

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO “SUBESTACIÓN NORTE 230/115 kV, LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE 115 kV Y MÓDULOS DE CONEXIÓN”

Capítulo 3. Caracterización del área de influencia del proyecto **Sección 3. Componente abiótico**

L. Angulo	L. Arévalo	A. Galindo	2015-12-18	Versión Final	VF
Elaboró	Revisó	Aprobó	Fecha	Descripción	Rev.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
3.2.7 Atmósfera	1
3.2.7.1 Clima.....	1
3.2.7.2 Calidad del aire	48
3.2.7.3 Ruido	110

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.2.7-1 Estaciones meteorológicas presentes en el área de estudio.....	2
Tabla 3.2.7-2 Resumen de las estaciones meteorológicas empleadas para cada parámetro	5
Tabla 3.2.7-3 Precipitación total anual.....	19
Tabla 3.2.7-4 Escala de precipitación.....	23
Tabla 3.2.7-5 Distribución temporal de la velocidad y dirección máxima y mínima. Estación Checua-Nemocón	27
Tabla 3.2.7-6 Vientos predominantes. Estación Checua-Nemocón	27
Tabla 3.2.7-7 Categorías de estabilidad para el área de estudio	42
Tabla 3.2.7-8 Coordenadas fuentes de emisión fijas	49
Tabla 3.2.7-9 Fuentes fijas de emisión	51
Tabla 3.2.7-10 Estado de las principales vías	61
Tabla 3.2.7-11 Fuentes dispersas de emisión	63
Tabla 3.2.7-12 Relación de veredas del área de influencia directa por corredor.....	74
Tabla 3.2.7-13 Niveles máximos permisibles para contaminantes monitoreados*	76
Tabla 3.2.7-14 Estados excepcionales para contaminantes monitoreados.....	76
Tabla 3.2.7-15 Ubicación de los puntos de monitoreo utilizados del SVCA de la CAR	78
Tabla 3.2.7-16 Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de aire ANALQUIM Ltda.	79
Tabla 3.2.7-17 Concentración de Material Particulado (PST)	88
Tabla 3.2.7-18 Concentración de material particulado (PM ₁₀).....	94
Tabla 3.2.7-19 Concentración de dióxido de azufre (SO ₂)	100
Tabla 3.2.7-20 Concentración de dióxido de nitrógeno (NO ₂).....	106
Tabla 3.2.7-21 Concentración de Monóxido de Carbono (CO)	110
Tabla 3.2.7-22 Relación de veredas y corredores del área de influencia	112
Tabla 3.2.7-23 Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles dB(A)	113
Tabla 3.2.7-24 Localización puntos de monitoreo ruido ambiental.....	115

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 3.2.7-1 Distribución espacial de las estaciones meteorológicas	3
Figura 3.2.7-2 Distribución espacial de la temperatura media anual (°C)	10
Figura 3.2.7-3 Distribución espacial de la presión atmosférica media anual (mm Hg)	17
Figura 3.2.7-4 Distribución espacial de la precipitación total anual (mm)	20
Figura 3.2.7-5 Distribución espacial de la radiación solar media anual (KW-h/m ²)	36
Figura 3.2.7-6 Distribución espacial de la evaporación total anual (mm)	45
Figura 3.2.7-7 Zonificación climática	47
Figura 3.2.7-8 Distancia fuentes fijas de emisión respecto a los corredores	52
Figura 3.2.7-9 Distancia fuentes dispersas de emisión respecto a los corredores.....	65
Figura 3.2.7-10 Veredas presentes en el área de influencia directa	73
Figura 3.2.7-11 Distribución espacial estaciones de monitoreo de calidad de aire	82
Figura 3.2.7-12 Distribución espacial puntos de monitoreo ruido ambiental	117

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 3.2.7-1 Temperatura media anual por estación	8
Gráfico 3.2.7-2 Relación de la temperatura con la elevación	9
Gráfico 3.2.7-3 Promedios de la temperatura media mensual multianual – Registros > 10 años.....	11
Gráfico 3.2.7-4 Promedios de la temperatura media mensual multianual. Registros < 10 años.....	12
Gráfico 3.2.7-5 Máximos de la temperatura media mensual multianual	13
Gráfico 3.2.7-6 Mínimos de la temperatura media mensual multianual	14
Gráfico 3.2.7-7 Presión atmosférica media anual por estación	15
Gráfico 3.2.7-8 Relación de la presión atmosférica con la elevación.....	16
Gráfico 3.2.7-9 Distribución temporal de la presión atmosférica	18
Gráfico 3.2.7-10 Distribución temporal de la precipitación (precipitación total anual < 900 mm)	21
Gráfico 3.2.7-11 Distribución temporal de la precipitación (Precipitación total anual > 900 mm)	22
Gráfico 3.2.7-12 Climograma estación El Colombiano	23
Gráfico 3.2.7-13 Humedad relativa media anual por estación	24
Gráfico 3.2.7-14 Distribución temporal de la humedad relativa media mensual multianual. Registros > 10 años.....	25

