

REFINERÍA DE CARTAGENA S.A.S



**CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS AMBIENTALES Y
MODIFICACIONES A LA LICENCIA AMBIENTAL DE REFINERÍA DE CARTAGENA
S.A.S.
(1736)**

CONTRATO 966568

CAPÍTULO 3 CARACTERIZACION DEL AREA DE INFLUENCIA DE PROYECTO

**CAPÍTULO 3.2.9 ATMÓSFERA
VERSIÓN 0**

Bogotá D.C., marzo de 2020

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Índice de Revisión	Sección Modificada	Fecha Modificación	Observaciones
0			Versión final
C	Documento en general	11-2019	Revisiones en conjunto con pares
B	Documento en general	11-2019	Se anexa matriz de hallazgos y respuestas
A	Documento en general	10-2019	Se anexa matriz de hallazgos y respuestas
A1	3.2.9.2.3 Monitoreo de calidad del aire	03-2020	Matriz con control de cambios

REVISIÓN Y APROBACIÓN

Número de revisión		0
Responsable por elaboración	Nombre	Katherine Rodríguez
	Firma	
Responsable por revisión	Nombre	Katherine Martínez
Coordinador Proyecto	Firma	
Responsable por aprobación	Nombre	Mónica Pescador
Gerente de Proyecto	Firma	
	Fecha	marzo de 2020

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODIFICACION A LA LICENCIA AMBIENTAL DE REFINERÍA DE CARTAGENA S.A.S

CAPÍTULO 3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

CAPÍTULO 3.2.9 ATMÓSFERA

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE PROYECTO	1
3.2 MEDIO ABIÓTICO	1
3.2.9 Atmósfera.....	1
3.2.9.1 Clima.....	1
3.2.9.2 Calidad del Aire.....	16

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODIFICACION A LA LICENCIA AMBIENTAL DE REFINERÍA DE CARTAGENA S.A.S

CAPÍTULO 3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

CAPÍTULO 3.2.9 ATMÓSFERA

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3-1 Estaciones meteorológicas utilizadas para la caracterización del área	2
Tabla 3-2 Valores medios mensuales de temperatura (°C)	3
Tabla 3-3 Precipitación total media mensual multianual (mm)	6
Tabla 3-4 Precipitación total media máxima multianual (mm)	7
Tabla 3-5 Precipitación total media mínima multianual (mm)	7
Tabla 3-6 Humedad relativa media mensual multianual (%)	9
Tabla 3-7 Estación meteorológica utilizada para el análisis de viento	10
Tabla 3-8 Brillo solar total mensual multianual (horas)	12
Tabla 3-9 Escalas de nubosidad	13
Tabla 3-10 Valores medios mensuales de nubosidad (octas)	13
Tabla 3-11 Valores totales mensuales de evaporación (mms)	14
Tabla 3-12 Fuentes fijas puntuales	17
Tabla 3-13 Estaciones de monitoreos de calidad de aire (2019)	22
Tabla 3-14 Métodos de referencia	24
Tabla 3-15 Resultados de Dióxido de Azufre (Promedios de 18 muestras de 24 horas)	25
Tabla 3-16 Resultados Dióxido de Nitrógeno (Promedios de 18 muestras de 24 horas)	26
Tabla 3-17 Resultados Ozono (Promedios de 18 muestras de 8 horas)	26
Tabla 3-18 Resultados para monóxido de carbono	27
Tabla 3-19 Resultados para vanadio (Promedios de 18 muestras de 24 horas)	28
Tabla 3-20 Resultados para Cadmio (Promedios de 18 muestras de 24 horas)	28
Tabla 3-21 Estaciones de monitoreos de calidad de aire (2020)	30
Tabla 3-22 Métodos de referencia	31
Tabla 3-23 Resultados PM ₁₀ (Promedio de la campaña de medición)	32
Tabla 3-24 Resultados PM _{2.5} (Promedio de la campaña de medición)	32
Tabla 3-25 Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para las actividades nuevas de fabricación de productos de la refinación del petróleo por tipo de combustible, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg).	34
Tabla 3-26 Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para centrales térmicas nuevas con capacidad igual o superior a 20 MW por tipo de combustible, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg).	34
Tabla 3-27 Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para centrales térmicas con capacidad instalada inferior a 20 MW y plantas de cogeneración existentes, por tipo de combustible, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg).	34
Tabla 3-28 Fuentes fijas de emisión monitoreadas	35
Tabla 3-29 Metodología de evaluación de emisiones atmosféricas	36
Tabla 3-30 Resultados Material Particulado	37
Tabla 3-31 Resultados Dióxido de Azufre	39
Tabla 3-32 Resultados Óxidos de Nitrógeno	42

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODIFICACION A LA LICENCIA AMBIENTAL DE REFINERÍA DE CARTAGENA S.A.S

CAPÍTULO 3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

CAPÍTULO 3.2.9 ATMÓSFERA

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 3-1 Estaciones meteorológicas empleadas	2
Figura 3-2 Distribución temporal de la temperatura (°C)	4
Figura 3-3 Isotermas para el área de estudio	5
Figura 3-4 Distribución de la precipitación media mensual multianual (mm)	6
Figura 3-5 Distribución de la precipitación media máxima multianual (mm)	7
Figura 3-6. Distribución de la precipitación media mínima multianual (mm)	8
Figura 3-7 Isoyetas medias mensuales multianuales	9
Figura 3-8. Distribución temporal de la humedad relativa (%)	10
Figura 3-9 Rosa de los vientos para el periodo 1981-2010	11
Figura 3-10 Rosa de los vientos para el periodo 2011-2018	11
Figura 3-11. Distribución temporal del brillo solar (horas)	12
Figura 3-12 Distribución temporal de nubosidad (octas)	13
Figura 3-13. Evaporación media mensual multianual (mms)	14
Figura 3-14 Zonificación climática	16
Figura 3-15 Ubicación Geográfica de las fuentes fijas de emisión presentes en la Refinería de Cartagena	19
<i>Figura 3-16 Ubicación de la estación E3 Pruebas Contraincendios durante (a) Campaña abril de 2019 y (b) Campaña febrero-marzo de 2020.</i>	22
<i>Figura 3-17 Ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad de aire</i>	23
Figura 3-18 Dióxido de Azufre	25
Figura 3-19 Dióxido de Nitrógeno	26
Figura 3-20 Ozono	27
Figura 3-21 Monóxido de Carbono	27
Figura 3-22 Vanadio	28
Figura 3-23 Cadmio	29
<i>Figura 3-24 Ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad de aire 2020</i>	30
<i>Figura 3-25 Material Particulado (PM₁₀) Promedio de la campaña de medición. Se realiza comparación de forma indicativa con la norma anual.</i>	32
<i>Figura 3-26 Material Particulado (PM_{2.5}) Promedio de la campaña de medición. Se realiza comparación de forma indicativa con la norma anual.</i>	33
Figura 3-27 Concentración de Material Particulado (MP)	38
Figura 3-28 Dióxido de Azufre	41
Figura 3-29 Óxidos de Nitrógeno	44

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODIFICACION A LA LICENCIA
AMBIENTAL DE REFINERÍA DE CARTAGENA S.A.S**

CAPÍTULO 3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

CAPÍTULO 3.2.9 ATMÓSFERA

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 3.3 Tránsito de vehículos al interior de la Refinería de Cartagena

Pág.
20

3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE PROYECTO

3.2 MEDIO ABIÓTICO

3.2.9 Atmósfera

3.2.9.1 Clima

De acuerdo con la definición del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, el clima es el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y evoluciones del estado del tiempo, durante un periodo de tiempo y un lugar o región dados, y controlado por los denominados factores forzantes, factores determinantes y por la interacción entre los diferentes componentes del denominado sistema climático (atmósfera, hidrosfera, litosfera, criósfera, biosfera y antropósfera)¹.

3.2.9.1.1 Vientos Alisios

Los vientos Alisios soplan en casi todas las regiones tropicales que se extienden entre los cinturones de altas presiones subtropicales y las bajas presiones ecuatoriales. En el hemisferio norte, el aire que se dirige hacia el Ecuador es desviado hacia la derecha por la fuerza de Coriolis y forma los Alisios del noreste. De la misma manera, en el hemisferio sur, la desviación hacia la izquierda origina los Alisios del sureste.

Cuando el aire se acerca al Ecuador, los vientos Alisios del noreste y sureste convergen sobre una estrecha zona a lo largo de él, denominada Zona de Confluencia Intertropical; en ella la inversión se debilita y el aire se eleva, el desarrollo vertical de las nubes aumenta y la inestabilidad se extiende a mayores altitudes. Las precipitaciones se hacen más fuertes y más frecuentes.²

3.2.9.1.2 Zona de confluencia intertropical

Por su situación geográfica en el área Suroeste del Caribe, el régimen climático de la región donde se encuentra Cartagena de Indias, está bajo la influencia de los desplazamientos Norte - Sur de la Zona de Convergencia Intertropical (Z.C.I.).

La Zona de Convergencia Intertropical (Z.C.I.), es un cinturón semicontinuo de bajas presiones localizado entre las regiones Subtropicales de los hemisferios Norte y Sur; este cinturón es conocido igualmente como Cresta Ecuatorial, Frente Intertropical y Frente Ecuatorial.

El movimiento de la Z.C.I., en dirección Norte o Sur es una resultante de los fenómenos físicos Subtropicales, además, el sector está influenciado por las circulaciones atmosféricas de los vientos Alisios (vientos del N y NE), procedentes de los Centros de Alta Presión del Atlántico Nororiental. La incidencia de los vientos de Este - Sureste, también es notable en

¹ IDEAM. (2005). Atlas Climatológico de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Parte I. Aspectos Generales. Pag 10

² IDEAM. (2005). Atlas Climatológico de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Parte I. Aspectos Generales. Pag 3

determinada época del año.³

3.2.9.1.3 Descripción de las estaciones meteorológicas

La selección de las estaciones obedece principalmente a la relación de entorno fisiográfico e hidrográfico, proximidad respecto al área de estudio y disponibilidad de datos del operador. Los registros fueron obtenidos de la red del Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Sin embargo, es importante mencionar que dada la información suministrada, para el presente análisis se contó con tres (3) estaciones, una (1) climatológica, una (1) pluviométrica y una (1) pluviográfica empleadas para el análisis de precipitación. La información asociada a cada estación y su localización geográfica se presenta en la Tabla 3-1 y Figura 3-1.

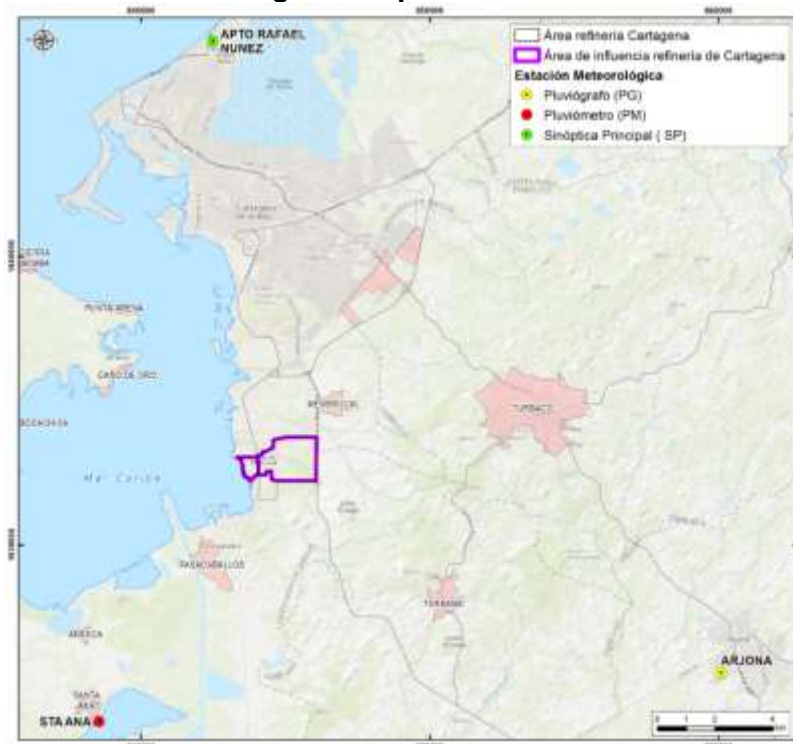
Tabla 3-1 Estaciones meteorológicas utilizadas para la caracterización del área

CÓDIGO	CATEGORIA	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	NOMBRE DE LA CORRIENTE	ELEVACIÓN N (m.s.n.m)	COORDENADAS PLANAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ	
					ESTE	NORTE
14015020	SP	Apto Rafael Núñez	MAR CARIBE	2	842486,48	1647450,97
29030040	PG	Arjona	AY EL CAIMAN	60	860095,03	1625582,70
29030370	PM	Santa Ana	MAR CARIBE	1	838535,31	1623892,18

(SP Sinóptica principal– PM Pluviométrica- PG Pluviográfica)

Fuente: Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2018)

Figura 3-1 Estaciones meteorológicas empleadas



Fuente: Concol by WSP., 2019

3 CIOH (2005). Climatología de los principales puertos del Caribe colombiano. Cartagena de Indias, D.T. y C. Pag 3

3.2.9.1.4 Periodo de análisis

Una vez seleccionadas las estaciones, se procedió a determinar el periodo de análisis, ya que la Organización Meteorológica Mundial (OMM) recomienda escoger un espacio de tiempo común mayor a diez años para evaluar las variables que determinan el clima en un área dada (OMM, UNESCO, 2005). Es por esto que se estableció un rango de tiempo de 1974 a 2017 para el análisis de todos los parámetros. Los reportes de las estaciones se pueden observar en el Anexo 03. Caracterización Ambiental / 3.1 Aspectos Abióticos / Cap. 3.2.4 Hidrología.

3.2.9.1.5 Análisis de los parámetros meteorológicos utilizados para la caracterización climática del área de estudio.

A continuación, se describen cada uno de los parámetros que definen el clima en el área de estudio siguiendo los términos de referencia del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy MADS), para Estudios de Impacto Ambiental – EIA- en construcción y operación de refinerías y desarrollos petroquímicos que formen parte de un complejo de refinación HI-TER 1-07.

- **Temperatura**

La temperatura es el grado de calor o calentamiento del aire; ésta varía de acuerdo con la altitud y la latitud. La densidad del aire disminuye con la altura, por lo que ésta se expande con menor presión atmosférica y reduce la cantidad de vapor de agua, el gas carbónico y los componentes más pesados, lo cual influye en forma negativa en la capacidad de absorción y retención del calor. (IDEAM -2015)⁴.

En la Tabla 3-2 se presentan los valores medios mensuales de temperatura reportados en la estación Apto Rafael Núñez (14015020), y en la Figura 3-2 la distribución temporal de dicha variable.

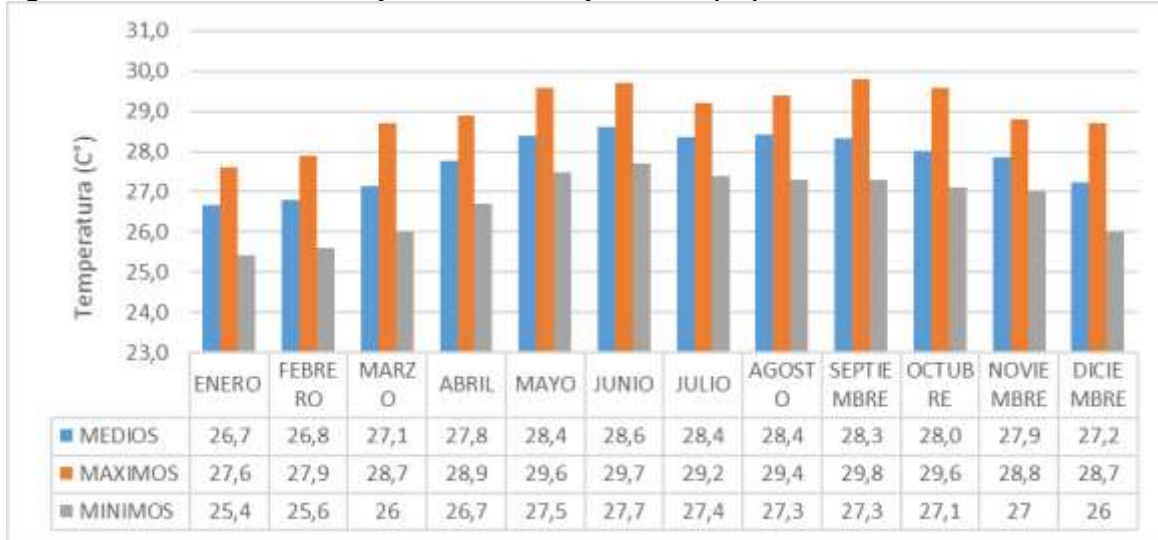
Tabla 3-2 Valores medios mensuales de temperatura (°C)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VALOR MEDIO MENSUAL MULTIANUAL
MEDIOS	26,7	26,8	27,1	27,8	28,4	28,6	28,4	28,4	28,3	28	27,9	27,2	27,8
MAXIMOS	27,6	27,9	28,7	28,9	29,6	29,7	29,2	29,4	29,8	29,6	28,8	28,7	28,99
MINIMOS	25,4	25,6	26	26,7	27,5	27,7	27,4	27,3	27,3	27,1	27	26	26,75

Fuente: Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2019).

