técnico

ÁNGEL MAURICIO BARRERA IBARRA

Gerente



TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	9
2.	OBJETIVOS	10
2.1	Objetivo General	10
2.2	Objetivos Específicos	10
3.	GENERALIDADES.....	11
3.1	Información de la empresa	11
3.2	Empresa responsable del estudio	11
3.3	Evaluación de la calidad del aire	11
3.4	Periodo y frecuencia de muestreo	13
3.5	Ubicación de las estaciones de monitoreo	13
3.6	Identificación de las muestras y contaminantes a evaluar	16
3.7	Determinantes ambientales	19
4.	NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE	23
5.	METODOLOGÍAS DE MUESTREO	24
5.1	Partículas Respirables (PM10)	24
5.2	Partículas Menores a 2.5 micras (PM2.5)	28
5.3	Dióxido de Azufre (SO ₂)	31
5.4	Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	35
5.5	Monóxido de Carbono (CO)	35
6.	DATOS Y RESULTADOS CALIDAD DEL AIRE	38
6.1	Partículas Menores a 10 micras (PM10)	38
6.2	Partículas menores a 2.5 micras (PM2.5)	43
6.3	Muestreo de Dióxido de Azufre (SO ₂)	48
6.4	Muestreo de Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	53
6.5	Monóxido de Carbono (CO)	55
6.6	Datos atípicos	57
7.	ÍNDICE DE CALIDAD DE AIRE.....	61
7.1	Partículas Menores A 10 Micras (PM10)	62





7.2	Partículas Menores a 2.5 micras (PM2.5)	63
7.3	Dióxido de Azufre (SO ₂)	65
7.4	Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	65
7.5	Monóxido de Carbono (CO)	72
8.	CONDICIONES ATMOSFÉRICAS.....	83
8.1	La Temperatura	83
8.2	La humedad en el aire	84
8.3	Presión atmosférica	84
8.4	Vientos	85
8.5	La precipitación	86
9.	CONCLUSIONES	90
10.	REFERENCIAS	92
11.	ANEXOS	93



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de los detalles relativos al muestreo	12
Tabla 2. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo	13
Tabla 3. Ficha técnica Provivienda 1.....	15
Tabla 4. Ficha técnica Provivienda 2.....	16
Tabla 5. Fecha de monitoreo, identificación y contaminante evaluado	16
Tabla 6. Material particulado	17
Tabla 7. Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	18
Tabla 8. Dióxido de Azufre (SO ₂).....	18
Tabla 9. Monóxido de Carbono (CO)	19
Tabla 10. Principales fuentes de emisión en el área de influencia.....	20
Tabla 11. Resumen métodos de muestreo y análisis para parámetros de calidad del aire	21
Tabla 12. Resumen métodos de muestreo y análisis para parámetros de calidad del aire – Equipos automáticos.....	22
Tabla 13. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio	23
Tabla 14. Resultados diarios – Partículas Menores a 10 micras (PM10)	38
Tabla 15. Comparación resultados máximos con norma diaria PM10-Resolución 2254 de 2017	39
Tabla 16. Comparación resultados promedios con norma anual PM10-Resolución 2254 de 2017.....	39
Tabla 17. Tratamiento estadístico para los datos de PM10 para las dos (2) estaciones	42
Tabla 18. Resultados PM2.5	43
Tabla 19. Comparación con norma 24 horas PM2.5-Resolución 2254 de 2017.....	44
Tabla 20. Tratamiento estadístico para los datos de PM2.5 para las dos (2) estaciones.....	47
Tabla 21. Resultados diarios - Dióxido de azufre (SO ₂).....	48
Tabla 22. Comparación con norma diaria SO ₂ -Resolución 2254 de 2017	49
Tabla 23. Tratamiento estadístico para los datos de SO ₂ para las dos (2) estaciones.....	52
Tabla 24. Descripción general del Índice de Calidad del Aire	61
Tabla 25. Clasificación de la Calidad de Aire PM10	62
Tabla 26. Puntos de corte del ICA para PM10	63
Tabla 27. Índices de calidad de aire PM10	63
Tabla 28. Clasificación de la calidad de aire pm2.5	64
Tabla 29. Puntos de corte del ICA para PM2.5	64
Tabla 30. Índices de calidad de aire PM2.5	64
Tabla 31. Puntos de corte del ICA para NO ₂	65
Tabla 32. Resultados ICA-Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) para Provivienda 1	65
Tabla 33. Resultados ICA-Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) para Provivienda 2	69
Tabla 34. Clasificación de la calidad de aire CO.....	72
Tabla 35. Puntos de corte del ICA para CO	72
Tabla 36. Índices de calidad de aire CO para Provivienda 1	73
Tabla 37. Índices de calidad de aire CO para Provivienda 2	77
Tabla 38. Variables meteorológicas.....	87
Tabla 39. Anexos del informe técnico	93



ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Datos diarios de calidad del aire para PM10-Resolución 2254 de 2017.	40
Gráfica 2. Concentración promedio y máxima de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y su comparación con la norma anual y la norma de 24 horas	40
Gráfica 3. Diagrama de cajas para PM10.....	41
Gráfica 4. Diagrama de cajas para PM10.....	42
Gráfica 5. Histograma de datos de calidad del aire para PM10	43
Gráfica 6. Datos de calidad del aire para PM2.5	45
Gráfica 7. Datos de calidad del aire para PM2.5 – Concentración promedio Vs norma 24 horas	45
Gráfica 8. Diagrama de caja para PM2.5 para las dos (2) estaciones	46
Gráfica 9. Diagrama de caja para PM2.5	47
Gráfica 10. Histograma de datos de calidad del aire para PM2.5 (Frecuencia relativa vs. Rango de datos). ..	48
Gráfica 11. Datos de calidad del aire para SO ₂ – Concentración máxima-Resolución 2254 de 2017.....	50
Gráfica 12. Concentración máxima diaria y promedio SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) VS Norma 24 horas.	50
Gráfica 13. Diagrama de caja para SO ₂	51
Gráfica 14. Diagrama de caja para SO ₂	52
Gráfica 15. Histograma de datos de calidad del aire para SO ₂	53
Gráfica 16. Comparación promedios 1 hora de NO ₂ vs norma 1 hora. -Provivienda 1	54
Gráfica 17. Comparación promedios 1 hora de NO ₂ vs norma 1 hora. –Provivienda 2	54
Gráfica 18. Comparación promedios 1 hora de CO vs norma 1 hora. –Provivienda 1	55
Gráfica 19. Comparación medias móviles 8 horas de CO vs norma 8 Horas. –Provivienda 2	56
Gráfica 20. Comparación promedios 1 hora de CO vs norma 1 hora. –Provivienda 1	56
Gráfica 21. Comparación medias móviles 8 horas de CO vs norma 8 Horas. –Provivienda 2.	57
Gráfica 22. Datos atípicos PM10- Provivienda 1	58
Gráfica 23. Datos atípicos PM10- Provivienda 2	58
Gráfica 24. Datos atípicos PM2.5- Provivienda 1	59
Gráfica 25. Datos atípicos PM2.5- Provivienda 2	59
Gráfica 26. Datos atípicos SO ₂ - Provivienda 1	60
Gráfica 27. Datos atípicos SO ₂ - Provivienda 2	60
Gráfica 28. Comportamiento de la Temperatura media.	83
Gráfica 29. Comportamiento de la Humedad relativa.	84
Gráfica 30. Comportamiento de la presión atmosférica.	85
Gráfica 31. Comportamiento de la velocidad del viento.....	86
Gráfica 32. Comportamiento de la precipitación.	87





ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo.....	14
Figura 2. Muestreador PM10	26
Figura 3. Muestreador PM10	30
Figura 4. Muestreador RAC	33
Figura 5. Muestreador NO ₂ automático	35
Figura 6. Muestreador CO automático	37
Figura 7. Esquema de Determinador de CO	37
Figura 8. Rosa de vientos del periodo de monitoreo	88



ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Provienda 1.....	15
Fotografía 2. Provienda 2.....	16



1. INTRODUCCIÓN

ENEL CONDESA S.A. E.S.P., contrató los servicios de **INGEDISA S.A.**, quién a su vez contrató a **SERAMBIENTE S.A.S.** para realizar el monitoreo de calidad de aire en el área de influencia de la Subestación eléctrica occidente, la cual se encuentra ubicada en el municipio de Funza, en el departamento de Cundinamarca. Para la realización del monitoreo, se seleccionaron dos (2) estaciones en sitios representativos de la dirección predominante del viento, en cada una se ubicó un muestreador de Partículas respirables menores a 10 y 2.5 micras (PM10 y PM2.5), un muestreador de gases SO₂ (RAC), un equipo determinador de Monóxido de Carbono (CO) y un equipo determinador de Dióxido de Nitrógeno (NO₂). Los sitios seleccionados fueron:

○ Provienda 1.

○ Provienda 2.

Los métodos de medición y análisis empleados, son los definidos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptados por la Resolución 650 de 2010 y modificado por la Resolución 2154 de 2010, ambas emitidas por el Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT, actualmente Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, MADS.

El documento técnico presentado, contiene los resultados totales de las evaluaciones efectuadas durante el periodo de monitoreo comprendido entre el 25 de diciembre de 2020 y el 28 de enero de 2021, y la comparación de los mismos con la norma de calidad del aire establecidos en la Resolución 2254 de noviembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, MADS, que lo reglamenta. Es importante mencionar, que, la campaña de monitoreo se realizó en un periodo de treinta y seis (36) días, recolectando muestras día de por medio, debido a que la época en la que se desarrolló el mismo, fue en época de lluvia. Lo anterior, atendiendo al ítem 5.7 VCAI – SISTEMAS DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE INDUSTRIAL, numeral 5.7.4 Aplicación, del MANUAL DE DISEÑO DE SISTEMAS DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE, en donde se establece la periodicidad de los monitoreos.



2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Realizar la evaluación de la calidad de aire por medio de la comparación normativa de los resultados obtenidos en el monitoreo con los estándares máximos permisibles definidos por la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en el área de influencia de la Subestación eléctrica occidente, la cual hace parte de la organización ENEL CONDESA S.A. E.S.P., ubicada el municipio de Funca, departamento de Cundinamarca.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar los niveles de inmisión de los contaminantes criterio Partículas menores a 10 y 2.5 micrómetros de diámetro aerodinámico (PM10 y PM2.5), Dióxido de azufre (SO₂), Dióxido de nitrógeno (NO₂) y Monóxido de carbono (CO) en dos (2) estaciones de monitoreo.
- Realizar la revisión del cumplimiento normativo, comparando los resultados obtenidos en las estaciones y del análisis de los laboratorios con los límites máximos permisibles establecidos en la Resolución 2254 de 2017 del MADS.
- Efectuar el cálculo del Índice de Calidad del Aire (ICA) en la zona de influencia considerada, específicamente en las dos (2) estaciones de monitoreo, a fin de establecer los niveles de contaminación perjudiciales a la salud pública y los efectos que estos conllevan.



3. GENERALIDADES

3.1 Información de la empresa

Razón social: ENEL CONDESA S.A. E.S.P.

Departamento: Cundinamarca

Municipio: Funza

3.2 Empresa responsable del estudio

La toma de muestras de Monóxido de Carbono (CO) automático, Partículas Menores a 10 y 2.5 micras (PM10) y (PM2.5), y de Dióxido de Azufre (SO₂), fue realizado por Servicios de Ingeniería y Ambiente S.A.S., empresa acreditada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), a través de la Resolución 1013 de 2019, para producir información cuantitativa física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades competentes, ubicada en la Carrera 41 N.º 73B – 72 en la ciudad de Barranquilla. Así mismo, la toma de muestras de Dióxido de nitrógeno (NO₂) fue realizada por la empresa AIRLAB CONSULTING S.A.S., acreditada por el IDEAM bajo la Resolución 445 de 2020 con domicilio en el Km 19 Troncal de Occidente Parque Industrial San Jorge Manzana T2 Bodega 37, del municipio de Mosquera, en el departamento de Cundinamarca

Por otro lado, SERAMBIENTE S.A.S., es responsable por el análisis de Partículas Menores a 10 micras (PM10), Dióxido de Azufre (SO₂), y del tratamiento de los datos de Monóxido de Carbono (CO) y de Dióxido de Nitrógeno (NO₂). Mientras que, el laboratorio de SGS COLOMBIA S.A.S., es el responsable del análisis de las Partículas Menores a 2.5 micras (PM2.5); este laboratorio se encuentra acreditado por la Resolución 0180 de 2020, vigente hasta el 24 de febrero de 2024, con domicilio en la Carrera 100 # 25 C - 11, en la ciudad de Bogotá D.C.

3.3 Evaluación de la calidad del aire

Para determinar los niveles de calidad de aire en el área de influencia de la subestación eléctrica occidente, en el municipio de Funza, departamento de Cundinamarca, se realizó el monitoreo de los





siguientes contaminantes atmosféricos, en dos (2) estaciones de calidad de aire, ubicadas en cumplimiento del protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire:

- Se determinó PM10 mediante el U.S. EPA, CFR, título 40, parte 50, capítulo I, subcapítulo C, apéndice J: alto volumen. RFPS-0202-141. Seriales: 1739, 1740, 2051, 2867, 2868.
- Se determinó PM2.5 mediante el U.S. EPA CFR título 40, parte 50 apéndice L: PM2.5. Bajo volumen. EQPS-0509-178.
- Se determinó SO₂ mediante el U.S EPA CFR título 40, Parte 50, apéndice A-2: Pararrosanilina.
- Se determinó NO₂ mediante EPA e-CFR título 40, capítulo I, subcapítulo C, parte 50, apéndice F Método de referencia automatizado: RFNA-1289-074.
- Se determinó CO mediante fotometría infrarroja no dispersiva: U.S. EPA CFR título 40, parte 50, apéndice C: RFCA-0506-158.

En la **Tabla 1** se especifican detalles relativos al muestreo:

Tabla 1. Resumen de los detalles relativos al muestreo

Fecha de muestreo	Del 25 de diciembre al 28 de enero de 2021.
Sitio de muestreo	Área de influencia de la subestación eléctrica occidente, en el municipio de Funza, departamento de Cundinamarca, en dos (2) estaciones de monitoreo. Se denominan: <ul style="list-style-type: none">○ Provienda 1○ Provienda 2
Duración del muestreo	36 días (recolectando muestras día de por medio para un total de dieciocho (18) muestras, debido a la época de lluvia)
Número total de muestras	Se recolectaron 36 muestras por contaminante evaluado y, en las estaciones manuales, y un total de 1728 muestras reportadas en línea por los equipos automáticos para cada contaminante (muestras horarias).
Parámetros estudiados	PM10, PM2.5, SO ₂ , NO ₂ , y CO Las muestras de CO y NO ₂ son reportadas en línea por los equipos.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.



3.4 Periodo y frecuencia de muestreo

Las evaluaciones de la calidad del aire, se efectuaron durante el período comprendido entre el 25 de diciembre de 2020 y el 28 de enero de 2021, recolectando muestras día de por medio para un total de dieciocho (18) muestras, debido a la época de lluvia; para los siguientes contaminantes: Partículas Menores a 10 y 2.5 micras (PM10 y PM2.5) y Dióxido de Azufre (SO₂), en el caso de los contaminantes de Monóxido de carbono (CO) y Dióxido de Nitrógeno (NO₂) se recolectaron muestras horarias.

3.5 Ubicación de las estaciones de monitoreo

El presente monitoreo se efectuó en cumplimiento de los requerimientos de la autoridad ambiental, en el área de influencia de la subestación eléctrica occidente, en beneficio de la organización ENEL CONDESA S.A. E.S.P., la cual se encuentra localizada en el municipio de Funza, en el departamento de Cundinamarca.

Para el desarrollo de este estudio en particular, fueron instaladas dos (2) estaciones de monitoreo, las cuales se ubicaron teniendo en cuenta lo establecido en la Resolución 2254 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” y en la Resolución 2154 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, “Por la cual se ajusta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado a través de la Resolución 650 de 2010 y se adoptan otras disposiciones”. Dichas estaciones se localizaron según el sistema Magna Sirgas con origen Central, el sistema de coordenadas geográficas WGS84 y Coordenadas con origen Nacional. (ver **Tabla 2** A partir de dicha información, se ubicaron geográficamente las estaciones en la **Figura 1**.

Tabla 2. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo

Puntos	Cota (m)	Georreferenciación					
		Sistema Magna Sirgas Origen Central		Coordenadas Geográficas WGS84		Coordenadas origen Nacional	
		Este(m)	Norte(m)	Norte (N)	Oeste (W)	Este(m)	Norte(m)
Provienda 1	2550	984971.962	1012462.421	4°42'31.99"	74°12'46.66"	4865524.192	2078443.272
Provienda 2	2551	984856.971	1012271.996	4°42'25.79"	74°12'50.39"	4865408.974	2078253.136

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.





Figura 1. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo

Fuente: Tomado y modificado de Google Earth., 2021.

A continuación, se presentan las fichas técnicas de las estaciones de monitoreo.



Tabla 3. Ficha técnica Provivienda 1

Provivienda 1		Registro fotográfico
Información general		
Sistema Magna Sirgas	1012462.421 N	
Origen Central	984971.962 E	
Coordenadas	2078443.272 N	
Origen Nacional	4865524.192 E	
Identificación de equipos empleados	Marca/modelo de equipos empleados	
PM10:007	TISCH/TE-modelo 6070	
PM2.5:004	TISCH/TE-Wilbur 2.5	
SO ₂ : RAC: 004	Muestreador RAC	
NO ₂ : 003	Sabio-Modelo 6040	
CO:002	Sabio-Modelo 6050	
Parámetros muestreados	PM10, PM2.5, SO ₂ , NO ₂ , y CO.	
Altura de andamios	1.2 metros	
Distancia energía	3 metros	
		Fotografía 1. Provivienda 1
Observaciones		
<p>La estación de monitoreo se ubica en el patio trasero de una vivienda, la cual se encuentra a una distancia aproximada de 800 metros de la vía principal del municipio de Funza. Sobre esta, se evidencio un alto flujo vehicular durante la campaña de monitoreo ejecutada. Asimismo, se identificó vías terciarias, pero, estas contaban con baja afluencia vehicular.</p>		

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.



Tabla 4. Ficha técnica Provienda 2

Provienda 2		Registro fotográfico
Información general		
Sistema Magna Sirgas	1012271.996 N	
Origen Central	984856.971 E	
Coordenadas	2078253.136 N	
Origen Nacional	4865408.974 E	
Identificación de equipos empleados	Marca/modelo de equipos empleados	
PM10:010	TISCH/TE-modelo 6070	
PM2.5:030	TISCH/TE-Wilbur 2.5	
SO ₂ : RAC: 011	Muestreador RAC	
NO ₂ : 004	Sabio-Modelo 6040	
CO:003	Sabio-Modelo 6050	
Parámetros muestreados	PM10, PM2.5, SO ₂ , NO ₂ , y CO.	Fotografía 2. Provienda 2
Altura de andamios	1.2 metros	
Distancia energía	3 metros	
Observaciones		
<p>La estación de monitoreo se ubica en el patio trasero de una vivienda, la cual se encuentra a una distancia aproximada de 800 metros de la vía principal del municipio de Funza. Sobre esta, se evidencio un alto flujo vehicular durante la campaña de monitoreo ejecutada. Asimismo, se identificó vías terciarias, pero, estas contaban con baja afluencia vehicular.</p>		

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

3.6 Identificación de las muestras y contaminantes a evaluar

La **Tabla 5** contiene los números de identificación asignados por el laboratorio de SERAMBIENTE S.A.S., y los contaminantes evaluados. No se relaciona en alcance de la medición a los contaminantes de CO y NO₂ ya que los resultados fueron leídos directamente de los equipos.

Tabla 5. Fecha de monitoreo, identificación y contaminante evaluado

Alcance de la medición		PM10, PM2.5 y SO ₂		
Información de las estaciones de monitoreo				
Fecha	Estación	ID	Estación	ID
25/12/2020	Provienda 1	123534	Provienda 2	123535
27/12/2020		123536		123537
29/12/2020		123538		123539
31/12/2020		123540		123541
2/01/2021		123542		123543
4/01/2021		123544		123545
6/01/2021		123546		123547
8/01/2021		123548		123549
10/01/2021		123550		123551
12/01/2021		123552		123553





Alcance de la medición		PM10, PM2.5 y SO ₂		
Información de las estaciones de monitoreo				
Fecha	Estación	ID	Estación	ID
14/01/2021		123554		123555
16/01/2021		123556		123557
18/01/2021		123558		123559
20/01/2021		123560		123561
22/01/2021		123562		123563
24/01/2021		123564		123565
26/01/2021		123566		123567
28/01/2021		123568		123569

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

A continuación, se hace una breve descripción de los parámetros monitoreados. Se debe tener en cuenta que los efectos a la salud se determinan de acuerdo a variables como concentración del contaminante, tiempo de exposición, fracción inhalada, entre otros. Para cada una de estas existen estudios epidemiológicos, así como de toxicidad que determina la relación entre emisión y enfermedad.

Las normas de calidad del aire se basan en los niveles a los que la población puede estar expuesta a la contaminación: agudo o crónico. El nivel agudo ocurre cuando se presentan altos niveles instantáneos de concentración de contaminante, mientras que el crónico es cuando la contaminación permanece durante un tiempo prolongado. Estos dos tipos de exposición son perjudiciales y por lo tanto deben ser controlados para cada uno de los contaminantes criterios y por esto es que existen normas para tiempos de exposición cortos (horas) o largos (anual)¹.

Tabla 6. Material particulado

Definición	Cualquier material sólido o líquido dividido finamente diferente al agua no combinada, según medición por los métodos federales de referencia (40 CFR 53)
Fuentes:	Pueden ser producidos por la combustión y quema de combustibles en: Motores, hornos, trituradoras, molinos, afiladores, estufas, calcinadores, calderas, incineradores, cintas transportadoras, acabados textiles, mezcladores y tolvas, cubilotes, cabinas de aspersión, digestores, incendios forestales, Sandblasting. Movimiento de tierras, transporte, motores, entre otros.
Efectos:	Efectos en la respiración y el sistema respiratorio, agravamiento de afecciones respiratorias y cardiovasculares ya existentes, daños en el tejido pulmonar, carcinogénesis y mortalidad prematura.

¹ Tyler, N. Et Al. (2013). Marco Teórico de Contaminación atmosférica en Colombia. University College London – Universidad de los Andes. Bogotá



Legislación Resolución 2254 de 2017

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.
Tabla 7. Dióxido de nitrógeno (NO₂)

Definición:	Nombre colectivo de los compuestos de nitrógeno con oxígeno. Principalmente son el monóxido de nitrógeno (NO) y el Dióxido de Nitrógeno (NO ₂). Los NO _x constituyen importantes contaminantes atmosféricos que se generan en todos los procesos de combustión. A mayor temperatura en los procesos de combustión, mayor es la cantidad producida de Óxidos de Nitrógeno.
Fuentes:	Producidos al quemar combustible a temperaturas muy altas a partir del Nitrógeno del aire. También son producidos a partir de Nitrógeno del carbón y los aceites pesados: grandes generadores de energía eléctrica, grandes calderas industriales, motores de combustión interna como el parque automotor, plantas de ácido nítrico, fábricas de vidrio y cementeras, entre otras actividades industriales, quemas e incendios forestales.
Efectos:	El tiempo de exposición determina el alcance a la salud para las personas, un tiempo de exposición corto (1 hora a 24 horas) tendrá un efecto inmediato en el aumento de problemas respiratorios incluyendo inflamación de las vías respiratorias y el aumento de síntomas para las personas que tienen asma.
Legislación:	Resolución 2254 de 2017

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.
Tabla 8. Dióxido de Azufre (SO₂)

Definición:	El Dióxido de Azufre es un gas incoloro y no inflamable, de olor fuerte e irritante. Su vida media en la atmósfera es corta de unos 2 a 4 días, y casi la mitad de las emisiones vuelven a depositarse en la superficie, mientras que el resto se transforma en iones sulfato (SO ₄ ²⁻). Se trata de una sustancia reductora, que con el tiempo y en contacto con el aire y la humedad, se convierte en Trióxido de Azufre. Es soluble en agua, formando una disolución ácida, y aun siendo inestable en estas condiciones, es capaz de formar sales como los sulfitos y bisulfitos.
Fuentes:	En conjunto, más de la mitad de las emisiones de Óxidos de Azufre que llegan a la atmósfera se producen por actividades humanas, sobre todo por la combustión de carbón, petróleo (como la combustión generada por el parque automotor) y por la industria metalúrgica, debido a que el azufre reacciona con el Oxígeno en el proceso de combustión, formando SO ₂ . En los procesos metalúrgicos, se liberan grandes cantidades de este gas debido a que se emplean frecuentemente los metales en forma de sulfuros.
Efectos:	El Dióxido de Azufre es un gas irritante y tóxico. Afecta sobre todo las mucosidades y los pulmones provocando ataques de tos, si bien éste es absorbido por el sistema nasal. La exposición de altas concentraciones durante cortos períodos de tiempo puede irritar el tracto respiratorio, causar bronquitis, reacciones asmáticas, espasmos reflejos, parada respiratoria y congestionar los conductos bronquiales de los asmáticos.
Legislación:	Resolución 2254 de 2017

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.




Tabla 9. Monóxido de Carbono (CO)

Definición:	El Monóxido de Carbono también denominado Óxido de Carbono (II), gas carbonoso y anhídrido carbonoso (los dos últimos cada vez más en desuso) cuya fórmula química es CO, es un gas inodoro, incoloro, inflamable y altamente tóxico que se produce por la combustión de combustibles fósiles.
Fuentes:	Fuentes estacionarias y móviles que queman combustibles (motores de combustión interna, principalmente motores a gasolina). Es producido en cantidades mucho menores en fuentes domésticas, gases volcánicos, gases emanados de los pantanos, minas de carbón, las tormentas eléctricas, la foto disociación del CO ₂ en la atmosfera superior, incendios y animales acuáticos y terrestres, entre otras.
Efectos:	Está asociado a la formación de carboxi-hemoglobina (COHb), una condición en la que la hemoglobina es más afín con el CO que con el Oxígeno. Al estar presente el CO en la sangre, la hemoglobina no puede transportar Oxígeno para las condiciones vitales y por lo tanto creará un déficit de éste en la sangre. En niveles por debajo de 10% de COHb se producen mareos, dolor de cabeza y vómito. Para niveles con más del 40% de COHb, el monóxido empieza a causar coma neurológico y colapso en el sistema nervioso y a más del 60% causa la muerte.
Legislación:	Resolución 2254 de 2017

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

3.7 Determinantes ambientales

3.7.1 Principales fuentes de emisión

En el área de influencia de la subestación eléctrica de occidente ubicada en el municipio de Funza, departamento de Cundinamarca, se encuentran como principales fuentes de emisión la vía que principal del municipio, así como las vías terciarias identificadas. En la vía principal, se evidenció un alto flujo vehicular, por lo que los combustibles empleados por los mismos, contienen cientos de compuestos químicos emitidos en fase gaseosa o fase particulado. Los principales productos gaseosos son Dióxido de Carbono (CO₂), Oxígeno, Nitrógeno y vapor de agua. También están presentes el Monóxido de Carbono (CO), el Dióxido de Azufre, los Óxidos de Nitrógeno (NOx), los Hidrocarburos y sus derivados. El benceno, el tolueno, el benzopireno y otros hidrocarburos policíclicos aromáticos también están presentes en la parte gaseosa. Asimismo, se pueden destacar algunas fuentes de emisión, como las que se describen a continuación:





- **Fuentes de emisiones móviles:** Las fuentes móviles como su nombre lo indica, son todos aquellos instrumentos, equipos u organismos que generan algún tipo de emisión y que trasladan su posición de un lugar a otro; de acuerdo con esto, se entiende que la presencia de tránsito de automotores en las vías principales y aledañas (automóviles y motos) los cuales se convierten en fuente de emisión de material particulado y gases contaminantes a la atmósfera. Esto debido a que el paso de vehículos levanta las partículas que se encuentran en el suelo y esto sumado a las corrientes de aire que hacen que las partículas se dispersen en él. Además, los vehículos emiten gases de combustión que hay que tener en cuenta y que pueden contribuir a la formación de contaminantes como SO_2 y NO_2 en la atmósfera.
- **Fuentes de emisiones lineales:** En el área de estudio las características físicas y climatológicas de la zona, como el material particulado que se acumula en el suelo y es levantado y transportado a la atmósfera; dada la acción del viento sobre el suelo árido y descapotado, así como la operación del taladro. son factores determinantes de contaminación, que generan emisiones constantes de este tipo en toda al área.
- **Fuentes antropogénicas:** Generada por la emisión, acumulación y mezcla de contaminantes en el aire proveniente de fuentes como las actividades desarrolladas por las comunidades aledañas.

En la **Tabla 10** se resumen las principales fuentes de emisión identificadas.

Tabla 10. Principales fuentes de emisión en el área de influencia

Principales fuentes de emisión de partículas y gases en la zona			
Tipo de fuentes	Tipo	Actividad	Principales contaminantes
Fuentes móviles	Antrópico	En la zona se identificó tráfico de vehículos livianos y pesados; estos vehículos tanto propios como aledaños.	Gases generados por la quema de combustibles fósiles (gasolina y/o diésel). Partículas arrastradas por los vehículos (PM10).
Fuentes naturales	Natural	Levantamiento de partículas por acción del viento. Erosión eólica por suelos perturbados.	Material particulado desprendido por la acción del viento.





Principales fuentes de emisión de partículas y gases en la zona			
Tipo de fuentes	Tipo	Actividad	Principales contaminantes
Fuentes lineales	Antrópico	Vías principales y aledaños cercanas a las estaciones de monitoreo	Gases como (NO ₂ , SO ₂ , y CO), generados en los procesos de combustión de motores y levantamiento de material particulado por el paso de vehículos y acción del viento.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

3.7.2 Métodos de muestreo y análisis

Los muestreos se realizaron de acuerdo con los criterios de la Resolución 2254 de noviembre de 2017, y los procedimientos internos para el monitoreo de Calidad de Aire de Serambiente S.A.S.

- PO-PSM-01 – Planeación y ejecución del servicio.
- PO-PSM-08 – Procedimiento de calidad de aire.
- FO-PO-PSM-72-06 – Plan de monitoreo.
- PO – PSM – 66 Procedimiento para la elaboración de informes técnicos de calidad de aire.

A continuación, en la **Tabla 11** se presentan los métodos de muestreo y análisis para las estaciones manuales y en la **Tabla 12** se presentan para los contaminantes que son reportados en línea por los equipos.

Tabla 11. Resumen métodos de muestreo y análisis para parámetros de calidad del aire

Parámetro	Muestreo	Método de análisis	Referencia
Partículas menores a 10 micras (PM10)	Hi-Vol	Gravimétrico	U.S. EPA, CFR, título 40, parte 50, capítulo I, subcapítulo C, apéndice J: alto volumen. RFPS-0202-141. Seriales: 1739, 1740, 2051, 2867, 2868.
Partículas menores a 2.5 micras (PM2.5)	Low-Vol	Gravimétrico	U.S. EPA CFR título 40, parte 50 apéndice L: PM2.5. Bajo volumen. EQPS-0509-178.
Dióxido de Azufre (SO ₂)	Tres Gases	Espectrofotométrico	U.S EPA CFR título 40, Parte 50, apéndice A-2: Pararosanilina.