4 IDEAM. (2005). Atlas Climatológico de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Parte I. Aspectos Generales.

Figura 3-2 Distribución temporal de la temperatura (°C)



Fuente: Concol by WSP., 2019

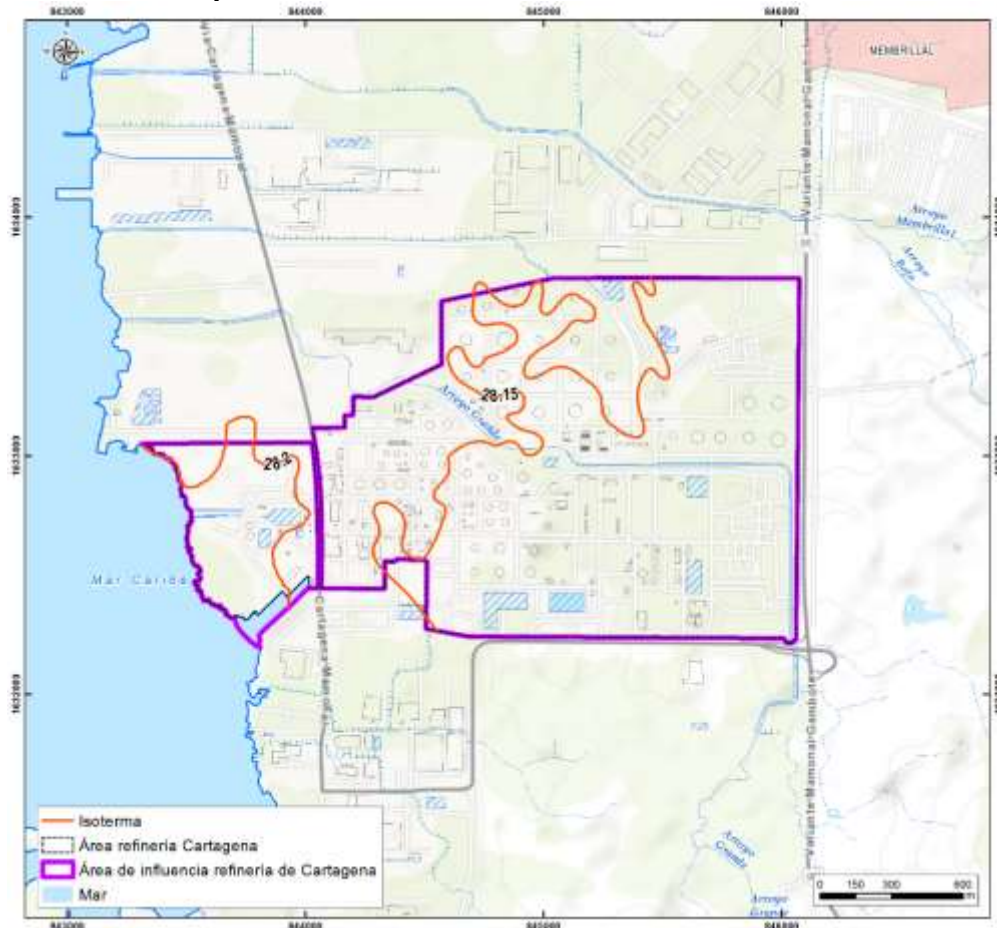
Según los registros de la estación Apto Rafael Núñez (14015020), la temperatura media mensual oscila entre 26,7 y 28,6°C; Las máximas se encuentran entre los 27,6 y los 29,8°C. Estas temperaturas corresponden a un clima cálido-seco de acuerdo al mapa de zonificación climática de la zona, presentando una temperatura constante durante el transcurso del año, ajustándose a un régimen isotérmico de temperaturas con un promedio de 27,8°C.

Dado que para el análisis del parámetro de temperatura solo se contó con la estación Aeropuerto Rafael Núñez, la elaboración de las isotermas se realizó teniendo en cuenta el documento de ecosistemas continentales costeros y marinos de Colombia, del instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM,2007), donde presenta una función que relaciona la temperatura del aire con la altura sobre el nivel del mar, dicha función se presenta a continuación:

$$\text{Temperatura} = 28,1926 - 0,00561473 * \text{Elevación}$$

De la aplicación de esta fórmula se obtuvo la siguiente Figura 3-3, en donde se muestra que la temperatura para el área de estudio es en general de 28°C, lo cual concuerda con lo presentado en la estación con la cual se analizó este parámetro.

Figura 3-3 Isotermas para el área de estudio



Fuente: Concol by WSP., 2019

- **Presión Atmosférica**

La presión atmosférica está definida como la fuerza que ejerce el aire atmosférico sobre la superficie terrestre. La presión atmosférica se suele expresar en mm de mercurio (milímetros de mercurio) o Torricelli, diciéndose que la presión normal, a nivel del mar es de 760 mm de Hg. Este valor se llama también una atmósfera. Sin embargo, los meteorólogos suelen utilizar otra unidad para medir la presión: el milibar.

En cualquiera de las unidades, la presión que se considera normal a nivel del mar tiene un valor de 1 atmósfera o, lo que es lo mismo, 760 mm de Hg ó 1.012,9 milibares, es decir, que el área de estudio que se encuentra al nivel del mar tiene una presión atmosférica de 760 mm de Hg.

De acuerdo con lo anterior, cuanto mayor sea la altura de la superficie terrestre respecto al nivel del mar, menor es la presión del aire, puesto que la columna de vidrio del barómetro que queda por encima también es menor, es decir que la presión atmosférica disminuye con la altura.

- **Precipitación**

La precipitación es una de las variables más importantes en el clima de esta zona, ya que desempeña la importante tarea dentro del ciclo hidrológico de traer agua dulce a la masa continental, cada zona posee dinámicas pluviales distintas.

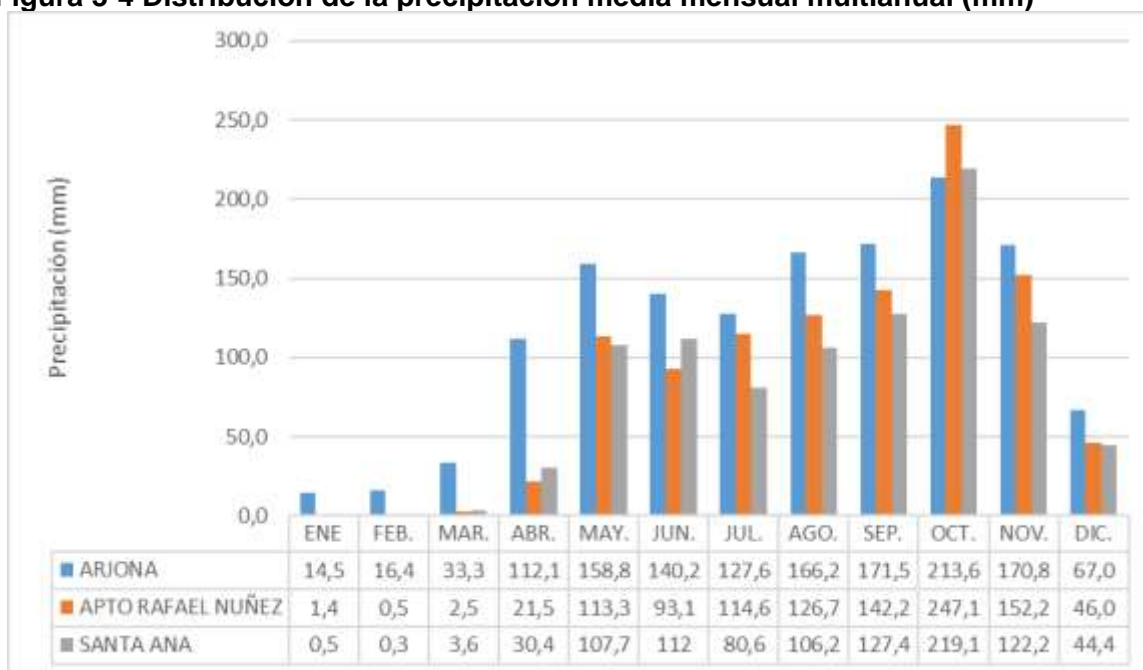
Para establecer la distribución temporal de las lluvias se recurrió a las estaciones más próximas al área de estudio y las cuales presentan las mejores estadísticas de la información reportada por el Instituto de Hidrología y Meteorología y Estudios Ambientales. Es importante mencionar que para esta variable se tomó la información reportada en las tres (3) estaciones, de tipo pluviográfica, pluviométrica y sinóptica principal. En la Tabla 3-3, Tabla 3-4 y Tabla 3-5 y Figura 3-4, Figura 3-5 y Figura 3-6 se muestran los promedios de precipitación total mensual multianual de las estaciones seleccionadas para esta variable.

Tabla 3-3 Precipitación total media mensual multianual (mm)

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VALOR ANUAL MULTIANUAL
ARJONA	14,5	16,4	33,3	112,1	158,8	140,2	127,6	166,2	171,5	213,6	170,8	67	1392
APTO RAFAEL NÚÑEZ	1,4	0,5	2,5	21,5	113,3	93,1	114,6	126,7	142,2	247,1	152,2	46	1061,1
SANTA ANA	0,5	0,3	3,6	30,4	107,7	112	80,6	106,2	127,4	219,1	122,2	44,4	954,4

Fuente: Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2019)

Figura 3-4 Distribución de la precipitación media mensual multianual (mm)



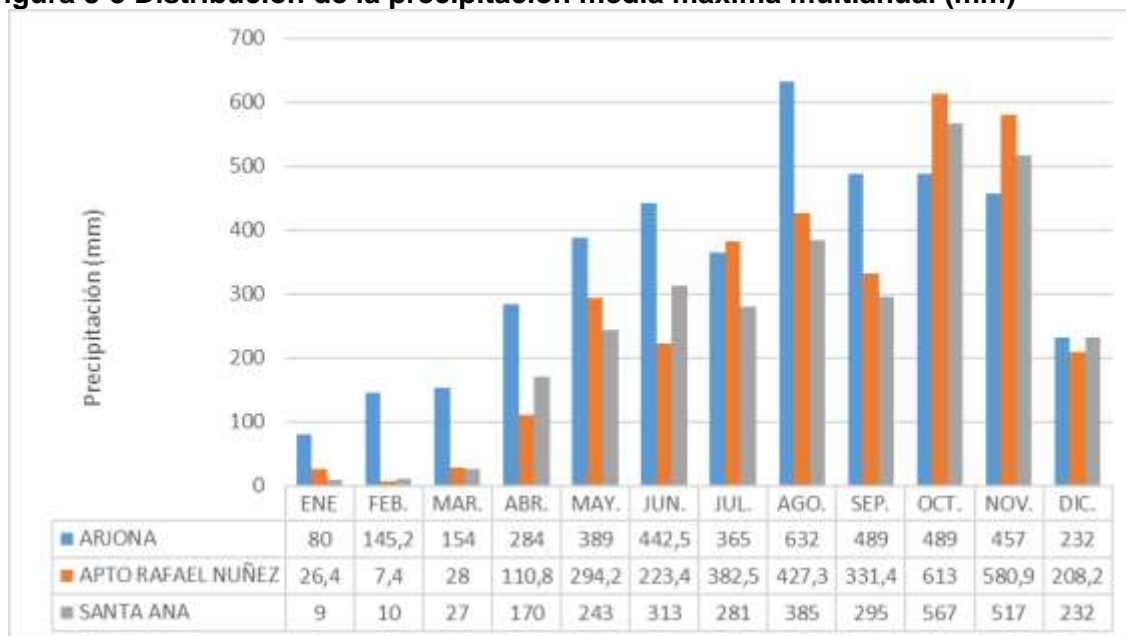
Fuente: Concol by WSP., 2019

Tabla 3-4 Precipitación total media máxima multianual (mm)

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN.	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VALOR ANUAL MULTIANUAL
ARJONA	80	145,2	154	284	389	442,5	365	632	489	489	457	232	4159
APTO RAFAEL NUÑEZ	26,4	7,4	28	110,8	294,2	223,4	382,5	427,3	331,4	613	580,9	208,2	3234
SANTA ANA	9	10	27	170	243	313	281	385	295	567	517	232	3049

Fuente: Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2019)

Figura 3-5 Distribución de la precipitación media máxima multianual (mm)



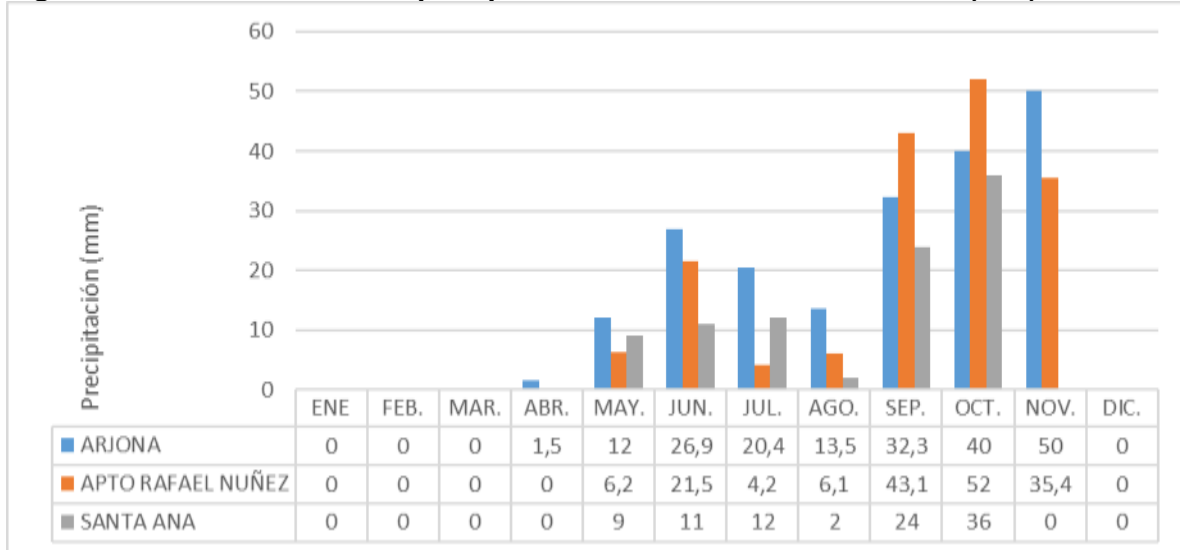
Fuente: Concol by WSP., 2019

Tabla 3-5 Precipitación total media mínima multianual (mm)

ESTACIÓN	ENE	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	Dic.	VALOR ANUAL MULTIANUAL
ARJONA	0	0	0	1,5	12	26,9	20,4	13,5	32,3	40	50	0	197
APTO RAFAEL NUÑEZ	0	0	0	0	6,2	21,5	4,2	6,1	43,1	52	35,4	0	169
SANTA ANA	0	0	0	0	9	11	12	2	24	36	0	0	94

Fuente: Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2019)

Figura 3-6. Distribución de la precipitación media mínima multianual (mm)

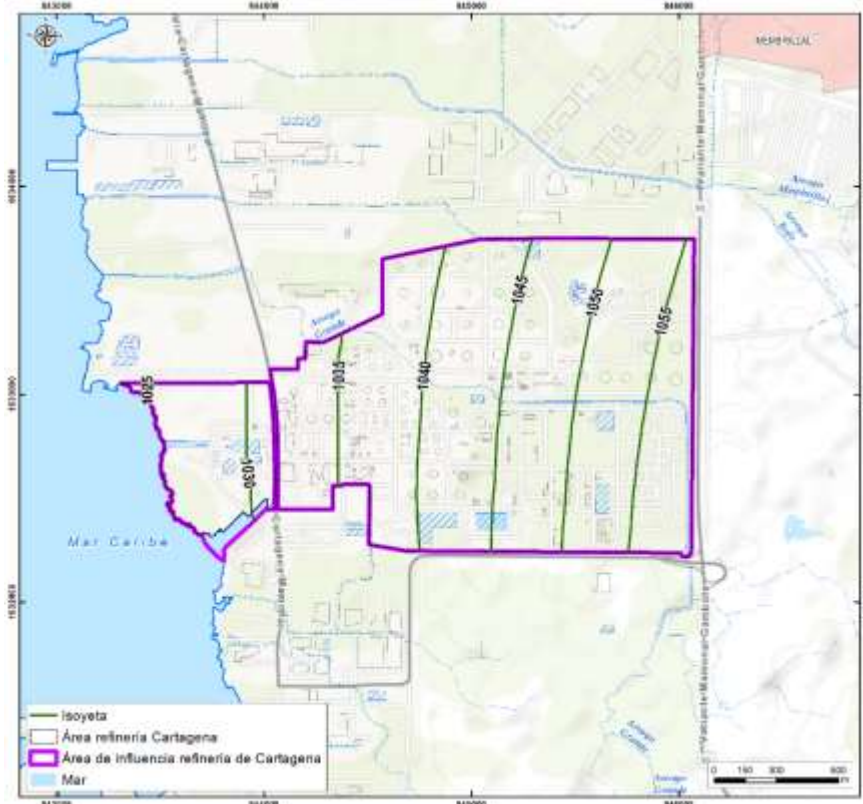


Fuente: Concol by WSP., 2019

El análisis de las gráficas permite establecer que en el área de estudio se tiene un régimen pluviométrico de carácter monomodal. Presentando de manera general un pico máximo de lluvias en los meses de octubre y noviembre. El periodo con tendencia seca se presenta entre los meses de diciembre a abril. El promedio anual de esta variable se encuentra en el orden de los 1163,75 mm/año.

Las isolíneas de precipitación presentadas en la Figura 3-7, permiten evidenciar un rango de precipitaciones totales multianuales que oscila entre los 1020 mm y 1060 mm anuales para el área de influencia físico-biótica.