Fuente: US EPA 40 CFR Parte 50.





Tabla 12. Resumen métodos de muestreo y análisis para parámetros de calidad del aire – Equipos automáticos.

Parámetro	Muestreo	Método de análisis	Referencia
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	Sabio-Modelo 6040	Quimioluminiscencia en fase gaseosa.	EPA e-CFR título 40, capítulo I, subcapítulo C, parte 50, apéndice F Método de referencia automatizado: RFNA-1289-074.
Monóxido de Carbono (CO)	Sabio-Modelo 6050	Fotometría Infrarroja no invasiva	U.S. EPA CFR título 40, parte 50, apéndice C: RFCA-0506-158.

Fuente: US EPA 40 CFR Parte 50.



4. NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE

Las normas de calidad del aire para todo el territorio nacional se encuentran establecidas en la Resolución 2254 de noviembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). En los artículos 2 y 4 de dicha Resolución, se establecen los niveles máximos permisibles para contaminantes criterios y contaminantes tóxicos en el aire respectivamente, a condiciones de referencia (25°C y 760 mmHg).

Tabla 13. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio

Contaminante	Nivel máximo permisible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo de exposición
PM ₁₀	50	Anual
	100	24 horas
SO ₂	50	24 horas
	100	1 hora
NO ₂	60	Anual
	200	1 hora
CO	5000	8 horas
	35000	1 hora

Fuente: Resolución 2254 del MADS, 2017., MADS.

Parágrafo 1. A partir del 1 de julio de 2018, los niveles máximos permisibles de PM₁₀ y PM_{2,5} para un tiempo de exposición de 24 horas serán de 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.



5. METODOLOGÍAS DE MUESTREO

5.1 Partículas Respirables (PM10)

5.1.1 Aplicabilidad

Este método se hace para medir la concentración de Partículas Respirables (PM10), en el aire ambiente sobre un periodo de 24 horas. Este proceso de medición no es destructivo y la muestra de partículas puede ser sometida a subsecuentes análisis físicos y químicos.

5.1.2 Principio

Este método está basado en la medición de la cantidad de partículas PM10 presentes en el aire ambiente, que pasan a través de un filtro durante un período de muestreo de 24 horas continuas. El volumen total de aire muestreado es determinado de la proporción de flujo volumétrico conocido y el tiempo expuesto.

El filtro es pesado antes y después de la toma de las muestras, para determinar la ganancia neta de peso. La concentración de PM10 en el aire se mide como la masa total de las partículas acumuladas en el filtro, clasificado según el rango de tamaño, dividido por el volumen de aire de muestra. Esta concentración se expresa como microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

5.1.3 Rango

El límite inferior de la concentración de masa es determinado por la repetición de los pesajes de masa filtrada, asumiendo el valor nominal del volumen de la muestra. Para los muestreadores con cambio de filtro automático, no existirá límite superior, para los muestreadores de cambio de filtro manual, el límite superior se determina con la masa cargada bajo la cual el muestreador no puede mantener los límites de flujo con el fin de incrementar la gota de presión a lo largo del filtro. El límite superior no se especifica de manera precisa porque es una función compleja del tamaño de la partícula, la distribución ambiental y el tipo, humedad y clase de filtro además de algunos factores. A menos de que todos los muestreadores sean capaces de muestrear las 24 horas las





concentraciones de masa PM10 de al menos $300\mu\text{g}/\text{m}^3$ mientras se mantiene la tasa de flujo de operación dentro de los límites especificados.

5.1.4 Fuentes potenciales de error

- Partículas volátiles: Las partículas volátiles colectadas en los filtros, se pierden durante las operaciones de manipulación y almacenamiento de los filtros previos al pesaje del pos muestreo. A pesar de que los filtros son hechos para evitar este tipo de pérdidas, estos deben ser inspeccionados siempre para minimizar las mismas.
- Errores artificiales: Errores positivos en las mediciones de concentración de PM10 resulta de la retención de especies gaseosas en los filtros. Estos errores incluyen la retención de Dióxido de azufre en los filtros y ácido nítrico. El dióxido de azufre se da por la oxidación de los sulfatos, y se refiere a un fenómeno de formación de un sulfato artificial que incrementa a medida que aumenta la alcalinidad del filtro. La formación de pequeños sulfatos no artificiales se da usando filtros que cumplen con la especificación de alcalinidad, la formación de nitrato artificial resulta de la retención del ácido nítrico que ocurre en variados grados y diversos tipos de filtros, incluyendo los de fibra de vidrio, éster de celulosa, y muchos filtros de fibras de cuarzo. El muestreo de partículas de nitrato atmosférico ocurre mediante disociación química. Este fenómeno ha sido observado en filtros de teflón y se cree que ocurre en filtro de fibra de cuarzo. La magnitud de los errores causados por nitratos artificiales en las mediciones de concentración de masa SO_2 varía dependiendo de la localización y temperatura ambiente del muestreo, se espera que estos errores sean muy pequeños.
- Humedad: los efectos de la humedad del ambiente son inevitables. Los procedimientos de calibración de filtros están diseñados para minimizar estos efectos en el medio filtrante.
- Variación en la tasa de flujo: las variaciones de la tasa de flujo en el muestreador, pueden alterar las características de discriminación de tamaño de las partículas a la entrada del mismo. La magnitud de este error depende de la sensibilidad de la entrada a las variaciones en la tasa de flujo y la distribución atmosférica de las partículas de diferente tamaño durante el tiempo de muestreo. El uso de un controlador de flujo se usa para minimizar este error.



- Determinación del volumen de aire: los errores de determinación en el volumen de aire pueden ocurrir por errores en la tasa de flujo o en la medición del tiempo de muestreo. Los controladores de flujo sirven para minimizar los errores de determinación de la tasa de flujo y un temporizador minimiza los errores de tiempo de muestreo.

5.1.5 Aparatos

5.1.5.1 Filtro

Para la realización de los monitoreos de partículas menores de 10 micras (PM10) se utilizaron Filtros especiales de Micro Fibra de Cuarzo.

5.1.5.2 Muestreador



Figura 2. Muestreador PM10
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

El medidor de PM10, está compuesto por un cabezal de aluminio, un cuerpo central, un motor succionador, el cual es capaz de operar en forma continua en períodos de 24 horas, un portafiltro y un medidor de flujo, se verifica su funcionamiento según método de referencia y manual del fabricante, a través del Verificador Varity Flow (ver Anexo 1).

5.1.6 Procedimiento de muestreo

Un muestreador de alto volumen con cabezal PM10 obtiene un volumen conocido de aire a una proporción de flujo constante a través de una entrada tamaño-selectiva y un filtro en exposición.





Las partículas son recolectadas en el filtro durante el período especificado por el programa de monitoreo, generalmente de 24 horas. Cada filtro es pesado antes y después del muestreo para determinar el peso neto obtenido de la muestra de PM10 recolectada. El método de referencia para el monitoreo de PM10 se da en el 40 CFR Part 50, Apéndice J.

El volumen total de aire muestreado es determinado de la proporción de flujo volumétrico conocido y el tiempo expuesto. La concentración de PM10 en el aire se mide como la masa total de las partículas acumuladas en el filtro, clasificado según el rango de tamaño, dividido por el volumen de aire de muestra. Esta concentración se expresa como microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

5.1.7 Cálculos

Los gastos reales, se calculan con base en las calibraciones que incluyen el correspondiente factor de corrección. El volumen de gases se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$V = \frac{(Q_i + Q_f) \times t}{2 \times 35,315}$$

Dónde:

- Q_i : Caudal inicial, c.f.m.
- Q_f : Caudal final, c.f.m.
- V : Volumen de aire muestreado en m^3 , y
- T : Tiempo de muestreo, en minutos.
- 35.31: Factor de conversión de pies a metros cúbicos.

La concentración de partículas en suspensión se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$C = \frac{(P_f - P_i) \times 10^6}{V}$$

Dónde:

- C : Concentración de partículas, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- P_f : Peso final del filtro, en gramos





- P: Peso inicial del filtro, en gramos
- V: Volumen de aire muestreado, en m³

5.2 Partículas Menores a 2.5 micras (PM2.5)

5.2.1 Aplicabilidad

Este método se aplica para la medición de la concentración en masa de las partículas finas con un diámetro aerodinámico menor o igual a un valor nominal de 2.5 micrómetros (PM2.5) presente en el aire ambiente, durante un período de tiempo estipulado, generalmente de 24 horas; con el fin de determinar el cumplimiento de los límites normativos. El proceso de medición se considera que no es destructivo, y la muestra de PM2.5 obtenida se puede someter a análisis físicos o químicos posteriores.

5.2.2 Principio

una velocidad de flujo volumétrico constante en una entrada de forma especial y a través de un separador de tamaño de partícula inercial (impactador), donde la materia en partículas en suspensión de tamaño menores a 2.5 micras se separa para la recogida en un filtro de politetrafluoroetileno (PTFE) durante el período de muestreo especificado.

Cada filtro se pesa (después del acondicionamiento a condiciones específicas de humedad y de temperatura) antes y después de la recogida de muestras para determinar la ganancia neta debido al material PM2.5 recogido. El volumen total de aire muestreado se determina por la toma de muestras a partir del caudal medido a la temperatura ambiente real y la presión y el tiempo de muestreo. La concentración en masa de PM2.5 en el aire ambiente se calcula como la masa total de partículas recogidas en el rango de tamaño PM2.5 dividido por el volumen real de aire muestreado, y se expresa en microgramos por metro cúbico de aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

5.2.3 Rango

Límite de concentración inferior. El límite de detección inferior del rango de medición de la concentración de masa se estima en aproximadamente $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con base en los cambios de masa indicados en blancos de campo en relación con un volumen total nominal de 24m^3 de aire para un muestreo de 24 horas.





Límite de concentración superior. El límite superior del rango de concentración de masa se determina por la carga de masa del filtro más allá del cual el muestreador ya no puede mantener la velocidad de flujo operativo dentro de límites especificados debido a la mayor caída de presión a través del filtro cargado. Este límite superior no se puede especificar precisamente porque es una función compleja de la distribución de partículas ambiente, tamaño y el tipo, la humedad, el filtro individual utilizado, la capacidad del sistema de control de la tasa de flujo del muestreador, y quizás de otros factores; Sin embargo, se estima que puede ser capaz de medir concentraciones de masa de PM_{2.5} en un periodo de 24 horas de al menos 200 µg/m³, mientras que se mantiene la tasa de flujo de operación dentro de los límites especificados.

Período de muestra. El período de muestreo requerido para mediciones de concentración de PM_{2.5} por este método será de 1380 a 1500 minutos (23 a 25 horas).

5.2.4 Fuentes potenciales de error

- **Partículas volátiles:** Las partículas volátiles colectadas en los filtros, se pierden durante las operaciones de manipulación y almacenamiento de los filtros previos al pesaje del postmuestreo. A pesar de que los filtros son hechos para evitar este tipo de pérdidas, estos deben ser inspeccionados siempre para minimizar las mismas.
- **Errores artificiales:** Errores positivos en las mediciones de concentración de PM_{2.5} resulta de la retención de especies gaseosas en los filtros. Estos errores incluyen la retención de Dióxido de azufre en los filtros y ácido nítrico. El dióxido de azufre se da por la oxidación de los sulfatos, y se refiere a un fenómeno de formación de un sulfato artificial que incrementa a medida que aumenta la alcalinidad del filtro. La formación de pequeños sulfatos no artificiales se da usando filtros que cumplen con las especificaciones de alcalinidad, la formación de nitrato artificial resulta de la retención del ácido nítrico que ocurre en variados grados y diversos tipos de filtros, incluyendo los de fibra de vidrio, éster de celulosa, y muchos filtros de fibras de cuarzo. El muestreo de partículas de nitrato atmosférico ocurre mediante disociación química. Este fenómeno ha sido observado en filtros de teflón y se cree que ocurre en filtro de fibra de cuarzo. La magnitud de los errores causados por nitratos





artificiales en las mediciones varía dependiendo de la localización y temperatura ambiente del muestreo, se espera que estos errores sean muy pequeños.

- **Humedad:** los efectos de la humedad del ambiente son inevitables. Los procedimientos de calibración de filtros están diseñados para minimizar estos efectos en el medio filtrante.

5.2.5 Equipos

5.2.5.1 Filtro

Para la realización de los monitoreos de partículas menores de 2.5 micras (PM2.5) se utilizaron Filtros especiales de politetrafluoroetileno (PTFE).

5.2.5.2 Muestreador



Figura 3. Muestreador PM10
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

El medidor de PM2.5, está compuesto por un cabezal de aluminio, un cuerpo central, un motor succionador, el cual es capaz de operar en forma continua en períodos de 24 horas, un portafiltro y un medidor de flujo.

5.2.5.3 Procedimiento de muestreo

Un muestreador de Low-Vol PM2.5 obtiene un volumen conocido de aire a una proporción de flujo constante a través de una entrada tamaño-selectiva y un filtro en exposición. Las partículas son



recolectadas en el filtro durante el período especificado por el programa de monitoreo, generalmente de 24 horas. Cada filtro es pesado antes y después del muestreo para determinar el peso neto obtenido de la muestra de PM_{2.5} Recolectada. El método de referencia para el monitoreo de PM_{2.5} se da en el U.S. EPACFR título 40, parte 50, apéndice L: Bajo volumen. El volumen total de aire muestreado es determinado de la proporción de flujo volumétrico conocido, el tiempo expuesto temperatura ambiente real y la presión. La concentración de PM_{2.5} en el aire se mide como la masa total de las partículas acumuladas en el filtro, clasificado según el rango de tamaño, dividido por el volumen de aire de muestra. Esta concentración se expresa como microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

5.2.5.4 Cálculos

La concentración de partículas en suspensión se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$C = \frac{(P_f - P_i) \times 10^6}{V}$$

Dónde:

- C: Concentración de partículas, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- P_f: Peso final del filtro, en gramos
- P_i: Peso inicial del filtro, en gramos
- V: Volumen de aire muestreado, en m^3

5.3 Dióxido de Azufre (SO₂)

5.3.1 Aplicabilidad

Este método se hace para medir la concentración de SO₂ en el aire ambiente sobre un periodo de 24 horas, a fin de determinar el cumplimiento de las normas de calidad del aire. Este proceso de medición no es destructivo y la muestra puede ser sometida a subsecuentes análisis físicos y químicos.

5.3.2 Principio

Este método está basado en la medición de la cantidad de SO₂ presente en el aire ambiente, que pasa a través de un burbujeador con solución tetracloromercurato de potasio (TCM) durante un





período de muestreo de 24 horas continuas. El volumen total de aire muestreado es determinado de la proporción de flujo volumétrico conocido y el tiempo expuesto.

La muestra recogida es llevada a un laboratorio en donde se determina la concentración del contaminante monitoreado.

La concentración de SO₂ en el aire se mide como la masa total de SO₂ absorbido en el burbujeador, dividido por el volumen de aire de muestra. Esta concentración se expresa como microgramos por metro cúbico (µg/m³).

5.3.3 Fuentes potenciales de error.

- Errores artificiales: La magnitud de los errores causados por nitratos artificiales en las mediciones de concentración de masa SO₂ varían dependiendo de la localización y temperatura ambiente del muestreo, se espera que estos errores sean muy pequeños.
- Humedad: los efectos de la humedad del ambiente son inevitables; sin embargo, con los controles de temperaturas de toma de muestras y el empleo de trampas de humedad se garantiza que de presentarse estos errores no sean representativos.
- Manipulación de los burbujeadores: la manipulación cuidadosa de los burbujeadores entre la fase previa al muestreo y la fase postmuestreo es necesaria para evitar errores debido al daño de los burbujeadores o a la pérdida de solución absorbente.
- Variación en la tasa de flujo: las variaciones de la tasa de flujo en el muestreador, pueden alterar las características estacionarias de flujo. La magnitud de este error depende de la sensibilidad de la entrada a las variaciones en la tasa de flujo y la distribución atmosférica de las partículas de diferente tamaño durante el tiempo de muestreo. El uso de un controlador de flujo se usa para minimizar este error.
- Determinación del volumen de aire: el error de determinación en el volumen de aire puede ocurrir por errores en la tasa de flujo o en la medición del tiempo de muestreo. Los controladores de flujo sirven para minimizar los errores de determinación de la tasa de flujo



y un temporizador minimiza los errores de tiempo de muestreo.

5.3.4 Equipo

5.3.4.1 Burbujeador

Para la realización de los monitoreos de SO₂ se utilizaron burbujeadores con solución especial absorbente de SO₂.

5.3.4.2 Muestreador



Figura 4. Muestreador RAC
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

Este equipo consta de una caja metálica con tapa móvil y dos compartimentos. El primer compartimento tiene una bomba de vacío cuyas características cumplen las especificaciones recomendadas por el Código Federal de Regulaciones de la EPA3 (motor de 1700 rpm, 0,5 HP, presión máxima de 20 psi, 110-115 voltios y 23 pulgadas de mercurio de capacidad de vacío a nivel del mar). En el segundo compartimento se encuentra el tren de muestreo, que va conectado a la bomba de vacío y consta de un tubo distribuidor conectado en serie a tres colectores de vidrio de boro silicato (burbujeadores) que contienen la solución absorbente para SO₂, y uno vacío, que hace las veces de trampa colectora de humedad (burbujeador trampa).



5.3.5 Procedimiento de muestreo

Este método se usa generalmente para muestreos de 24 horas. Para llenar las necesidades específicas se pueden seleccionar diferentes combinaciones de velocidad y tiempo de muestreo. Los volúmenes de la muestra se deben ajustar, de tal manera que la relación entre la absorbancia y la concentración, permanezca lineal. Todos los dispositivos de medición de flujo de aire y de control se deben calibrar contra un sistema de medición de flujo. Correcciones del volumen de aire a condiciones estándar (760 mmHg. y 25°C) pueden ser necesarias si se encuentran temperaturas y presiones extremas. Si la muestra se almacena más de un día antes del análisis, esta debe ser conservada en un refrigerador a 5°C o menos, para lo que se cuenta con una nevera en la que se almacenan las muestras refrigeradas hasta su envío y posterior análisis en el laboratorio de SERAMBIENTE S.A.S. ubicado en la ciudad de Barranquilla.

Muestreo para 24 Horas. Colocar 50 mL. de TCM en un absolvedor grande y recolectar la muestra a flujos entre 0.18 y 0.22 L/min. Proteger de la luz del sol directa durante la recolección y almacenamiento. Determinar el volumen total de aire multiplicando la velocidad de flujo de aire por el tiempo en minutos, registrar esto y también la presión y temperatura atmosférica.

5.3.6 Cálculos

Convertir el volumen de aire muestreado al volumen a condiciones de referencia de 25°C y 760 mm Hg. La concentración de Dióxido de Azufre se calcula según la siguiente ecuación:

$$\frac{\mu gSOx}{m^3} = \frac{(A - A_0) * Bx}{V} * \frac{Vb}{Va}$$

Dónde:

- A: Absorbancia corregida de la solución de muestra.
- A₀: Absorbancia del blanco.
- Bx: Factor de calibración.
- V: Volumen total de aire muestreado en m³.
- V_b: Volumen total de solución en el impactador.
- V_a: Volumen de solución absorbente analizada.



5.4 Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

5.4.1 Aplicabilidad

Este método se hace para medir la concentración de NO₂ en el aire ambiente sobre un periodo horario (cada hora), a fin de determinar el cumplimiento de las normas de calidad del aire.

5.4.2 Equipo automático



Figura 5. Muestreador NO₂ automático

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S. 2021.

El analizador de NO₂ (Sabio-Modelo 6040), implementa el método de quimioluminiscencia a presión reducida (CLD) con modulación de flujo cruzado, la muestra se toma mediante equipos Sabio automáticos durante 24 horas. Este equipo utiliza una combinación de modulación de flujo cruzado dual, quimioluminiscencia y el método de cálculo referencial, generando así la capacidad de poder realizar mediciones continuas de NO, NO₂ y NO_x.

5.5 Monóxido de Carbono (CO)

5.5.1 Aplicabilidad

Este método se utiliza para medir la concentración de CO en el aire ambiente en forma periódica, a fin de determinar las cantidades del contaminante encontrados en el área de influencia.

5.5.2 Principio

La incidencia de radiación infrarroja (IR) atraviesa una rueda rotatoria filtrante de gas (una mitad contiene CO y la otra mitad contiene Nitrógeno) antes de ingresar a la celda de muestra. Cuando la





radiación infrarroja pasa a través de la mitad de la rueda que contiene CO, todas las longitudes de onda absorbidas por el CO son completamente removidas de la radiación, creando un rayo de "referencia" el cual no resulta afectado por el CO en la muestra que se mide. Cuando la energía IR atraviesa la mitad de la rueda que contiene Nitrógeno, las longitudes de onda específicas de CO no son removidas de la radiación, y un rayo de "medición" será atenuado por CO en la muestra. La rotación de la rueda de filtro de gas crea un haz que alterna entre fases de "referencia" y "medición". La energía infrarroja que atraviesa el filtro y la celda de muestra es detectada por un sensor de estado líquido y es convertida a un valor de concentración. Los analizadores infrarrojos CFG son, en general, menos sensibles a los gases interferentes, las fluctuaciones de potencia de la fuente IR, la vibración y la acumulación de polvo en el medio óptico.

5.5.3 Fuentes potenciales de error.

- Inadecuada manipulación de los equipos: la inadecuada manipulación de los equipos electroquímicos puede inducir a errores en la medición directa de gases; por lo que se realizan verificaciones mensuales con gases patrón.
- Gases patrón de Monóxido de Carbono degradados o contaminados por otras sustancias; actualmente se cuenta con gases patrón, lo que reduce al mínimo la ocurrencia de este error.

5.5.4 Equipo

Se trata de dispositivos basados en electroscopía. Los componentes principales de un sensor NDIR son una fuente de infrarrojo, una cámara para la muestra, un filtro de longitud de onda y un detector de infrarrojo. La concentración de CO en la muestra es determinada mediante la medición de cuánta radiación infrarroja es absorbida por el gas de muestra al pasar a través de un carretel de correlación multicelda, el cual está lleno de un lado con la celda de referencia de CO (rayo de referencia) y en el otro lado con una celda vacía (el rayo de medida). Como el carretel gira en forma circular, el haz de luz pasa alternadamente a través de la celda con CO y la celda vacía para luego pasar por un filtro de interferencia óptico antes de llegar al detector óptico. Si la muestra contiene CO, el rayo de referencia no se verá atenuado porque ya fue atenuado por el CO de la celda de referencia. De cualquier manera, el rayo de medida si estará atenuado por el CO de la muestra.





Figura 6. Muestreador CO automático

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S. 2021.

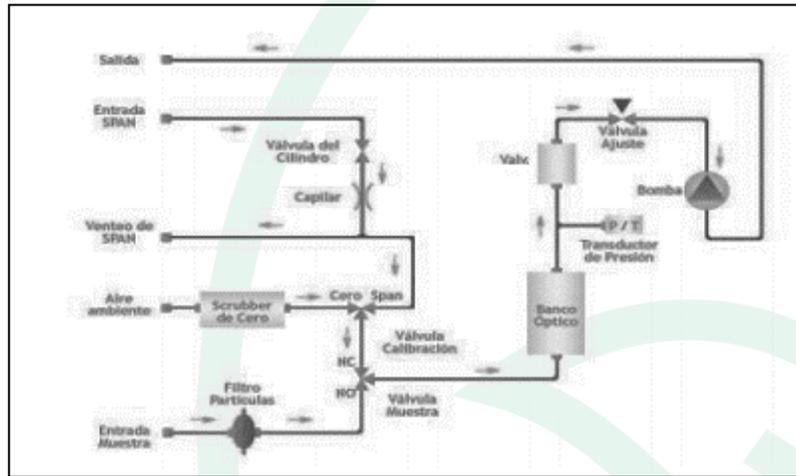


Figura 7. Esquema de Determinador de CO

Fuente: Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la Calidad del Aire MAVDT 2010.





6. DATOS Y RESULTADOS CALIDAD DEL AIRE

En las siguientes secciones se presentan las concentraciones reportadas a condiciones de referencia de presión y temperatura establecidas por la Resolución 2254 de 2017 del MADS (25°C y 760 mm Hg), obtenidas para Partículas Menores a 10 y 2.5 micras (PM10 y PM2.5), Dióxido de Azufre (SO₂), Dióxido de Nitrógeno (NO₂) y Monóxido de Carbono (CO) encontrados en el área de influencia de la subestación eléctrica occidente, en el municipio de Funza, departamento de Cundinamarca.

6.1 Partículas Menores a 10 micras (PM10)

Los resultados de las dos (2) estaciones se resumen en la **Tabla 14**, encontrándose el 100% de las muestras por debajo del límite normativo, la totalidad de los datos obtenidos.

Tabla 14. Resultados diarios – Partículas Menores a 10 micras (PM10)

Fecha	Provivienda 1. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Provivienda 2. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
25/12/2020	37.36	55.69
27/12/2020	45.03	43.33
29/12/2020	40.90	54.92
31/12/2020	39.39	36.48
2/01/2021	38.66	39.95
4/01/2021	48.89	37.71
6/01/2021	47.53	53.18
8/01/2021	50.12	40.49
10/01/2021	45.55	53.51
12/01/2021	43.07	53.39
14/01/2021	48.09	46.17
16/01/2021	51.30	53.59
18/01/2021	50.86	55.04
20/01/2021	42.51	42.20
22/01/2021	43.69	46.41
24/01/2021	50.68	44.22
26/01/2021	45.39	44.18
28/01/2021	48.65	56.64
máxima	51.30	56.64
Mínimo	37.36	36.48
Promedio	45.43	47.62
Rango	13.94	20.15

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021





En la **Tabla 14**, se presentan los resultados del cálculo del nivel de inmisión máximo diario, mínimo diario y promedio, en donde se puede evidenciar que los resultados máximos diarios y promedios en las dos (2) estaciones de monitoreo se encuentran cumpliendo en un 100.00% con el límite máximo permisible para tiempos de exposición diario (24 horas) y anual respectivamente, establecidos en la Resolución 2254 de 2017. Por otro lado, en la **Tabla 15** se evidencia la comparación realizada del máximo diario y del promedio de cada una de las estaciones de monitoreo, con el límite máximo permisible de concentraciones máximas en 24 horas ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y en la **Tabla 16** la realizada con el límite máximo permisible para tiempos de exposición anuales ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Cabe resaltar que esta última comparación se realiza de forma indicativa, puesto que la campaña de monitoreo corresponde únicamente a treinta y seis (36) días.

Tabla 15. Comparación resultados máximos con norma diaria PM10-Resolución 2254 de 2017

Identificación de las estaciones de monitoreo	Resultado máximo. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Norma 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cumplimiento resultado máximo
Provienda 1	51.30	75	Cumple
Provienda 2	56.64	75	Cumple

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

Tabla 16. Comparación resultados promedios con norma anual PM10-Resolución 2254 de 2017.

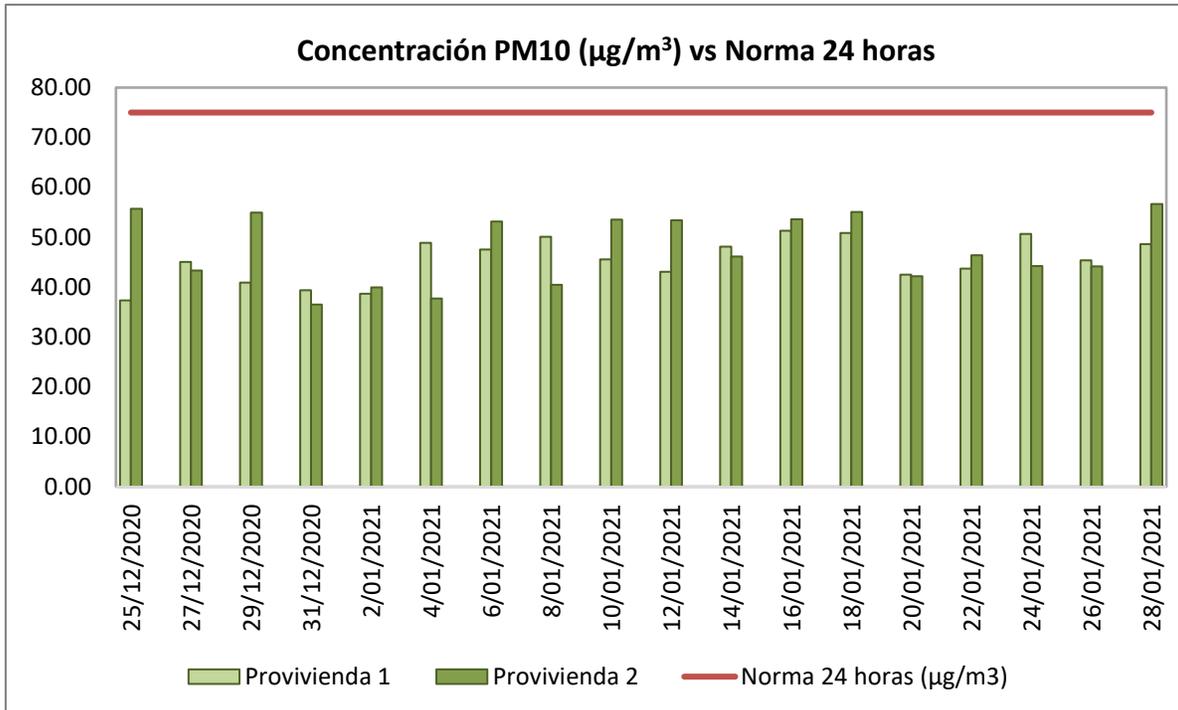
Identificación de las estaciones de monitoreo	Resultado Promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Norma anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cumplimiento resultado promedio
Provienda 1	45.43	50	Cumple
Provienda 2	47.62	50	Cumple

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

En la **Gráfica 1** se presentan los datos individuales por día, obtenidos en cada una de las dos (2) estaciones de monitoreo para PM10, donde se presenta un comportamiento estable en los días muestreados. Es preciso señalar que, la variabilidad de los factores meteorológicos puede ser favorables o no para ciertos contaminantes, en donde se confirma que la ausencia y/o presencia de lluvias durante un periodo determinado influye directamente en los resultados de material particulado.