Figura 3-7 Isoyetas medias mensuales multianuales



Fuente: Concol by WSP., 2019

- **Humedad Relativa**

La humedad relativa es el vapor de agua que existe en una masa de aire, expresado como un porcentaje de la cantidad total que existiría si el aire estuviese saturado a esta temperatura. Se expresa en unidades enteras que van de 0 a 100%. Los valores de humedad relativa dependen necesariamente de la temperatura del momento⁵. La Tabla 3-6 y Figura 3-8 presenta la humedad relativa media anual multianual, reportada en la estación Apto Rafael Núñez (14015020).

Tabla 3-6 Humedad relativa media mensual multianual (%)

	ENE	FEB	MAR	AB R	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VALOR MEDIO ANUAL MULTIANUAL
HR. Media	80,2	78,9	79	80,3	81,4	80,9	80,8	81,4	81,5	82,3	82,6	81,7	80,92
HR. Máxima	85	82	84	89	87	84	84	86	85	86	87	86	85,42
HR. Mínima	76	76	76	77	79	78	78	78	77	77	80	78	77,50

Fuente: Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2019)

5 IDEAM. (2005). Atlas Climatológico de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Parte II. Distribución Espacio-Temporal de las Variables del Clima. Pag 37

Figura 3-8. Distribución temporal de la humedad relativa (%)



Fuente: Concol by WSP., 2019

La gráfica permite observar que la humedad relativa tiene un comportamiento muy homogéneo durante la mayor parte del año. Los valores oscilan entre 78.9% y 82.6% con un promedio mensual de 80.9%. Los menores valores se presentan en los meses de enero a marzo y los máximos durante los meses de noviembre y diciembre.

- **Viento**

El viento es producido por diferencias de presión y temperatura. La velocidad del viento determina el desplazamiento del aire en un tiempo determinado. Siendo el movimiento natural de aire en la dirección de donde sopla, se expresa en grados a partir del norte geográfico, en el sentido de las manecillas del reloj.

El análisis del régimen del viento es de vital importancia ya que actúa como medio de transporte y propagación de los agentes contaminantes del medio ambiente como partículas suspendidas, gases, ruido, entre otros.

Para el análisis de los vientos, se tomó la información de la estación IDEAM ubicada en el Aeropuerto Rafael Núñez reportada en el Atlas de viento de Colombia (periodo 1981-2010) (<http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasVientos.html>). La información de vientos de los años más recientes no se encontraba disponible en la página del IDEAM, por lo cual fue tomada de la página de la Universidad de IOWA, la cual compila la información de las estaciones ubicadas en los aeropuertos de Colombia que hacen parte de la red ASOS (Automated Surface Observing System). En la Tabla 3-7, se presenta la información general de la estación mencionada.

Tabla 3-7 Estación meteorológica utilizada para el análisis de viento

CÓDIGO	CATEGORIA	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	NOMBRE DE LA CORRIENTE	ELEVACIÓN (m.s.n.m)	COORDENADAS	
					LATITUD	LONGITUD
14015020	SP	Apto Rafael Núñez	Mar Caribe	2	10.44725	-75.516028

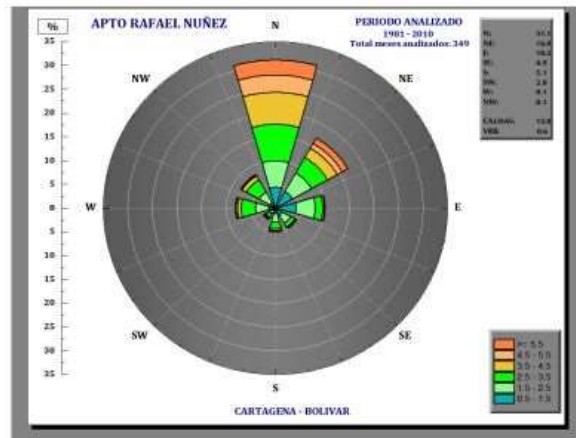
(SP Sinóptica Principal)

Fuente: Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2019)

La rosa de vientos indica la frecuencia de ocurrencia de los vientos en sectores de dirección

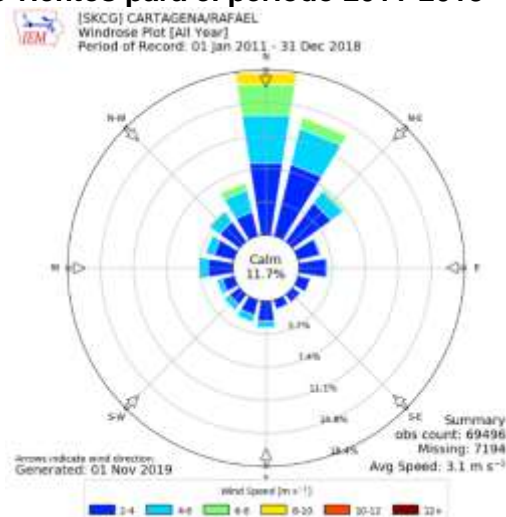
desde donde proviene el viento y en clases de velocidad. (Ver Figura 3-9).

Figura 3-9 Rosa de los vientos para el periodo 1981-2010



Fuente: Atlas de viento de Colombia (IDEAM; <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasVientos.html>)

Figura 3-10 Rosa de los vientos para el periodo 2011-2018



Fuente: https://mesonet.agron.iastate.edu/sites/windrose.phtml?station=SKCG&network=CO_ASOS

Teniendo en cuenta la Figura 3-9 y Figura 3-10 se puede concluir que los vientos predominantes provienen del norte (N), nor-noreste (NNE) y noreste (NE). La velocidad promedio del viento para el periodo 2011-2018 fue 3.1 m/s.

- **Brillo Solar**

El brillo solar es una medida que refleja la cantidad de radiación solar directa que una zona recibe en un periodo de tiempo específico, estos datos son importantes ya que se encuentran relacionados con los niveles evaporación y temperatura. La Tabla 3-8 y Figura 3-11 presentan los registros totales mensuales de brillo solar, reportados en la estación

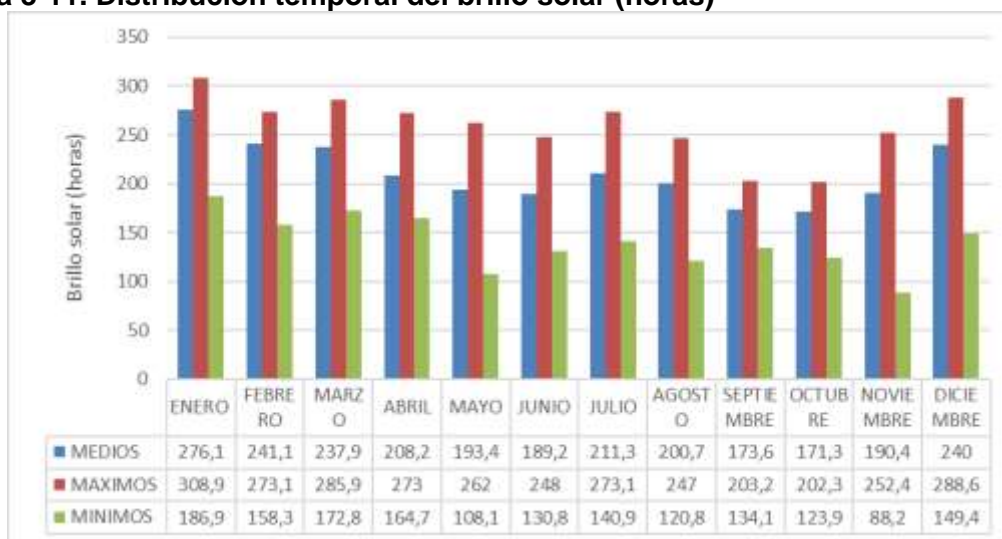
Apto Rafael Núñez (14015020).

Tabla 3-8 Brillo solar total mensual multianual (horas)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VALOR MEDIO MENSUAL MULTIANUAL
BS MEDIOS	276,1	241,1	237,9	208,2	193,4	189,2	211,3	200,7	173,6	171,3	190,4	240	211,10
BS MAXIMOS	308,9	273,1	285,9	273	262	248	273,1	247	203,2	202,3	252,4	288,6	259,79
BS MINIMOS	186,9	158,3	172,8	164,7	108,1	130,8	140,9	120,8	134,1	123,9	88,2	149,4	139,91

Fuente: Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2019)

Figura 3-11. Distribución temporal del brillo solar (horas)



Fuente: Concol by WSP., 2019

La gráfica indica un comportamiento homogéneo, con una diferencia en el mes de enero en donde se presentaron los valores más elevados, esto coincide con los valores reportados para nubosidad. El resto del año, el brillo solar se conserva estable en un mismo rango de tiempo.

El número de horas de brillo solar es influenciado en gran medida, por la precipitación en los diferentes meses del año. El período seco es el de mayor insolación mientras que la temporada húmeda se caracteriza por presentar los valores más bajos de brillo solar. El brillo solar en el área de influencia del proyecto presenta valores totales mensuales de 1678.9 a 2533,2 horas de brillo solar al año.

- **Nubosidad**

La nubosidad se relaciona directamente con el brillo solar, la precipitación y la humedad de un área. Su medida consiste en partir de una lectura periférica del cielo, dividiéndolo en ocho (8) fragmentos, por esta razón este parámetro climático se lee en octas de nubosidad. De manera que entre más despejado el cielo, menos octas de nubosidad tendrá y viceversa. En la Tabla 3-9 se presentan las escalas de nubosidad establecidas por el Instituto de

Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.

Tabla 3-9 Escalas de nubosidad

OCTAS	DEFINICION	CATEGORIA
0	Despejado	Buen tiempo
1	1/8 de cielo cubierto o menos pero no cero	Buen tiempo
2	2/8 de cielo cubierto	Buen tiempo
3	3/8 de cielo cubierto	Parcialmente nuboso
4	4/8 de cielo cubierto	Parcialmente nuboso
5	5/8 de cielo cubierto	Parcialmente nuboso
6	6/8 de cielo cubierto	Nuboso
7	7/8 de cielo cubierto o más pero no 8/8	Nuboso

Fuente: IDEAM, 2011

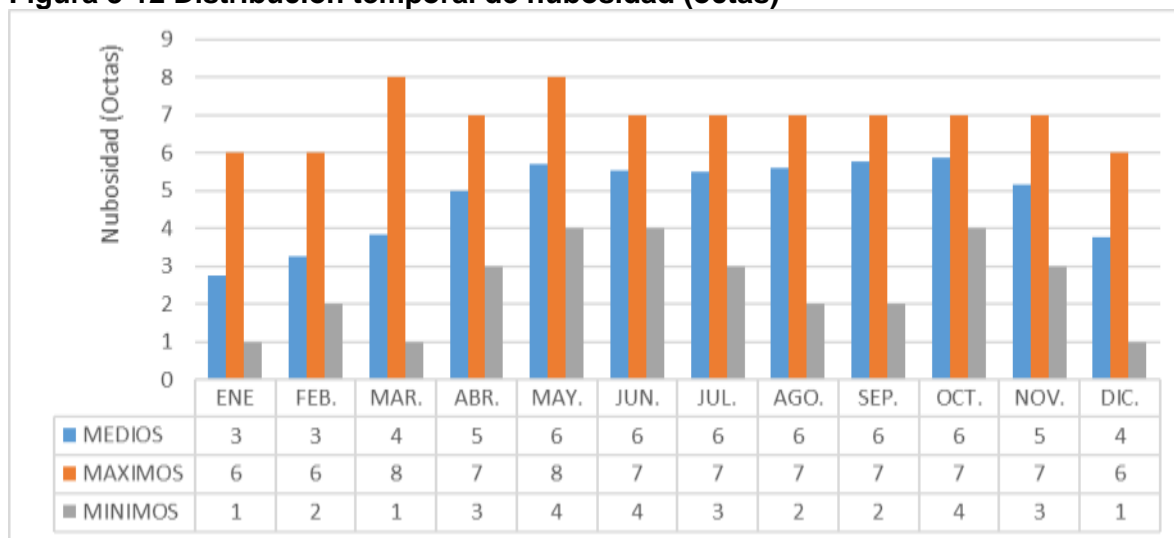
La información presente en la Tabla 3-10 y Figura 3-12, corresponde a la registrada en la estación Apto Rafael Núñez (14015020) para la serie de tiempo analizada.

Tabla 3-10 Valores medios mensuales de nubosidad (octas)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VALOR MEDIO ANUAL MULTIANUAL
NB Medios	3	3	4	5	6	6	6	6	6	6	5	4	5,00
NB Maximos	6	6	8	7	8	7	7	7	7	7	7	6	6,92
NB Minimos	1	2	1	3	4	4	3	2	2	4	3	1	2,50

Fuente: Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2019)

Figura 3-12 Distribución temporal de nubosidad (octas)



Fuente: Concol by WSP., 2019

De acuerdo con lo anterior, en promedio los meses en los cuales se presenta menor nubosidad son enero, febrero y marzo, con valores entre 1 y 5 octas mensuales. Los meses de mayo a noviembre presentan una nubosidad estable, con un valor promedio de 6 octas mensuales, los cuales corresponden a los periodos húmedos en la zona.

El valor promedio de nubosidad en la zona es de 5 octas, teniendo en cuenta dicho valor, la categoría asignada corresponde a un cielo parcialmente nuboso.

- **Evaporación**

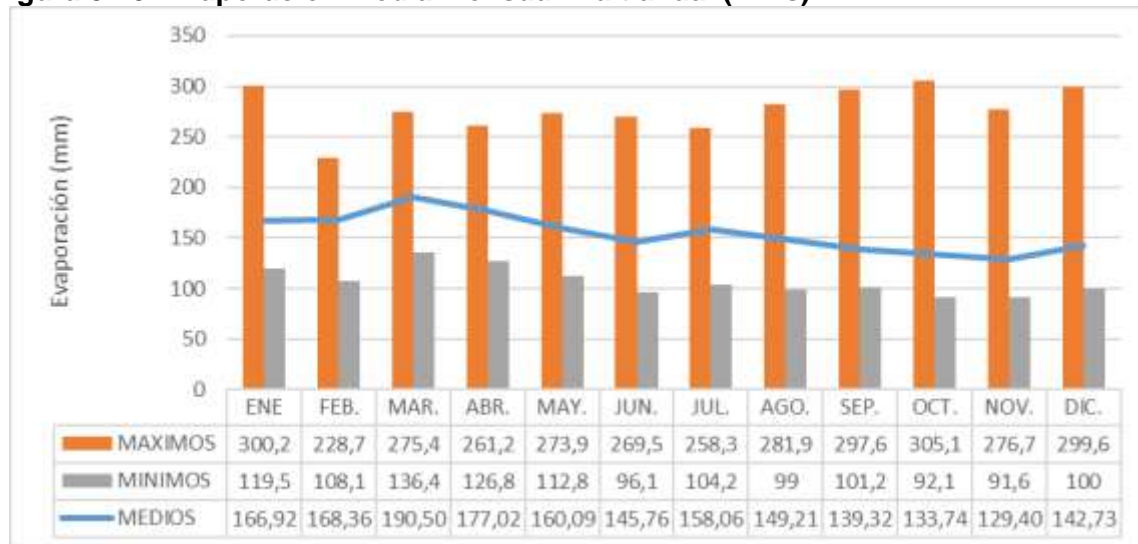
La evaporación es la medida de la cantidad de agua que cambia del estado líquido a gaseoso y pasa a la atmósfera como vapor de agua, representando un indicador natural del balance hídrico. Permite estimar las deficiencias o excesos de humedad en el suelo cuando está a capacidad de campo⁶.

Tabla 3-11 Valores totales mensuales de evaporación (mms)

	ENE	FEB.	MAR	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV	DIC.	VALOR MEDIO MENSUAL MULTIANUAL
Evap. Medios	166,92	168,36	190,5	177,02	160,09	145,76	158,06	149,21	139,32	133,74	129,4	142,73	155,09
Evap. Maximos	300,2	228,7	275,4	261,2	273,9	269,5	258,3	281,9	297,6	305,1	276,7	299,6	277,34
Evap. Minimos	119,5	108,1	136,4	126,8	112,8	96,1	104,2	99	101,2	92,1	91,6	100	107,32

Fuente: Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2019)

Figura 3-13. Evaporación media mensual multianual (mms)



Fuente: Concol by WSP., 2019

De acuerdo con los registros, la evaporación varía en promedio anual, entre 129.4 mm y 190.50 mm, mientras que las variaciones mínimas mensuales oscilan entre 91.60 mm y 136.40 mm; siendo marzo el mes con mayor evaporación, con un valor promedio mensual de 190.50 mm; y el mes con menor evaporación es octubre, con un valor promedio mensual de 133.74 mm, como se observa en la Tabla 3-11 y Figura 3-13.

⁶ IDEAM. (2005). Atlas Climatológico de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

3.2.9.1.6 Zonificación Climática

El presente aparte del estudio tiene previsto determinar la zonificación climática según el método de Caldas – Lang, la cual proporciona un elemento de apoyo para la interpretación y delimitación de las unidades de paisaje y del régimen hidrológico de las fuentes hídricas especialmente durante la temporada de estiaje o de verano. Con fundamento en la metodología antes expuesta se procedió a elaborar la zonificación climática para la refinería de Cartagena, utilizando para el efecto información actualizada del IDEAM, mediante registros de temperatura y precipitación.