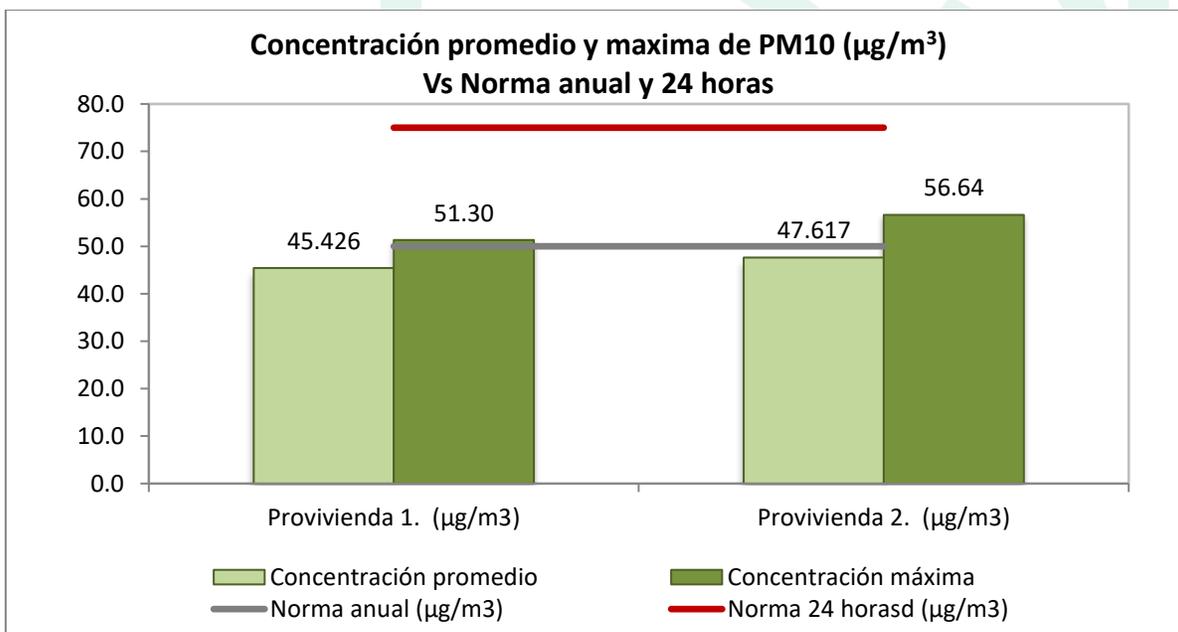
Por otro lado, en la **Gráfica 2** se puede visualizar la comparación de los resultados máximos y promedios con los límites diarios y anuales. Cabe mencionar que la comparación con la norma anual, aplica únicamente para los promedios obtenidos y, es netamente indicativo.





Gráfica 1. Datos diarios de calidad del aire para PM10-Resolución 2254 de 2017.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

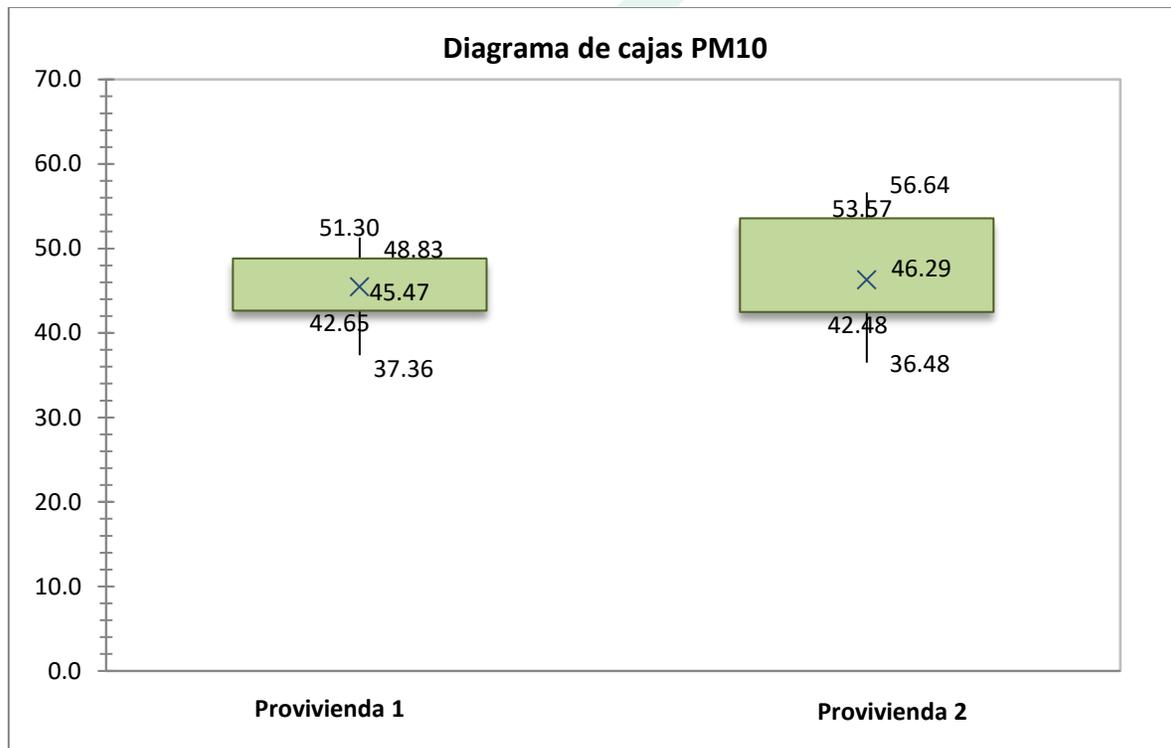


Gráfica 2. Concentración promedio y máxima de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y su comparación con la norma anual y la norma de 24 horas

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.



En la **Gráfica 3** se muestran las tendencias centrales de los datos de PM10 para las estaciones seleccionadas y su variabilidad con respecto al centro de cada grupo de datos (medianas). Donde es posible observar los percentiles 25, 75, valores máximos, y mínimos obtenidos en cada punto de monitoreo.



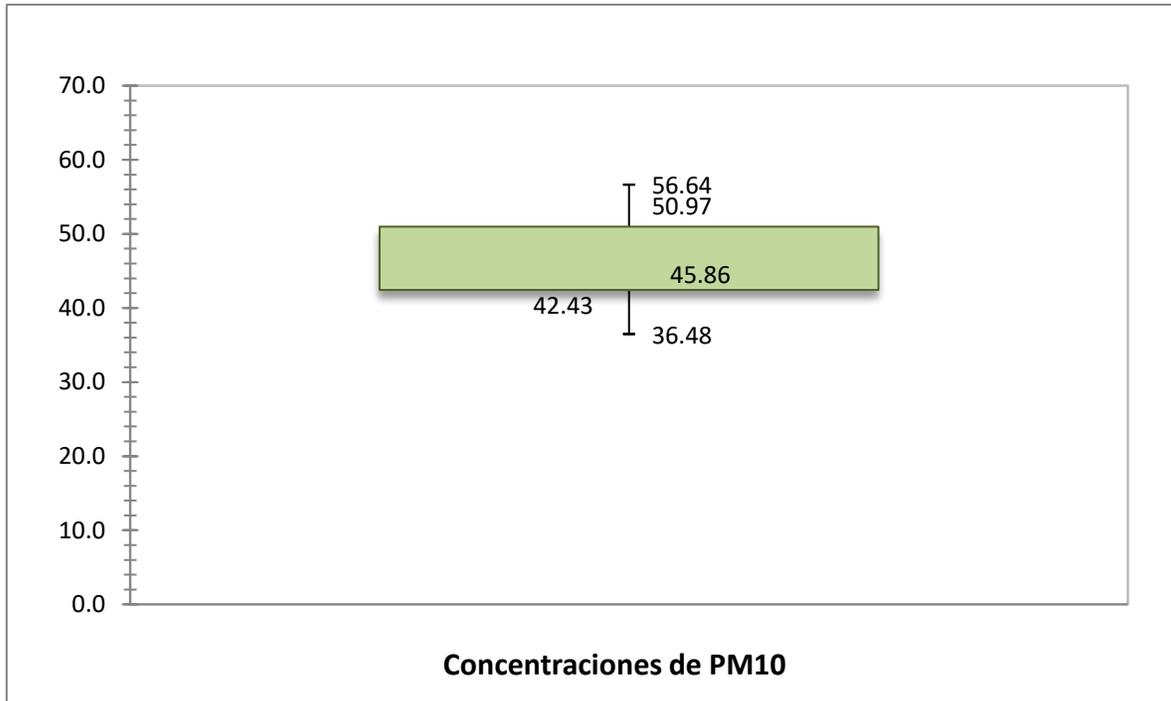
Gráfica 3. Diagrama de cajas para PM10

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

Realizando un análisis estadístico, el promedio global de PM10 obtenido en la jornada de monitoreo de las dos (2) estaciones fue de $46.52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con valor máximo de $56.64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ reportado el día 28/01/2021, en la estación Provienda 2, y, un mínimo de $36.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ reportado el día 31/12/2020 en esta misma estación. Adicionalmente, ambas muestran un rango de $20.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos resultados se resumen en la **Tabla 17**.

Por otro lado, en la **Gráfica 4** se muestra la distribución de los datos obtenidos de PM10 en el periodo de monitoreo para las dos (2) estaciones, donde se observa de manera global la dispersión de estos con respecto a la mediana, los percentiles 25, 75 y los valores máximos y mínimos.




Gráfica 4. Diagrama de cajas para PM10

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

Tabla 17. Tratamiento estadístico para los datos de PM10 para las dos (2) estaciones

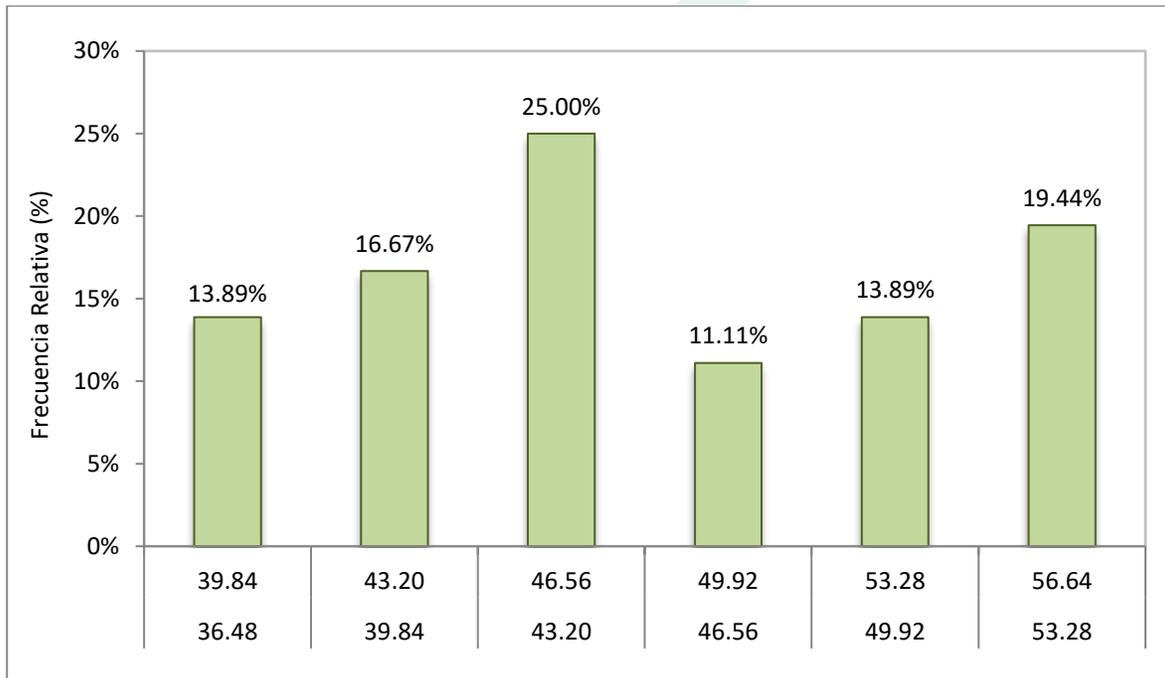
N°	PM10 µg/m ³	N°	PM10 µg/m ³	Intervalo	Punto medio	Frecuencia de clase	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada		
1	36.48	19	46.17	1	36.48	39.84	38.16	5.00	5.00	13.89%	0.14
2	37.36	20	46.41	2	39.84	43.20	41.52	6.00	11.00	16.67%	0.31
3	37.71	21	47.53	3	43.20	46.56	44.88	9.00	20.00	25.00%	0.56
4	38.66	22	48.09	4	46.56	49.92	48.24	4.00	24.00	11.11%	0.67
5	39.39	23	48.65	5	49.92	53.28	51.60	5.00	29.00	13.89%	0.81
6	39.95	24	48.89	6	53.28	56.64	54.96	7.00	36.00	19.44%	1.00
7	40.49	25	50.12					36.00	100%		
8	40.90	26	50.68								
9	42.20	27	50.86								
10	42.51	28	51.30								
11	43.07	29	53.18								
12	43.33	30	53.39								
13	43.69	31	53.51								
14	44.18	32	53.59								
15	44.22	33	54.92								
16	45.03	34	55.04								
17	45.39	35	55.69								
18	45.55	36	56.64								

Mediana:	45.86
Primer Cuartil	42.43
Minimo	36.48
Maxima	56.64
Tercer Cuartil	50.97
Media	46.52
Rango	20.15
Varianza	33.48
Total Datos	36
Intervalos	6.00
Span	3.36

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.



En la **Gráfica 5** se presenta el histograma de datos para dos (2) estaciones de monitoreo. Según el análisis se establece que el 100.00% de las muestras recolectadas se encuentra por debajo del límite normativo para tiempos de exposición diario.



Gráfica 5. Histograma de datos de calidad del aire para PM10

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

De lo anterior se concluye que la mayor proporción de datos tomados a partir de las muestras recuperadas y analizadas de las dos (2) estaciones se encuentran distribuidos en el rango de 43.20 a 46.56 µg/m³, lo que representa el 25.00%.

6.2 Partículas menores a 2.5 micras (PM2.5)

Los resultados de las dos (2) estaciones y la comparación con la norma 24 horas se resumen en la **Tabla 18** y en la **Tabla 19**.

Tabla 18. Resultados PM2.5

Fecha	Provienda 1 (µg/m ³)	Provienda 2 (µg/m ³)
25/12/2020	36.40	20.90
27/12/2020	19.17	18.91
29/12/2020	18.37	22.44





Fecha	Provienda 1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Provienda 2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
31/12/2020	32.92	35.39
2/01/2021	35.74	35.49
4/01/2021	33.81	36.43
6/01/2021	33.97	35.16
8/01/2021	35.97	35.59
10/01/2021	34.60	25.98
12/01/2021	23.99	30.30
14/01/2021	33.28	34.87
16/01/2021	34.88	33.19
18/01/2021	24.89	36.73
20/01/2021	11.39	27.38
22/01/2021	26.00	21.45
24/01/2021	35.89	22.93
26/01/2021	19.18	17.07
28/01/2021	31.91	19.64
Máximo	36.40	36.73
Mínimo	11.39	17.07
Promedio	29.02	28.33
Rango	25.01	19.66

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S. 2021.

De los datos analizados, se evidencia que el 100% de las concentraciones se encuentran por debajo de la norma (límite máximo establecido de $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para un periodo de 24 horas según lo establece la Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, MADS). En la **Tabla 19** se evidencia la comparación realizada del máximo diario con el límite máximo permisible de concentraciones en 24 horas ($37 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

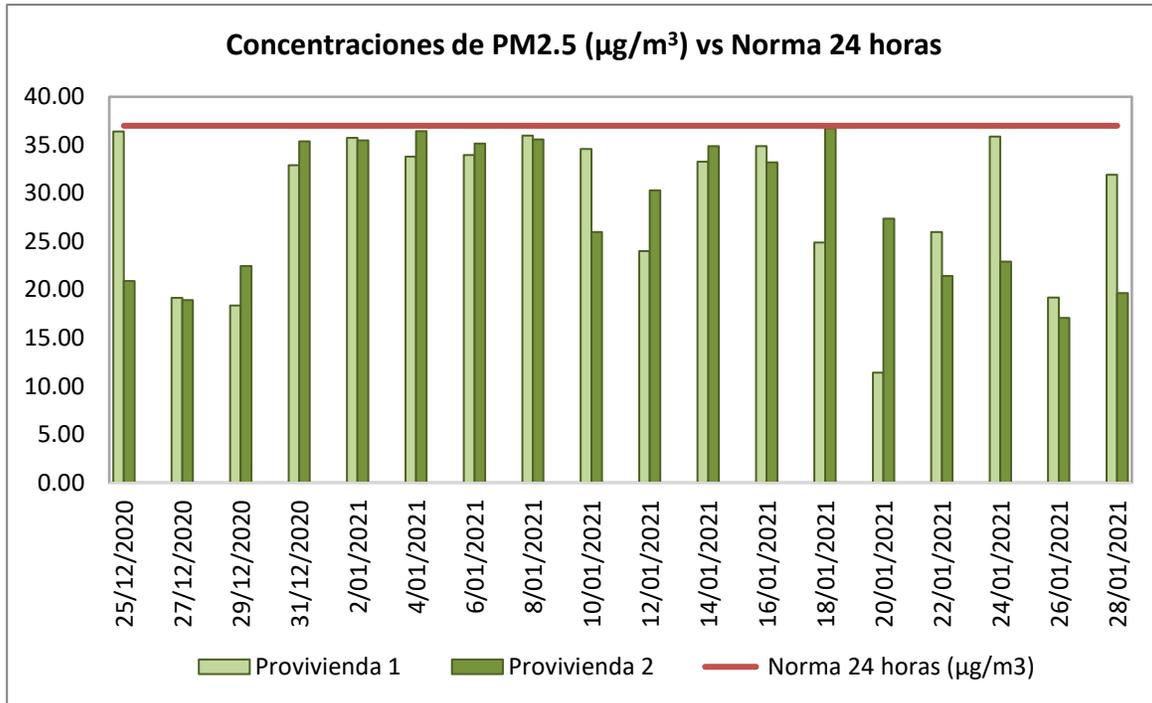
Tabla 19. Comparación con norma 24 horas PM2.5-Resolución 2254 de 2017

Identificación de las estaciones de monitoreo	Resultado máximo. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Norma 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cumplimiento
Provienda 1	36.40	37	Cumple
Provienda 2	36.73	37	Cumple

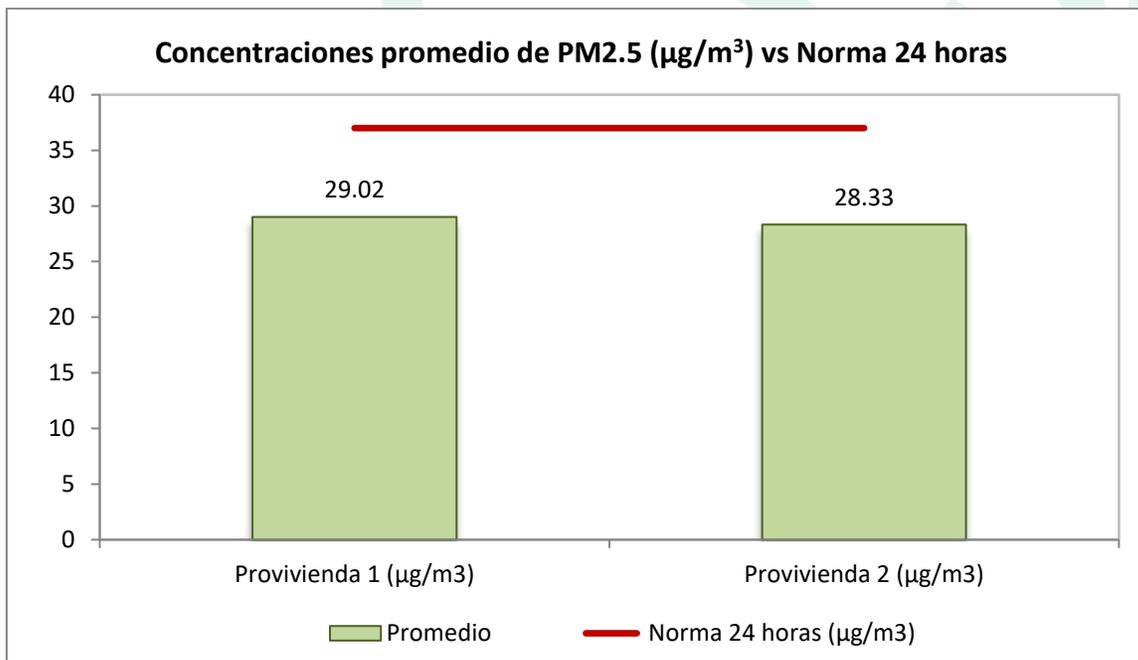
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

En la **Gráfica 6** se presentan los datos individuales de PM2.5 por día, obtenidos en cada una de las dos (2) estaciones. En este se observa un comportamiento homogéneo de las concentraciones obtenidas.




Gráfica 6. Datos de calidad del aire para PM2.5

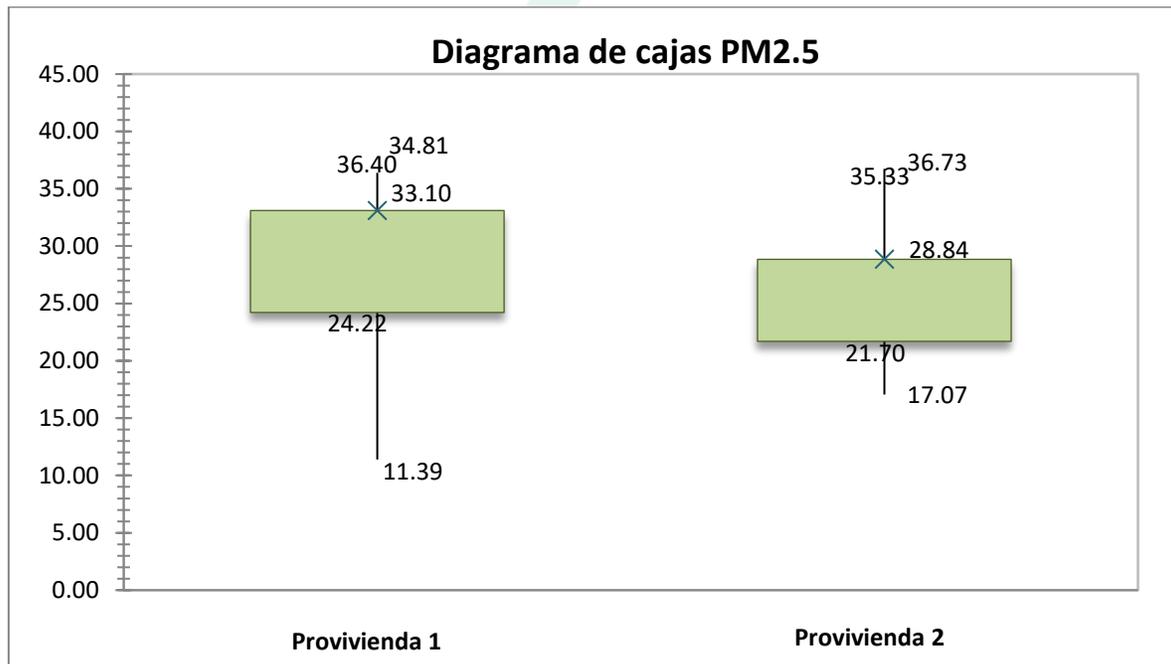
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S. 2021.


Gráfica 7. Datos de calidad del aire para PM2.5 – Concentración promedio Vs norma 24 horas

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S. 2021.



En la **Gráfica 8** se muestran las tendencias centrales de los datos de PM_{2.5} para los puntos y su variabilidad con respecto al centro de cada grupo de datos (medianas). Es preciso señalar que la variabilidad de los factores meteorológicos puede ser favorables o no para ciertos contaminantes, tal y como se evidencia al analizar los resultados, en donde se evidencia que la ausencia y/o presencia de lluvias durante un periodo determinado influye directamente en los resultados de material particulado.



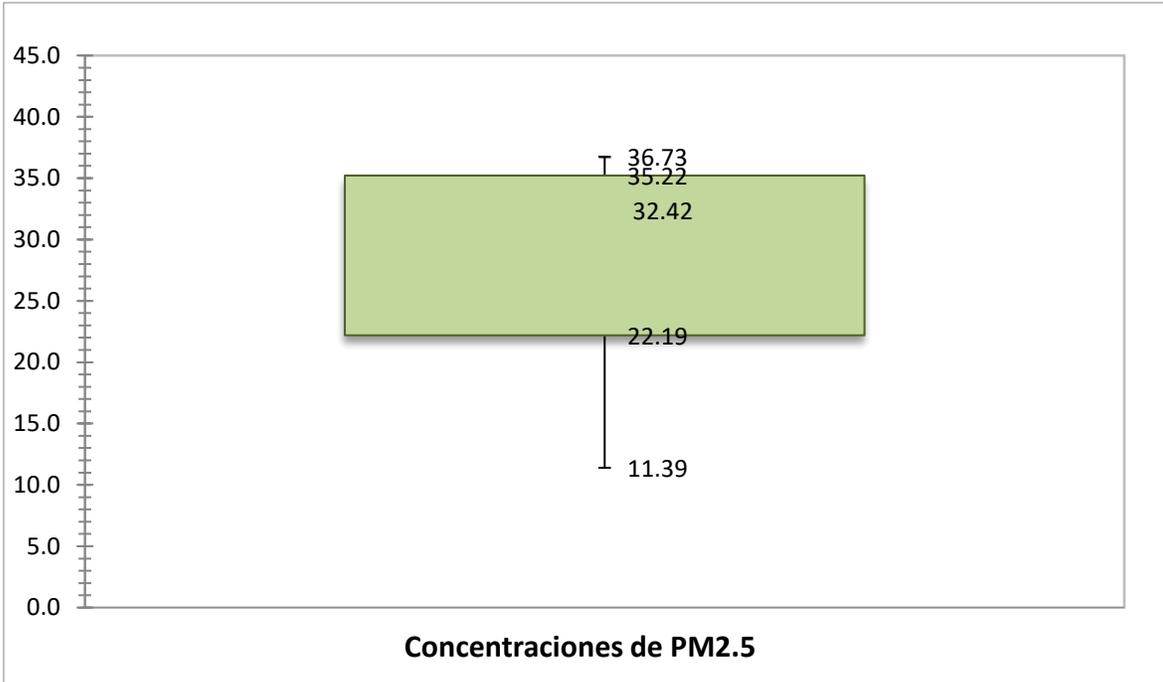
Gráfica 8. Diagrama de caja para PM_{2.5} para las dos (2) estaciones

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S. 2021.

Realizando un análisis estadístico, el promedio global de PM_{2.5} obtenido en el periodo de monitoreo de las dos (2) estaciones fue de 28.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con valor máximo de 36.73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ reportado el día 18/01/2021 en la estación Provivienda 2, y, un mínimo de 11.39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ reportado el día 20/01/2021. Ambas estaciones presentaron un rango de 25.34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En la **Tabla 20** se presenta el resumen de resultados para este parámetro.

Por otro lado, en la **Gráfica 9** se muestra la distribución de los datos obtenidos de PM_{2.5} en el periodo de monitoreo para las dos (2) estaciones, donde se observa la dispersión de estos con respecto a la mediana, los percentiles 25 y 75 y los valores máximos y mínimos.




Gráfica 9. Diagrama de caja para PM2.5

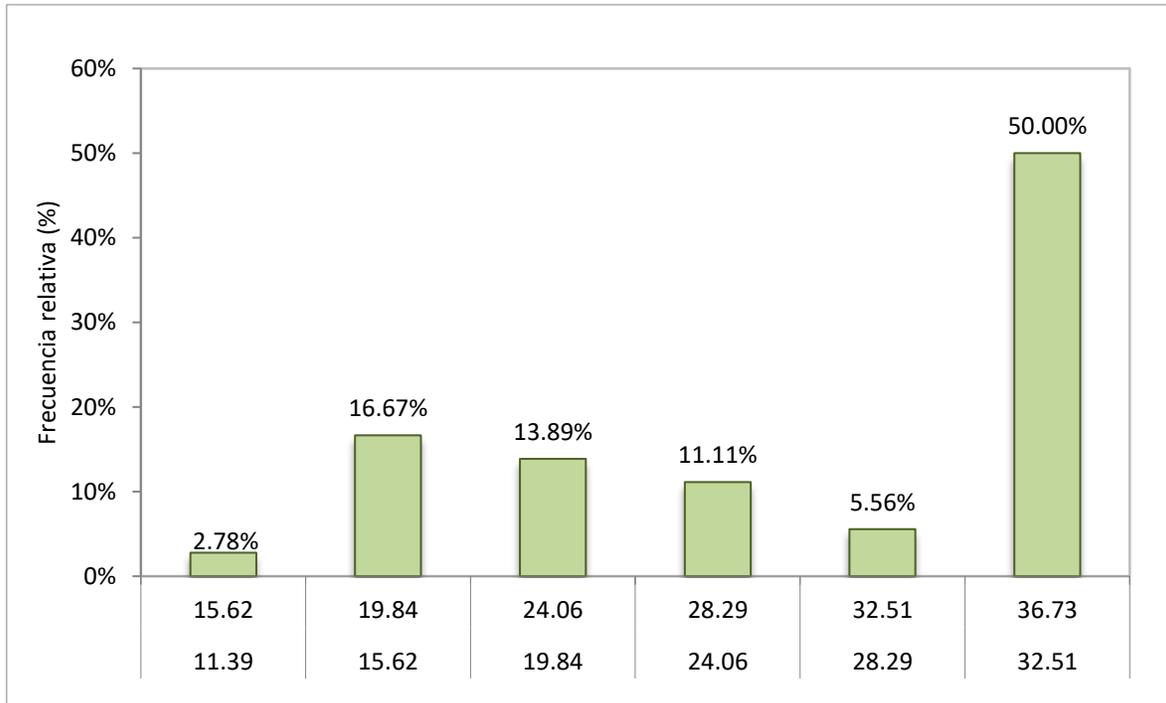
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S. 2021.

Tabla 20. Tratamiento estadístico para los datos de PM2.5 para las dos (2) estaciones

N°	PM2.5 µg/m ³	N°	PM2.5 µg/m ³	Intervalo	Punto medio	Frecuencia de clase	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada	
1	11.39	19	32.92	11.39	15.62	13.51	1.00	1.00	2.78%	0.03
2	17.07	20	33.19	15.62	19.84	17.73	6.00	7.00	16.67%	0.19
3	18.37	21	33.28	19.84	24.06	21.95	5.00	12.00	13.89%	0.33
4	18.91	22	33.81	24.06	28.29	26.17	4.00	16.00	11.11%	0.44
5	19.17	23	33.97	28.29	32.51	30.40	2.00	18.00	5.56%	0.50
6	19.18	24	34.60	32.51	36.73	34.62	18.00	36.00	50.00%	1.00
7	19.64	25	34.87							
8	20.90	26	34.88							
9	21.45	27	35.16							
10	22.44	28	35.39							
11	22.93	29	35.49							
12	23.99	30	35.59							
13	24.89	31	35.74							
14	25.98	32	35.89							
15	26.00	33	35.97							
16	27.38	34	36.40							
17	30.30	35	36.43							
18	31.91	36	36.73							
				Mediana:	32.42					
				Primer Cuartil	22.19					
				Mínimo	11.39					
				Máxima	36.73					
				Tercer Cuartil	35.22					
				Media	28.67					
				Rango	25.34					
				Varianza	54.12					
				Total Datos	36					
				Intervalos	6.00					
				Span	4.22					

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S. 2021.





Gráfica 10. Histograma de datos de calidad del aire para PM2.5 (Frecuencia relativa vs. Rango de datos).

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S. 2021.

En la **Gráfica 10** se presenta el histograma de datos para las dos (2) estaciones de monitoreo. Según el análisis se establece que el 100% de las muestras recolectadas se encuentra por debajo del límite normativo para tiempos de exposición diario y una estabilidad de las concentraciones en el rango de 32.51 µg/m³ a 36.73 µg/m³, donde se ubican el 50.00% de las muestras reportadas.

6.3 Muestreo de Dióxido de Azufre (SO₂)

Los resultados de las dos (2) estaciones se resumen en la **Tabla 21**.

Tabla 21. Resultados diarios - Dióxido de azufre (SO₂)

Fecha	Provienda 1 (µg/m ³)	Provienda 2 (µg/m ³)
25/12/2020	14.92	9.82
27/12/2020	13.26	16.12
29/12/2020	11.87	12.03
31/12/2020	13.45	17.98
2/01/2021	11.40	17.66
4/01/2021	15.24	18.86
6/01/2021	13.29	12.33
8/01/2021	14.11	11.76



Fecha	Provivienda 1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Provivienda 2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
10/01/2021	13.43	12.12
12/01/2021	11.98	18.01
14/01/2021	11.73	12.06
16/01/2021	16.65	15.57
18/01/2021	14.35	12.58
20/01/2021	10.56	18.67
22/01/2021	11.79	13.86
24/01/2021	19.88	9.89
26/01/2021	16.22	10.24
28/01/2021	9.54	11.17
Máximo	19.88	18.86
Minimo	9.54	9.82
Promedio	13.54	13.93
Rango	10.34	9.04

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

En la **Tabla 21**, se presentan los resultados del cálculo del nivel de inmisión máximo diario, mínimo diario y promedio, los cuales son obtenidos a partir de las muestras recolectadas día de por medio durante treinta y seis (36) días de monitoreo. Debido a esto, se puede evidenciar que los resultados máximos diarios y promedios en las dos (2) estaciones de monitoreo se encuentran cumpliendo en un 100.00% con el límite máximo permisible para tiempos de exposición diario (24 horas) establecido por la Resolución 2254 de 2017. En la **Tabla 22** se evidencia la comparación realizada de los máximos diarios y de los promedios obtenidos, con el límite máximo permisible de concentraciones máximas en 24 horas para este contaminante ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabla 22. Comparación con norma diaria SO_2 -Resolución 2254 de 2017

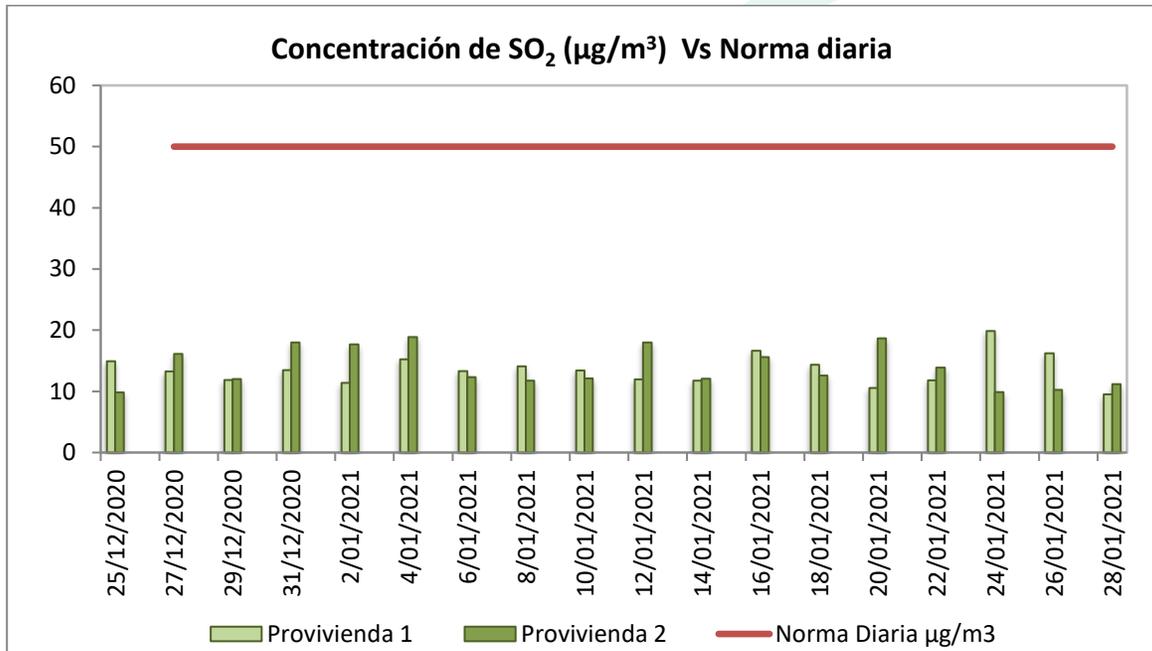
Identificación de las estaciones de monitoreo	Resultado máximo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Resultado Promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Norma 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cumplimiento Resultado Máximo	Cumplimiento Resultado promedio
Provivienda 1	19.88	13.54	50	Cumple	Cumple
Provivienda 2	18.86	13.93	50	Cumple	Cumple

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

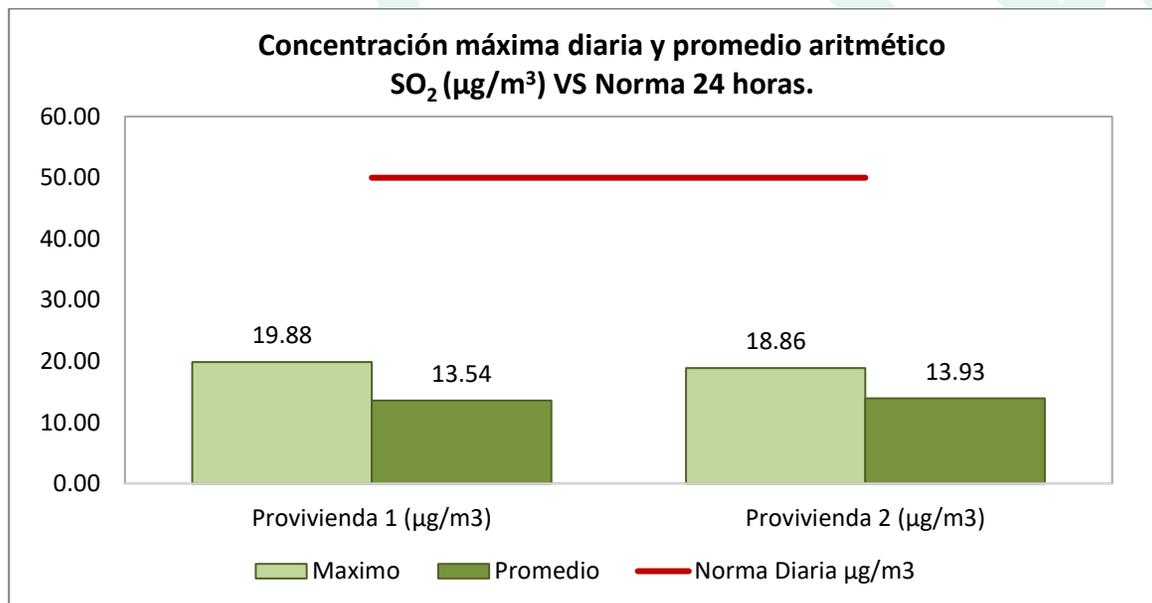
En la **Gráfica 11** se presentan los niveles de inmisión diarios determinados a partir de las 18 muestras colectadas día de por medio, las cuales se comparan con el máximo diario permisible, establecido por la Resolución 2254 de 2017 y en la **Gráfica 8** se presenta la comparación de los resultados



máximos diarios y promedios aritméticos obtenidos en las dos (2) estaciones y su comparación con la normativa mencionada anteriormente.



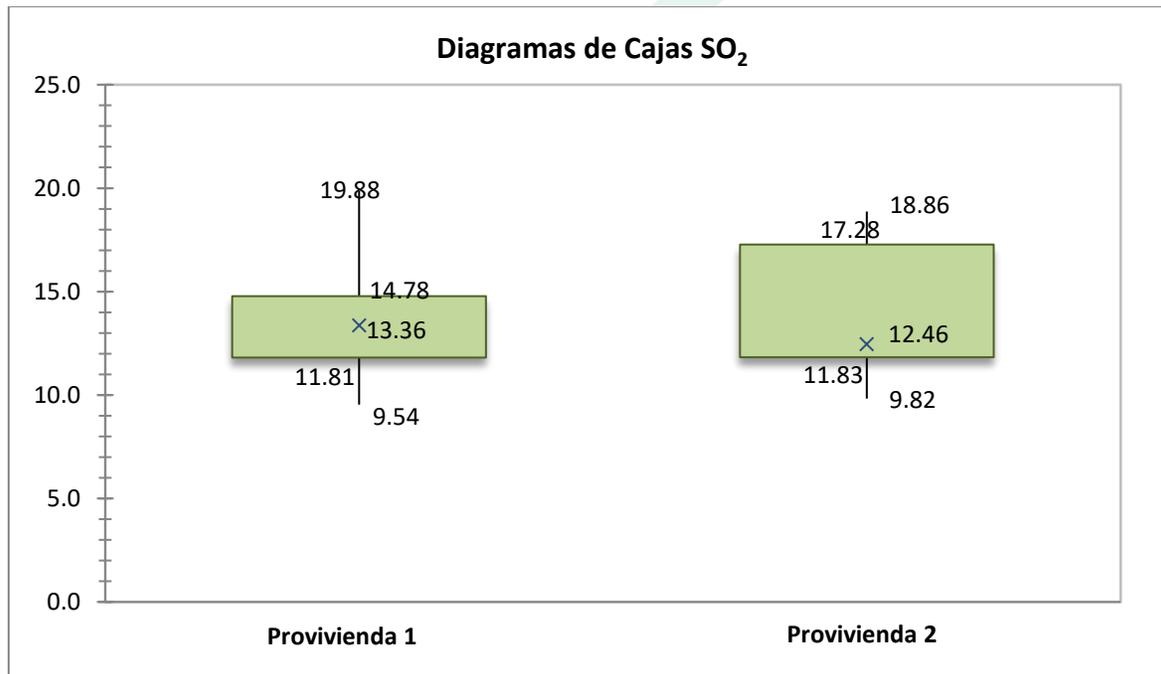
Gráfica 11. Datos de calidad del aire para SO₂ - Concentración máxima-Resolución 2254 de 2017
 Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.



Gráfica 12. Concentración máxima diaria y promedio SO₂ (µg/m³) VS Norma 24 horas.
 Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.



En la **Gráfica 13** se muestran las tendencias centrales de los datos de Dióxido de Azufre (SO₂) para los puntos y su variabilidad con respecto al centro de cada grupo de datos (medianas). Donde es posible observar los percentiles 25, 75, valores máximos, y mínimos obtenidos en cada estación de monitoreo.



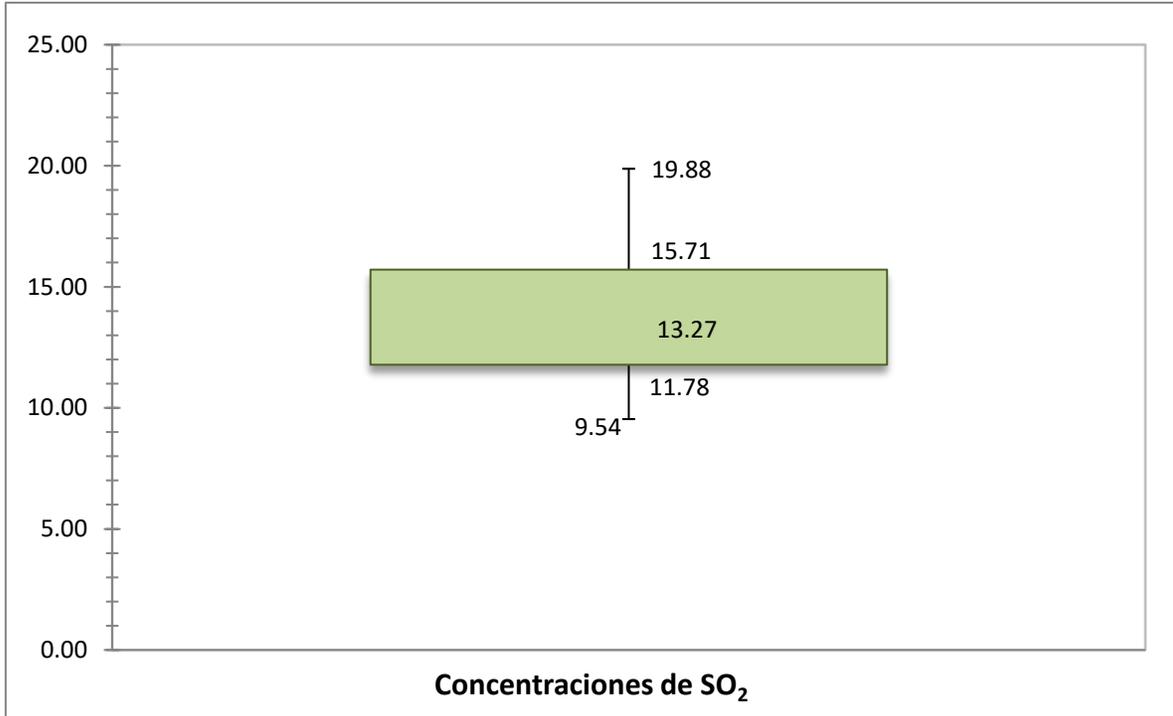
Gráfica 13. Diagrama de caja para SO₂

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

Realizando un análisis estadístico, el promedio global del contaminante SO₂ obtenido en la jornada de monitoreo de las dos (2) estaciones fue de 13.73 µg/m³ con valor máximo de 19.88 µg/m³ reportado el 24/01/2021 en la estación Provivienda 1 y un mínimo de 9.54 µg/m³ reportado el 28/01/2021 en esta misma estación. Adicionalmente, ambas estaciones muestran un rango de 10.34 µg/m³. Estos resultados se resumen en la **Tabla 23**.

En la **Gráfica 18** se muestra la distribución de los datos obtenidos de Dióxido de Azufre (SO₂) en el periodo de monitoreo para las dos (2) estaciones, donde se observa de manera global la dispersión de estos con respecto a la mediana, los percentiles 25, 75 y los valores máximos y mínimos.



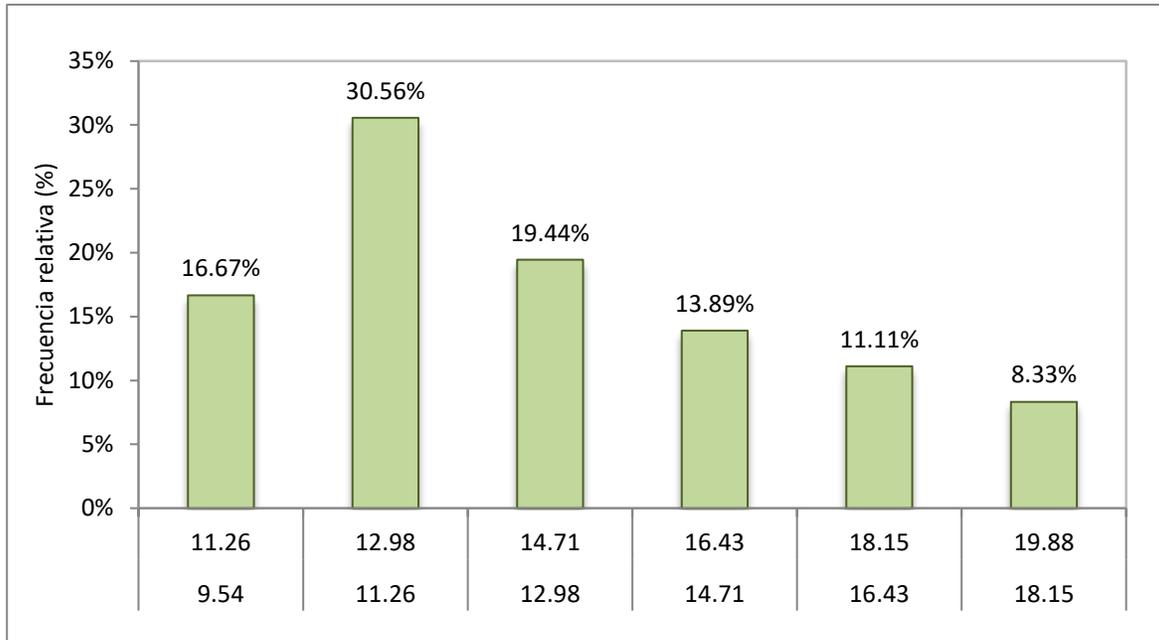

Gráfica 14. Diagrama de caja para SO₂
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.
Tabla 23. Tratamiento estadístico para los datos de SO₂ para las dos (2) estaciones

N°	SO ₂ µg/m ³	N°	SO ₂ µg/m ³
1	9.54	19	13.29
2	9.82	20	13.43
3	9.89	21	13.45
4	10.24	22	13.86
5	10.56	23	14.11
6	11.17	24	14.35
7	11.40	25	14.92
8	11.73	26	15.24
9	11.76	27	15.57
10	11.79	28	16.12
11	11.87	29	16.22
12	11.98	30	16.65
13	12.03	31	17.66
14	12.06	32	17.98
15	12.12	33	18.01
16	12.33	34	18.67
17	12.58	35	18.86
18	13.26	36	19.88

	Intervalo	Punto medio	Frecuencia de clase	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada
1	9.54	11.26	10.40	6	6.00	16.67%
2	11.26	12.98	12.12	11	11.00	30.56%
3	12.98	14.71	13.85	7	7.00	19.44%
4	14.71	16.43	15.57	5	5.00	13.89%
5	16.43	18.15	17.29	4	4.00	11.11%
6	18.15	19.88	19.02	3	3.00	8.33%
			36		100%	

Mediana:	13.27
Primer Cuartil	11.78
Minimo	9.54
Maxima	19.88
Tercer Cuartil	15.71
Media	13.73
Rango	10.34
Varianza	8.02
Total Datos	36
Span	1.72
Intervalo	6.00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

Gráfica 15. Histograma de datos de calidad del aire para SO₂

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

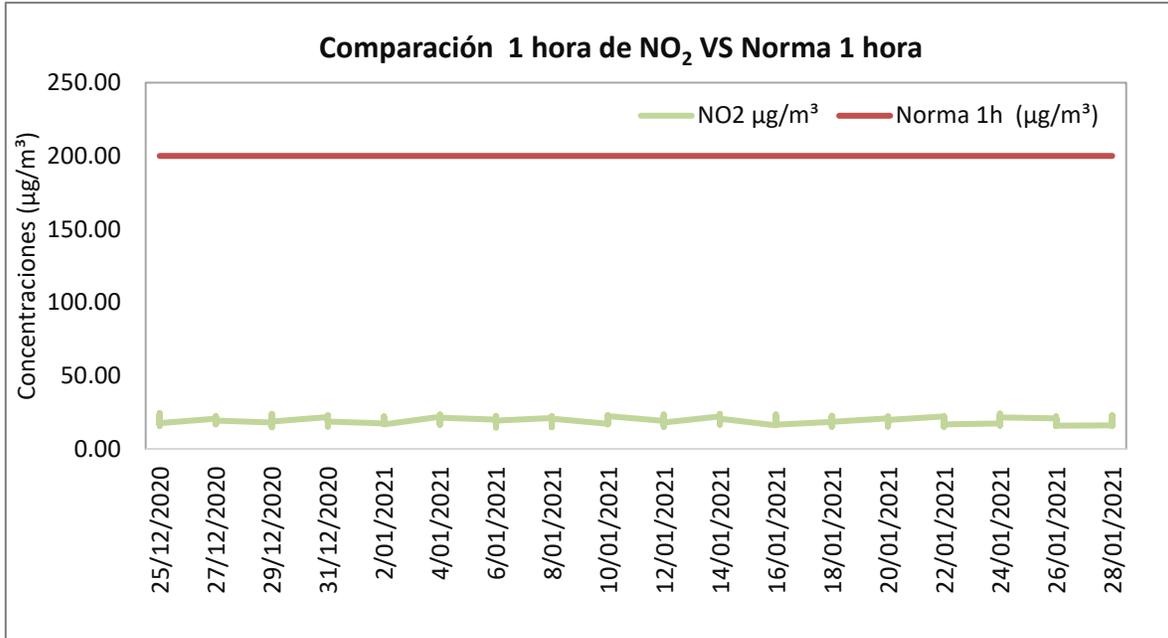
En la **Gráfica 15** se presenta el histograma de datos para las dos (2) estaciones de monitoreo. Según el análisis se establece que el 100% de las muestras recolectadas se encuentra por debajo de los límites normativos para tiempos de exposición diario. Adicional, se evidencia que, a partir de las muestras recuperadas y analizadas, estas se encuentran distribuidas en el rango de 11.26 a 12.98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que representa el 30.56%.

6.4 Muestreo de Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

A continuación, en la **Gráfica 16** y en la **Gráfica 17** se presentan los datos horarios para el contaminante NO₂ reportados para las estaciones de monitoreo 1 y 2, en estos se puede evidenciar el cumplimiento normativo en el 100% de los datos reportados en línea por el equipo. Es posible evidenciar que las condiciones meteorológicas del periodo, como la velocidad de los vientos, pudieron favorecer a la correcta dispersión del contaminante. Los datos reportados por el equipo automático se presentan de la siguiente forma en la carpeta de anexos:

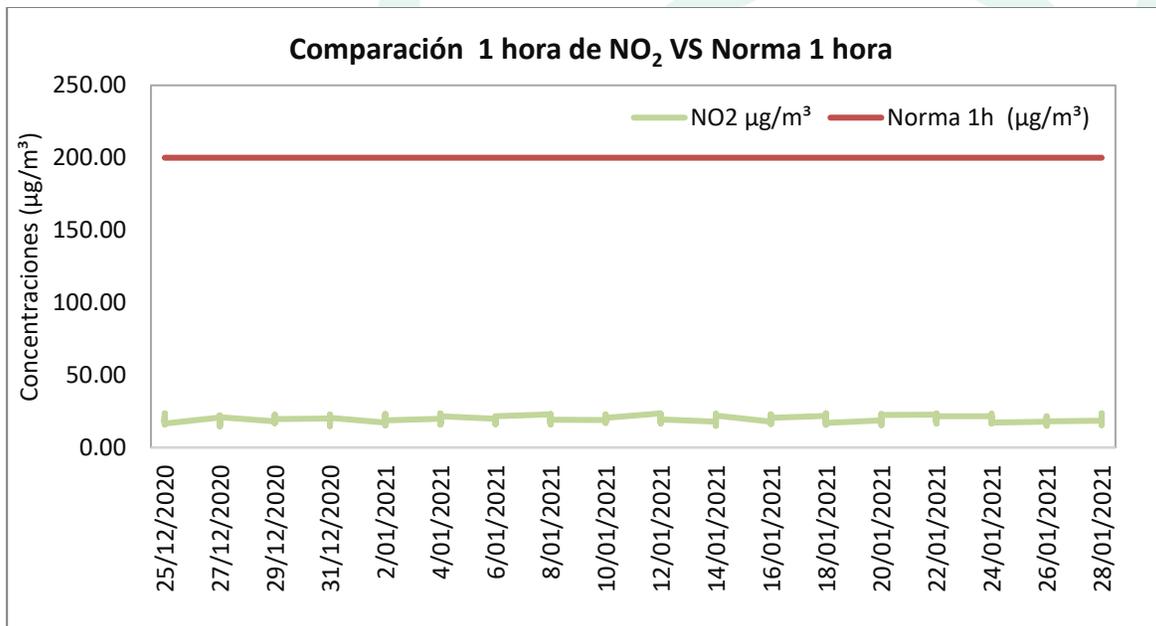
- Anexo 4. Memorias de cálculos/ FO-PO-PSM-66-09 PROCESAMIENTO DE EQUIPOS AUTOMÁTICOS CO, O₃, NO₂ y SO₂.





Gráfica 16. Comparación promedios 1 hora de NO₂ vs norma 1 hora. -Provienda 1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.



Gráfica 17. Comparación promedios 1 hora de NO₂ vs norma 1 hora. -Provienda 2

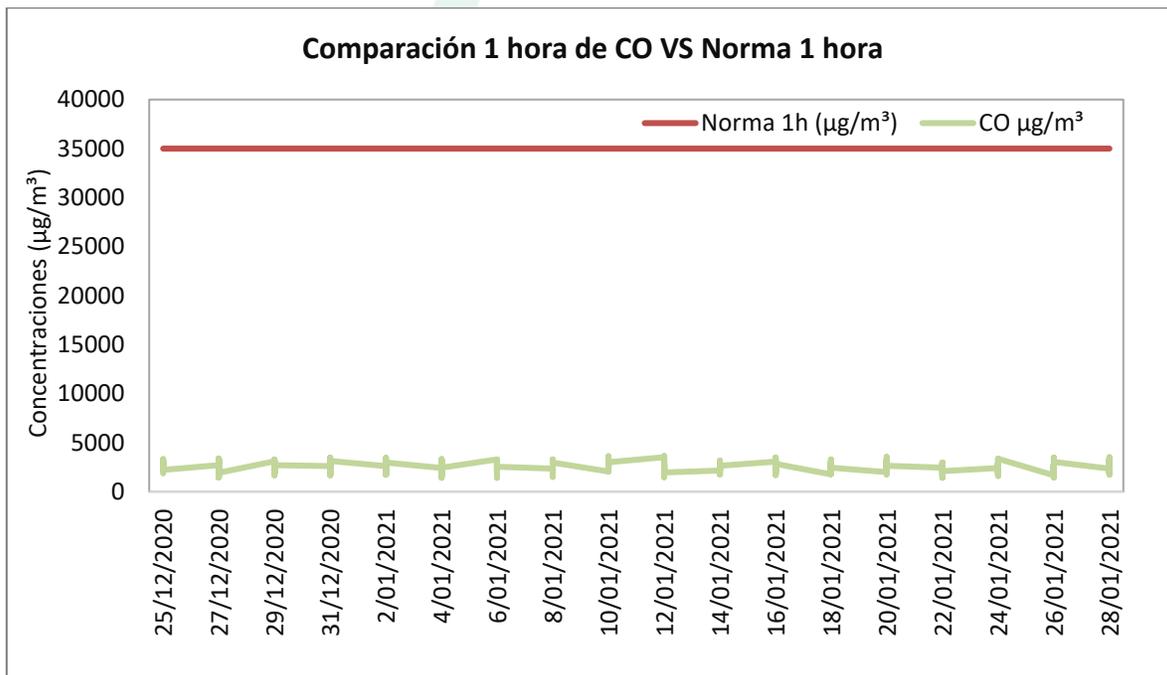
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.



6.5 Monóxido de Carbono (CO)

A continuación, de la **Gráfica 18** a la **Gráfica 21** se presentan los datos reportados por las estaciones 1 y 2, para el contaminante Monóxido de Carbono (CO) para tiempos de exposición de 1 y 8 horas. En estos se puede evidenciar el cumplimiento en el 100% de los datos reportados en línea por el equipo para ambos tiempos de medición. Los datos reportados por los equipos automáticos se presentan de la siguiente forma en la carpeta de anexos:

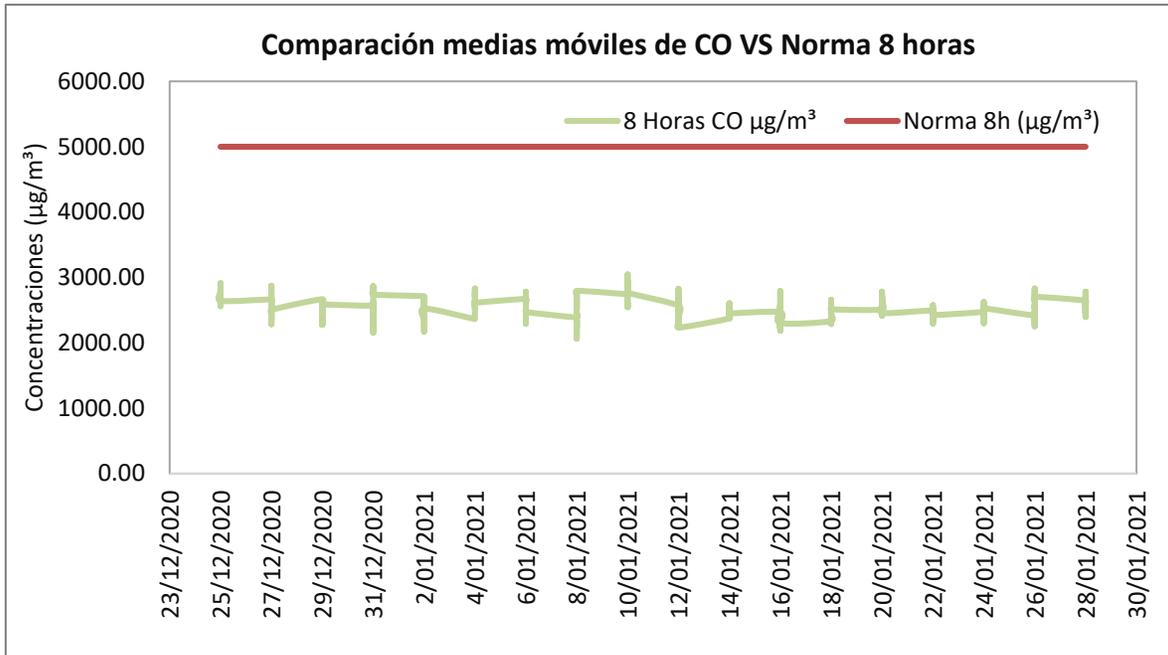
- Anexo 4. Memorias de cálculos / FO-PO-PSM-66-09 PROCESAMIENTO DE EQUIPOS AUTOMÁTICOS CO, O₃, NO₂ y SO₂.



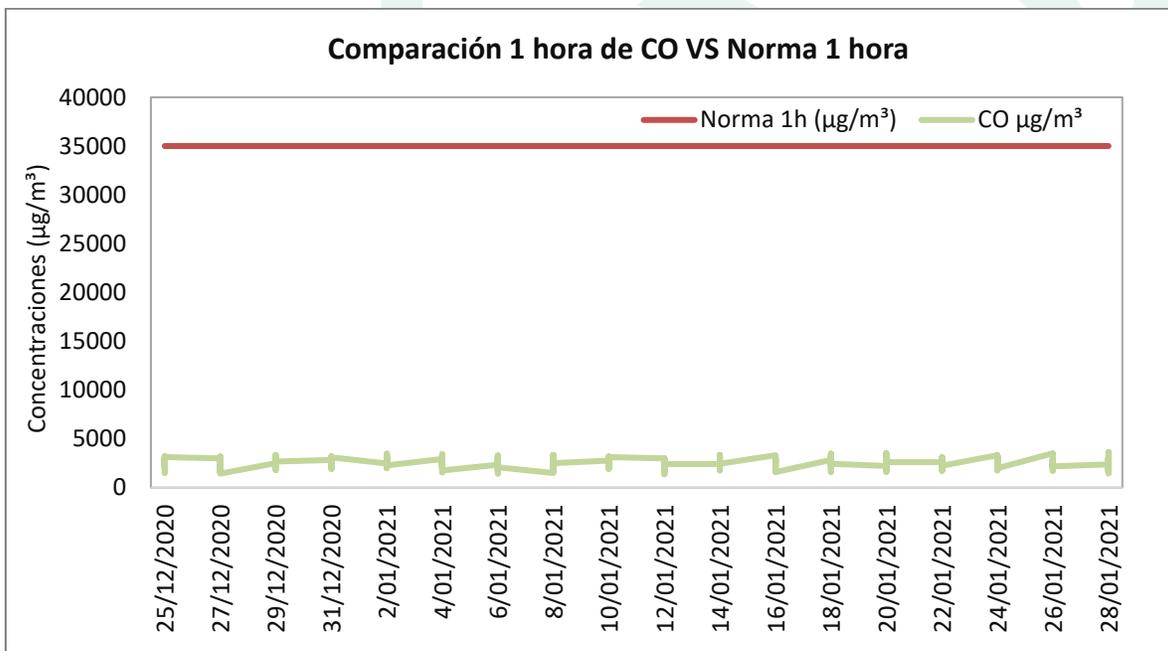
Gráfica 18. Comparación promedios 1 hora de CO vs norma 1 hora. –Provienda 1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.