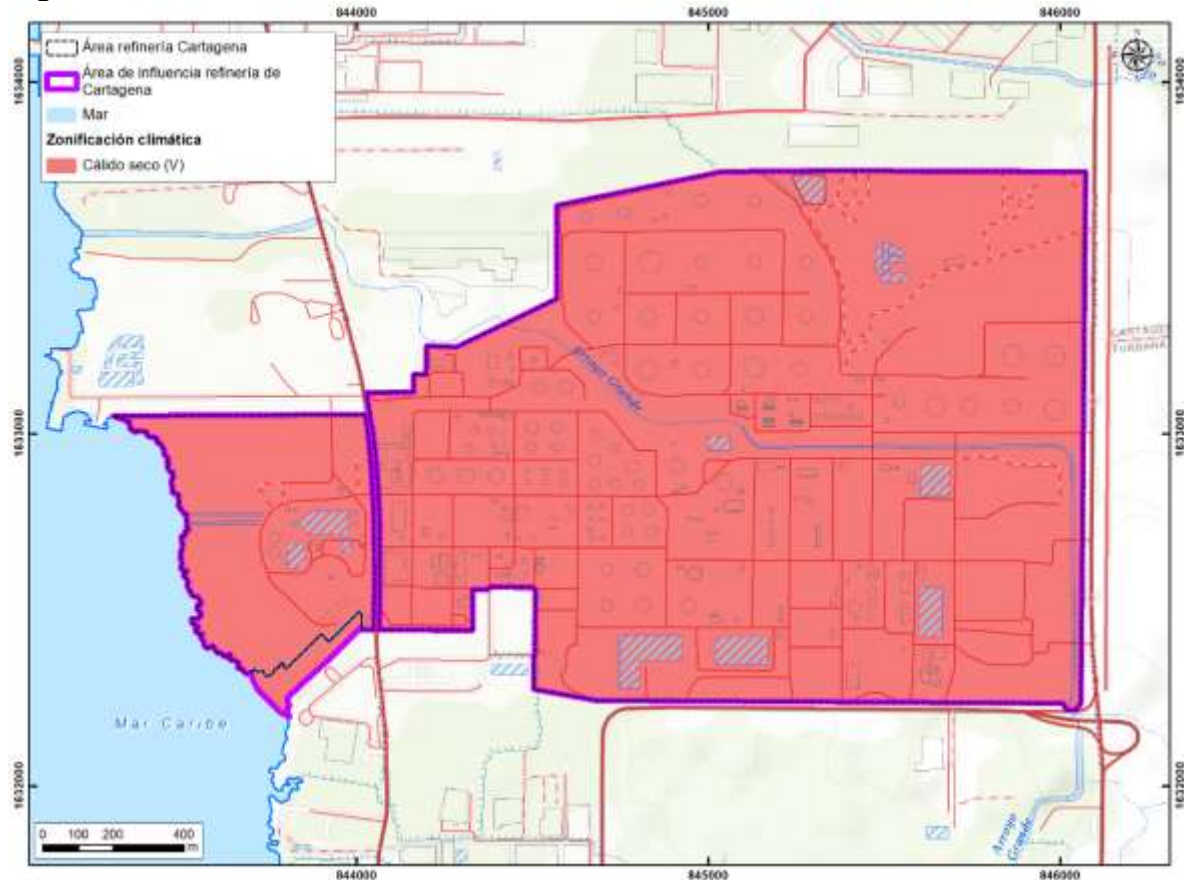
Para la precipitación se parte del plano de isoyetas desarrollado en el componente climático de “Distribución Espacial de la Precipitación” a escala de trabajo para polígono del área de influencia de la refinería de Cartagena, definiendo isolíneas cada 50 mm.

Por el contrario, para el parámetro de temperatura no fue posible realizar una interpolación entre estaciones, dado que la información en la zona es limitada y se cuenta con información de una sola estación que reporta este parámetro. Por lo tanto y con el fin de realizar la zonificación climática y determinar el valor de la temperatura se utilizó la ecuación referenciada en el documento de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia del IDEAM del año 2007, así como la media mensual multianual reportada por la estación.

Una vez estuvieron categorizados los elementos de temperatura y precipitación, se hizo una intersección entre las dos capas obteniendo así el mapa resultado con los correspondientes rangos, el cual permite concluir que el clima en la Refinería de Cartagena y su área de influencia se clasifica como cálido – seco.

Esta clasificación corresponde a zonas con un clima que se encuentra entre los 0-800 msnm, con una precipitación entre los 1000 y 2000 mm/año y una temperatura mayor a los 24°C.

Figura 3-14 Zonificación climática



Fuente: Concol by WSP., 2019

3.2.9.2 Calidad del Aire

La evaluación de la calidad del aire tiene como propósito fundamental hacer el seguimiento al estado de preservación del recurso, estimando las concentraciones de algunos contaminantes, teniendo como referente los límites establecidos en la normatividad ambiental, obteniendo información comparable sobre la situación de calidad del aire a lo largo del desarrollo de las actividades de operación de la Refinería de Cartagena.

3.2.9.2.1 Fuentes de emisión en el área físico-biótica

A continuación, se describen las fuentes de emisión identificadas en el área de influencia físico-biótica.

- **Fuentes fijas**

El Decreto 1076 de 2015, en su artículo 2.2.5.1.1.2., las define como aquellas fuentes de emisión situadas en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa. Las principales fuentes de emisión de la refinería corresponden a calderas, hornos, incineradores y turbinas, que se encuentran

asociados a las diferentes unidades de proceso.

Actualmente, se tienen autorizadas 22 fuentes fijas de emisión bajo la Resolución 2102 del 28 de noviembre de 2008 y Resolución 0511 del 16 de marzo de 2010, de las cuales 20 están en operación constante, dado que una de las fuentes (FE04 Caldera SP-SG-104) fue sacada de operación para desmantelamiento y la otra fuente (FE14 HORNO PEQUEÑO 146-TKF-F-001) opera solo bajo demanda. A estas 20 fuentes se les realiza el debido monitoreo de seguimiento y control.

Teniendo en cuenta la operación futura a 245 KBPD mediante la integración de las refinerías (original y nueva), se solicita permiso para 11 nuevas fuentes fijas de emisión, así como se indica en el capítulo 4 Demanda, uso y aprovechamiento, del presente estudio.

A continuación, en la Tabla 3-12 se presenta el total de fuentes de emisión que conformarán el complejo industrial, resaltando en color gris las nuevas fuentes requeridas. En la Figura 3-15, se muestra su ubicación espacial.

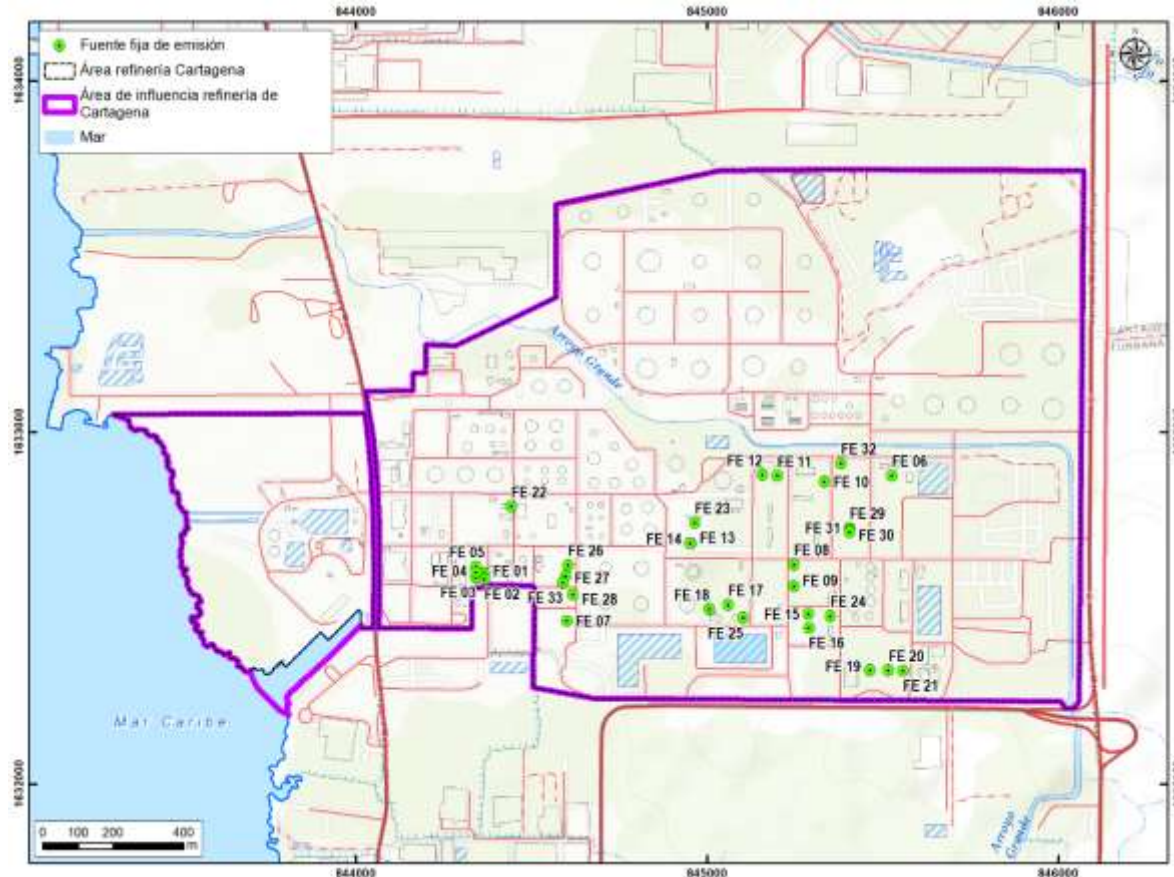
Tabla 3-12 Fuentes fijas puntuales

ID	Nombre	Tipo equipo	Tipo combustible	Coordenadas planas sirgas origen Bogotá	
				Este	Norte
FE 01	CALDERA SP-SG-101	Caldera	Gas Combustible	844366.3	1632600.0
FE 02	CALDERA SP-SG-102	Caldera	Gas Combustible	844366.7	1632583.3
FE 03	CALDERA SP-SG-103	Caldera	Gas Combustible	844342.0	1632588.1
FE 05	CALDERA SP-SG-1005	Caldera	Gas Combustible	844341.8	1632618.9
FE 06	HORNO REHERVIDOR 44-H-01	Horno	Gas Combustible	845525.6	1632878.0
FE 07	HORNO REHERVIDOR 107-CNT-F-201	Horno	Gas Combustible	844600.9	1632464.4
FE 08	HORNO 108-DHA-F-001/HORNO 108-DHA-F-002	Horno	Gas Combustible	845247.6	1632624.9
		Horno	Gas Combustible		
FE 09	HORNO 109-DHB-F-001/HORNO 109-DHB-F-002	Horno	Gas Combustible	845246.4	1632563.5
		Horno	Gas Combustible		
FE 10	HORNO DE CARGA 110-HCU-F-001/HORNO DE RECICLO 110-HCU-F-002/HORNO DE LA FRACCIONADORA 110-HCU-F-101	Horno	Gas Combustible	845333.8	1632860.7
		Horno	Gas Combustible		
		Horno	Gas Combustible		
FE 11	HORNO 100-CDU-F-001	Horno	Gas Combustible	845199.2	1632876.7
FE 12	HORNO 100-CDU-F-002	Horno	Gas Combustible	845156.7	1632880.0
FE 13	HORNO 111-DCU-F-201/HORNO 111-DCU-F-202	Horno	Gas Combustible	844953.5	1632686.2
		Horno	Gas Combustible		
FE 14	HORNO PEQUEÑO 146-TKF-F-001	Horno	Gas Combustible	844951.8	1632686.2
FE 15	REFORMADOR 115-HPU-1-F001	Reformador	Gas Combustible	845287.8	1632484.3

ID	Nombre	Tipo equipo	Tipo combustible	Coordenadas planas sirgas origen Bogotá	
				Este	Norte
FE 16	REFORMADOR 116 - HPU2-F001	Reformador	Gas Combustible	845289.6	1632445.4
FE 17	Incinerador 123-TGA-F-301	Horno reactor	Gas Combustible	845059.0	1632510.3
FE 18	Incinerador 124-TGB-F-301	Horno	Gas Combustible	845006.5	1632497.4
FE 19	130 PSG-GTGEN-001/130-PSG-HRSG-001	Turbina de Gas	Gas Natural	845463.3	1632323.9
		Caldera	Gas combustible		
FE 20	130 PSG-GTGEN-002/130-PSG-HRSG-002	Turbina de Gas	Gas Natural	845515.9	1632323.6
		Caldera	Gas combustible		
FE 21	130 PSG-GTGEN-003/130-PSG-HRSG-003	Turbina de Gas	Gas Natural	845558.5	1632323.5
		Caldera	Gas combustible		
FE 22	Chimenea de regenerador Cracking FC-D-2560	Regenerador	Fuente que no quema gas	844442.7	1632790.3
FE 23	HORNO 111-DCU-F-203	Horno	Gas Combustible	844965.0	1632744.0
FE 24	REFORMADOR 117 - HPU3-F001	Reformador	Gas Combustible	845351.0	1632479.0
FE 25	Incinerador 125-TGB-F-301	Horno reactor	Gas Combustible	845102.0	1632473.0
FE 26	Horno PS-F301	Horno	Gas Combustible	844603.9	1632623.2
FE 27	Horno PS-F1/Horno PS-F401	Horno	Gas Combustible	844597.7	1632592.3
		Horno	Gas Combustible		
FE 28	Horno VRF-201	Horno	Gas Combustible	844618.1	1632539.6
FE 29	103-CCR-F-001	Horno	Gas Combustible	845405.2	1632728.2
FE 30	103-CCR-F-002	Horno	Gas Combustible	845405.5	1632722.9
FE 31	103-CCR-F-003	Horno	Gas Combustible	845405.5	1632717.6
FE 32	102-NHT-F-001	Horno	Gas Combustible	845381.0	1632913.0
FE 33	Horno PS-F402	Horno	Gas Combustible	844588.7	1632573.1

Fuente: Refinería de Cartagena S.A.S., 2019.

Figura 3-15 Ubicación Geográfica de las fuentes fijas de emisión presentes en la Refinería de Cartagena



Fuente: Concol by WSP., 2019

- **Fuentes de área**

De acuerdo con la guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas, estas fuentes hacen referencia a zona o región, urbana suburbana o rural, que, por albergar múltiples fuentes fijas de emisión, es considerada como un área especialmente generadora de sustancias contaminantes del aire (Minambiente, 2017); sin embargo, para la Refinería de Cartagena estas fuentes no se presentan en el área de influencia físico-biótica.

- **Fuentes lineales**

Dentro de la Refinería de Cartagena, existen vías pavimentadas, las cuales presentan diferencias de flujo vehicular y que por lo tanto fueron clasificadas para el desarrollo de la simulación de contaminantes, así: vías de tráfico vehicular alto (circulación de buses, camionetas y vehículos utilitarios), vías de tráfico vehicular medio (circulación de camionetas y vehículos utilitarios) y vías de tráfico vehicular bajo. Estas fuentes están directamente relacionadas con las fuentes móviles.

- **Fuentes Móviles**

Tal y como se establece en el artículo 2.2.5.1.1.2 del Decreto 1076 de 2015, estas hace referencia a la fuente de emisión que, por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza. Los vehículos que circulan dentro de la Refinería son camiones, camionetas, buses y vehículos utilitarios. Los camiones circulan principalmente en las noches, con un flujo de alrededor de 9 vehículos/hora entre las 19:00 y las 05:00. Durante el día solo circulan alrededor de 3-4 camiones. Las horas de mayor tráfico vehicular corresponden a la entrada (06:30 – 07:30), almuerzo (11:00 – 12:00) y salida de personal (15:00-16:00). (Ver Fotografía 3.1).

Fotografía 3.1 Tránsito de vehículos al interior de la Refinería de Cartagena



Fuente: Concol by WSP., 2019

3.2.9.2.2 Identificación de asentamientos poblacionales, viviendas, infraestructura social expuesta a contaminación atmosférica.

Los principales receptores se consideran como aquella infraestructura social que potencialmente puede verse expuesta a las fuentes de emisión. Sin embargo, considerando que el área de influencia físico-biótica, se relaciona con el área de la refinería, se considera que los receptores son los trabajadores y están expuestos únicamente durante la jornada laboral.

3.2.9.2.3 Monitoreo de calidad del aire

Refinería de Cartagena ha venido desarrollando monitoreos los cuales han considerado contaminantes criterio y contaminantes no convencionales establecidos en la legislación colombiana. Dichos monitoreos han sido desarrollados de manera permanente con una frecuencia semestral, dando cumplimiento a lo requerido en el Artículo Quinto de la Resolución 1157 de 2000 el cual fue modificado por el Artículo Tercero de la Resolución 2102 del 28 de noviembre de 2008 modificado a su vez por el Artículo Quinto de la Resolución 0511 del 16 de marzo de 2010.

Para efecto de realizar análisis del componente y con el fin de dar cumplimiento al requerimiento No 3 "Presentar los resultados del monitoreo de calidad del aire para material particulado de tamaño menor a 10 micrómetros, PM10, y a 2,5 micrómetros, PM2.5, por laboratorios acreditados por el IDEAM en la toma y en el análisis de muestras. Ajustar, de

acuerdo con los resultados obtenidos, el modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos”, se tomará el monitoreo realizado en el primer semestre de 2019 para el análisis de dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COV's), hidrocarburos totales (HCT), Vanadio (V), Cadmio (Cd) y el monitoreo realizado en el primer semestre 2020 para el análisis de material particulado (PM₁₀) y material particulado (PM_{2.5}).