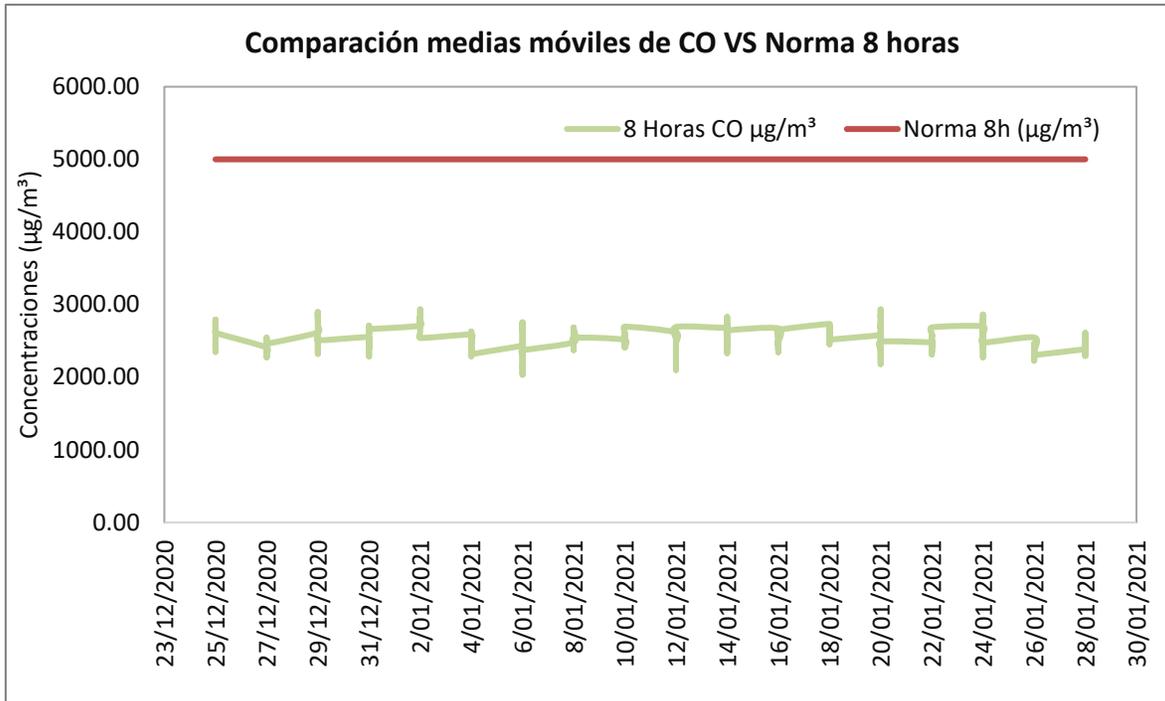


Gráfica 19. Comparación medias móviles 8 horas de CO vs norma 8 Horas. –Provivienda 2
 Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.



Gráfica 20. Comparación promedios 1 hora de CO vs norma 1 hora. –Provivienda 1
 Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.





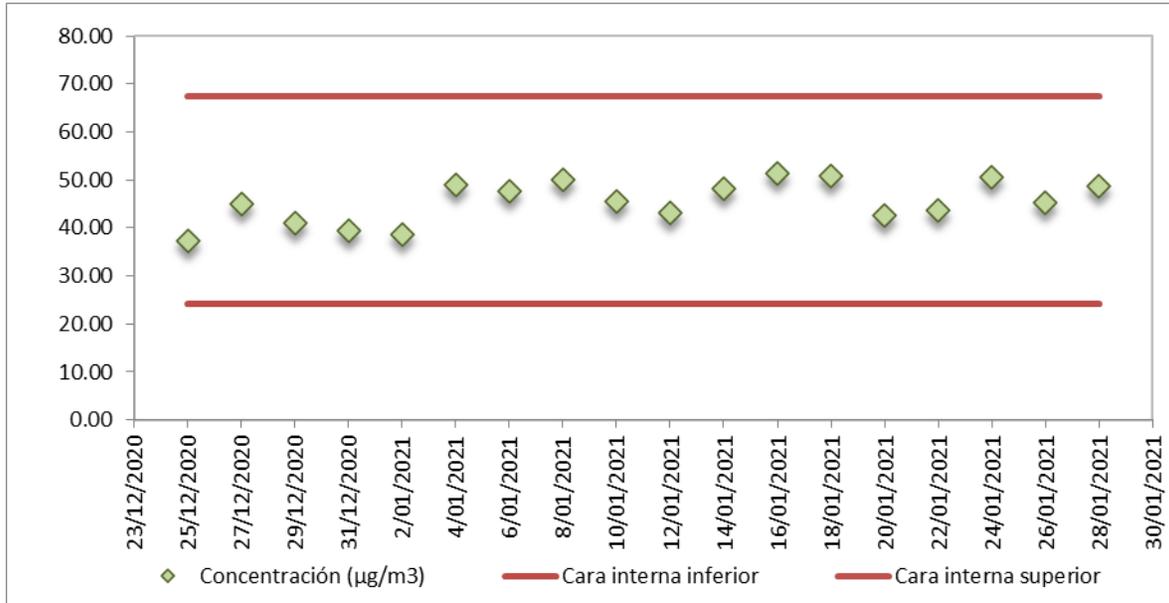
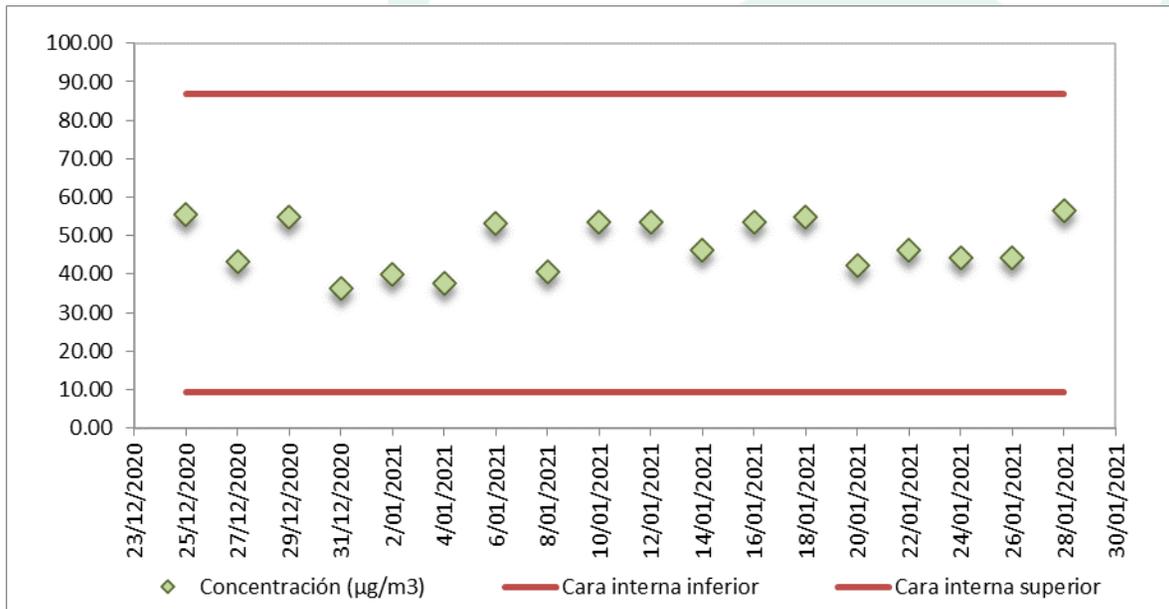
Gráfica 21. Comparación medias móviles 8 horas de CO vs norma 8 Horas. –Provivienda 2.

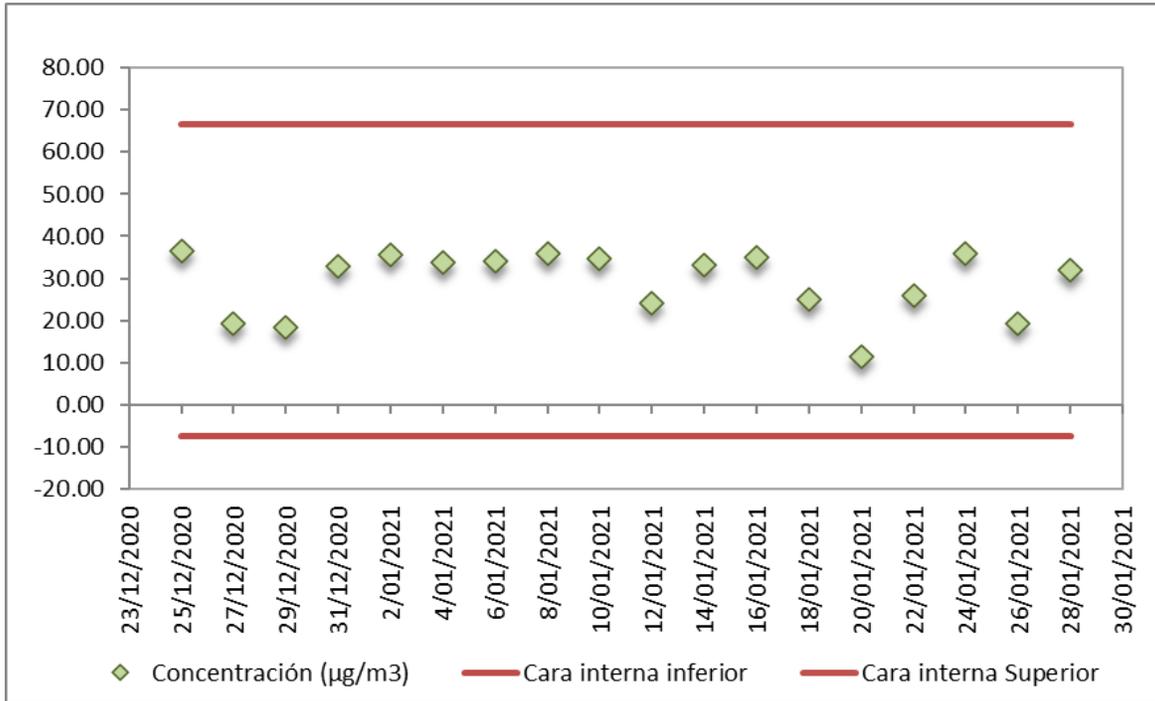
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

6.6 Datos atípicos

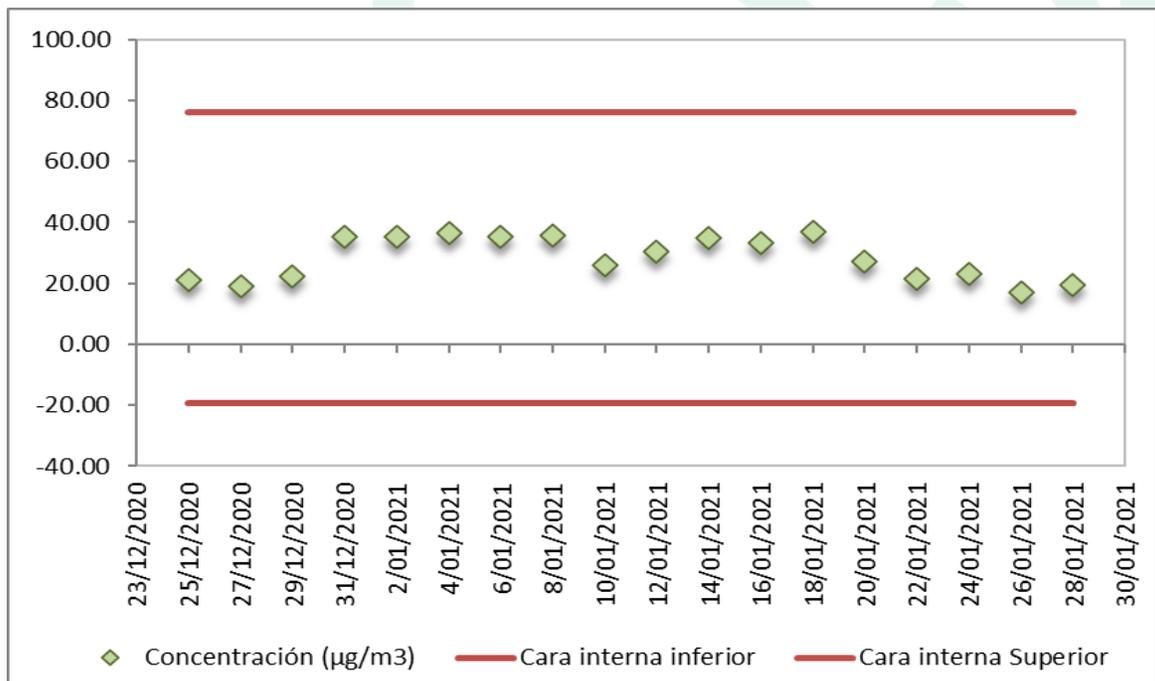
Con el fin de determinar la presencia de datos atípicos en las muestras tomadas, se procedió a aplicar la metodología estadística de las caras externas a los datos de cada parámetro, estableciendo que todo aquel dato que se encuentre fuera del rango de 3 desviaciones estándar se considera atípico y se descarta estadísticamente. A continuación, se presentan los grupos de datos por parámetro y por estación de medición, los datos que se encuentren por fuera de las líneas de control expresadas en rojo para la cara superior y para la cara inferior, serán identificados como datos atípicos y se presentarán con color amarillo.




Gráfica 22. Datos atípicos PM10- Provienda 1
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

Gráfica 23. Datos atípicos PM10- Provienda 2
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

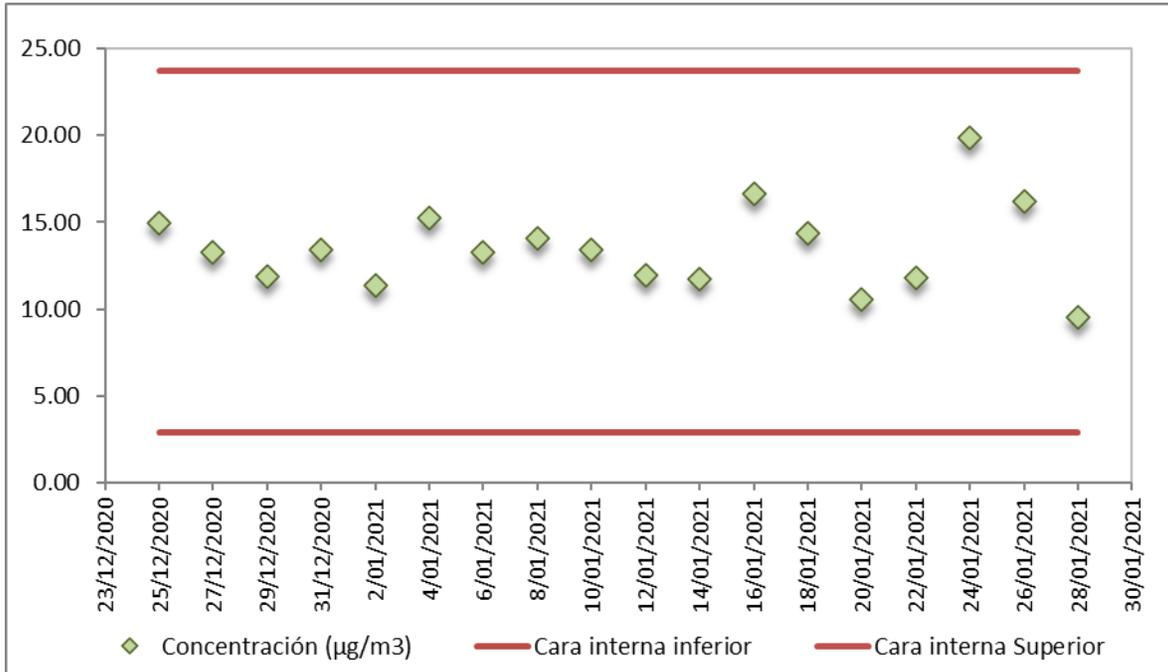


Gráfica 24. Datos atípicos PM2.5- Provienda 1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

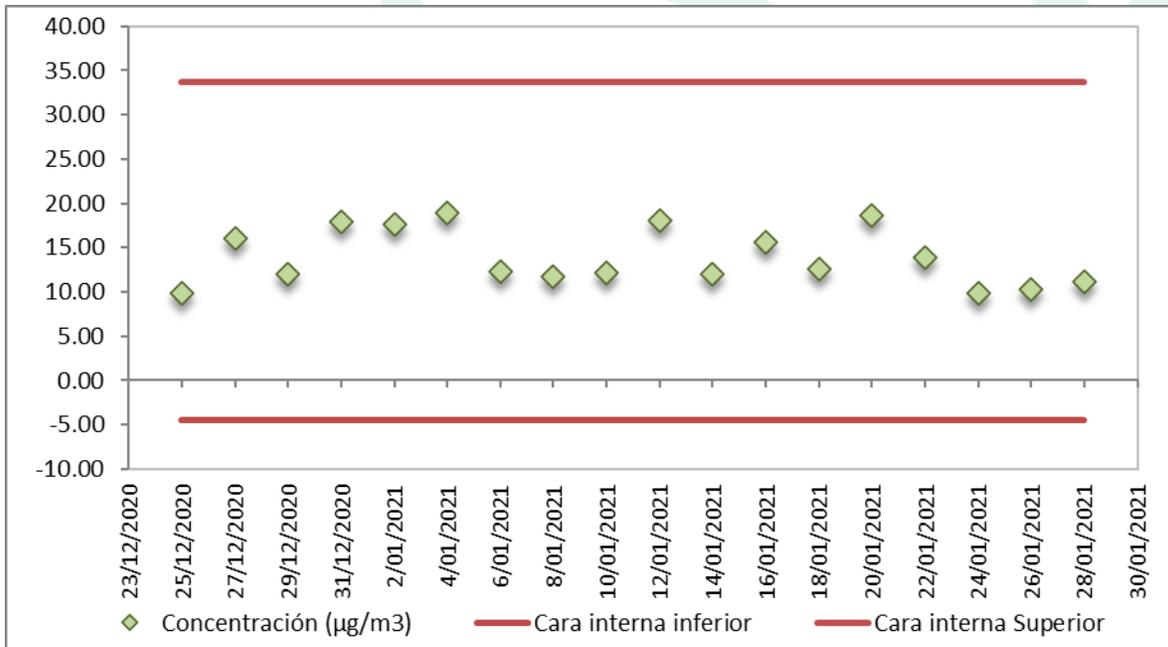

Gráfica 25. Datos atípicos PM2.5- Provienda 2

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.




Gráfica 26. Datos atípicos SO₂- Provienda 1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.


Gráfica 27. Datos atípicos SO₂- Provienda 2

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.



7. ÍNDICE DE CALIDAD DE AIRE

El ICA es un índice para reportar la calidad del aire. Este indica cuán limpio o contaminado está el aire en una zona determinada y los efectos a la salud asociados a la concentración medida. El ICA se centra en los efectos a la salud que se pueden experimentar a pocas horas o incluso, días después de respirar un aire contaminado. La US EPA calcula el ICA para los 5 contaminantes principales: ozono troposférico, material particulado medido como PM10 y PM2.5, monóxido de carbono, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno. El ICA corresponde a un valor adimensional, que oscila entre 0 y 500.

En la **Tabla 24** se presentan los rangos cualitativos de ICA, el color asociado, y la clasificación de la calidad de aire para dicho rango. Por su parte, los puntos de corte se presentan en cada ítem del contaminante asociado, y estos representan el valor mínimo y máximo de concentración en un rango ICA para cierto contaminante. Estos puntos de corte están establecidos a partir de concentraciones medidas en una métrica determinada, por esta razón, solo se tomaron los puntos de corte medidos en una métrica de 24 horas, teniendo en cuenta que las mediciones realizadas en el presente monitoreo se llevaron a cabo en ese período de tiempo; se tuvo en cuenta lo establecido en el capítulo IV artículo 20 tabla 6 de la Resolución 2254 de 2017 del MADS.

Tabla 24. Descripción general del Índice de Calidad del Aire

Rango	Color	Estado de la calidad del aire	Efectos
0-50	Verde	Buena	La contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud.
51-100	Amarillo	Aceptable	Posibles síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles.
101-150	Naranja	Dañina a la salud de grupos sensibles	<p>Los grupos poblacionales sensibles pueden presentar efectos sobre la salud.</p> <p>1) Ozono Troposférico: Las personas con enfermedades pulmonares, niños, adultos mayores y las que constantemente realizan actividad física al aire libre, deben reducir su exposición a los contaminantes del aire.</p> <p>2) Material Particulado: Las personas con enfermedad cardíaca o pulmonar, los adultos mayores y los niños se consideran sensibles y por lo tanto en mayor riesgo.</p>
151-200	Rojo	Dañina para la salud	Todos los individuos pueden comenzar a experimentar efectos sobre la salud. Los grupos sensibles pueden experimentar efectos más graves para la salud.





Rango	Color	Estado de la calidad del aire	Efectos
201-300	Púrpura	Muy dañina para la salud	Estado de alerta que significa que todos pueden experimentar efectos más graves para la salud.
301-500	Marrón	Peligroso	Advertencia sanitaria. Toda la población puede presentar efectos adversos graves en la salud humana y están propensos a verse afectados por graves efectos sobre la salud.

Fuente: Resolución 2254 de 2017.

7.1 Partículas Menores A 10 Micras (PM10)

Los puntos de corte para el PM10 se presentan en la **Tabla 26**

Tabla 25. Clasificación de la Calidad de Aire PM10

Color y Rango ICA	Calidad de Aire	PM10 24h
		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0 – 50	Buena	0 – 54
51-100	Aceptable	55–154
101 – 150	Dañina a la Salud de grupos sensibles	155 – 254
151 – 200	Dañina a la salud	255 – 354
201 – 300	Muy Dañina para la salud	355 – 424
301 – 500	Peligrosa	425 – 604

Fuente: Resolución 2254 de 2017.

Para calcular los ICA, se emplea la siguiente ecuación:

$$ICA_p = \frac{I_{Alto} - I_{bajo}}{PC_{Alto} - PC_{bajo}} \times (C_p - PC_{bajo}) + I_{bajo}$$

Fuente: Resolución 2254 de 2017.

Dónde:

ICA_p: Índice de Calidad del Aire para el contaminante p

C_p: Concentración medida para el contaminante p

PC_{alto}: Punto de corte Mayor o igual a C_p.

PC_{bajo}: Punto de corte menor o igual a C_p.

I_{alto}: Valor del ICA correspondiente al PC_{alto}.

I_{bajo}: Valor del ICA correspondiente al PC_{bajo}.





Tabla 26. Puntos de corte del ICA para PM10

	0-54	55-154	155-254	255-354	355-424	425-604
I _{alto}	50	100	150	200	300	500
I _{bajo}	0	51	101	151	201	301
PC _{alto}	54	154	254	354	424	604
PC _{bajo}	0	55	155	255	355	425

Fuente: Resolución 2254 de 2017.

Tabla 27. Índices de calidad de aire PM10

Índice de Calidad de Aire PM10		
Fecha	Provienda 1	Provienda 2
25/12/2020	34.60	51.34
27/12/2020	41.69	40.12
29/12/2020	37.87	50.96
31/12/2020	36.47	33.78
2/01/2021	35.79	36.99
4/01/2021	45.26	34.92
6/01/2021	44.01	49.24
8/01/2021	46.41	37.49
10/01/2021	42.18	49.54
12/01/2021	39.88	49.44
14/01/2021	44.53	42.75
16/01/2021	47.50	49.62
18/01/2021	47.09	51.02
20/01/2021	39.36	39.08
22/01/2021	40.46	42.97
24/01/2021	46.93	40.94
26/01/2021	42.02	40.91
28/01/2021	45.04	51.81

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

En la **Tabla 27** se presentan los ICA para las mediciones de calidad de aire del contaminante criterio PM10 para las dos (2) estaciones de monitoreo. Al realizar un análisis al comportamiento de los datos para el periodo de monitoreo, el 91.67% de las muestras se clasifican como una calidad del aire **Buena** y un 8.33% de las mismas, cuenta con una calidad **Aceptable**.

7.2 Partículas Menores a 2.5 micras (PM2.5)

Los puntos de corte para el PM2.5 se presentan en la **Tabla 29**.





Tabla 28. Clasificación de la calidad de aire pm2.5

Color y rango ICA	Calidad de aire	PM2.5 24h
		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0 – 50	Buena	0 – 15.4
51-100	Aceptable	15.5–40.4
101 – 150	Dañina a la Salud de grupos sensibles	40.5 – 65.4
151 – 200	Dañina a la salud	65.5 – 150.4
201 – 300	Muy Dañina para la salud	15.5 – 250.4
301 – 500	Peligrosa	250.5 – 350.4

Fuente: Resolución 2254 de 2017, MADS.

Tabla 29. Puntos de corte del ICA para PM2.5

	0-12	13-37	38-55	56-150	151-250	251-500
I _{alto}	50	100	150	200	300	500
I _{bajo}	0	51	101	151	201	301
PC _{alto}	12	37	55	150	250	500
PC _{bajo}	0	13	38	56	151	251

Fuente: Resolución 2254 de 2017.

Tabla 30. Índices de calidad de aire PM2.5

Índice de Calidad de Aire PM10		
Fecha	Provivienda 1	Provivienda 2
25/12/2020	98.8	67.1
27/12/2020	63.6	63.1
29/12/2020	62.0	70.3
31/12/2020	91.7	96.7
2/01/2021	97.4	96.9
4/01/2021	93.5	98.8
6/01/2021	93.8	96.2
8/01/2021	97.9	97.1
10/01/2021	95.1	77.5
12/01/2021	73.4	86.3
14/01/2021	92.4	95.7
16/01/2021	95.7	92.2
18/01/2021	75.3	99.5
20/01/2021	47.5	80.4
22/01/2021	77.5	68.3
24/01/2021	97.7	71.3
26/01/2021	63.6	59.3
28/01/2021	89.6	64.6

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.



En la **Tabla 30** se presentan los ICA para las mediciones de calidad de aire del contaminante criterio PM2.5 para las dos (2) estaciones de monitoreo. Al realizar un análisis al comportamiento de los datos para el periodo de monitoreo, el 97.22% de las muestras se clasifican como una calidad del aire **Aceptable** y un 2.78% de las mismas, cuenta con una calidad **Buena**.

7.3 Dióxido de Azufre (SO₂)

Para SO₂ no se calcula el Índice de Calidad del Aire (ICA) debido a que el tiempo monitoreado se desarrolló en un período de 24 horas y, teniendo en cuenta lo establecido en la Resolución 2254 de 2017 artículo 20 tabla 6, el cálculo de dicho contaminante se debe realizar para tiempos de exposición de 1 hora.

7.4 Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

Los puntos de corte para el NO₂ se presentan en la **Tabla 31**.

Tabla 31. Puntos de corte del ICA para NO₂

	0-100	101-189	190-677	678-1221	1222-2349	2350-3853
I _{alto}	50	100	150	200	300	500
I _{bajo}	0	51	101	151	201	301
PC _{alto}	100	189	677	1221	2349	3853
PC _{bajo}	0	101	190	678	1222	2350

Fuente: Resolución 2254 de 2017.