- **Monitoreo primer semestre de 2019**

A continuación, se presenta el monitoreo desarrollado en la refinería de Cartagena S.A.S, correspondiente al primer semestre del año 2019, entre los días 2 y 20 de abril. Según la climatología de la zona, el promedio de la precipitación total multianual presentado en la (Ver Figura 3-4) para el mes de abril en las estaciones Aeropuerto Rafael Nuñez y Santa Ana es 21.5 y 11.2 mm, respectivamente, lo cual permite clasificar el mes de abril como época seca. Adicionalmente, tal y como se presenta en el informe de la campaña de medición, los datos de precipitación medidos durante la campaña confirman que el monitoreo fue realizado en época seca (Ver Anexo 03. Caracterización Ambiental / 3.1 Aspectos Abióticos / Cap. 3.2.9 Atmósfera)





Esta campaña fue realizada por el laboratorio Instituto de Higiene Ambiental S.A.S., el cual cuenta con acreditación expedida por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM, bajo las Resoluciones 1883 del 9 de septiembre de 2015, 0286 del 2 de marzo de 2016, 1331 del 23 de junio de 2017 y 1976 del 31 de agosto de 2017.

- **Listado de estaciones de monitoreo objeto de análisis**

En la Tabla 3-13 se presenta la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo, cabe destacar que la localización de estas considera los criterios sugeridos por la legislación vigente para asegurar cobertura y representatividad de la información reportada, correspondiendo a la misma localización considerada en los monitoreos desarrollados desde el año 2016. En la Figura 3-17 se presentan las estaciones analizadas en relación al polígono de la refinería.

En la campaña de medición realizada en 2020 en cumplimiento del requerimiento 3 de información adicional de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales se verificaron las coordenadas de los puntos de medición y se encontraron unas mínimas diferencias con respecto a las coordenadas previamente reportadas. Es importante resaltar que la ubicación de las estaciones de la Refinería se ha mantenido en el tiempo, y que los cambios en las coordenadas no corresponden a modificaciones en la ubicación donde se ha venido realizando el monitoreo de la calidad del aire con ocasión del seguimiento efectuado por esa autoridad a la Licencia Ambiental y del cumplimiento de las obligaciones al respecto de la Refinería, evidenciado en los respectivos Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA). En la Figura 3-16 se presenta el ejemplo de la estación E3 Pruebas contra incendios, en la cual se presenta la ubicación en la campaña de abril de 2019 y en la campaña de 2020.

Tabla 3-13 Estaciones de monitoreos de calidad de aire (2019)

ID	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ	
			Este	Norte
Estación 1	CA1 (Área 1000)		845364,3611	1633739,622
Estación 2	CA3 Separador API		843640,6799	1632809,872
Estación 3	CA5 Pruebas Contraincendio		844834,3447	1632260,568
Estación 4	CA6 (Garita No. 6)		846056,4521	1632636,285

Fuente: Refinería de Cartagena S.A.S, 2020.

Figura 3-16 Ubicación de la estación E3 Pruebas Contraincendios durante (a) Campaña abril de 2019 y (b) Campaña febrero-marzo de 2020.

Nótese que se mantiene la ubicación de las estaciones en las dos campañas y que los cambios en las coordenadas corresponden solo a la verificación de las mismas realizada en la campaña de 2020.

(a)

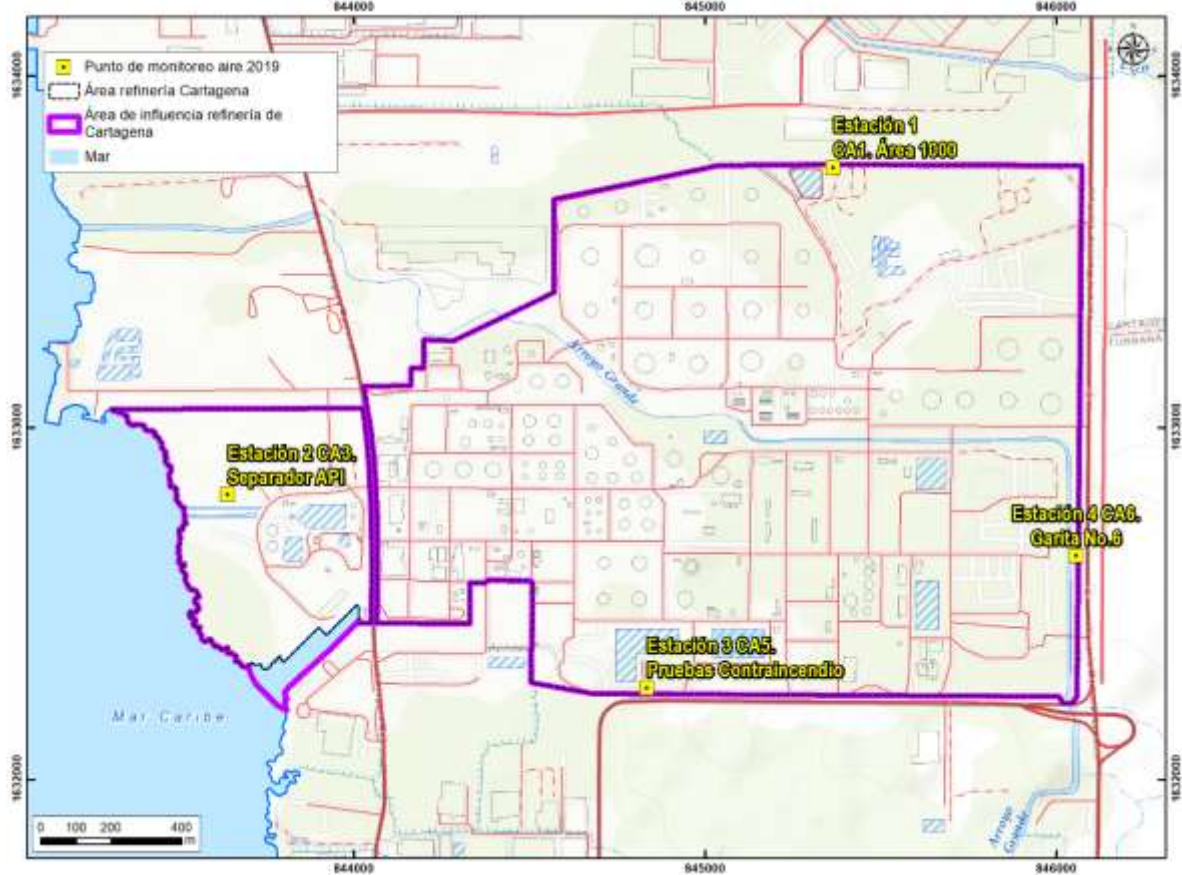


(b)



Fuente: Refinería de Cartagena S.A.S, 2020.

Figura 3-17 Ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad de aire



Fuente: Refinería de Cartagena (2020).

▪ Metodología

La descripción detallada de la metodología aplicada para el desarrollo de cada uno de los monitoreos, así como los equipos empleados se presentan en cada uno de los informes de laboratorio adjuntos en el Anexo 03. Caracterización Ambiental / 3.1 Aspectos Abióticos / Cap. 3.2.9 Atmósfera/Calidad de aire. A modo de referencia, a continuación, se señalan los equipos típicamente empleados, así como los métodos de muestro aplicables. (Ver Tabla 3-14).

Tabla 3-14 Métodos de referencia

PARÁMETRO	MÉTODOS DE MUESTREO	MÉTODO DE REFERENCIA	EQUIPO UTILIZADO
Dióxido de azufre (SO ₂)	US EPA e-CFR Título 40, Parte 50 apéndice A: Pararosanilina	Espectrofotométrico	
Dióxidos de nitrógeno (NO ₂)	Metodo MASA 408 Second Edition.	Espectrofotométrico	
Ozono (O ₃)	Muestra durante ocho (8) horas ajustando un flujo de entrada de muestra entre 1 y 2 L/min. Se utiliza 10 mL de solución absorbente (hidróxido de sodio con Ioduro de potasio). Se determina también el volumen de gas muestreado a condiciones estándar registrando el tiempo de succión de muestra y después con la masa obtenido por laboratorio, se establece la relación masa/volumen obteniendo la concentración de ozono en la muestra.	Espectrofotométrico	
Monóxido de carbono (CO)	Electroquímico	Infrarrojo No Dispersivo	
Hidrocarburos totales (HCT expresados como metano)	EPA TO – 17 – EPAV 815 C	Cromatografía	
Compuestos orgánicos volátiles (COVs)	EPA TO-17 – EPAV 815 C	Cromatografía	
Vanadio (V) Cadmio (Cd)	CFR Título 40 parte 50 Anexo G de los Estados Unidos de América	Absorción atómica	

Fuente: Instituto de Higiene Ambiental S.A.S., 2019.

▪ Resultados

Como se mencionó anteriormente, para la caracterización de la calidad de aire se tomaron como base los resultados obtenidos en el monitoreo del primer semestre del año 2019 para los siguientes contaminantes:

- Dióxido de azufre (SO₂)
- Dióxidos de nitrógeno (NO₂)
- Ozono (O₃)
- Monóxido de carbono (CO)
- Compuestos orgánicos volátiles (COV's)
- Hidrocarburos totales (HCT)
- Vanadio (V)
- Cadmio (Cd)

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros monitoreados los cuales fueron comparados con los límites permisibles establecidos por la Resolución 2254 de 2017 “Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente”.

– Dióxido de azufre (SO₂)

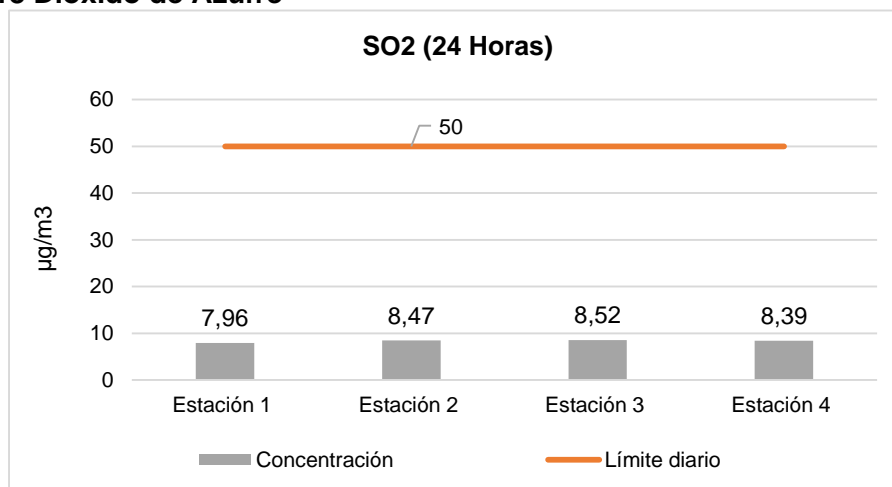
En la Tabla 3-15 y Figura 3-18, se presentan los resultados obtenidos para dióxido de azufre expresados como µg/m³, donde se observa un cumplimiento total de la normatividad.

Tabla 3-15 Resultados de Dióxido de Azufre (Promedios de 18 muestras de 24 horas)

Periodo	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4
	CA1 (Área 1000)	CA3 Separador API	CA5 Pruebas Contra incendio	CA6 (Garita No. 6)
Primer semestre 2019	7,96 µg/m ³	8,47 µg/m ³	8,52 µg/m ³	8,39 µg/m ³

Fuente: Instituto de Higiene Ambiental S.A.S., 2019.

Figura 3-18 Dióxido de Azufre



Fuente: ConCol by WSP., 2019.

– Dióxidos de Nitrógeno (NO₂)

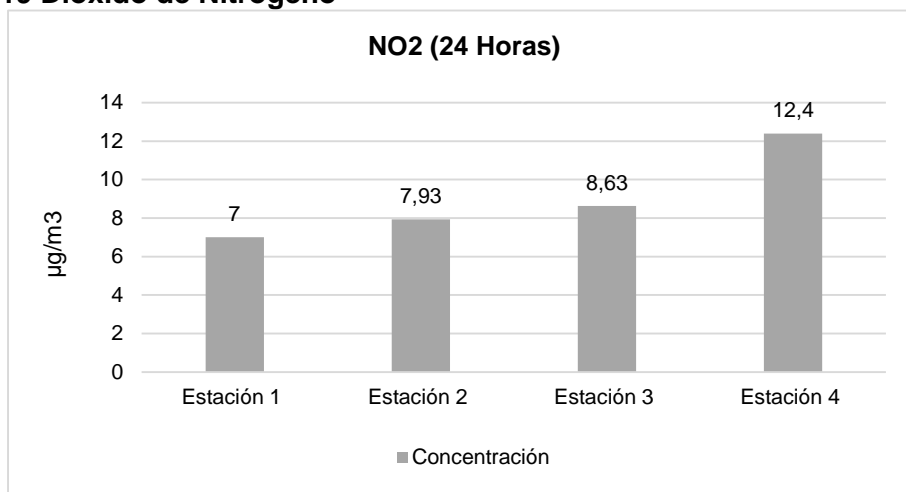
En la Tabla 3-16 y Figura 3-19, se presentan los resultados obtenidos para dióxido de nitrógeno expresados como µg/m³.

Tabla 3-16 Resultados Dióxido de Nitrógeno (Promedios de 18 muestras de 24 horas)

Periodo	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4
	CA1 (Área 1000)	CA3 Separador API	CA5 Pruebas Contraincendio	CA6 (Garita No. 6)
Primer semestre 2019	7 µg/m ³	7,93 µg/m ³	8,63 µg/m ³	12,4 µg/m ³

Fuente: Refinería de Cartagena S.A.S., 2019.

Figura 3-19 Dióxido de Nitrógeno



Fuente: ConCol by WSP., 2019.

– **Ozono (O₃)**

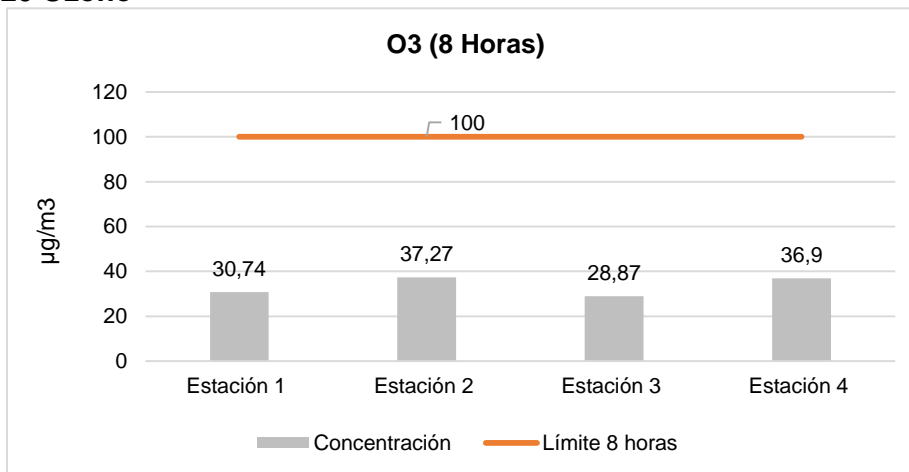
En la Tabla 3-17 y Figura 3-20, se presentan los resultados obtenidos para ozono expresados como µg/m³, donde se observa un cumplimiento total de la normatividad.

Tabla 3-17 Resultados Ozono (Promedios de 18 muestras de 8 horas)

Periodo	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4
	CA1 (Área 1000)	CA3 Separador API	CA5 Pruebas Contraincendio	CA6 (Garita No. 6)
Primer semestre 2019	30,74 µg/m ³	37,27 µg/m ³	28,87 µg/m ³	36,9 µg/m ³

Fuente: Instituto de Higiene Ambiental S.A.S., 2019.

Figura 3-20 Ozono



Fuente: ConCol by WSP., 2019.

– **Monóxido de carbono (CO)**

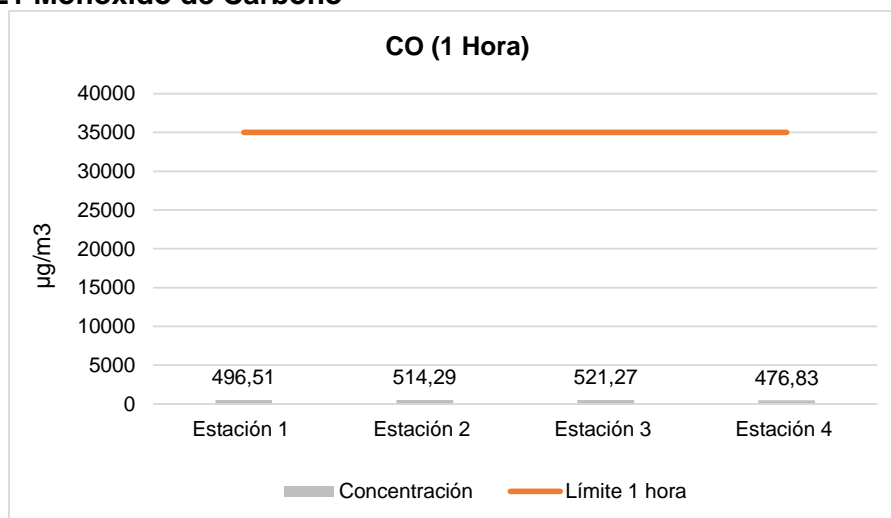
En la Tabla 3-18 y Figura 3-21, se presentan los resultados obtenidos para monóxido de carbono expresados como $\mu\text{g}/\text{m}^3$, donde se da cumplimiento al límite, presentando concentraciones inferiores a este.

Tabla 3-18 Resultados para monóxido de carbono

Periodo	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4
	CA1 (Área 1000)	CA3 Separador API	CA5 Pruebas Contraincendio	CA6 (Garita No. 6)
Primer semestre 2019	496,51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	514,29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	521,27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	476,83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fuente: Instituto de Higiene Ambiental S.A.S., 2019.

Figura 3-21 Monóxido de Carbono



Fuente: ConCol by WSP., 2019.

– Vanadio (V)

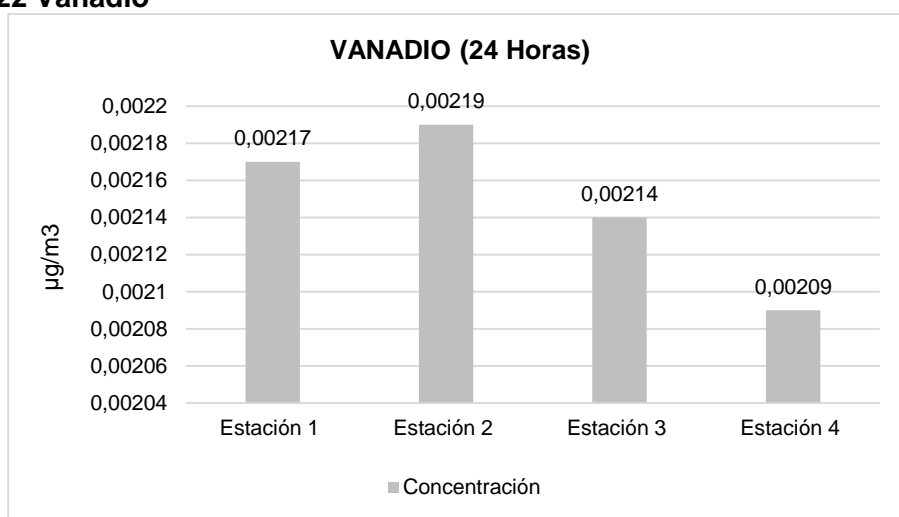
En la Tabla 3-19 y Figura 3-22, se presentan los resultados obtenidos para el vanadio expresado como $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 3-19 Resultados para vanadio (Promedios de 18 muestras de 24 horas)

Periodo	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4
	CA1 (Área 1000)	CA3 Separador API	CA5 Pruebas Contraincendio	CA6 (Garita No. 6)
Primer semestre 2019	0,00217 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,00219 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,00214 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,00209 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fuente: Instituto de Higiene Ambiental S.A.S., 2019.

Figura 3-22 Vanadio



Fuente: ConCol by WSP., 2019.

– Cadmio (Cd)

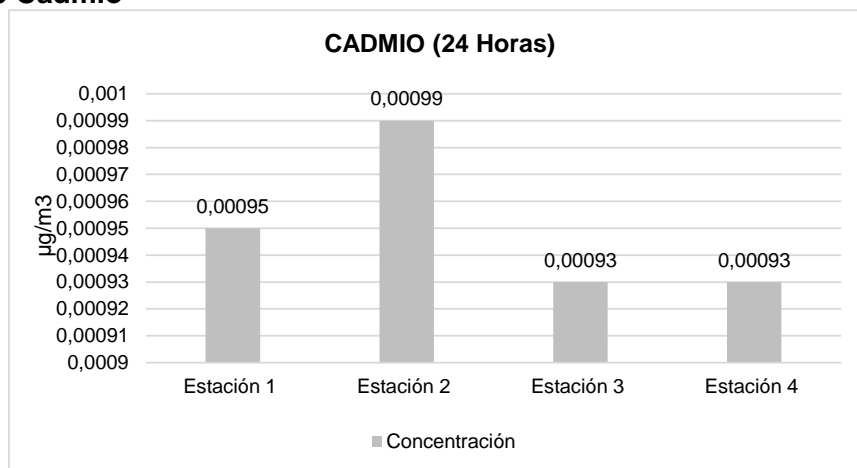
En la Tabla 3-20 y Figura 3-23, se presentan los resultados obtenidos para Cadmio expresados como $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 3-20 Resultados para Cadmio (Promedios de 18 muestras de 24 horas)

Periodo	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4
	CA1 (Área 1000)	CA3 Separador API	CA5 Pruebas Contraincendio	CA6 (Garita No. 6)
Primer semestre 2019	0,00095 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,00099 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,00093 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,00093 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fuente: Instituto de Higiene Ambiental S.A.S., 2019.

Figura 3-23 Cadmio



Fuente: ConCol by WSP., 2019.

- **Monitoreo primer semestre 2020**

A continuación, se presenta el monitoreo desarrollado en la Refinería de Cartagena S.A.S, correspondiente al primer semestre del año 2020, entre el 23 de febrero y el 11 de marzo⁷. Según la climatología de la zona, el promedio de la precipitación total multianual presentado en la Figura 3-4 para los meses de febrero y marzo en las estaciones Aeropuerto Rafael Nuñez y Santa Ana se encuentran entre 0.5-2.5 mm y 0.3-3.6 mm, respectivamente, lo cual permite clasificar éstos meses como época seca.

Esta campaña incluyó mediciones de PM10 y PM2.5 en las 4 estaciones empleando equipos automáticos. Las mediciones fueron realizadas por el laboratorio AGQ PRODYCON COLOMBIA S.A.S., el cual cuenta con acreditación expedida por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM, bajo la Resolución 0031 del 14 de enero de 2020.

- **Listado de estaciones de monitoreo objeto de análisis**

En la Tabla 3-21 y Figura 3-24, se presenta la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo. Con el fin de mejorar los aspectos de microlocalización de las estaciones, para la campaña realizada en 2020 se movieron ligeramente las estaciones Área 1000 y Separador API (menos de 50 metros respecto a su ubicación anterior). La nueva ubicación no cambia la representatividad de los puntos en cuanto a los resultados de calidad del aire, pero permite mejorar los criterios de microlocalización.

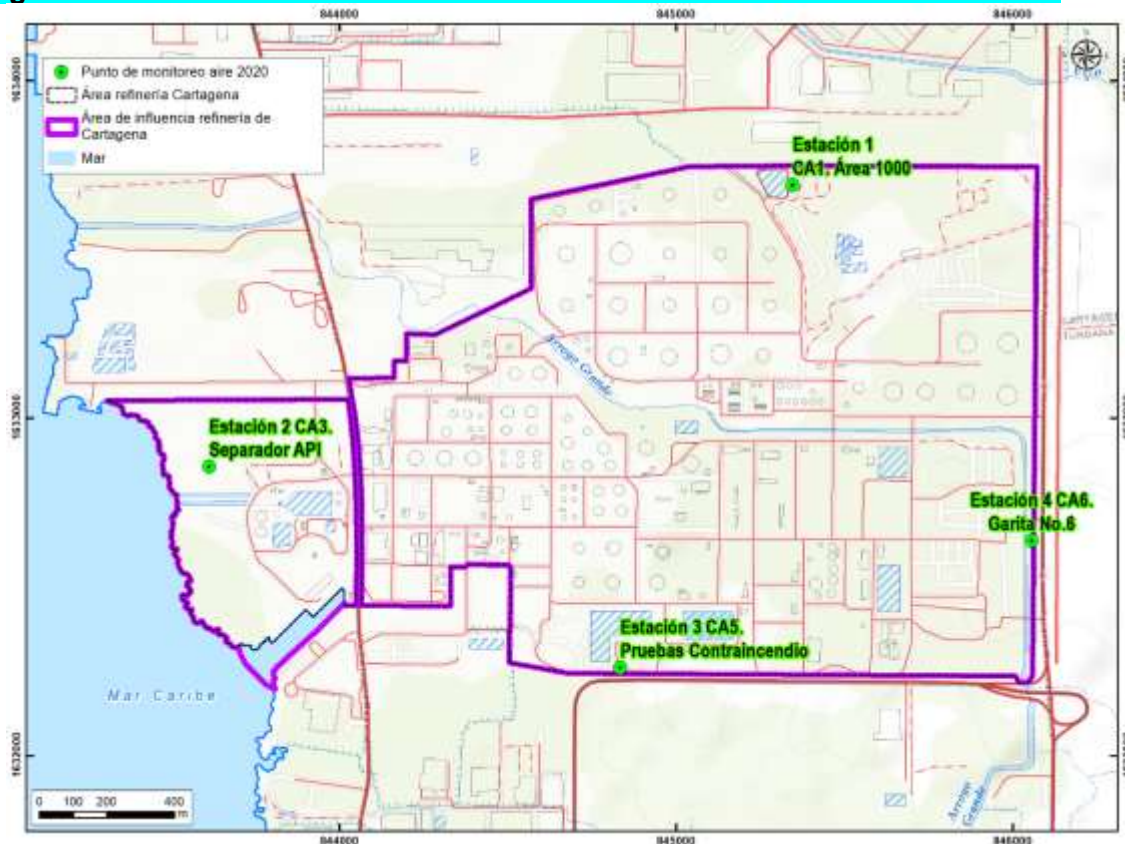
⁷ Los 18 días de medición fueron entre febrero 23 y marzo 11, sin embargo, un día de medición en una de las estaciones fue invalidado por fallas en el suministro eléctrico, por lo cual las mediciones se extendieron 1 día más (hasta marzo 12) en esa estación.

Tabla 3-21 Estaciones de monitoreos de calidad de aire (2020)

Nombre del punto de monitoreo	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ					
	Este	Norte	Altura	Este	Norte	Altura
	Ubicación monitoreo 2020		MSNM	Ubicación monitoreo 2019		MSNM
Estación de monitoreo calidad del aire, AREA 1000.	845345,88	1633690,53	25	845364,361	1633739,622	25
Estación de monitoreo calidad del aire, GARITA # 6 (PUERTA 3).	843613,49	1632856,10	27	843640,679	1632809,872	27
Estación de monitoreo calidad del aire, PRUEBAS CONTRAINCENDIO (COR).	844834,34	1632260,57	23	844834,345	1632260,568	23
Estación de monitoreo calidad del aire, SEPARADOR API (U - 143).	846056,45	1632636,29	3	846056,452	1632636,285	3

Fuente: Refinería de Cartagena S.A.S, 2020.

Figura 3-24 Ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad de aire 2020



Fuente: Refinería de Cartagena S.A.S., 2020.

Metodología

La descripción detallada de la metodología aplicada para el desarrollo de cada uno de los monitoreos, así como los equipos empleados se presentan en cada uno de los informes de laboratorio adjuntos en el Anexo 03. Caracterización Ambiental / 3.1 Aspectos Abióticos / Cap. 3.2.9 Atmósfera/Calidad de aire. A modo de referencia, a continuación, se señalan los equipos típicamente empleados, así como los métodos de muestro aplicables. (Ver Tabla 3-22).

Tabla 3-22 Métodos de referencia

PARÁMETRO	MÉTODOS DE MUESTREO	MÉTODO DE REFERENCIA	EQUIPO UTILIZADO
PM ₁₀	Determinación Directa en Campo de Material Particulado menor a 10 micras - PM ₁₀ en la Atmósfera Medición Automática	Sistemas de Medición Automatizados para la Determinación de la Concentración de Material Particulado (PM ₁₀ ; PM _{2.5}). EN 16450:2013.	 <p>GRIMM EDM180</p>
PM _{2.5}	Determinación Directa en Campo de Material Particulado menor a 2.5 micras - PM _{2.5} en la Atmósfera Medición Automática	Método equivalente automatizado EQPM-0311-195.	

Fuente: AGQ PRODYCON Colombia S.A.S., 2020.

Resultados

Los parámetros objeto de monitoreo en cada una de las estaciones se señalan a continuación.

- Material Particulado menor a 10 micras (PM₁₀)
- Material Particulado menor a 2.5 micras (PM_{2.5})

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros monitoreados los cuales fueron comparados con los límites permisibles establecidos por la Resolución 2254 de 2017 “Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente”.

Material Particulado (PM₁₀)

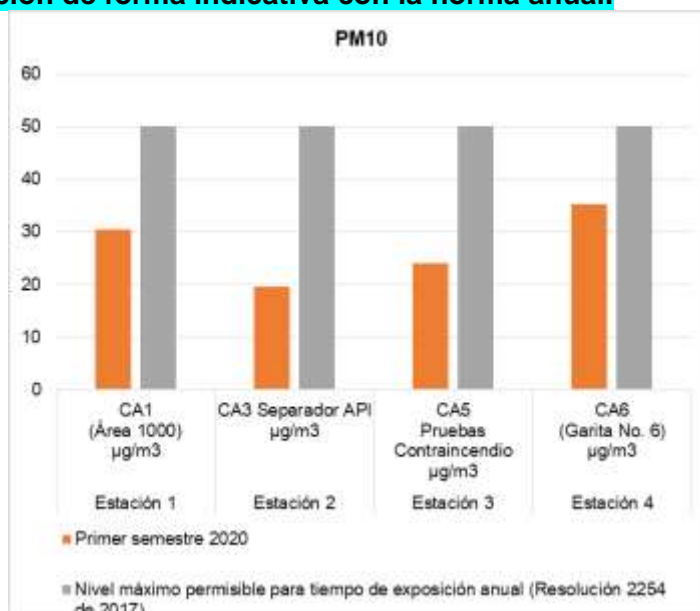
En la Tabla 3-23- Figura 3-25, se presentan los resultados obtenidos para material particulado PM₁₀ expresado como µg/m³, donde se puede observar un cumplimiento de la normatividad.

Tabla 3-23 Resultados PM₁₀ (Promedio de la campaña de medición)

Periodo	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4
	CA1 (Área 1000)	CA3 Separador API	CA5 Pruebas Contraincendio	CA6 (Garita No. 6)
Primer semestre 2020	30,51 µg/m ³	19,56 µg/m ³	23,98 µg/m ³	35,20 µg/m ³

Fuente: AGQ PRODYCON Colombia S.A.S., 2020.

Figura 3-25 Material Particulado (PM₁₀) Promedio de la campaña de medición. Se realiza comparación de forma indicativa con la norma anual.



Fuente: ConCol by WSP., 2020.

- **Material Particulado (PM_{2,5})**

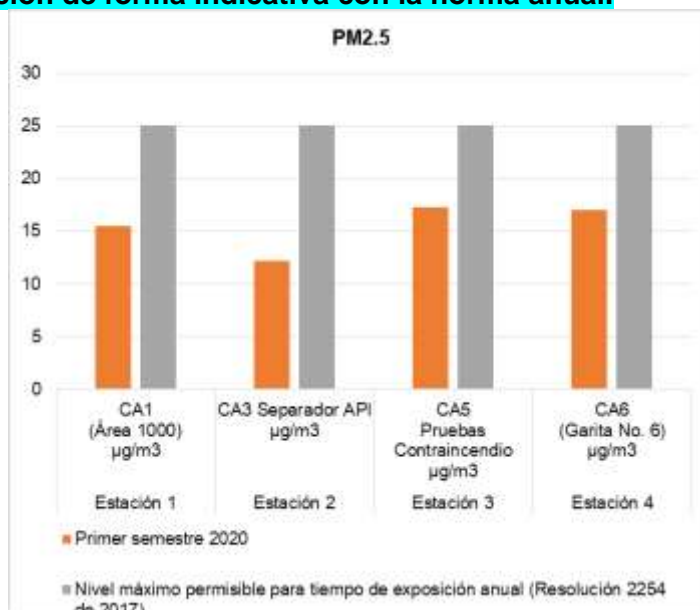
En la Tabla 3-24- Figura 3-26, se presentan los resultados obtenidos para material particulado PM_{2,5} expresado como µg/m³, donde se puede observar un cumplimiento de la normatividad.

Tabla 3-24 Resultados PM_{2,5} (Promedio de la campaña de medición)

Periodo	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4
	CA1 (Área 1000)	CA3 Separador API	CA5 Pruebas Contraincendio	CA6 (Garita No. 6)
Primer semestre 2019	15,45 µg/m ³	12,17 µg/m ³	17,26 µg/m ³	17,01 µg/m ³

Fuente: AGQ PRODYCON Colombia S.A.S., 2020.

Figura 3-26 Material Particulado (PM_{2.5}) Promedio de la campaña de medición. Se realiza comparación de forma indicativa con la norma anual.



Fuente: ConCol by WSP., 2020.

La campaña de 2020 se realizó durante un periodo de altas concentraciones de material particulado en el país, posiblemente influenciadas por eventos de contaminación regional relacionados con quema de biomasa. Sin embargo, se resalta que aún bajo estas condiciones de altas concentraciones regionales de material particulado no se presentaron excedencias a los límites permisibles de 24 horas en ninguna de las estaciones de monitoreo y las concentraciones promedio de la campaña cumplieron con los límites establecidos para tiempo de exposición anual (comparación indicativa).

3.2.9.2.4 Monitoreo de fuentes fijas de emisión

Para el análisis de las emisiones generadas por fuentes fijas se emplearon los resultados obtenidos en los análisis isocinéticos realizados en la Refinería de Cartagena durante el año 2018, los cuales se desarrollaron con el propósito fundamental de hacer el seguimiento al cumplimiento de los estándares de emisión establecidos en la Resolución 909 del 5 de junio de 2008 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible).

Los contaminantes monitoreados fueron:

- i. Material Particulado (MP)
- ii. Dióxido de azufre (SO₂)
- iii. Óxidos de nitrógeno (NO_x)

Estas mediciones fueron comparadas con los estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas, dispuestos por la Resolución 909 de 2008 para las siguientes actividades:

- Artículo 23. Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para las actividades nuevas de fabricación de productos de la refinación del petróleo, por tipo de combustible, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg). (Ver Tabla 3-25)

Tabla 3-25 Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para las actividades nuevas de fabricación de productos de la refinación del petróleo por tipo de combustible, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg).