Tabla 32. Resultados ICA-Dióxido de Nitrógeno (NO₂) para Provienda 1

Fecha	ICA	Fecha	ICA	Fecha	ICA
25/12/2020	9.75	6/01/2021	11.18	18/01/2021	7.61
25/12/2020	8.48	6/01/2021	8.79	18/01/2021	9.06
25/12/2020	10.79	6/01/2021	9.23	18/01/2021	9.68
25/12/2020	9.61	6/01/2021	7.84	18/01/2021	9.57
25/12/2020	11.63	6/01/2021	8.85	18/01/2021	8.46
25/12/2020	10.79	6/01/2021	9.82	18/01/2021	9.85
25/12/2020	11.52	6/01/2021	10.82	18/01/2021	8.38
25/12/2020	10.78	6/01/2021	9.96	18/01/2021	11.09
25/12/2020	9.59	6/01/2021	8.75	18/01/2021	7.67
25/12/2020	7.83	6/01/2021	10.35	18/01/2021	8.44
25/12/2020	9.00	6/01/2021	8.65	18/01/2021	9.65
25/12/2020	9.85	6/01/2021	10.82	18/01/2021	9.24
25/12/2020	8.45	6/01/2021	9.50	20/01/2021	10.42
25/12/2020	9.64	6/01/2021	8.72	20/01/2021	7.64
25/12/2020	12.19	6/01/2021	9.45	20/01/2021	9.92
25/12/2020	9.67	6/01/2021	9.36	20/01/2021	10.60



Fecha	ICA	Fecha	ICA	Fecha	ICA
25/12/2020	8.50	6/01/2021	10.13	20/01/2021	9.57
25/12/2020	9.69	6/01/2021	9.67	20/01/2021	10.87
25/12/2020	9.22	8/01/2021	10.52	20/01/2021	10.98
25/12/2020	8.86	8/01/2021	8.08	20/01/2021	9.36
25/12/2020	8.59	8/01/2021	8.73	20/01/2021	9.70
25/12/2020	8.48	8/01/2021	9.58	20/01/2021	8.64
25/12/2020	10.11	8/01/2021	8.72	20/01/2021	11.11
25/12/2020	8.75	8/01/2021	9.47	20/01/2021	8.74
27/12/2020	10.34	8/01/2021	8.64	20/01/2021	9.43
27/12/2020	9.61	8/01/2021	9.09	20/01/2021	9.72
27/12/2020	8.55	8/01/2021	9.87	20/01/2021	10.47
27/12/2020	11.03	8/01/2021	11.12	20/01/2021	9.76
27/12/2020	10.21	8/01/2021	9.46	20/01/2021	9.85
27/12/2020	9.34	8/01/2021	9.39	20/01/2021	8.90
27/12/2020	11.18	8/01/2021	10.59	20/01/2021	8.59
27/12/2020	9.59	8/01/2021	8.18	20/01/2021	9.17
27/12/2020	9.22	8/01/2021	9.73	20/01/2021	8.27
27/12/2020	8.95	8/01/2021	7.36	20/01/2021	9.58
27/12/2020	10.78	8/01/2021	9.01	20/01/2021	8.35
27/12/2020	9.12	8/01/2021	10.41	20/01/2021	9.89
27/12/2020	8.97	8/01/2021	11.06	22/01/2021	11.09
27/12/2020	8.89	8/01/2021	9.74	22/01/2021	9.49
27/12/2020	9.43	8/01/2021	7.47	22/01/2021	9.18
27/12/2020	9.83	8/01/2021	9.92	22/01/2021	10.53
27/12/2020	8.95	8/01/2021	9.15	22/01/2021	9.80
27/12/2020	10.86	8/01/2021	10.35	22/01/2021	11.04
27/12/2020	9.09	10/01/2021	8.57	22/01/2021	9.53
27/12/2020	10.34	10/01/2021	9.71	22/01/2021	9.14
27/12/2020	9.91	10/01/2021	9.30	22/01/2021	8.72
27/12/2020	8.39	10/01/2021	8.62	22/01/2021	7.95
27/12/2020	10.28	10/01/2021	9.73	22/01/2021	10.72
27/12/2020	9.70	10/01/2021	10.07	22/01/2021	9.11
29/12/2020	8.99	10/01/2021	8.38	22/01/2021	8.76
29/12/2020	11.46	10/01/2021	9.00	22/01/2021	7.45
29/12/2020	7.45	10/01/2021	10.61	22/01/2021	9.87
29/12/2020	8.76	10/01/2021	11.51	22/01/2021	10.44
29/12/2020	9.42	10/01/2021	9.25	22/01/2021	10.05
29/12/2020	9.68	10/01/2021	9.69	22/01/2021	10.46
29/12/2020	10.91	10/01/2021	10.28	22/01/2021	10.82
29/12/2020	9.42	10/01/2021	11.37	22/01/2021	8.37
29/12/2020	10.65	10/01/2021	9.52	22/01/2021	10.25
29/12/2020	10.13	10/01/2021	8.58	22/01/2021	10.86
29/12/2020	9.39	10/01/2021	8.99	22/01/2021	8.72
29/12/2020	10.03	10/01/2021	9.20	22/01/2021	8.42
29/12/2020	8.37	10/01/2021	10.45	24/01/2021	8.68



Fecha	ICA	Fecha	ICA	Fecha	ICA
29/12/2020	10.39	10/01/2021	10.11	24/01/2021	10.94
29/12/2020	8.60	10/01/2021	9.53	24/01/2021	9.99
29/12/2020	7.35	10/01/2021	10.37	24/01/2021	9.51
29/12/2020	10.89	10/01/2021	10.22	24/01/2021	11.23
29/12/2020	10.01	10/01/2021	11.15	24/01/2021	9.97
29/12/2020	9.61	12/01/2021	9.55	24/01/2021	10.57
29/12/2020	10.47	12/01/2021	10.07	24/01/2021	10.15
29/12/2020	11.91	12/01/2021	10.02	24/01/2021	12.07
29/12/2020	11.64	12/01/2021	11.15	24/01/2021	9.87
29/12/2020	8.63	12/01/2021	8.66	24/01/2021	10.71
29/12/2020	9.36	12/01/2021	10.84	24/01/2021	10.86
31/12/2020	10.85	12/01/2021	10.08	24/01/2021	11.37
31/12/2020	10.49	12/01/2021	10.63	24/01/2021	10.58
31/12/2020	10.72	12/01/2021	10.39	24/01/2021	9.19
31/12/2020	10.91	12/01/2021	9.79	24/01/2021	11.47
31/12/2020	9.94	12/01/2021	7.52	24/01/2021	9.96
31/12/2020	8.75	12/01/2021	10.02	24/01/2021	10.72
31/12/2020	9.32	12/01/2021	8.05	24/01/2021	8.04
31/12/2020	9.75	12/01/2021	10.00	24/01/2021	11.34
31/12/2020	11.24	12/01/2021	8.95	24/01/2021	7.96
31/12/2020	9.85	12/01/2021	9.48	24/01/2021	8.46
31/12/2020	8.92	12/01/2021	9.51	24/01/2021	10.08
31/12/2020	10.69	12/01/2021	11.71	24/01/2021	10.76
31/12/2020	11.43	12/01/2021	9.74	26/01/2021	10.39
31/12/2020	9.53	12/01/2021	9.08	26/01/2021	9.46
31/12/2020	11.44	12/01/2021	10.56	26/01/2021	9.10
31/12/2020	9.78	12/01/2021	10.90	26/01/2021	8.51
31/12/2020	10.05	12/01/2021	9.89	26/01/2021	8.92
31/12/2020	7.58	12/01/2021	9.06	26/01/2021	9.78
31/12/2020	10.59	14/01/2021	11.09	26/01/2021	9.34
31/12/2020	8.59	14/01/2021	8.88	26/01/2021	10.69
31/12/2020	11.01	14/01/2021	10.54	26/01/2021	10.53
31/12/2020	11.32	14/01/2021	8.61	26/01/2021	8.90
31/12/2020	9.85	14/01/2021	11.75	26/01/2021	10.87
31/12/2020	9.31	14/01/2021	9.13	26/01/2021	7.78
2/01/2021	8.69	14/01/2021	9.61	26/01/2021	8.38
2/01/2021	10.04	14/01/2021	11.11	26/01/2021	8.49
2/01/2021	10.04	14/01/2021	11.27	26/01/2021	8.90
2/01/2021	9.39	14/01/2021	8.88	26/01/2021	10.38
2/01/2021	8.83	14/01/2021	11.96	26/01/2021	8.95
2/01/2021	10.22	14/01/2021	8.47	26/01/2021	10.36
2/01/2021	10.81	14/01/2021	9.53	26/01/2021	9.13
2/01/2021	9.65	14/01/2021	11.40	26/01/2021	10.45
2/01/2021	9.86	14/01/2021	9.59	26/01/2021	8.38
2/01/2021	8.55	14/01/2021	9.43	26/01/2021	9.80



Fecha	ICA	Fecha	ICA	Fecha	ICA
2/01/2021	9.43	14/01/2021	10.02	26/01/2021	11.06
2/01/2021	11.05	14/01/2021	11.29	26/01/2021	7.88
2/01/2021	9.28	14/01/2021	8.27	28/01/2021	8.06
2/01/2021	8.63	14/01/2021	11.61	28/01/2021	11.14
2/01/2021	8.96	14/01/2021	8.54	28/01/2021	11.39
2/01/2021	9.96	14/01/2021	9.48	28/01/2021	9.66
2/01/2021	8.72	14/01/2021	9.89	28/01/2021	9.72
2/01/2021	8.45	14/01/2021	10.38	28/01/2021	8.89
2/01/2021	10.20	11/10/2019	8.03	28/01/2021	10.46
2/01/2021	8.64	16/01/2021	9.15	28/01/2021	10.12
2/01/2021	10.04	16/01/2021	9.30	28/01/2021	8.66
2/01/2021	10.65	16/01/2021	8.53	28/01/2021	8.75
2/01/2021	9.91	16/01/2021	9.59	28/01/2021	9.26
2/01/2021	8.39	16/01/2021	10.24	28/01/2021	9.56
4/01/2021	11.00	16/01/2021	10.86	28/01/2021	8.50
4/01/2021	9.86	16/01/2021	9.22	28/01/2021	8.62
4/01/2021	11.35	16/01/2021	9.24	28/01/2021	9.61
4/01/2021	8.24	16/01/2021	8.40	28/01/2021	10.29
4/01/2021	9.73	16/01/2021	9.30	28/01/2021	8.99
4/01/2021	10.87	16/01/2021	9.49	28/01/2021	7.94
4/01/2021	11.12	16/01/2021	10.88	28/01/2021	7.78
4/01/2021	8.73	16/01/2021	11.72	28/01/2021	8.43
4/01/2021	10.61	16/01/2021	8.65	28/01/2021	10.36
4/01/2021	8.91	16/01/2021	10.44	28/01/2021	11.36
4/01/2021	11.78	16/01/2021	9.80	28/01/2021	8.37
4/01/2021	10.49	16/01/2021	8.22	28/01/2021	9.72
4/01/2021	9.40	16/01/2021	9.79	-	-
4/01/2021	11.07	16/01/2021	10.32	-	-
4/01/2021	8.88	16/01/2021	9.51	-	-
4/01/2021	11.21	16/01/2021	11.15	-	-
4/01/2021	11.20	16/01/2021	8.39	-	-
4/01/2021	9.34	16/01/2021	8.26	-	-
4/01/2021	9.85	18/01/2021	9.25	-	-
4/01/2021	9.16	18/01/2021	8.68	-	-
4/01/2021	9.70	18/01/2021	10.69	-	-
4/01/2021	11.57	18/01/2021	9.77	-	-
4/01/2021	8.37	18/01/2021	9.17	-	-
4/01/2021	10.63	18/01/2021	9.58	-	-
6/01/2021	9.98	18/01/2021	9.37	-	-
6/01/2021	8.36	18/01/2021	8.18	-	-
6/01/2021	7.29	18/01/2021	10.32	-	-
6/01/2021	9.89	18/01/2021	10.53	-	-
6/01/2021	9.26	18/01/2021	11.25	-	-
6/01/2021	10.84	18/01/2021	9.68	-	-

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.



Tabla 33. Resultados ICA-Dióxido de Nitrógeno (NO₂) para Provienda 2

Fecha	ICA	Fecha	ICA	Fecha	ICA
25/12/2020	9.56	6/01/2021	10.33	18/01/2021	8.72
25/12/2020	9.51	6/01/2021	8.96	18/01/2021	8.83
25/12/2020	9.49	6/01/2021	9.52	18/01/2021	8.00
25/12/2020	8.39	6/01/2021	10.25	18/01/2021	9.98
25/12/2020	9.69	6/01/2021	10.10	18/01/2021	11.62
25/12/2020	9.59	6/01/2021	8.11	18/01/2021	7.90
25/12/2020	9.49	6/01/2021	10.07	18/01/2021	10.13
25/12/2020	7.94	6/01/2021	10.13	18/01/2021	9.47
25/12/2020	9.63	6/01/2021	10.61	18/01/2021	9.32
25/12/2020	8.71	6/01/2021	10.04	18/01/2021	9.40
25/12/2020	9.70	6/01/2021	10.69	18/01/2021	11.83
25/12/2020	9.51	6/01/2021	8.14	18/01/2021	8.52
25/12/2020	10.86	6/01/2021	9.98	20/01/2021	9.40
25/12/2020	10.05	6/01/2021	10.48	20/01/2021	11.09
25/12/2020	8.88	6/01/2021	8.95	20/01/2021	11.54
25/12/2020	9.93	6/01/2021	9.48	20/01/2021	9.03
25/12/2020	10.65	6/01/2021	8.84	20/01/2021	9.64
25/12/2020	9.83	6/01/2021	10.85	20/01/2021	10.32
25/12/2020	9.07	8/01/2021	11.48	20/01/2021	10.85
25/12/2020	11.76	8/01/2021	9.41	20/01/2021	9.18
25/12/2020	10.45	8/01/2021	11.17	20/01/2021	9.95
25/12/2020	9.02	8/01/2021	8.48	20/01/2021	9.80
25/12/2020	9.57	8/01/2021	8.64	20/01/2021	9.52
25/12/2020	8.33	8/01/2021	10.05	20/01/2021	8.41
27/12/2020	10.42	8/01/2021	7.99	20/01/2021	9.62
27/12/2020	9.35	8/01/2021	11.62	20/01/2021	11.09
27/12/2020	9.42	8/01/2021	9.86	20/01/2021	9.86
27/12/2020	7.58	8/01/2021	9.46	20/01/2021	8.03
27/12/2020	11.06	8/01/2021	11.40	20/01/2021	7.71
27/12/2020	9.70	8/01/2021	9.00	20/01/2021	8.74
27/12/2020	10.46	8/01/2021	10.30	20/01/2021	10.31
27/12/2020	8.79	8/01/2021	9.29	20/01/2021	9.76
27/12/2020	9.95	8/01/2021	9.97	20/01/2021	9.22
27/12/2020	10.82	8/01/2021	9.48	20/01/2021	9.88
27/12/2020	7.49	8/01/2021	10.60	20/01/2021	8.95
27/12/2020	7.86	8/01/2021	10.56	20/01/2021	11.29
27/12/2020	8.39	8/01/2021	8.63	22/01/2021	11.34
27/12/2020	9.19	8/01/2021	8.30	22/01/2021	10.21
27/12/2020	7.67	8/01/2021	9.25	22/01/2021	9.92
27/12/2020	8.33	8/01/2021	8.25	22/01/2021	9.21
27/12/2020	9.02	8/01/2021	9.35	22/01/2021	9.61
27/12/2020	10.44	8/01/2021	9.54	22/01/2021	9.96
27/12/2020	10.08	10/01/2021	9.46	22/01/2021	11.03
27/12/2020	8.46	10/01/2021	10.81	22/01/2021	8.34



Fecha	ICA	Fecha	ICA	Fecha	ICA
27/12/2020	11.08	10/01/2021	9.66	22/01/2021	9.61
27/12/2020	7.28	10/01/2021	10.66	22/01/2021	10.17
27/12/2020	9.27	10/01/2021	10.33	22/01/2021	9.72
27/12/2020	10.46	10/01/2021	9.77	22/01/2021	10.97
29/12/2020	9.01	10/01/2021	8.84	22/01/2021	10.16
29/12/2020	9.42	10/01/2021	10.99	22/01/2021	8.93
29/12/2020	8.41	10/01/2021	8.96	22/01/2021	9.46
29/12/2020	9.89	10/01/2021	10.27	22/01/2021	8.68
29/12/2020	10.65	10/01/2021	9.86	22/01/2021	9.44
29/12/2020	9.68	10/01/2021	9.02	22/01/2021	9.96
29/12/2020	9.35	10/01/2021	10.90	22/01/2021	11.81
29/12/2020	9.66	10/01/2021	10.04	22/01/2021	8.27
29/12/2020	11.14	10/01/2021	9.78	22/01/2021	11.39
29/12/2020	9.78	10/01/2021	11.17	22/01/2021	10.72
29/12/2020	10.84	10/01/2021	10.15	22/01/2021	8.89
29/12/2020	9.79	10/01/2021	11.43	22/01/2021	10.77
29/12/2020	9.45	10/01/2021	10.19	24/01/2021	10.75
29/12/2020	10.22	10/01/2021	9.95	24/01/2021	10.27
29/12/2020	10.36	10/01/2021	9.39	24/01/2021	8.72
29/12/2020	9.92	10/01/2021	8.51	24/01/2021	9.49
29/12/2020	8.74	10/01/2021	10.48	24/01/2021	11.66
29/12/2020	9.91	10/01/2021	10.23	24/01/2021	11.66
29/12/2020	11.36	12/01/2021	11.78	24/01/2021	8.98
29/12/2020	10.03	12/01/2021	9.75	24/01/2021	9.97
29/12/2020	9.75	12/01/2021	8.96	24/01/2021	9.78
29/12/2020	8.47	12/01/2021	9.40	24/01/2021	9.25
29/12/2020	9.95	12/01/2021	9.66	24/01/2021	9.60
29/12/2020	9.81	12/01/2021	11.44	24/01/2021	10.39
31/12/2020	10.02	12/01/2021	9.23	24/01/2021	8.98
31/12/2020	9.76	12/01/2021	9.12	24/01/2021	10.66
31/12/2020	11.12	12/01/2021	9.09	24/01/2021	10.10
31/12/2020	9.05	12/01/2021	10.66	24/01/2021	9.17
31/12/2020	9.45	12/01/2021	10.53	24/01/2021	8.68
31/12/2020	9.87	12/01/2021	9.25	24/01/2021	10.52
31/12/2020	8.05	12/01/2021	10.31	24/01/2021	8.95
31/12/2020	10.48	12/01/2021	10.14	24/01/2021	9.55
31/12/2020	8.86	12/01/2021	9.29	24/01/2021	8.33
31/12/2020	9.59	12/01/2021	9.10	24/01/2021	8.91
31/12/2020	9.66	12/01/2021	10.23	24/01/2021	9.72
31/12/2020	10.91	12/01/2021	8.85	24/01/2021	8.64
31/12/2020	9.99	12/01/2021	10.61	26/01/2021	8.97
31/12/2020	11.07	12/01/2021	10.69	26/01/2021	9.51
31/12/2020	8.48	12/01/2021	11.34	26/01/2021	8.76
31/12/2020	9.68	12/01/2021	8.65	26/01/2021	7.47
31/12/2020	10.42	12/01/2021	8.32	26/01/2021	8.13



Fecha	ICA	Fecha	ICA	Fecha	ICA
31/12/2020	9.55	12/01/2021	9.73	26/01/2021	7.88
31/12/2020	10.43	14/01/2021	8.94	26/01/2021	10.76
31/12/2020	9.73	14/01/2021	9.86	26/01/2021	8.00
31/12/2020	7.37	14/01/2021	8.62	26/01/2021	9.93
31/12/2020	8.53	14/01/2021	8.33	26/01/2021	10.00
31/12/2020	11.38	14/01/2021	9.91	26/01/2021	10.07
31/12/2020	10.26	14/01/2021	7.50	26/01/2021	7.87
2/01/2021	8.63	14/01/2021	7.58	26/01/2021	8.82
2/01/2021	9.17	14/01/2021	9.66	26/01/2021	8.76
2/01/2021	10.86	14/01/2021	8.93	26/01/2021	9.83
2/01/2021	8.59	14/01/2021	8.67	26/01/2021	9.43
2/01/2021	9.09	14/01/2021	8.07	26/01/2021	8.40
2/01/2021	7.61	14/01/2021	9.11	26/01/2021	9.25
2/01/2021	9.26	14/01/2021	9.42	26/01/2021	9.08
2/01/2021	10.11	14/01/2021	8.25	26/01/2021	9.62
2/01/2021	7.94	14/01/2021	9.19	26/01/2021	9.88
2/01/2021	11.43	14/01/2021	9.79	26/01/2021	9.87
2/01/2021	10.53	14/01/2021	11.21	26/01/2021	9.11
2/01/2021	9.64	14/01/2021	11.35	26/01/2021	9.09
2/01/2021	9.95	14/01/2021	9.98	28/01/2021	9.26
2/01/2021	10.70	14/01/2021	11.72	28/01/2021	11.79
2/01/2021	9.75	14/01/2021	7.63	28/01/2021	10.35
2/01/2021	9.58	14/01/2021	10.21	28/01/2021	10.13
2/01/2021	8.02	14/01/2021	9.85	28/01/2021	8.27
2/01/2021	9.62	14/01/2021	11.00	28/01/2021	10.83
2/01/2021	9.88	11/10/2019	8.89	28/01/2021	10.01
2/01/2021	10.53	16/01/2021	8.31	28/01/2021	9.53
2/01/2021	9.34	16/01/2021	11.44	28/01/2021	8.94
2/01/2021	10.76	16/01/2021	9.09	28/01/2021	10.79
2/01/2021	11.62	16/01/2021	10.47	28/01/2021	10.64
2/01/2021	9.37	16/01/2021	8.17	28/01/2021	10.42
4/01/2021	9.91	16/01/2021	9.89	28/01/2021	9.98
4/01/2021	8.68	16/01/2021	8.12	28/01/2021	8.29
4/01/2021	9.56	16/01/2021	11.13	28/01/2021	8.96
4/01/2021	8.24	16/01/2021	11.11	28/01/2021	9.97
4/01/2021	8.85	16/01/2021	9.67	28/01/2021	9.96
4/01/2021	8.05	16/01/2021	10.36	28/01/2021	10.04
4/01/2021	9.25	16/01/2021	9.17	28/01/2021	9.57
4/01/2021	10.55	16/01/2021	10.46	28/01/2021	8.52
4/01/2021	9.50	16/01/2021	11.38	28/01/2021	7.78
4/01/2021	8.35	16/01/2021	9.93	28/01/2021	9.78
4/01/2021	8.96	16/01/2021	9.45	28/01/2021	10.43
4/01/2021	9.51	16/01/2021	11.04	28/01/2021	9.49
4/01/2021	8.79	16/01/2021	10.71	-	-
4/01/2021	8.04	16/01/2021	10.64	-	-



Fecha	ICA	Fecha	ICA	Fecha	ICA
4/01/2021	11.37	16/01/2021	9.09	-	-
4/01/2021	8.89	16/01/2021	10.59	-	-
4/01/2021	7.90	16/01/2021	9.02	-	-
4/01/2021	9.50	16/01/2021	10.27	-	-
4/01/2021	8.36	18/01/2021	10.89	-	-
4/01/2021	9.91	18/01/2021	10.24	-	-
4/01/2021	11.83	18/01/2021	10.85	-	-
4/01/2021	9.64	18/01/2021	7.87	-	-
4/01/2021	10.86	18/01/2021	10.66	-	-
4/01/2021	10.79	18/01/2021	9.85	-	-
6/01/2021	9.97	18/01/2021	10.69	-	-
6/01/2021	9.11	18/01/2021	9.77	-	-
6/01/2021	8.43	18/01/2021	8.41	-	-
6/01/2021	9.39	18/01/2021	9.04	-	-
6/01/2021	9.30	18/01/2021	11.25	-	-
6/01/2021	10.11	18/01/2021	10.35	-	-

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

De los 432 datos tomados y analizados en las estaciones de monitoreo 1 y 2, se establece que el 100% de estas se encontró en un rango de 0-50, lo cual indica que el aire es de **buena** calidad y que la contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud.

7.5 Monóxido de Carbono (CO)

Los puntos de corte para el CO se presentan en la **Tabla 35**

Tabla 34. Clasificación de la calidad de aire CO

Color y Rango ICA	Calidad de Aire	CO
		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0 – 50	Buena	0-5094
51-100	Aceptable	5095-10819
101 – 150	Dañina a la Salud de grupos sensibles	10820-14254
151 – 200	Dañina a la salud	14255-17688
201 – 300	Muy Dañina para la salud	17689-34862
301 – 500	Peligrosa	34863-57703

Fuente: Resolución 2254 de 2017, MADS.

Tabla 35. Puntos de corte del ICA para CO

	0-5094	5095-10819	10820-14254	14255-17688	17689-34862	34863-57703
I _{alto}	50	100	150	200	300	400
I _{bajo}	0	51	101	151	201	301
PC _{alto}	5094	10819	14254	17688	34862	57703
PC _{bajo}	0	5095	10820	14255	17689	34863

Fuente: Resolución 2254 de 2017.



Tabla 36. Índices de calidad de aire CO para Provienda 1

Fecha	Media móvil 8 horas			ICA	Fecha	Media móvil 8 horas			ICA
25/12/2020	0:00	-	7:00	25.88	10/01/2021	21:00	-	4:00	28.38
25/12/2020	1:00	-	8:00	27.20	10/01/2021	22:00	-	5:00	27.25
25/12/2020	2:00	-	9:00	27.64	10/01/2021	23:00	-	6:00	27.13
25/12/2020	3:00	-	10:00	27.08	12/01/2021	0:00	-	7:00	25.22
25/12/2020	4:00	-	11:00	26.99	12/01/2021	1:00	-	8:00	23.71
25/12/2020	5:00	-	12:00	26.84	12/01/2021	2:00	-	9:00	24.97
25/12/2020	6:00	-	13:00	26.83	12/01/2021	3:00	-	10:00	23.57
25/12/2020	7:00	-	14:00	25.95	12/01/2021	4:00	-	11:00	24.31
25/12/2020	8:00	-	15:00	26.14	12/01/2021	5:00	-	12:00	22.06
25/12/2020	9:00	-	16:00	25.23	12/01/2021	6:00	-	13:00	22.11
25/12/2020	10:00	-	17:00	25.53	12/01/2021	7:00	-	14:00	22.57
25/12/2020	11:00	-	18:00	25.13	12/01/2021	8:00	-	15:00	24.86
25/12/2020	12:00	-	19:00	25.49	12/01/2021	9:00	-	16:00	26.03
25/12/2020	13:00	-	20:00	25.39	12/01/2021	10:00	-	17:00	25.78
25/12/2020	14:00	-	21:00	25.78	12/01/2021	11:00	-	18:00	26.76
25/12/2020	15:00	-	22:00	26.79	12/01/2021	12:00	-	19:00	26.39
25/12/2020	16:00	-	23:00	26.08	12/01/2021	13:00	-	20:00	27.07
25/12/2020	17:00	-	0:00	26.68	12/01/2021	14:00	-	21:00	27.66
25/12/2020	18:00	-	1:00	27.40	12/01/2021	15:00	-	22:00	27.76
25/12/2020	19:00	-	2:00	28.59	12/01/2021	16:00	-	23:00	26.10
25/12/2020	20:00	-	3:00	27.76	12/01/2021	17:00	-	0:00	24.77
25/12/2020	21:00	-	4:00	27.67	12/01/2021	18:00	-	1:00	24.51
25/12/2020	22:00	-	5:00	27.34	12/01/2021	19:00	-	2:00	24.39
25/12/2020	23:00	-	6:00	25.94	12/01/2021	20:00	-	3:00	24.15
27/12/2020	0:00	-	7:00	26.15	12/01/2021	21:00	-	4:00	23.48
27/12/2020	1:00	-	8:00	25.77	12/01/2021	22:00	-	5:00	22.72
27/12/2020	2:00	-	9:00	25.85	12/01/2021	23:00	-	6:00	21.92
27/12/2020	3:00	-	10:00	23.88	14/01/2021	0:00	-	7:00	23.29
27/12/2020	4:00	-	11:00	23.68	14/01/2021	1:00	-	8:00	23.80
27/12/2020	5:00	-	12:00	22.42	14/01/2021	2:00	-	9:00	24.59
27/12/2020	6:00	-	13:00	23.43	14/01/2021	3:00	-	10:00	25.50
27/12/2020	7:00	-	14:00	25.04	14/01/2021	4:00	-	11:00	24.73
27/12/2020	8:00	-	15:00	25.17	14/01/2021	5:00	-	12:00	24.87
27/12/2020	9:00	-	16:00	24.89	14/01/2021	6:00	-	13:00	24.88
27/12/2020	10:00	-	17:00	24.74	14/01/2021	7:00	-	14:00	25.58
27/12/2020	11:00	-	18:00	25.74	14/01/2021	8:00	-	15:00	25.25
27/12/2020	12:00	-	19:00	26.71	14/01/2021	9:00	-	16:00	25.11
27/12/2020	13:00	-	20:00	28.22	14/01/2021	10:00	-	17:00	24.08
27/12/2020	14:00	-	21:00	25.85	14/01/2021	11:00	-	18:00	23.28
27/12/2020	15:00	-	22:00	25.39	14/01/2021	12:00	-	19:00	23.60
27/12/2020	16:00	-	23:00	24.69	14/01/2021	13:00	-	20:00	23.74
27/12/2020	17:00	-	0:00	25.83	14/01/2021	14:00	-	21:00	23.95
27/12/2020	18:00	-	1:00	25.00	14/01/2021	15:00	-	22:00	23.67
27/12/2020	19:00	-	2:00	24.41	14/01/2021	16:00	-	23:00	23.47



Fecha	Media móvil 8 horas			ICA	Fecha	Media móvil 8 horas			ICA
27/12/2020	20:00	-	3:00	23.82	11/10/2019	17:00	-	0:00	24.21
27/12/2020	21:00	-	4:00	23.20	14/01/2021	18:00	-	1:00	23.68
27/12/2020	22:00	-	5:00	23.97	14/01/2021	19:00	-	2:00	24.49
27/12/2020	23:00	-	6:00	24.59	14/01/2021	20:00	-	3:00	24.56
29/12/2020	0:00	-	7:00	26.20	14/01/2021	21:00	-	4:00	25.03
29/12/2020	1:00	-	8:00	25.40	14/01/2021	22:00	-	5:00	24.08
29/12/2020	2:00	-	9:00	24.31	14/01/2021	23:00	-	6:00	24.05
29/12/2020	3:00	-	10:00	25.62	16/01/2021	0:00	-	7:00	24.23
29/12/2020	4:00	-	11:00	25.25	16/01/2021	1:00	-	8:00	22.55
29/12/2020	5:00	-	12:00	25.51	16/01/2021	2:00	-	9:00	22.78
29/12/2020	6:00	-	13:00	25.87	16/01/2021	3:00	-	10:00	21.45
29/12/2020	7:00	-	14:00	24.87	16/01/2021	4:00	-	11:00	22.86
29/12/2020	8:00	-	15:00	23.53	16/01/2021	5:00	-	12:00	22.02
29/12/2020	9:00	-	16:00	23.09	16/01/2021	6:00	-	13:00	22.55
29/12/2020	10:00	-	17:00	23.86	16/01/2021	7:00	-	14:00	22.24
29/12/2020	11:00	-	18:00	22.37	16/01/2021	8:00	-	15:00	21.85
29/12/2020	12:00	-	19:00	22.61	16/01/2021	9:00	-	16:00	23.57
29/12/2020	13:00	-	20:00	22.92	16/01/2021	10:00	-	17:00	23.48
29/12/2020	14:00	-	21:00	22.34	16/01/2021	11:00	-	18:00	25.22
29/12/2020	15:00	-	22:00	22.70	16/01/2021	12:00	-	19:00	24.26
29/12/2020	16:00	-	23:00	23.35	16/01/2021	13:00	-	20:00	24.84
29/12/2020	17:00	-	0:00	24.02	16/01/2021	14:00	-	21:00	25.51
29/12/2020	18:00	-	1:00	25.10	16/01/2021	15:00	-	22:00	26.99
29/12/2020	19:00	-	2:00	25.90	16/01/2021	16:00	-	23:00	27.40
29/12/2020	20:00	-	3:00	25.67	16/01/2021	17:00	-	0:00	25.75
29/12/2020	21:00	-	4:00	24.43	16/01/2021	18:00	-	1:00	25.68
29/12/2020	22:00	-	5:00	25.37	16/01/2021	19:00	-	2:00	23.68
29/12/2020	23:00	-	6:00	25.39	16/01/2021	20:00	-	3:00	24.35
31/12/2020	0:00	-	7:00	25.23	16/01/2021	21:00	-	4:00	24.87
31/12/2020	1:00	-	8:00	25.81	16/01/2021	22:00	-	5:00	24.62
31/12/2020	2:00	-	9:00	25.63	16/01/2021	23:00	-	6:00	22.62
31/12/2020	3:00	-	10:00	24.71	18/01/2021	0:00	-	7:00	22.90
31/12/2020	4:00	-	11:00	24.77	18/01/2021	1:00	-	8:00	24.09
31/12/2020	5:00	-	12:00	25.71	18/01/2021	2:00	-	9:00	24.31
31/12/2020	6:00	-	13:00	24.68	18/01/2021	3:00	-	10:00	24.42
31/12/2020	7:00	-	14:00	24.35	18/01/2021	4:00	-	11:00	24.38
31/12/2020	8:00	-	15:00	24.55	18/01/2021	5:00	-	12:00	23.69
31/12/2020	9:00	-	16:00	23.25	18/01/2021	6:00	-	13:00	23.45
31/12/2020	10:00	-	17:00	21.65	18/01/2021	7:00	-	14:00	25.28
31/12/2020	11:00	-	18:00	22.14	18/01/2021	8:00	-	15:00	25.09
31/12/2020	12:00	-	19:00	21.14	18/01/2021	9:00	-	16:00	25.34
31/12/2020	13:00	-	20:00	21.17	18/01/2021	10:00	-	17:00	25.84
31/12/2020	14:00	-	21:00	23.21	18/01/2021	11:00	-	18:00	26.09
31/12/2020	15:00	-	22:00	22.89	18/01/2021	12:00	-	19:00	25.31
31/12/2020	16:00	-	23:00	23.38	18/01/2021	13:00	-	20:00	25.90



Fecha	Media móvil 8 horas			ICA	Fecha	Media móvil 8 horas			ICA
31/12/2020	17:00	-	0:00	24.07	18/01/2021	14:00	-	21:00	25.64
31/12/2020	18:00	-	1:00	25.76	18/01/2021	15:00	-	22:00	24.71
31/12/2020	19:00	-	2:00	26.65	18/01/2021	16:00	-	23:00	24.15
31/12/2020	20:00	-	3:00	26.95	18/01/2021	17:00	-	0:00	23.00
31/12/2020	21:00	-	4:00	28.17	18/01/2021	18:00	-	1:00	22.46
31/12/2020	22:00	-	5:00	27.52	18/01/2021	19:00	-	2:00	23.62
31/12/2020	23:00	-	6:00	26.90	18/01/2021	20:00	-	3:00	23.46
2/01/2021	0:00	-	7:00	26.64	18/01/2021	21:00	-	4:00	23.53
2/01/2021	1:00	-	8:00	26.50	18/01/2021	22:00	-	5:00	24.96
2/01/2021	2:00	-	9:00	25.65	18/01/2021	23:00	-	6:00	24.67
2/01/2021	3:00	-	10:00	25.30	20/01/2021	0:00	-	7:00	24.65
2/01/2021	4:00	-	11:00	25.32	20/01/2021	1:00	-	8:00	25.85
2/01/2021	5:00	-	12:00	24.66	20/01/2021	2:00	-	9:00	27.33
2/01/2021	6:00	-	13:00	24.57	20/01/2021	3:00	-	10:00	26.46
2/01/2021	7:00	-	14:00	25.71	20/01/2021	4:00	-	11:00	26.13
2/01/2021	8:00	-	15:00	24.85	20/01/2021	5:00	-	12:00	25.14
2/01/2021	9:00	-	16:00	25.22	20/01/2021	6:00	-	13:00	24.21
2/01/2021	10:00	-	17:00	26.21	20/01/2021	7:00	-	14:00	23.69
2/01/2021	11:00	-	18:00	25.36	20/01/2021	8:00	-	15:00	24.44
2/01/2021	12:00	-	19:00	25.72	20/01/2021	9:00	-	16:00	24.16
2/01/2021	13:00	-	20:00	25.49	20/01/2021	10:00	-	17:00	24.06
2/01/2021	14:00	-	21:00	24.07	20/01/2021	11:00	-	18:00	25.20
2/01/2021	15:00	-	22:00	23.08	20/01/2021	12:00	-	19:00	24.99
2/01/2021	16:00	-	23:00	24.01	20/01/2021	13:00	-	20:00	26.63
2/01/2021	17:00	-	0:00	23.55	20/01/2021	14:00	-	21:00	25.59
2/01/2021	18:00	-	1:00	21.34	20/01/2021	15:00	-	22:00	26.39
2/01/2021	19:00	-	2:00	21.67	20/01/2021	16:00	-	23:00	25.89
2/01/2021	20:00	-	3:00	21.82	20/01/2021	17:00	-	0:00	25.52
2/01/2021	21:00	-	4:00	22.20	20/01/2021	18:00	-	1:00	24.89
2/01/2021	22:00	-	5:00	23.00	20/01/2021	19:00	-	2:00	24.41
2/01/2021	23:00	-	6:00	24.79	20/01/2021	20:00	-	3:00	25.89
4/01/2021	0:00	-	7:00	23.20	20/01/2021	21:00	-	4:00	24.88
4/01/2021	1:00	-	8:00	23.26	20/01/2021	22:00	-	5:00	25.22
4/01/2021	2:00	-	9:00	24.83	20/01/2021	23:00	-	6:00	24.10
4/01/2021	3:00	-	10:00	25.50	22/01/2021	0:00	-	7:00	24.50
4/01/2021	4:00	-	11:00	25.64	22/01/2021	1:00	-	8:00	24.06
4/01/2021	5:00	-	12:00	24.97	22/01/2021	2:00	-	9:00	24.31
4/01/2021	6:00	-	13:00	25.20	22/01/2021	3:00	-	10:00	23.59
4/01/2021	7:00	-	14:00	24.70	22/01/2021	4:00	-	11:00	22.53
4/01/2021	8:00	-	15:00	25.93	22/01/2021	5:00	-	12:00	23.14
4/01/2021	9:00	-	16:00	25.86	22/01/2021	6:00	-	13:00	23.86
4/01/2021	10:00	-	17:00	25.46	22/01/2021	7:00	-	14:00	24.83
4/01/2021	11:00	-	18:00	25.88	22/01/2021	8:00	-	15:00	22.92
4/01/2021	12:00	-	19:00	25.87	22/01/2021	9:00	-	16:00	22.89
4/01/2021	13:00	-	20:00	26.74	22/01/2021	10:00	-	17:00	22.91



Fecha	Media móvil 8 horas			ICA	Fecha	Media móvil 8 horas			ICA
4/01/2021	14:00	-	21:00	27.15	22/01/2021	11:00	-	18:00	23.01
4/01/2021	15:00	-	22:00	26.95	22/01/2021	12:00	-	19:00	23.19
4/01/2021	16:00	-	23:00	26.69	22/01/2021	13:00	-	20:00	23.32
4/01/2021	17:00	-	0:00	27.80	22/01/2021	14:00	-	21:00	22.91
4/01/2021	18:00	-	1:00	27.63	22/01/2021	15:00	-	22:00	23.26
4/01/2021	19:00	-	2:00	26.29	22/01/2021	16:00	-	23:00	24.09
4/01/2021	20:00	-	3:00	25.92	22/01/2021	17:00	-	0:00	24.53
4/01/2021	21:00	-	4:00	25.50	22/01/2021	18:00	-	1:00	25.25
4/01/2021	22:00	-	5:00	25.55	22/01/2021	19:00	-	2:00	25.28
4/01/2021	23:00	-	6:00	25.65	22/01/2021	20:00	-	3:00	25.29
6/01/2021	0:00	-	7:00	26.22	22/01/2021	21:00	-	4:00	25.19
6/01/2021	1:00	-	8:00	25.59	22/01/2021	22:00	-	5:00	24.20
6/01/2021	2:00	-	9:00	25.31	22/01/2021	23:00	-	6:00	23.81
6/01/2021	3:00	-	10:00	26.74	24/01/2021	0:00	-	7:00	24.30
6/01/2021	4:00	-	11:00	27.32	24/01/2021	1:00	-	8:00	24.77
6/01/2021	5:00	-	12:00	26.59	24/01/2021	2:00	-	9:00	22.62
6/01/2021	6:00	-	13:00	25.80	24/01/2021	3:00	-	10:00	23.16
6/01/2021	7:00	-	14:00	25.40	24/01/2021	4:00	-	11:00	23.72
6/01/2021	8:00	-	15:00	24.87	24/01/2021	5:00	-	12:00	23.46
6/01/2021	9:00	-	16:00	24.48	24/01/2021	6:00	-	13:00	24.94
6/01/2021	10:00	-	17:00	23.75	24/01/2021	7:00	-	14:00	24.35
6/01/2021	11:00	-	18:00	23.20	24/01/2021	8:00	-	15:00	23.82
6/01/2021	12:00	-	19:00	22.98	24/01/2021	9:00	-	16:00	23.78
6/01/2021	13:00	-	20:00	22.52	24/01/2021	10:00	-	17:00	24.60
6/01/2021	14:00	-	21:00	23.54	24/01/2021	11:00	-	18:00	23.55
6/01/2021	15:00	-	22:00	24.27	24/01/2021	12:00	-	19:00	23.48
6/01/2021	16:00	-	23:00	24.33	24/01/2021	13:00	-	20:00	23.51
6/01/2021	17:00	-	0:00	24.20	24/01/2021	14:00	-	21:00	23.40
6/01/2021	18:00	-	1:00	25.79	24/01/2021	15:00	-	22:00	24.21
6/01/2021	19:00	-	2:00	25.01	24/01/2021	16:00	-	23:00	25.80
6/01/2021	20:00	-	3:00	25.53	24/01/2021	17:00	-	0:00	24.47
6/01/2021	21:00	-	4:00	25.40	24/01/2021	18:00	-	1:00	24.67
6/01/2021	22:00	-	5:00	24.54	24/01/2021	19:00	-	2:00	25.23
6/01/2021	23:00	-	6:00	24.26	24/01/2021	20:00	-	3:00	25.36
8/01/2021	0:00	-	7:00	23.46	24/01/2021	21:00	-	4:00	24.80
8/01/2021	1:00	-	8:00	23.99	24/01/2021	22:00	-	5:00	24.79
8/01/2021	2:00	-	9:00	22.89	24/01/2021	23:00	-	6:00	24.86
8/01/2021	3:00	-	10:00	22.94	26/01/2021	0:00	-	7:00	23.71
8/01/2021	4:00	-	11:00	21.86	26/01/2021	1:00	-	8:00	24.07
8/01/2021	5:00	-	12:00	22.85	26/01/2021	2:00	-	9:00	24.04
8/01/2021	6:00	-	13:00	22.00	26/01/2021	3:00	-	10:00	24.28
8/01/2021	7:00	-	14:00	20.30	26/01/2021	4:00	-	11:00	23.42
8/01/2021	8:00	-	15:00	20.67	26/01/2021	5:00	-	12:00	22.52
8/01/2021	9:00	-	16:00	21.25	26/01/2021	6:00	-	13:00	22.60
8/01/2021	10:00	-	17:00	23.08	26/01/2021	7:00	-	14:00	22.12



Fecha	Media móvil 8 horas			ICA	Fecha	Media móvil 8 horas			ICA
8/01/2021	11:00	-	18:00	23.64	26/01/2021	8:00	-	15:00	22.11
8/01/2021	12:00	-	19:00	24.11	26/01/2021	9:00	-	16:00	23.09
8/01/2021	13:00	-	20:00	23.52	26/01/2021	10:00	-	17:00	23.03
8/01/2021	14:00	-	21:00	24.20	26/01/2021	11:00	-	18:00	23.11
8/01/2021	15:00	-	22:00	26.02	26/01/2021	12:00	-	19:00	22.50
8/01/2021	16:00	-	23:00	26.95	26/01/2021	13:00	-	20:00	22.80
8/01/2021	17:00	-	0:00	25.49	26/01/2021	14:00	-	21:00	23.58
8/01/2021	18:00	-	1:00	24.76	26/01/2021	15:00	-	22:00	24.56
8/01/2021	19:00	-	2:00	25.32	26/01/2021	16:00	-	23:00	25.29
8/01/2021	20:00	-	3:00	25.40	26/01/2021	17:00	-	0:00	24.81
8/01/2021	21:00	-	4:00	26.79	26/01/2021	18:00	-	1:00	25.33
8/01/2021	22:00	-	5:00	26.74	26/01/2021	19:00	-	2:00	25.48
8/01/2021	23:00	-	6:00	27.44	26/01/2021	20:00	-	3:00	27.44
10/01/2021	0:00	-	7:00	26.93	26/01/2021	21:00	-	4:00	27.79
10/01/2021	1:00	-	8:00	26.94	26/01/2021	22:00	-	5:00	25.89
10/01/2021	2:00	-	9:00	26.36	26/01/2021	23:00	-	6:00	26.53
10/01/2021	3:00	-	10:00	25.10	28/01/2021	0:00	-	7:00	25.97
10/01/2021	4:00	-	11:00	25.10	28/01/2021	1:00	-	8:00	25.49
10/01/2021	5:00	-	12:00	25.03	28/01/2021	2:00	-	9:00	25.90
10/01/2021	6:00	-	13:00	25.45	28/01/2021	3:00	-	10:00	25.79
10/01/2021	7:00	-	14:00	25.00	28/01/2021	4:00	-	11:00	24.06
10/01/2021	8:00	-	15:00	25.57	28/01/2021	5:00	-	12:00	24.01
10/01/2021	9:00	-	16:00	25.56	28/01/2021	6:00	-	13:00	25.54
10/01/2021	10:00	-	17:00	26.84	28/01/2021	7:00	-	14:00	24.03
10/01/2021	11:00	-	18:00	27.84	28/01/2021	8:00	-	15:00	23.53
10/01/2021	12:00	-	19:00	27.77	28/01/2021	9:00	-	16:00	25.14
10/01/2021	13:00	-	20:00	27.74	28/01/2021	10:00	-	17:00	25.28
10/01/2021	14:00	-	21:00	28.98	28/01/2021	11:00	-	18:00	24.61
10/01/2021	15:00	-	22:00	28.11	28/01/2021	12:00	-	19:00	26.48
10/01/2021	16:00	-	23:00	28.12	28/01/2021	13:00	-	20:00	27.31
10/01/2021	17:00	-	0:00	29.90	28/01/2021	14:00	-	21:00	26.17
10/01/2021	18:00	-	1:00	28.03	28/01/2021	15:00	-	22:00	25.64
10/01/2021	19:00	-	2:00	28.01	28/01/2021	16:00	-	23:00	25.31
10/01/2021	20:00	-	3:00	27.78	-	-	-	-	-

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

Tabla 37. Índices de calidad de aire CO para Provienda 2

Fecha	Media móvil 8 horas			ICA	Fecha	Media móvil 8 horas			ICA
25/12/2020	0:00	-	7:00	25.55	10/01/2021	21:00	-	4:00	25.44
25/12/2020	1:00	-	8:00	25.06	10/01/2021	22:00	-	5:00	25.72
25/12/2020	2:00	-	9:00	23.92	10/01/2021	23:00	-	6:00	26.46
25/12/2020	3:00	-	10:00	24.09	12/01/2021	0:00	-	7:00	25.69
25/12/2020	4:00	-	11:00	24.03	12/01/2021	1:00	-	8:00	24.34
25/12/2020	5:00	-	12:00	23.85	12/01/2021	2:00	-	9:00	26.12
25/12/2020	6:00	-	13:00	23.05	12/01/2021	3:00	-	10:00	25.28
25/12/2020	7:00	-	14:00	24.07	12/01/2021	4:00	-	11:00	25.13



Fecha	Media móvil 8 horas			ICA	Fecha	Media móvil 8 horas			ICA
25/12/2020	8:00	-	15:00	23.86	12/01/2021	5:00	-	12:00	24.96
25/12/2020	9:00	-	16:00	25.35	12/01/2021	6:00	-	13:00	24.87
25/12/2020	10:00	-	17:00	26.66	12/01/2021	7:00	-	14:00	23.84
25/12/2020	11:00	-	18:00	27.21	12/01/2021	8:00	-	15:00	23.59
25/12/2020	12:00	-	19:00	25.99	12/01/2021	9:00	-	16:00	23.74
25/12/2020	13:00	-	20:00	26.29	12/01/2021	10:00	-	17:00	22.89
25/12/2020	14:00	-	21:00	26.80	12/01/2021	11:00	-	18:00	23.27
25/12/2020	15:00	-	22:00	26.80	12/01/2021	12:00	-	19:00	22.18
25/12/2020	16:00	-	23:00	27.19	12/01/2021	13:00	-	20:00	21.52
25/12/2020	17:00	-	0:00	27.13	12/01/2021	14:00	-	21:00	20.72
25/12/2020	18:00	-	1:00	27.13	12/01/2021	15:00	-	22:00	20.60
25/12/2020	19:00	-	2:00	26.35	12/01/2021	16:00	-	23:00	20.77
25/12/2020	20:00	-	3:00	27.41	12/01/2021	17:00	-	0:00	21.25
25/12/2020	21:00	-	4:00	25.73	12/01/2021	18:00	-	1:00	21.92
25/12/2020	22:00	-	5:00	25.94	12/01/2021	19:00	-	2:00	22.91
25/12/2020	23:00	-	6:00	25.63	12/01/2021	20:00	-	3:00	23.87
27/12/2020	0:00	-	7:00	23.65	12/01/2021	21:00	-	4:00	23.57
27/12/2020	1:00	-	8:00	22.74	12/01/2021	22:00	-	5:00	24.81
27/12/2020	2:00	-	9:00	22.45	12/01/2021	23:00	-	6:00	26.42
27/12/2020	3:00	-	10:00	22.81	14/01/2021	0:00	-	7:00	26.32
27/12/2020	4:00	-	11:00	22.53	14/01/2021	1:00	-	8:00	26.78
27/12/2020	5:00	-	12:00	23.37	14/01/2021	2:00	-	9:00	26.09
27/12/2020	6:00	-	13:00	23.40	14/01/2021	3:00	-	10:00	25.57
27/12/2020	7:00	-	14:00	22.31	14/01/2021	4:00	-	11:00	25.69
27/12/2020	8:00	-	15:00	22.97	14/01/2021	5:00	-	12:00	26.52
27/12/2020	9:00	-	16:00	24.08	14/01/2021	6:00	-	13:00	24.89
27/12/2020	10:00	-	17:00	24.19	14/01/2021	7:00	-	14:00	25.23
27/12/2020	11:00	-	18:00	23.43	14/01/2021	8:00	-	15:00	25.07
27/12/2020	12:00	-	19:00	23.87	14/01/2021	9:00	-	16:00	24.13
27/12/2020	13:00	-	20:00	24.08	14/01/2021	10:00	-	17:00	23.70
27/12/2020	14:00	-	21:00	24.38	14/01/2021	11:00	-	18:00	22.94
27/12/2020	15:00	-	22:00	24.99	14/01/2021	12:00	-	19:00	22.89
27/12/2020	16:00	-	23:00	24.23	14/01/2021	13:00	-	20:00	23.23
27/12/2020	17:00	-	0:00	23.41	14/01/2021	14:00	-	21:00	24.60
27/12/2020	18:00	-	1:00	23.21	14/01/2021	15:00	-	22:00	23.68
27/12/2020	19:00	-	2:00	23.85	14/01/2021	16:00	-	23:00	23.96
27/12/2020	20:00	-	3:00	23.73	11/10/2019	17:00	-	0:00	25.58
27/12/2020	21:00	-	4:00	23.84	14/01/2021	18:00	-	1:00	26.45
27/12/2020	22:00	-	5:00	24.19	14/01/2021	19:00	-	2:00	27.58
27/12/2020	23:00	-	6:00	24.14	14/01/2021	20:00	-	3:00	27.77
29/12/2020	0:00	-	7:00	25.68	14/01/2021	21:00	-	4:00	26.66
29/12/2020	1:00	-	8:00	26.69	14/01/2021	22:00	-	5:00	25.46
29/12/2020	2:00	-	9:00	27.63	14/01/2021	23:00	-	6:00	25.95
29/12/2020	3:00	-	10:00	28.44	16/01/2021	0:00	-	7:00	26.23
29/12/2020	4:00	-	11:00	27.61	16/01/2021	1:00	-	8:00	24.37



Fecha	Media móvil 8 horas			ICA	Fecha	Media móvil 8 horas			ICA
29/12/2020	5:00	-	12:00	28.38	16/01/2021	2:00	-	9:00	24.28
29/12/2020	6:00	-	13:00	27.75	16/01/2021	3:00	-	10:00	24.17
29/12/2020	7:00	-	14:00	27.53	16/01/2021	4:00	-	11:00	24.00
29/12/2020	8:00	-	15:00	27.28	16/01/2021	5:00	-	12:00	23.88
29/12/2020	9:00	-	16:00	26.25	16/01/2021	6:00	-	13:00	24.25
29/12/2020	10:00	-	17:00	25.82	16/01/2021	7:00	-	14:00	24.49
29/12/2020	11:00	-	18:00	25.05	16/01/2021	8:00	-	15:00	24.30
29/12/2020	12:00	-	19:00	24.32	16/01/2021	9:00	-	16:00	24.92
29/12/2020	13:00	-	20:00	22.79	16/01/2021	10:00	-	17:00	25.87
29/12/2020	14:00	-	21:00	23.35	16/01/2021	11:00	-	18:00	24.23
29/12/2020	15:00	-	22:00	23.96	16/01/2021	12:00	-	19:00	24.03
29/12/2020	16:00	-	23:00	24.19	16/01/2021	13:00	-	20:00	25.26
29/12/2020	17:00	-	0:00	24.59	16/01/2021	14:00	-	21:00	25.77
29/12/2020	18:00	-	1:00	25.29	16/01/2021	15:00	-	22:00	24.49
29/12/2020	19:00	-	2:00	24.78	16/01/2021	16:00	-	23:00	23.39
29/12/2020	20:00	-	3:00	24.92	16/01/2021	17:00	-	0:00	24.02
29/12/2020	21:00	-	4:00	25.55	16/01/2021	18:00	-	1:00	23.02
29/12/2020	22:00	-	5:00	25.12	16/01/2021	19:00	-	2:00	24.46
29/12/2020	23:00	-	6:00	24.61	16/01/2021	20:00	-	3:00	25.54
31/12/2020	0:00	-	7:00	25.06	16/01/2021	21:00	-	4:00	25.10
31/12/2020	1:00	-	8:00	24.48	16/01/2021	22:00	-	5:00	25.30
31/12/2020	2:00	-	9:00	23.67	16/01/2021	23:00	-	6:00	26.02
31/12/2020	3:00	-	10:00	23.57	18/01/2021	0:00	-	7:00	26.85
31/12/2020	4:00	-	11:00	23.76	18/01/2021	1:00	-	8:00	26.66
31/12/2020	5:00	-	12:00	23.96	18/01/2021	2:00	-	9:00	26.46
31/12/2020	6:00	-	13:00	23.93	18/01/2021	3:00	-	10:00	26.03
31/12/2020	7:00	-	14:00	24.30	18/01/2021	4:00	-	11:00	25.40
31/12/2020	8:00	-	15:00	22.92	18/01/2021	5:00	-	12:00	26.15
31/12/2020	9:00	-	16:00	22.56	18/01/2021	6:00	-	13:00	26.73
31/12/2020	10:00	-	17:00	22.45	18/01/2021	7:00	-	14:00	26.33
31/12/2020	11:00	-	18:00	23.17	18/01/2021	8:00	-	15:00	25.48
31/12/2020	12:00	-	19:00	24.17	18/01/2021	9:00	-	16:00	25.07
31/12/2020	13:00	-	20:00	24.20	18/01/2021	10:00	-	17:00	25.56
31/12/2020	14:00	-	21:00	23.93	18/01/2021	11:00	-	18:00	26.07
31/12/2020	15:00	-	22:00	23.86	18/01/2021	12:00	-	19:00	26.33
31/12/2020	16:00	-	23:00	25.32	18/01/2021	13:00	-	20:00	25.32
31/12/2020	17:00	-	0:00	25.82	18/01/2021	14:00	-	21:00	24.14
31/12/2020	18:00	-	1:00	26.60	18/01/2021	15:00	-	22:00	24.09
31/12/2020	19:00	-	2:00	25.67	18/01/2021	16:00	-	23:00	25.14
31/12/2020	20:00	-	3:00	25.84	18/01/2021	17:00	-	0:00	24.99
31/12/2020	21:00	-	4:00	25.48	18/01/2021	18:00	-	1:00	25.28
31/12/2020	22:00	-	5:00	26.06	18/01/2021	19:00	-	2:00	25.53
31/12/2020	23:00	-	6:00	26.13	18/01/2021	20:00	-	3:00	25.78
2/01/2021	0:00	-	7:00	26.60	18/01/2021	21:00	-	4:00	24.91
2/01/2021	1:00	-	8:00	27.41	18/01/2021	22:00	-	5:00	24.80



Fecha	Media móvil 8 horas			ICA	Fecha	Media móvil 8 horas			ICA
2/01/2021	2:00	-	9:00	27.49	18/01/2021	23:00	-	6:00	24.71
2/01/2021	3:00	-	10:00	27.71	20/01/2021	0:00	-	7:00	25.34
2/01/2021	4:00	-	11:00	27.20	20/01/2021	1:00	-	8:00	25.65
2/01/2021	5:00	-	12:00	27.25	20/01/2021	2:00	-	9:00	26.16
2/01/2021	6:00	-	13:00	27.33	20/01/2021	3:00	-	10:00	26.74
2/01/2021	7:00	-	14:00	27.73	20/01/2021	4:00	-	11:00	26.25
2/01/2021	8:00	-	15:00	26.97	20/01/2021	5:00	-	12:00	26.94
2/01/2021	9:00	-	16:00	27.25	20/01/2021	6:00	-	13:00	27.98
2/01/2021	10:00	-	17:00	26.43	20/01/2021	7:00	-	14:00	27.95
2/01/2021	11:00	-	18:00	27.35	20/01/2021	8:00	-	15:00	28.15
2/01/2021	12:00	-	19:00	27.27	20/01/2021	9:00	-	16:00	28.80
2/01/2021	13:00	-	20:00	28.37	20/01/2021	10:00	-	17:00	27.91
2/01/2021	14:00	-	21:00	28.80	20/01/2021	11:00	-	18:00	26.12
2/01/2021	15:00	-	22:00	28.79	20/01/2021	12:00	-	19:00	24.78
2/01/2021	16:00	-	23:00	28.07	20/01/2021	13:00	-	20:00	24.80
2/01/2021	17:00	-	0:00	27.56	20/01/2021	14:00	-	21:00	23.05
2/01/2021	18:00	-	1:00	27.25	20/01/2021	15:00	-	22:00	22.99
2/01/2021	19:00	-	2:00	26.78	20/01/2021	16:00	-	23:00	22.34
2/01/2021	20:00	-	3:00	27.12	20/01/2021	17:00	-	0:00	21.84
2/01/2021	21:00	-	4:00	25.65	20/01/2021	18:00	-	1:00	21.41
2/01/2021	22:00	-	5:00	25.63	20/01/2021	19:00	-	2:00	22.08
2/01/2021	23:00	-	6:00	24.94	20/01/2021	20:00	-	3:00	23.58
4/01/2021	0:00	-	7:00	25.39	20/01/2021	21:00	-	4:00	23.41
4/01/2021	1:00	-	8:00	24.59	20/01/2021	22:00	-	5:00	23.33
4/01/2021	2:00	-	9:00	24.39	20/01/2021	23:00	-	6:00	24.43
4/01/2021	3:00	-	10:00	25.47	22/01/2021	0:00	-	7:00	24.35
4/01/2021	4:00	-	11:00	25.12	22/01/2021	1:00	-	8:00	24.38
4/01/2021	5:00	-	12:00	24.61	22/01/2021	2:00	-	9:00	24.64
4/01/2021	6:00	-	13:00	23.75	22/01/2021	3:00	-	10:00	23.65
4/01/2021	7:00	-	14:00	23.58	22/01/2021	4:00	-	11:00	23.95
4/01/2021	8:00	-	15:00	23.01	22/01/2021	5:00	-	12:00	24.53
4/01/2021	9:00	-	16:00	23.28	22/01/2021	6:00	-	13:00	25.23
4/01/2021	10:00	-	17:00	23.44	22/01/2021	7:00	-	14:00	24.52
4/01/2021	11:00	-	18:00	22.77	22/01/2021	8:00	-	15:00	23.54
4/01/2021	12:00	-	19:00	22.98	22/01/2021	9:00	-	16:00	22.71
4/01/2021	13:00	-	20:00	24.18	22/01/2021	10:00	-	17:00	22.96
4/01/2021	14:00	-	21:00	25.23	22/01/2021	11:00	-	18:00	24.45
4/01/2021	15:00	-	22:00	25.81	22/01/2021	12:00	-	19:00	23.19
4/01/2021	16:00	-	23:00	25.29	22/01/2021	13:00	-	20:00	23.09
4/01/2021	17:00	-	0:00	25.08	22/01/2021	14:00	-	21:00	23.05
4/01/2021	18:00	-	1:00	25.02	22/01/2021	15:00	-	22:00	23.09
4/01/2021	19:00	-	2:00	23.50	22/01/2021	16:00	-	23:00	23.71
4/01/2021	20:00	-	3:00	23.44	22/01/2021	17:00	-	0:00	25.41
4/01/2021	21:00	-	4:00	24.35	22/01/2021	18:00	-	1:00	25.24
4/01/2021	22:00	-	5:00	22.42	22/01/2021	19:00	-	2:00	25.17



Fecha	Media móvil 8 horas			ICA	Fecha	Media móvil 8 horas			ICA
4/01/2021	23:00	-	6:00	22.73	22/01/2021	20:00	-	3:00	25.40
6/01/2021	0:00	-	7:00	23.90	22/01/2021	21:00	-	4:00	25.24
6/01/2021	1:00	-	8:00	24.09	22/01/2021	22:00	-	5:00	25.48
6/01/2021	2:00	-	9:00	25.03	22/01/2021	23:00	-	6:00	26.37
6/01/2021	3:00	-	10:00	27.02	24/01/2021	0:00	-	7:00	26.51
6/01/2021	4:00	-	11:00	27.05	24/01/2021	1:00	-	8:00	25.45
6/01/2021	5:00	-	12:00	26.86	24/01/2021	2:00	-	9:00	25.57
6/01/2021	6:00	-	13:00	26.89	24/01/2021	3:00	-	10:00	24.44
6/01/2021	7:00	-	14:00	26.52	24/01/2021	4:00	-	11:00	23.87
6/01/2021	8:00	-	15:00	25.92	24/01/2021	5:00	-	12:00	23.93
6/01/2021	9:00	-	16:00	26.58	24/01/2021	6:00	-	13:00	24.60
6/01/2021	10:00	-	17:00	26.08	24/01/2021	7:00	-	14:00	23.29
6/01/2021	11:00	-	18:00	25.30	24/01/2021	8:00	-	15:00	22.77
6/01/2021	12:00	-	19:00	24.21	24/01/2021	9:00	-	16:00	22.31
6/01/2021	13:00	-	20:00	23.30	24/01/2021	10:00	-	17:00	22.67
6/01/2021	14:00	-	21:00	22.95	24/01/2021	11:00	-	18:00	24.14
6/01/2021	15:00	-	22:00	22.02	24/01/2021	12:00	-	19:00	26.02
6/01/2021	16:00	-	23:00	21.86	24/01/2021	13:00	-	20:00	25.66
6/01/2021	17:00	-	0:00	19.97	24/01/2021	14:00	-	21:00	25.24
6/01/2021	18:00	-	1:00	19.98	24/01/2021	15:00	-	22:00	26.26
6/01/2021	19:00	-	2:00	20.87	24/01/2021	16:00	-	23:00	26.34
6/01/2021	20:00	-	3:00	21.00	24/01/2021	17:00	-	0:00	28.11
6/01/2021	21:00	-	4:00	20.95	24/01/2021	18:00	-	1:00	27.15
6/01/2021	22:00	-	5:00	22.57	24/01/2021	19:00	-	2:00	27.38
6/01/2021	23:00	-	6:00	23.24	24/01/2021	20:00	-	3:00	26.23
8/01/2021	0:00	-	7:00	24.36	24/01/2021	21:00	-	4:00	26.27
8/01/2021	1:00	-	8:00	26.02	24/01/2021	22:00	-	5:00	25.29
8/01/2021	2:00	-	9:00	26.13	24/01/2021	23:00	-	6:00	24.33
8/01/2021	3:00	-	10:00	25.29	26/01/2021	0:00	-	7:00	25.01
8/01/2021	4:00	-	11:00	25.64	26/01/2021	1:00	-	8:00	23.18
8/01/2021	5:00	-	12:00	26.05	26/01/2021	2:00	-	9:00	23.13
8/01/2021	6:00	-	13:00	25.49	26/01/2021	3:00	-	10:00	22.11
8/01/2021	7:00	-	14:00	25.68	26/01/2021	4:00	-	11:00	22.48
8/01/2021	8:00	-	15:00	24.81	26/01/2021	5:00	-	12:00	21.86
8/01/2021	9:00	-	16:00	23.29	26/01/2021	6:00	-	13:00	22.33
8/01/2021	10:00	-	17:00	24.19	26/01/2021	7:00	-	14:00	22.77
8/01/2021	11:00	-	18:00	24.29	26/01/2021	8:00	-	15:00	23.11
8/01/2021	12:00	-	19:00	24.70	26/01/2021	9:00	-	16:00	23.43
8/01/2021	13:00	-	20:00	24.80	26/01/2021	10:00	-	17:00	23.12
8/01/2021	14:00	-	21:00	25.51	26/01/2021	11:00	-	18:00	22.92
8/01/2021	15:00	-	22:00	24.71	26/01/2021	12:00	-	19:00	22.58
8/01/2021	16:00	-	23:00	24.95	26/01/2021	13:00	-	20:00	24.17
8/01/2021	17:00	-	0:00	26.35	26/01/2021	14:00	-	21:00	23.54
8/01/2021	18:00	-	1:00	24.71	26/01/2021	15:00	-	22:00	23.50
8/01/2021	19:00	-	2:00	25.21	26/01/2021	16:00	-	23:00	22.71



Fecha	Media móvil 8 horas			ICA	Fecha	Media móvil 8 horas			ICA
8/01/2021	20:00	-	3:00	25.60	26/01/2021	17:00	-	0:00	22.80
8/01/2021	21:00	-	4:00	25.01	26/01/2021	18:00	-	1:00	23.84
8/01/2021	22:00	-	5:00	24.17	26/01/2021	19:00	-	2:00	23.84
8/01/2021	23:00	-	6:00	24.97	26/01/2021	20:00	-	3:00	24.05
10/01/2021	0:00	-	7:00	24.70	26/01/2021	21:00	-	4:00	22.14
10/01/2021	1:00	-	8:00	23.68	26/01/2021	22:00	-	5:00	22.84
10/01/2021	2:00	-	9:00	25.15	26/01/2021	23:00	-	6:00	22.62
10/01/2021	3:00	-	10:00	24.16	28/01/2021	0:00	-	7:00	23.43
10/01/2021	4:00	-	11:00	23.69	28/01/2021	1:00	-	8:00	23.33
10/01/2021	5:00	-	12:00	23.83	28/01/2021	2:00	-	9:00	23.78
10/01/2021	6:00	-	13:00	23.78	28/01/2021	3:00	-	10:00	23.36
10/01/2021	7:00	-	14:00	24.26	28/01/2021	4:00	-	11:00	24.70
10/01/2021	8:00	-	15:00	24.21	28/01/2021	5:00	-	12:00	25.48
10/01/2021	9:00	-	16:00	24.83	28/01/2021	6:00	-	13:00	25.16
10/01/2021	10:00	-	17:00	24.08	28/01/2021	7:00	-	14:00	25.62
10/01/2021	11:00	-	18:00	23.64	28/01/2021	8:00	-	15:00	25.23
10/01/2021	12:00	-	19:00	24.22	28/01/2021	9:00	-	16:00	25.25
10/01/2021	13:00	-	20:00	24.09	28/01/2021	10:00	-	17:00	24.40
10/01/2021	14:00	-	21:00	24.91	28/01/2021	11:00	-	18:00	23.95
10/01/2021	15:00	-	22:00	23.76	28/01/2021	12:00	-	19:00	23.20
10/01/2021	16:00	-	23:00	24.84	28/01/2021	13:00	-	20:00	22.52
10/01/2021	17:00	-	0:00	25.54	28/01/2021	14:00	-	21:00	23.44
10/01/2021	18:00	-	1:00	24.05	28/01/2021	15:00	-	22:00	22.91
10/01/2021	19:00	-	2:00	24.95	28/01/2021	16:00	-	23:00	22.56
10/01/2021	20:00	-	3:00	24.57	-	-	-	-	-

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

De lo anterior, se pudo evidenciar que, las medias móviles obtenidas en las estaciones 1 y 2, tienen un ICA que califica la calidad del aire como **Buena** en un 100%.