Combustible	Estándares de emisiones admisibles (mg/m ³)			Oxígeno de referencia
	MP	SO ₂	NO _x	
Sólido	50	1700	600	6%
Líquido	50	1700	450	3%
Gaseoso	No aplica	No aplica	300	3%

Fuente: Resolución 909 del 5 de junio de 2008.

- Artículo 10. Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para centrales térmicas nuevas con capacidad instalada igual o superior a 20 MW, por tipo de combustible, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg). (Ver Tabla 3-26)

Tabla 3-26 Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para centrales térmicas nuevas con capacidad igual o superior a 20 MW por tipo de combustible, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg).

Combustible	Estándares de emisiones admisibles (mg/m ³)			Oxígeno de referencia
	MP	SO ₂	NO _x	
Sólido	50	2000	600	6%
Líquido	50	2000	450	3%
Gaseoso	No aplica	No aplica	300	3%

Fuente: Resolución 909 del 5 de junio de 2008.

- Artículo 13. Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para centrales térmicas con capacidad instalada inferior a 20 MW y plantas de cogeneración existentes, por tipo de combustible, a condiciones de referencia (25°C, 760 mm Hg). (Ver Tabla 3-27)

Tabla 3-27 Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para centrales térmicas con capacidad instalada inferior a 20 MW y plantas de cogeneración existentes, por tipo de combustible, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg).

Combustible	Estándares de emisiones admisibles (mg/m ³)			Oxígeno de referencia
	MP	SO ₂	NO _x	
Sólido	100	2800	760	6%
Líquido	100	2000	650	3%
Gaseoso	No aplica	No aplica	300	3%

Fuente: Resolución 909 del 5 de junio de 2008.

Para el caso de los incineradores de las plantas de azufre aplican el límite de SO₂ de 900 mg/m³, según lo establecido en el párrafo 2 del Artículo 4 de la Resolución 909 de 2008: "Los procesos e instalaciones de producción de ácido sulfúrico y de azufre tendrán un límite de emisión admisible de SO₂ de 1600 mg/m³ para las instalaciones existentes y de 900 mg/m³ para las instalaciones nuevas, a condiciones de referencia y con oxígeno de referencia del 11%." (Ver Tabla 3-25)

▪ **Listado de fuentes fijas monitoreadas objeto de análisis**

En la Tabla 3-28 se presenta la relación de fuentes fijas que han sido monitoreadas y cuyos resultados serán empleados para el análisis de emisiones atmosféricas.

Tabla 3-28 Fuentes fijas de emisión monitoreadas

ID	Fuentes fijas de emisión	Coordenadas datum magna sirgas origen Bogotá	
		Este	Norte
FE 01	CALDERA SP-SG-101	844366,3	1632600,0
FE 02	CALDERA SP-SG-102	844366,7	1632583,3
FE 03	CALDERA SP-SG-103	844342,0	1632588,1
FE 05	CALDERA SP-SG-1005	844341,8	1632618,9
FE 06	HORNO REHERVIDOR 44-H-01	845525,6	1632878,0
FE 07	HORNO REHERVIDOR 107-CNT-F-201	844600,9	1632464,4
FE 08	HORNO 108-DHA-F-001	845247,6	1632624,9
	HORNO 108-DHA-F-002		
FE 09	HORNO 109-DHB-F-001	845246,4	1632563,5
	HORNO 109-DHB-F-002		
FE 10	HORNO DE CARGA 110-HCU-F-001	845333,8	1632860,7
	HORNO DE RECICLO 110-HCU-F-002		
	HORNO DE LA FRACCIONADORA 110-HCU-F-101		
FE 11	HORNO 100-CDU-F-001	845199,2	1632876,7
FE 12	HORNO 100-CDU-F-002	845156,7	1632880,0
FE 13	HORNO 111-DCU-F-201	844953,5	1632686,2
	HORNO 111-DCU-F-202		
FE15	REFORMADOR 115-HPU-1-F001	845287,8	1632484,3
FE16	REFORMADOR 116 - HPU2-F001	845289,6	1632445,4
FE17	INCINERADOR 123-TGA-F-301	845059,0	1632510,3
FE18	INCINERADOR 124-TGB-F-301	845006,5	1632497,4
FE19	130 PSG-GTGEN-001	845463,3	1632323,9
	130-PSG-HRSG-001		
FE20	130 PSG-GTGEN-002	845515,9	1632323,6
	130-PSG-HRSG-002		
FE21	130 PSG-GTGEN-003	845558,5	1632323,5
	130-PSG-HRSG-003		
FE22	CHIMENEA DE REGENERADOR CRACKING FC-D-2560	844442,7	1632790,3

Nota: la FE 14 Horno pequeño 146-TKF F-001* es un equipo que opera bajo demanda, por lo cual su monitoreo se realiza según lo establecido en el Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas en relación a los equipos de respaldo.

Fuente: Refinería de Cartagena S.A.S., 2019.

Los monitoreos de fuentes fijas fueron desarrollados por el laboratorio Instituto de Higiene Ambiental S.A.S., entidad acreditada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia IDEAM mediante Resolución 0286 del 02 de marzo de 2016.

La primera campaña de monitoreo se realizó entre el 21 de febrero al 27 de abril de 2018, mientras que la segunda se efectuó entre el 16 de junio hasta el 2 de noviembre de 2018.

Para la chimenea del regenerador Cracking FC-D-2560, se efectuaron cuatro campañas de monitoreo, la primera realizada el 21 de febrero de 2018, la segunda efectuada el 19 de

mayo de 2018, la tercera llevada a cabo entre el 18 y 19 de agosto de 2018 y la cuarta entre el 20 al 22 de noviembre de 2018.

Los informes de laboratorio se presentan en el Anexo 03. Caracterización Ambiental / 3.1 Aspectos Abióticos / Cap. 3.2.9 Atmósfera / fuentes fijas.

▪ Metodología

Los métodos de muestreo y análisis empleados para la evaluación de emisiones de fuentes fijas son los descritos en la Tabla 3-29.

Tabla 3-29 Metodología de evaluación de emisiones atmosféricas

Variable	Métodos	Técnica analítica
Determinación puntos transversales.	US EPA e-CFR título 40 capítulo I-parte 60 Apéndice A Método 1	N.A.
Determinación de velocidad del gas y flujo volumétrico.	US EPA e-CFR título 40 capítulo I-parte 60 Apéndice A Método 2	N.A.
Determinación del peso molecular seco del gas.	US EPA e-CFR título 40 capítulo I-parte 60 Apéndice A Método 3	Volumetría
Determinación de humedad en gases de chimenea.	US EPA e-CFR título 40 capítulo I-parte 60 Apéndice A Método 4	Volumetría / Gravimetría
Determinación emisión de material particulado en fuentes fijas.	US EPA e-CFR título 40 capítulo I-parte 60 Apéndice A Método 5	Gravimetría
Determinación emisión de dióxido de azufre en fuentes fijas.	US EPA e-CFR título 40 capítulo I-parte 60 Apéndice A Método 6	Volumetría
Determinación emisión de óxidos de nitrógeno en fuentes fijas.	US EPA e-CFR título 40 capítulo I-parte 60 Apéndice A Método 7	Colorimetría

Fuente: Instituto de Higiene Ambiental S.A.S., 2019

La descripción de la metodología específica utilizada para el monitoreo de cada uno de los parámetros y los equipos usados se presentan en los informes de laboratorio adjuntos en el Anexo 03. Caracterización Ambiental / 3.1 Aspectos Abióticos / Cap. 3.2.9 Atmósfera fuentes fijas.

▪ Análisis de Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros monitoreados.

Es importante indicar que para combustible gaseoso la normatividad no establece límite para SO₂ y material particulado (MP).

– Material Particulado (MP)

En la Tabla 3-30 y Figura 3-27, se presentan los resultados obtenidos para material particulado.

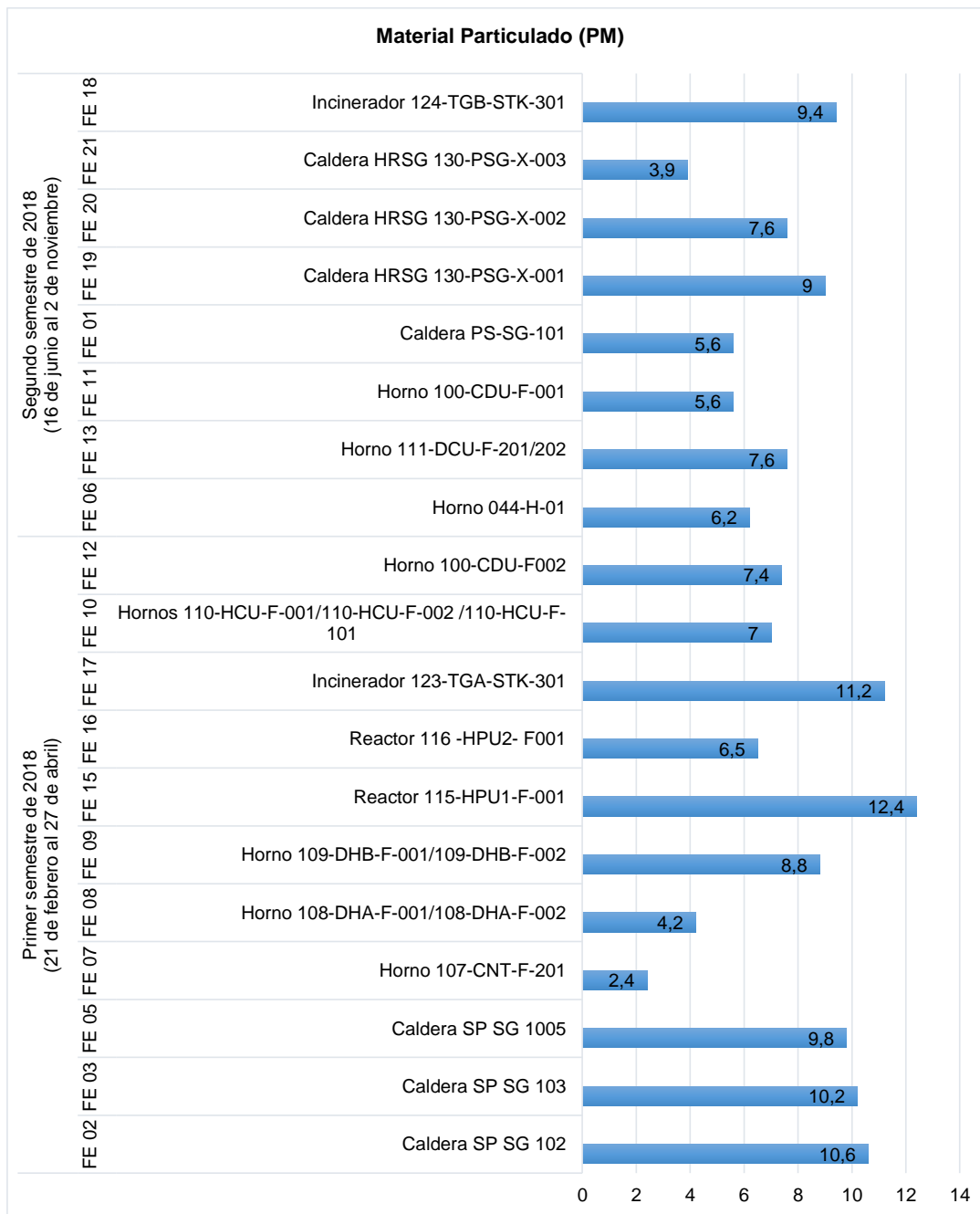
Tabla 3-30 Resultados Material Particulado

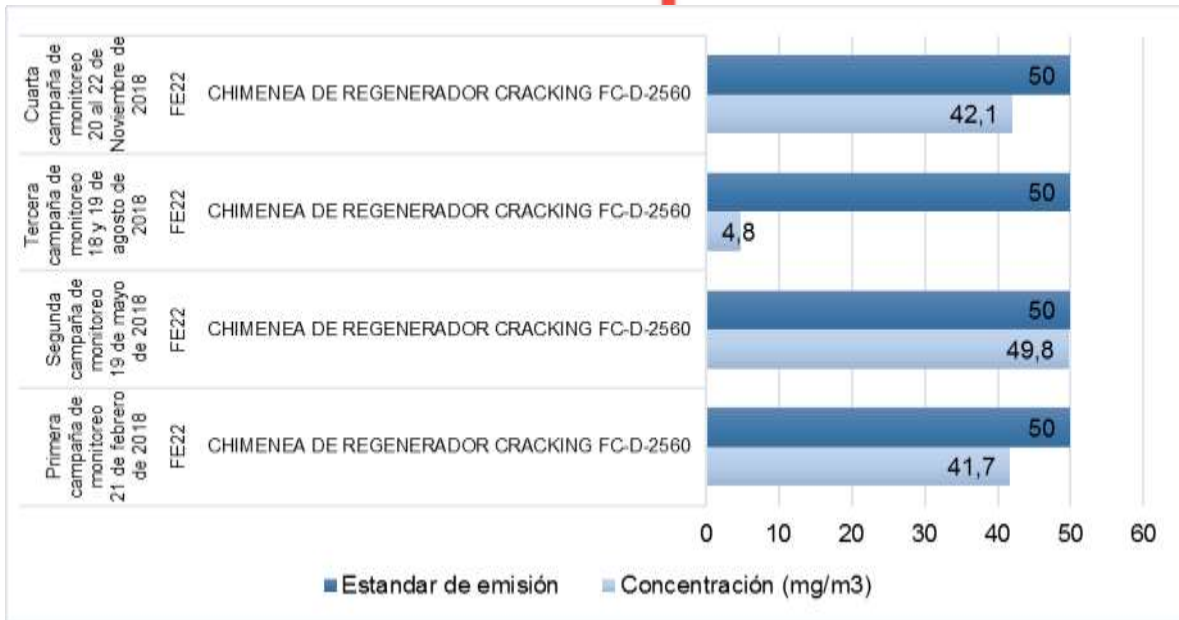
Periodo	ID	Fuente monitoreada	Concentración (mg/m ³)	Estándares de emisión admisibles (mg/m ³)
Primer semestre de 2018 (21 de febrero al 27 de abril)	FE 02	Caldera SP SG 102	10,6	NA
	FE 03	Caldera SP SG 103	10,2	NA
	FE 05	Caldera SP SG 1005	9,8	NA
	FE 07	Horno 107-CNT-F-201	2,4	NA
	FE 08	Horno 108-DHA-F-001/108-DHA-F-002	4,2	NA
	FE 09	Horno 109-DHB-F-001/109-DHB-F-002	8,8	NA
	FE 15	Reactor 115-HPU1-F-001	12,4	NA
	FE 16	Reactor 116 -HPU2- F001	6,5	NA
	FE 17	Incinerador 123-TGA-STK-301	11,2	NA
	FE 10	Hornos 110-HCU-F-001/110-HCU-F-002 /110-HCU-F-101	7,0	NA
Segundo semestre de 2018 (16 de junio al 2 de noviembre)	FE 12	Horno 100-CDU-F002	7,4	NA
	FE 06	Horno 044-H-01	6,2	NA
	FE 13	Horno 111-DCU-F-201/202	7,6	NA
	FE 11	Horno 100-CDU-F-001	5,6	NA
	FE 01	Caldera PS-SG-101	5,6	NA
	FE 19	Caldera HRSG 130-PSG-X-001	9,0	NA
	FE 20	Caldera HRSG 130-PSG-X-002	7,6	NA
	FE 21	Caldera HRSG 130-PSG-X-003	3,9	NA
FE 18	Incinerador 124-TGB-STK-301	9,4	NA	

Periodo	ID	Fuente monitoreada	Concentración (mg/m ³)	Estándares de emisión admisibles (mg/m ³)
Primera campaña de monitoreo 21 de febrero de 2018	FE22	Chimenea de regenerador cracking FC-D-2560	41,7	50
Segunda campaña de monitoreo 19 de mayo de 2018	FE22	Chimenea de regenerador cracking FC-D-2560	49,8	50
Tercera campaña de monitoreo 18 y 19 de agosto de 2018	FE22	Chimenea de regenerador cracking FC-D-2560	4,8	50
Cuarta campaña de monitoreo 20 al 22 de noviembre de 2018	FE22	Chimenea de regenerador cracking FC-D-2560	42,1	50

Fuente: Instituto de Higiene Ambiental S.A.S., 2018.

Figura 3-27 Concentración de Material Particulado (MP)





Fuente: Concol by WSP., 2019.

Según los anteriores resultados, en los cuatro monitoreos realizados en la chimenea del regenerador de cracking FC-D-2560 se observó el cumplimiento de los límites establecidos para material particulado. Para las demás fuentes, las concentraciones de material particulado son bajas, y al operar con combustible gaseoso, no aplican límites para este contaminante.

– Dióxido de Azufre (SO₂)

En la Tabla 3-31 y Figura 3-28, se presentan los resultados obtenidos para dióxido de azufre.