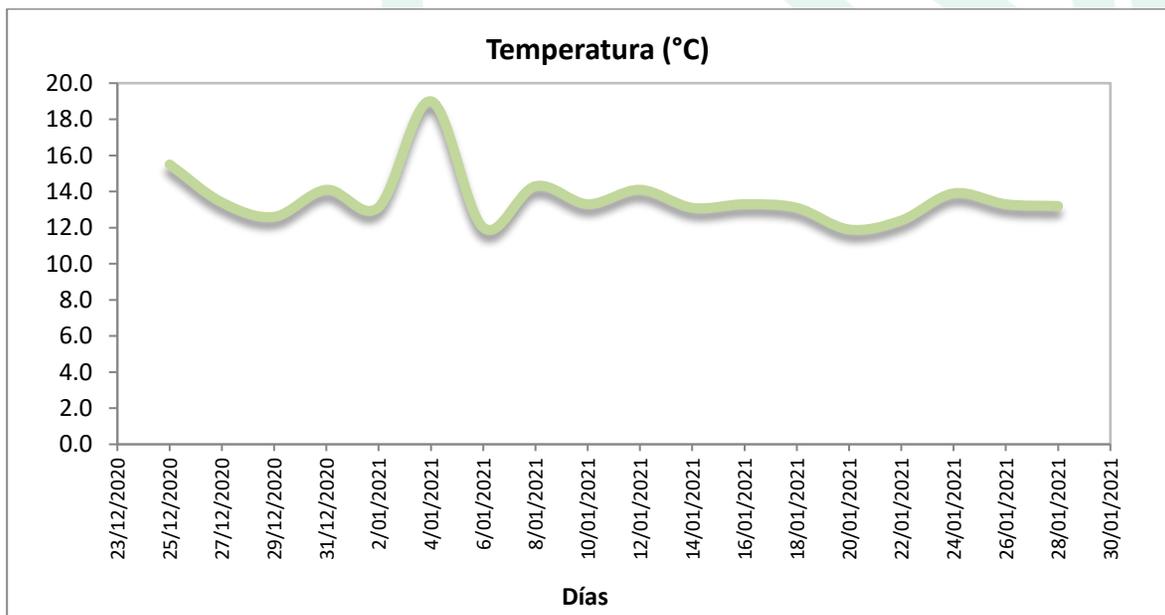


8. CONDICIONES ATMOSFÉRICAS

El clima es el resultado de numerosos factores que actúan conjuntamente, los accidentes geográficos, como montañas y mares influyen decisivamente en sus características. Para determinar estas características, podemos considerar como esenciales un reducido grupo de elementos. Las condiciones atmosféricas reportadas en la estación meteorológica ubicada en el Aeropuerto Internacional El Dorado, el cual sirve a la ciudad de Bogotá, en el departamento de Cundinamarca, permitieron el registro de las diferentes variables atmosféricas que a continuación se reportan.

8.1 La Temperatura

La temperatura atmosférica es un indicador de la cantidad de energía calorífica acumulada en el aire; la temperatura del aire suele medirse en escala Celsius (°C), y para ello, se usa el termómetro como instrumento de medición. La temperatura depende de diversos factores, por ejemplo, la inclinación de los rayos solares, el tipo de sustratos, la dirección y fuerza del viento, la latitud, la altura sobre el nivel del mar, la proximidad de masas de agua, entre otros factores.



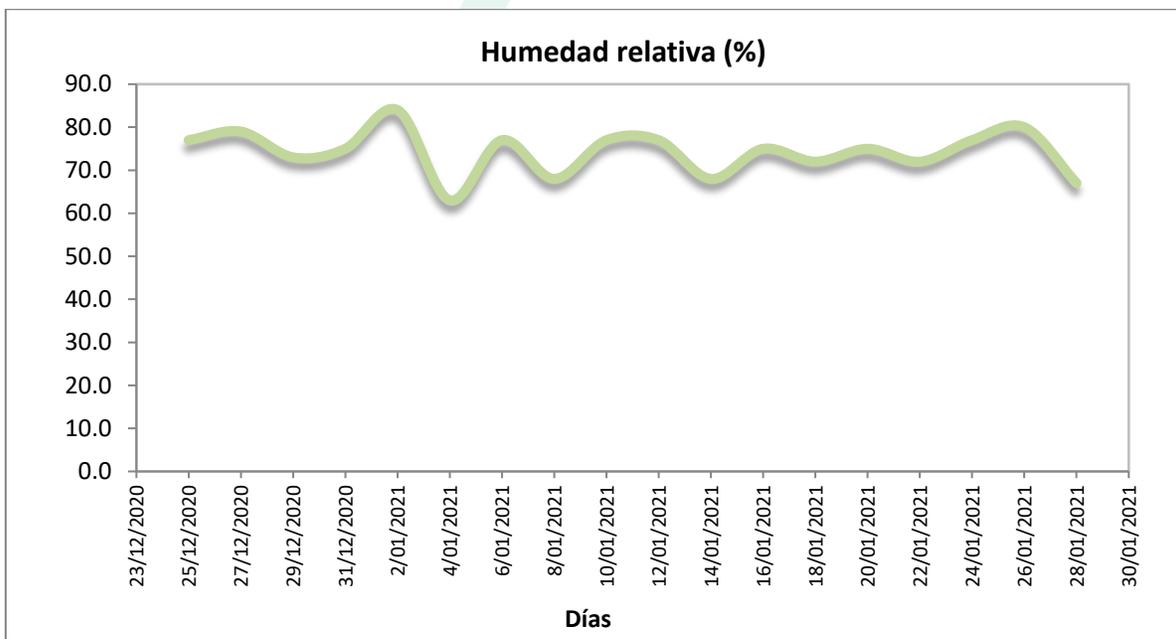
Gráfica 28. Comportamiento de la Temperatura media.

Fuente: Aeropuerto internacional El Dorado., 2020 y 2021.



8.2 La humedad en el aire

La humedad indica la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Según las relaciones psicométricas, la humedad del aire está relacionada con la temperatura ambiente y la presión atmosférica del lugar de medición. La humedad relativa se define como el porcentaje de saturación del agua en el aire, donde 100% representa el aire cuyo contenido de agua se encuentra saturado y propenso a condensar. La humedad absoluta se refiere a la cantidad de vapor de agua presente en una unidad de volumen de aire seco y se expresa generalmente en gramos por centímetro cúbico (g/cm^3).



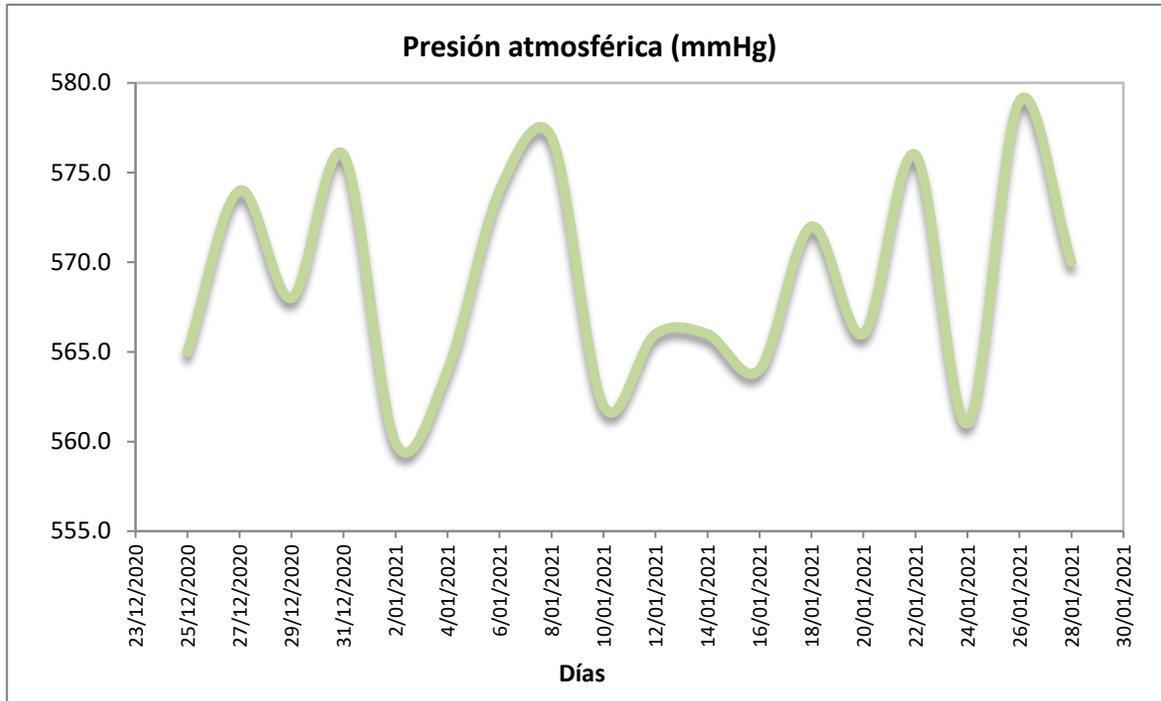
Gráfica 29. Comportamiento de la Humedad relativa.

Fuente: Aeropuerto internacional El Dorado., 2020 y 2021.

8.3 Presión atmosférica

La presión atmosférica es el peso de la masa de aire por cada unidad de superficie. La presión atmosférica suele ser mayor al nivel del mar que en las cumbres de las montañas, aunque no depende únicamente de la altitud. Las diferencias de presión atmosférica entre los distintos puntos de la corteza terrestre hacen que el aire se desplace de un lugar a otro originando los vientos.



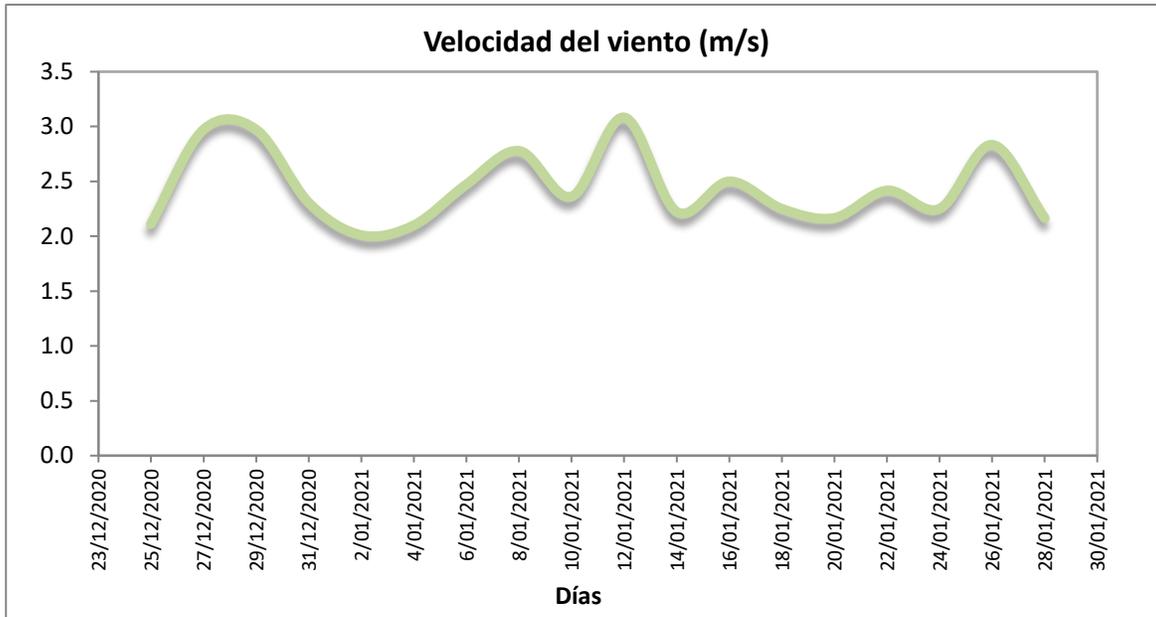


Gráfica 30. Comportamiento de la presión atmosférica.
Fuente: Aeropuerto internacional El Dorado., 2020 y 2021.

8.4 Vientos

Los vientos son originados por los cambios de presión y temperatura en el aire, además de la configuración del relieve y el efecto Coriolis. El instrumento más antiguo para conocer la dirección de los vientos es la veleta, que, con la ayuda de la rosa de los vientos, define la procedencia de los vientos.





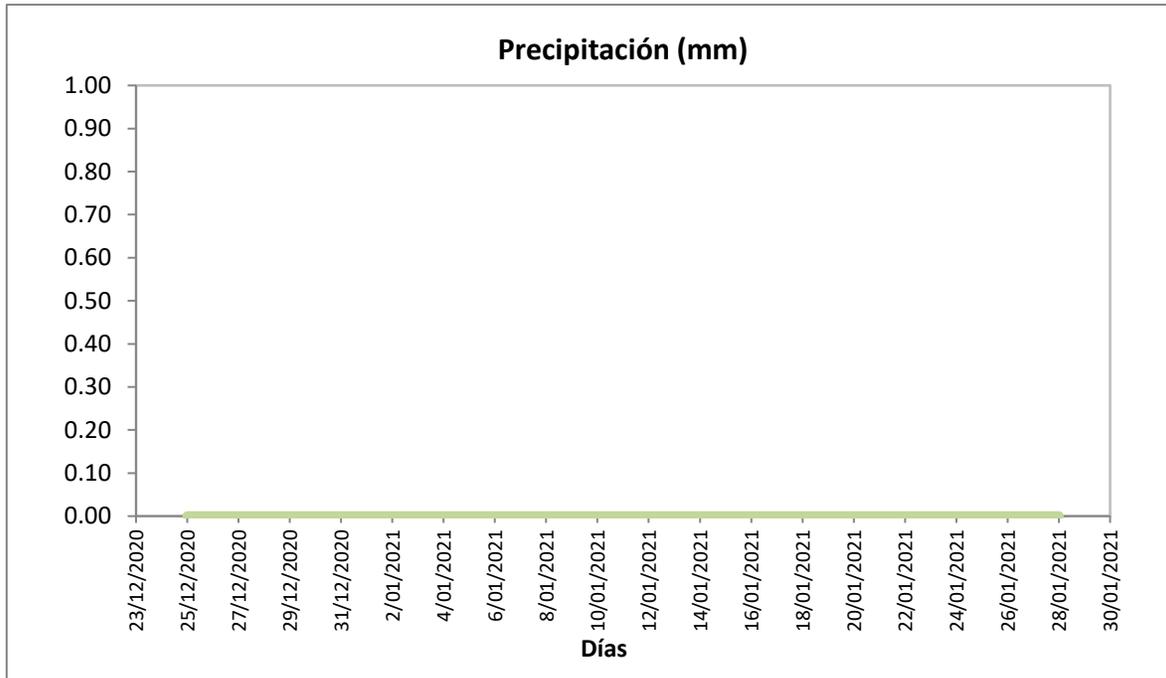
Gráfica 31. Comportamiento de la velocidad del viento.

Fuente: Aeropuerto internacional El Dorado., 2020 y 2021.

8.5 La precipitación

La precipitación es cualquier forma de hidrometeoro, conformado de partículas acuosas de forma sólida o líquida que caen de las nubes y llegan al suelo. Existen varios tipos de precipitación dependiendo de la cantidad o forma en que caen las partículas, el diámetro se halla generalmente comprendido entre 0,5 y 7 mm, (1 mm de precipitación es la lámina que alcanzaría un litro de agua sobre una superficie de un metro cuadrado, sin que se evapore o percole), y caen a una velocidad del orden de los 3 m/s. Dependiendo del tamaño de las gotas que lleguen al suelo y de cómo caigan existen distintos tipos de precipitación líquida: llovizna (gotas pequeñas que caen uniformemente), chubasco (gotas de mayor tamaño y que caen de forma violenta e intensa). La intensidad de la precipitación es la razón del incremento de la altura que alcanza la lluvia respecto al tiempo, se clasifica en ligera (2.5mm/hr o menos), moderada (2.5 a 7.5 mm/hr) y fuerte (mayor a 7.5 mm/hr) según corresponda.




Gráfica 32. Comportamiento de la precipitación.
Fuente: Aeropuerto internacional El Dorado., 2020 y 2021.
Tabla 38. Variables meteorológicas

Fecha	T(°C)	P (mmHg)	H (%)	PP (mm)	V(m/s)	Dirección
25/12/2020	15.50	565.00	77.0	0.0	2.11	NE
27/12/2020	13.40	574.00	79.0	0.0	2.97	NE
29/12/2020	12.60	568.00	73.0	0.0	2.97	N
31/12/2020	14.10	576.00	75.0	0.0	2.31	NW
2/01/2021	13.13	559.93	84.0	0.0	2.01	ESE
4/01/2021	19.00	563.95	63.0	0.0	2.10	WNW
6/01/2021	12.00	574.00	77.0	0.0	2.47	E
8/01/2021	14.30	577.00	68.0	0.0	2.78	SE
10/01/2021	13.30	562.00	77.0	0.0	2.36	E
12/01/2021	14.10	566.00	77.0	0.0	3.08	W
14/01/2021	13.10	566.00	68.0	0.0	2.22	S
16/01/2021	13.30	564.00	75.0	0.0	2.50	SW
18/01/2021	13.10	572.00	72.0	0.0	2.25	NE
20/01/2021	11.90	566.00	75.0	0.0	2.17	N
22/01/2021	12.40	576.00	72.0	0.0	2.42	NW
24/01/2021	13.90	561.00	77.0	0.0	2.25	W
26/01/2021	13.30	579.00	80.0	0.0	2.83	E
28/01/2021	13.20	570.00	67.0	0.0	2.17	SE

Fuente: Aeropuerto internacional El Dorado., 2020 y 2021.


A partir de los datos obtenidos en la campaña de monitoreo, se obtuvo una temperatura promedio de 13.65°C; humedad relativa promedio alcanzó el 74.2% y no hubo precipitaciones (0.0mm).

De lo anterior, se resalta el alto promedio de la humedad relativa, lo cual, sumado a las altas temperaturas y velocidades de viento registradas por la estación meteorológica, permiten inferir que las sensaciones térmicas presentadas durante el periodo analizado son mayores que las temperaturas reportadas por la estación, esto se debe a que son cercanas a los puntos de rocío facilitando la condensación de la humedad.

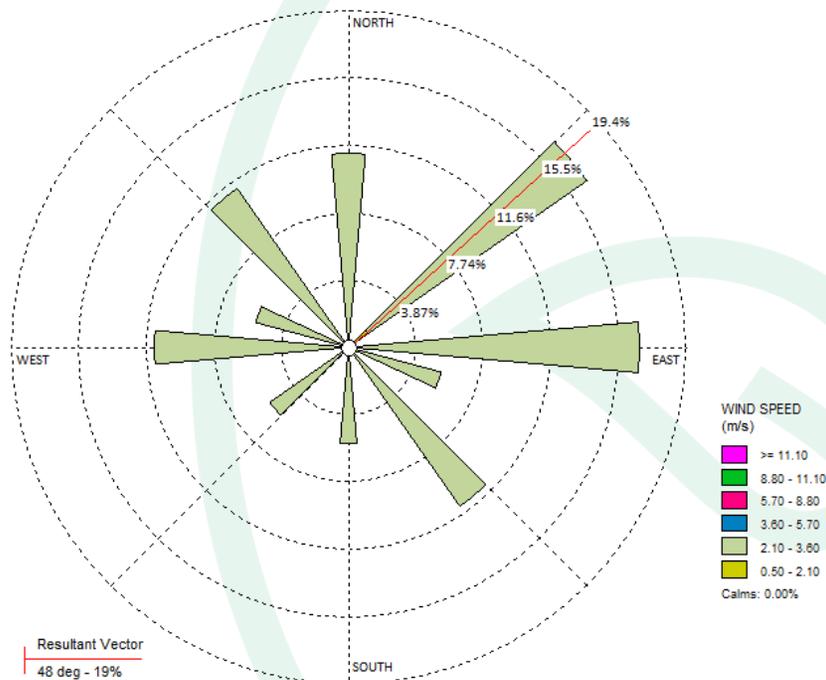


Figura 8. Rosa de vientos del periodo de monitoreo

Fuente: Aeropuerto internacional El Dorado., 2020 y 2021. Y SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

En la **Figura 8** se muestra la rosa de los vientos, presentando explícitamente la dirección y velocidad predominante del viento en la zona de estudio, resultados a partir de la recolección de datos durante la jornada de medición. En la rosa se presenta gráficamente la dirección cardinal y la clasificación de la distribución de frecuencias de velocidades del viento en la zona de estudio determinada.





Con respecto a la dirección del viento, se evidencia que, durante el periodo de monitoreo, existe predominancia de los vientos provenientes de las direcciones Noreste-NE (sobrepasando la frecuencia de 15.5%), Este-E (sobrepasando la frecuencia de 15.5%), con velocidades que oscilan entre los 2.10 m/s y los 3.60 m/s. En segunda instancia, se ubican las demás direcciones cardinales, donde la fuerza del viento registra una representatividad inferior al 11.6%. Finalmente, el vector resultante corresponde a 48 grados (dirección NE), con una frecuencia de ocurrencia promedio del 19%.





9. CONCLUSIONES

Una vez finalizada la campaña de calidad de aire en la subestación eléctrica de occidente, en el municipio de Funza, en el departamento de Cundinamarca, se pudo concluir lo siguiente:

- Durante el periodo de monitoreo las concentraciones de partículas respirables PM10, en las dos (2) estaciones de monitoreo, se encontraron cumpliendo en un 100% con las mediciones según lo establecido en la Resolución 2254 de 2017, para tiempos de exposición diaria ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$). El comportamiento de las concentraciones pudo estar influenciado por la velocidad de los vientos lo que favoreció la dispersión y/o resuspensión de este parámetro. Al realizar un análisis al comportamiento de los datos para el periodo de monitoreo de PM10, el índice de calidad del aire (ICA) reporta que el 91.67% de las muestras se clasifican como una calidad del aire Buena y un 8.33% de las mismas, cuenta con una calidad Aceptable.
- Durante el periodo de monitoreo las concentraciones de partículas respirables PM2.5, en las dos (2) estaciones de monitoreo, se encontraron cumpliendo en un 100% con las mediciones según lo establecido en la Resolución 2254 de 2017, para tiempos de exposición diaria ($37 \mu\text{g}/\text{m}^3$). El comportamiento de las concentraciones pudo estar influenciado por la velocidad de los vientos lo que favoreció la dispersión y/o resuspensión de este parámetro. Al realizar un análisis al comportamiento de los datos para el periodo de monitoreo de PM2.5, el índice de calidad del aire (ICA) reporta que el 97.22% de las muestras se clasifican como una calidad del aire aceptable y un 2.78% de las mismas, cuenta con una buena calidad.
- Los resultados máximos obtenidos de Dióxido de azufre (SO_2) en cada una de las estaciones de monitoreo se encuentran por debajo del límite máximo establecido de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para un periodo de 24 horas según lo establece la Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, MADS.





- Los resultados promedios y máximos obtenidos de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) en cada una de las estaciones de monitoreo, se encontraron por debajo del límite máximo permisible para periodos de exposición de 1 hora, según lo determina la Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, MADS. Por otro lado, es importante mencionar que de los 432 datos tomados y analizados en las estaciones de monitoreo 1 y 2, se estableció que el 100% de las muestras presentaron un ICA en un rango de 0-50, lo cual indica que el aire cuenta con una buena calidad y que la contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud.
- Las concentraciones de monóxido de carbono (CO) para las dos (2) estaciones, se encontraron por debajo de los valores normativos permisibles establecidos en la Resolución 2254 de 2017 para tiempos de exposición de 8 horas y 1 hora, por lo que se presenta un cumplimiento en el 100% de los datos. De este modo se infiere que no se presentaron afectaciones a la calidad del aire en el área de influencia del proyecto por este parámetro durante el periodo de monitoreo y por ende no genera daños a la salud humana.
- Los índices de calidad de aire (ICA) realizados para las mediciones del contaminante criterio CO, permite establecer que, para el periodo de monitoreo el 100% de las muestras tomadas y analizadas presenta un comportamiento que califica la calidad del aire como buena para las dos (2) estaciones de monitoreo

SERAMBIENTE S.A.S.
Barranquilla, Colombia
11 de febrero de 2021

INFORME VÁLIDO ÚNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S). LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE INFORME DEBE HACERSE CON AUTORIZACIÓN EXPRESA DE SERAMBIENTE S.A.S. CUALQUIER TIPO DE OBSERVACIÓN REQUERIDA POR EL CLIENTE Y RELACIONADA CON LOS RESULTADOS EMITIDOS, SÓLO SERÁ ACEPTADA DENTRO DE LOS 4 DÍAS SIGUIENTES AL ENVÍO PARCIAL DE ESTE INFORME. SI NO SE RECIBE OBSERVACIÓN EN EL TIEMPO ESTABLECIDO, SE DA POR ACEPTADO EL INFORME Y SE PROCEDERÁ A SU IMPRESIÓN. FINALIZADO EL MONITOREO, LAS MUESTRAS SE CONSERVARÁN 10 DÍAS Y CUMPLIDO ESTE TÉRMINO EL LABORATORIO PROCEDERÁ A LA DISPOSICIÓN FINAL DE LAS MUESTRAS. EL CLIENTE SE HACE RESPONSABLE POR LA CONFIDENCIALIDAD DE LOS RESULTADOS CUANDO ESTOS SEAN ENVIADOS POR CORREO ELECTRÓNICO O FAX.



10. REFERENCIAS

- Atlas de viento y energía eólica de Colombia. Medición, procesamiento de la información y ed de estaciones que miden viento en Colombia.
- Escala Anemométrica de Beaufort. (s. f.). Guía Náutica. Recuperado 25 de noviembre de 2020, de <http://www.fgremo.com/wp-content/uploads/2011/07/Escala-Anemom%C3%A9trica-de-Beaufort.pdf>.
- Normas EPA “Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems, Volume III, Stationary Source - Specific Methods”.
- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Niveles permisibles de calidad de aire. Resolución 2254 de 2017.



11. ANEXOS

A continuación, en la **Tabla 39** se relacionan los anexos del presente informe técnico.

Tabla 39. Anexos del informe técnico

Anexo	Laboratorio	Archivos	Páginas
Anexo 1. Soporte del registro de calibraciones	SERAMBIENTE S.A.S.	Planilla de calibración PM10	1
		Planilla de verificación tres gases	1
		Hoja de cálculo verificación PM10 másico	2
		VER - 001 (Vari Flow 1887)	1
		Planilla de Calibración y Medición de CO	4
		Planilla de Calibración y Medición de NO ₂	6
Anexo 2. Bitácora de muestreo		Bitácora de muestreo	
Anexo 3. Reportes de laboratorio	SGS COLOMBIA S.A.S.	Reporte SERAMBIENTE S.A.S.	6
		Reportes SGS COLOMBIA S.A.S.	12
Anexo 4. Memorias de cálculo de datos	SERAMBIENTE S.A.S.	Procesamiento de datos PM10	2
		Procesamiento de datos PM2.5	2
		Procesamiento de datos SO ₂	2
		FO-PO-PSM-66-09 PROCESAMIENTO DE EQUIPOS AUTOMÁTICOS CO, O ₃ , NO ₂ y SO ₂	-
Anexo 5. Registros de plan de calidad (plan de monitoreo)	SERAMBIENTE S.A.S.	Plan de monitoreo	2
Anexo 6. Cadena de custodia	SERAMBIENTE S.A.S.	FO-PO-PSM-13-03_Cadena_custodia_4506-1_SERAMBIENTE S.A.S.	2
		FO-PO-PSM-13-03_Cadena_custodia_4506-1_SGS COLOMBIA S.A. BOGOTÁ	3
		Resolución 1013 de 2019.	7
Anexo 7. Resolución de acreditación	AIRLAB CONSULTING S.A.S.	Resolución 445 de 2020	8
	SGS COLOMBIA S.A.S.	Resolución 0180 de 2020	11
		Prorroga Vigencia Res 0180	3
Anexo 8. Terminología y abreviaturas usadas en este informe	SERAMBIENTE S.A.S	Terminología y abreviaturas	2

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

(FIN DEL INFORME)