Tabla 3-31 Resultados Dióxido de Azufre

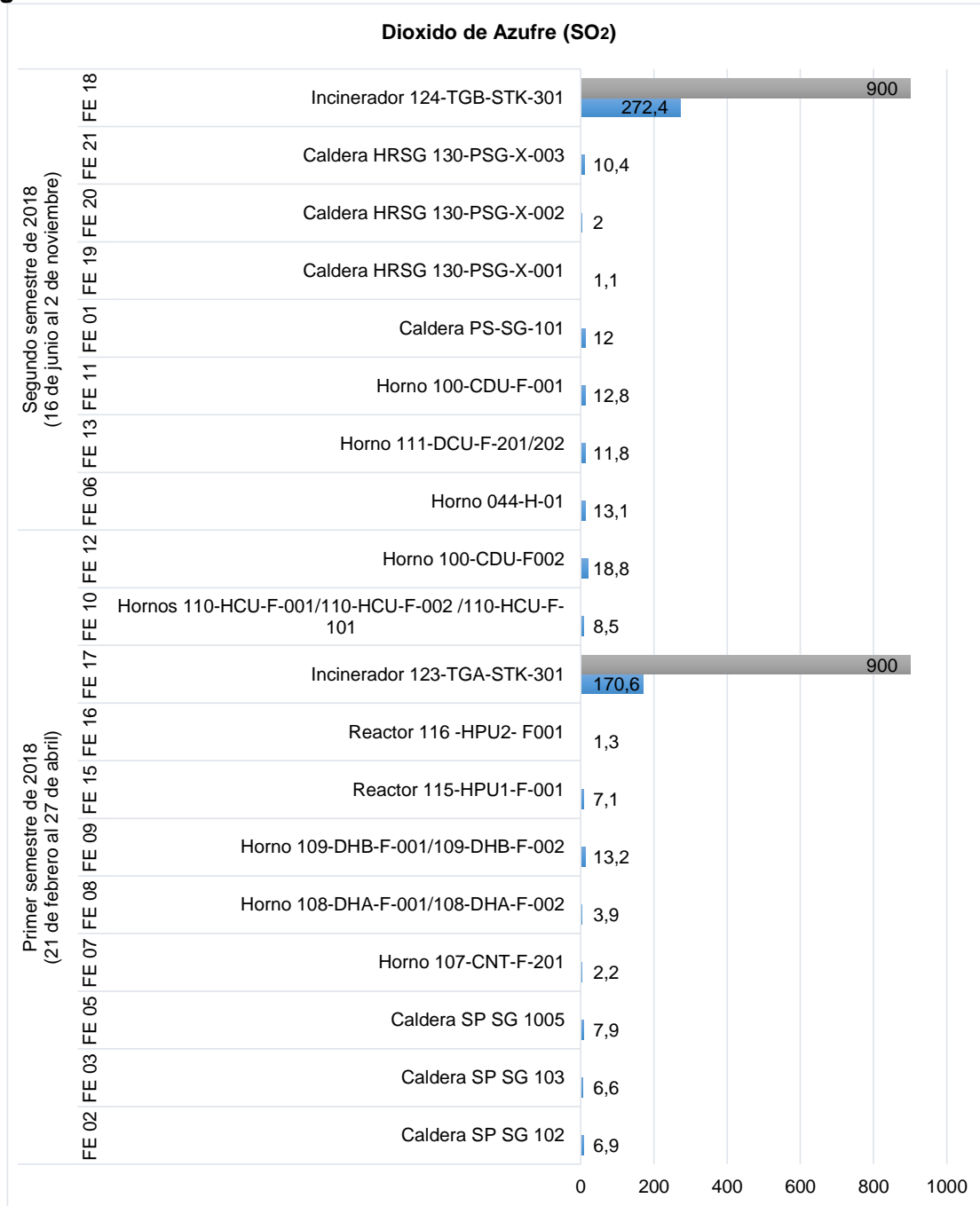
Fecha de Monitoreo	ID	Fuente monitoreada	Concentración (mg/m ³)	Estándares de emisión admisibles (mg/m ³)
Primer semestre de 2018 (21 de febrero al 27 de abril)	FE 02	Caldera SP SG 102	6,9	NA
	FE 03	Caldera SP SG 103	6,6	NA
	FE 05	Caldera SP SG 1005	7,9	NA
	FE 07	Horno 107-CNT-F-201	2,2	NA
	FE 08	Horno 108-DHA-F-001/108-DHA-F-002	3,9	NA
	FE 09	Horno 109-DHB-F-001/109-DHB-F-002	13,2	NA
	FE 15	Reactor 115-HPU1-F-001	7,1	NA
	FE 16	Reactor 116 -HPU2- F001	1,3	NA
	FE 17	Incinerador 123-TGA-STK-301	170,6	900
	FE 10	Hornos 110-HCU-F-001/110-HCU-F-002 /110-HCU-F-101	8,5	NA
	FE 12	Horno 100-CDU-F002	18,8	NA

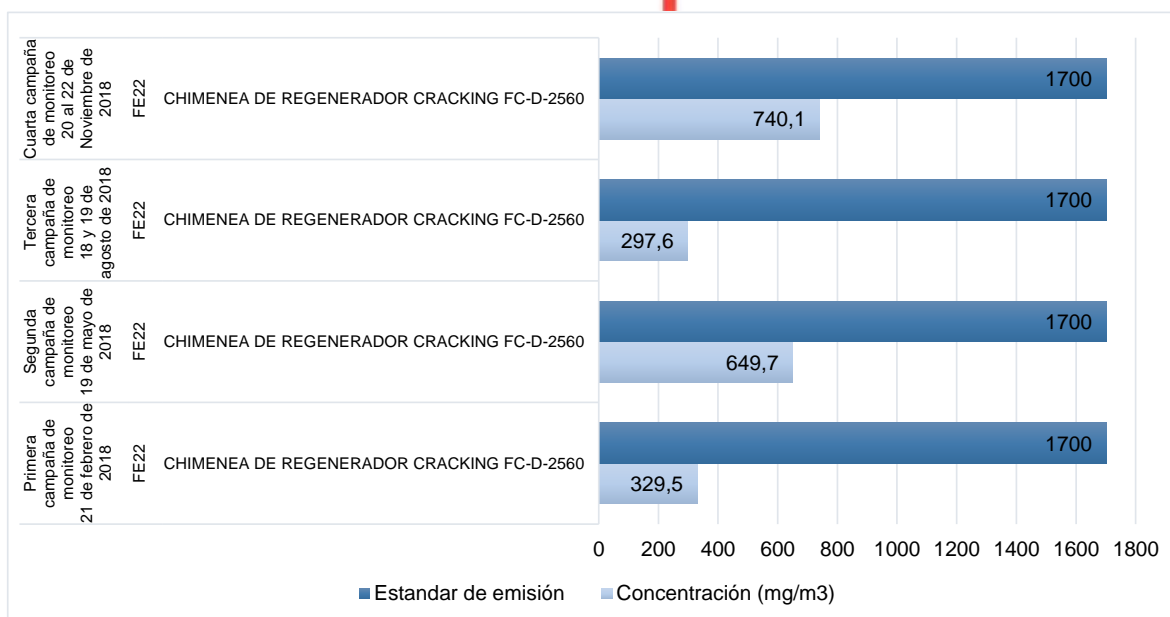
Fecha de Monitoreo	ID	Fuente monitoreada	Concentración (mg/m ³)	Estándares de emisión admisibles (mg/m ³)
Segundo semestre de 2018 (16 de junio al 2 de noviembre)	FE 06	Horno 044-H-01	13,1	NA
	FE 13	Horno 111-DCU-F-201/202	11,8	NA
	FE 11	Horno 100-CDU-F-001	12,8	NA
	FE 01	Caldera PS-SG-101	12,0	NA
	FE 19	Caldera HRSG 130-PSG-X-001	1,1	NA
	FE 20	Caldera HRSG 130-PSG-X-002	2,0	NA
	FE 21	Caldera HRSG 130-PSG-X-003	10,4	NA
	FE 18	Incinerador 124-TGB-STK-301	272,4	900

Periodo	ID	Fuente monitoreada	Concentración (mg/m ³)	Estándares de emisión admisibles (mg/m ³)
Primera campaña de monitoreo 21 de febrero de 2018	FE22	Chimenea de regenerador cracking FC-D-2560	329,5	1700
Segunda campaña de monitoreo 19 de mayo de 2018	FE22	Chimenea de regenerador cracking FC-D-2560	649,7	1700
Tercera campaña de monitoreo 18 y 19 de agosto de 2018	FE22	Chimenea de regenerador cracking FC-D-2560	297,6	1700
Cuarta campaña de monitoreo 20 al 22 de Noviembre de 2018	FE22	Chimenea de regenerador cracking FC-D-2560	740,1	1700

Fuente: Instituto de Higiene Ambiental S.A.S., 2018.

Figura 3-28 Dióxido de Azufre





Fuente: Concol by WSP., 2019.

Para el caso del Dióxido de Azufre, las mayores concentraciones se presentan en los incineradores 123/124 -TGA-STK-301 y en el regenerador cracking FC-D-2560, sin exceder los estándares de emisión admisibles.

– Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

En la Tabla 3-32 y Figura 3-29, se presentan los resultados obtenidos para óxidos de nitrógeno.

Tabla 3-32 Resultados Óxidos de Nitrógeno

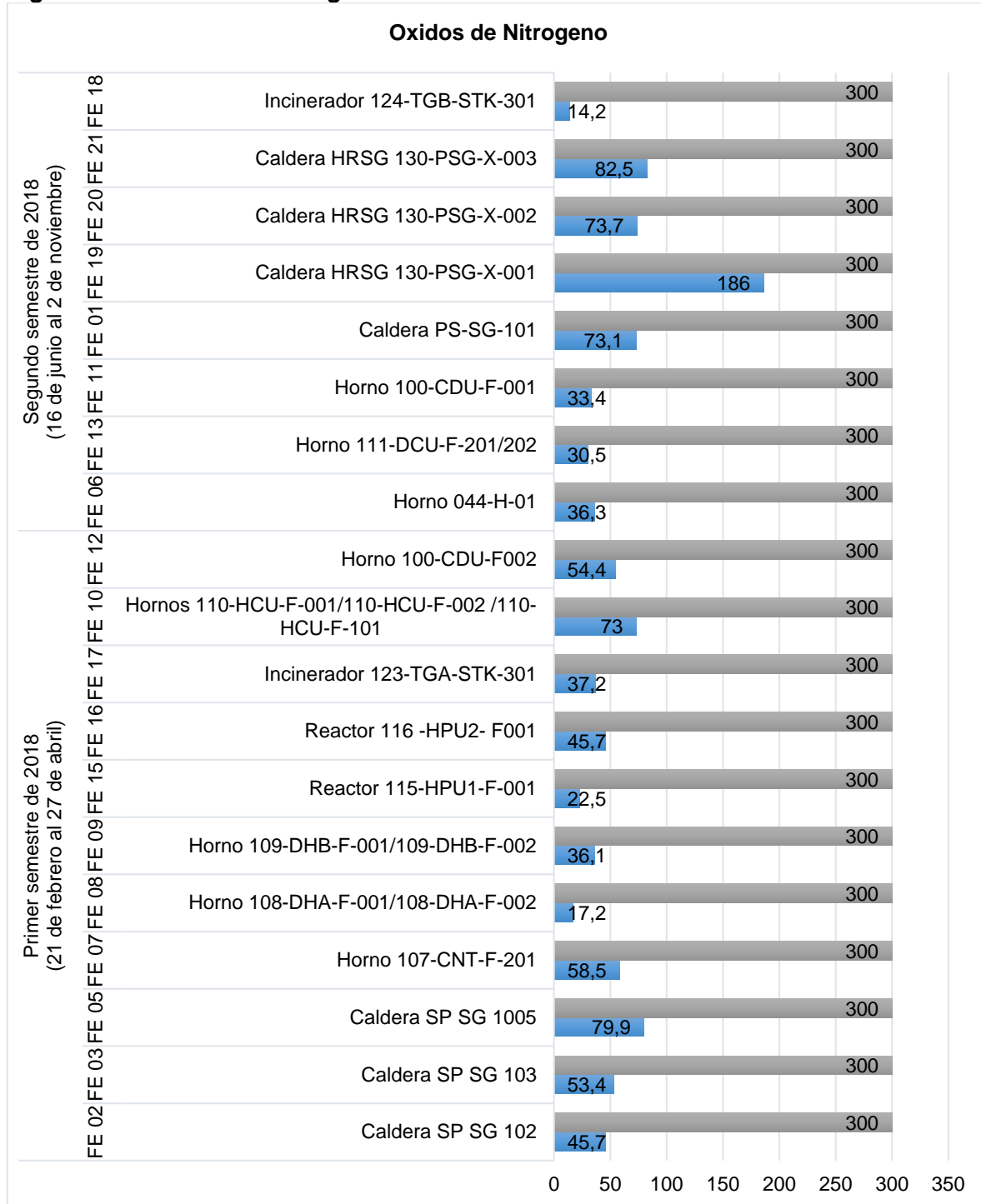
Fecha de Monitoreo	ID	Fuente monitoreada	Concentración (mg/m ³)	Estándares de emisión admisibles (mg/m ³)
Primer semestre de 2018 (21 de febrero al 27 de abril)	FE 02	Caldera SP SG 102	45,7	300
	FE 03	Caldera SP SG 103	53,4	300
	FE 05	Caldera SP SG 1005	79,9	300
	FE 07	Horno 107-CNT-F-201	58,5	300
	FE 08	Horno 108-DHA-F-001/108-DHA-F-002	17,2	300
	FE 09	Horno 109-DHB-F-001/109-DHB-F-002	36,1	300
	FE 15	Reactor 115-HPU1-F-001	22,5	300
	FE 16	Reactor 116 -HPU2- F001	45,7	300
	FE 17	Incinerador 123-TGA-STK-301	37,2	300
	FE 10	Hornos 110-HCU-F-001/110-HCU-F-002 /110-HCU-F-101	73,0	300
	FE 12	Horno 100-CDU-F002	54,4	300
	Segundo semestre de 2018	FE 06	Horno 044-H-01	36,3
FE 13		Horno 111-DCU-F-201/202	30,5	300
FE 11		Horno 100-CDU-F-001	33,4	300
FE 01		Caldera PS-SG-101	73,1	300

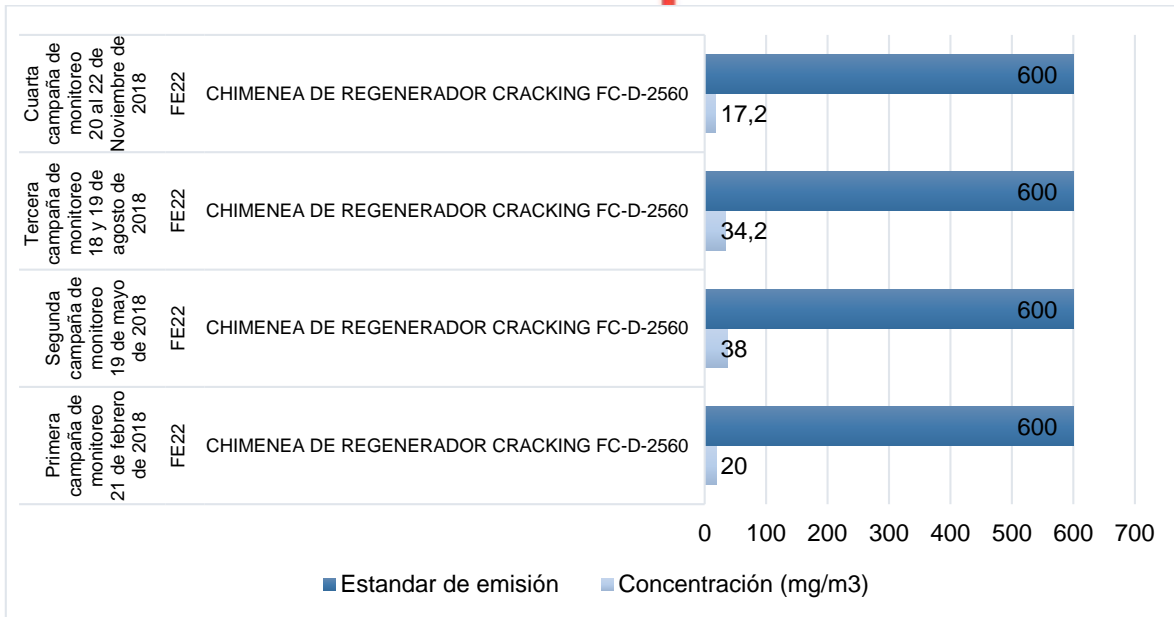
Fecha de Monitoreo	ID	Fuente monitoreada	Concentración (mg/m ³)	Estándares de emisión admisibles (mg/m ³)
(16 de junio al 2 de noviembre)	FE 19	Caldera HRSG 130-PSG-X-001	186,0	300
	FE 20	Caldera HRSG 130-PSG-X-002	73,7	300
	FE 21	Caldera HRSG 130-PSG-X-003	82,5	300
	FE 18	Incinerador 124-TGB-STK-301	14,2	300

Periodo	ID	Fuente monitoreada	Concentración (mg/m ³)	Estándares de emisión admisibles (mg/m ³)
Primera campaña de monitoreo 21 de febrero de 2018	FE22	CHIMENEA DE REGENERADOR CRACKING FC-D-2560	20	600
Segunda campaña de monitoreo 19 de mayo de 2018	FE22	CHIMENEA DE REGENERADOR CRACKING FC-D-2560	38	600
Tercera campaña de monitoreo 18 y 19 de agosto de 2018	FE22	CHIMENEA DE REGENERADOR CRACKING FC-D-2560	34,2	600
Cuarta campaña de monitoreo 20 al 22 de Noviembre de 2018	FE22	CHIMENEA DE REGENERADOR CRACKING FC-D-2560	17,2	600

Fuente: Instituto de Higiene Ambiental S.A.S., 2018.

Figura 3-29 Óxidos de Nitrógeno





Fuente: Concol by WSP., 2019

La gráfica permite evidenciar que la concentración de óxidos de nitrógeno en todas las fuentes monitoreadas es inferior al estándar máximo establecido por la norma.