Gráfico 3.2.7-15	Distribución temporal de la humedad relativa media mensual multianual. Registros < 10 años.....	26
Gráfico 3.2.7-16	Rosa de vientos 2010-2012. Estación Checua-Nemocón	28
Gráfico 3.2.7-17	Frecuencia de velocidad del viento. Estación Checua-Nemocón.....	29
Gráfico 3.2.7-18	Rosa de vientos, predio Subestación, 2013.....	31
Gráfico 3.2.7-19	Frecuencia Dirección del Viento, predio Subestación, 2013	32
Gráfico 3.2.7-20	Frecuencia velocidad, predio Subestación, 2013.....	32
Gráfico 3.2.7-21	Brillo solar total anual por estación	34
Gráfico 3.2.7-22	Radiación solar media anual por estación	34
Gráfico 3.2.7-23	Relación de la radiación solar con la elevación	35
Gráfico 3.2.7-24	Distribución temporal del brillo solar	37
Gráfico 3.2.7-25	Distribución temporal de la radiación solar	38
Gráfico 3.2.7-26	Nubosidad media anual por estación.....	39
Gráfico 3.2.7-27	Distribución temporal de la nubosidad	40
Gráfico 3.2.7-28	Distribución horaria de la altura de capa de mezcla en la zona de estudio	41
Gráfico 3.2.7-29	Evaporación total media anual por estación	43
Gráfico 3.2.7-30	Relación de la evaporación con la elevación	44
Gráfico 3.2.7-31	Distribución espacial de la evaporación.....	46
Gráfico 3.2.7-32	Concentración de PST. Estaciones CAR.....	83
Gráfico 3.2.7-33	Concentración de PST. Estación ANALQUIM-01.....	84
Gráfico 3.2.7-34	Concentración de PST, estación ANALQUIM-02.....	85
Gráfico 3.2.7-35	Concentración de PST, estación ANALQUIM-03.....	85
Gráfico 3.2.7-36	Concentración de PST, estación ANALQUIM-04.....	86
Gráfico 3.2.7-37	Concentración de PST, estación ANALQUIM-05.....	86
Gráfico 3.2.7-38	Concentración de PM ₁₀ , estaciones CAR	89
Gráfico 3.2.7-39	Concentración de PM ₁₀ , estación ANALQUIM-01	90
Gráfico 3.2.7-40	Concentración de PM ₁₀ , estación ANALQUIM-02	91
Gráfico 3.2.7-41	Concentración de PM ₁₀ , estación ANALQUIM-03	91
Gráfico 3.2.7-42	Concentración de PM ₁₀ , estación ANALQUIM-04	92
Gráfico 3.2.7-43	Concentración de PM ₁₀ , estación ANALQUIM-05	92
Gráfico 3.2.7-44	Concentración de SO ₂ , estaciones CAR.....	95
Gráfico 3.2.7-45	Concentración de SO ₂ , estación ANALQUIM-01	96
Gráfico 3.2.7-46	Concentración de SO ₂ , estación ANALQUIM-02	97
Gráfico 3.2.7-47	Concentración de SO ₂ , estación ANALQUIM-03	97
Gráfico 3.2.7-48	Concentración de SO ₂ , estación ANALQUIM-04	98
Gráfico 3.2.7-49	Concentración de SO ₂ , estación ANALQUIM-05	98
Gráfico 3.2.7-50	Concentración de NO ₂ , estaciones CAR.....	101
Gráfico 3.2.7-51	Concentración de NO ₂ , estación ANALQUIM-01	102
Gráfico 3.2.7-52	Concentración de NO ₂ , estación ANALQUIM-02	103

Gráfico 3.2.7-53	Concentración de NO ₂ , estación ANALQUIM-03	103
Gráfico 3.2.7-54	Concentración de NO ₂ , estación ANALQUIM-04	104
Gráfico 3.2.7-55	Concentración de NO ₂ , estación ANALQUIM-05	104
Gráfico 3.2.7-56	Concentración de CO, estación ANALQUIM-01.....	107
Gráfico 3.2.7-57	Concentración de CO, estación ANALQUIM-02.....	108
Gráfico 3.2.7-58	Concentración de CO, estación ANALQUIM-03.....	108
Gráfico 3.2.7-59	Concentración de CO, estación ANALQUIM-04.....	109
Gráfico 3.2.7-60	Concentración de CO, estación ANALQUIM-05.....	109
Gráfico 3.2.7-61	Niveles ruido ambiental día hábil, diurno	119
Gráfico 3.2.7-62	Niveles ruido ambiental día hábil, nocturno	120
Gráfico 3.2.7-63	Niveles ruido ambiental día no hábil, diurno	121
Gráfico 3.2.7-64	Niveles ruido ambiental día no hábil, nocturno	122

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 3.2.7-1 Vista del Parque Industrial Gran Sabana.....	53
Fotografía 3.2.7-2 Localización y vistas de la empresa Lucta y Diaco	54
Fotografía 3.2.7-3 Vistas de la empresa Bavaria	55
Fotografía 3.2.7-4 Localización y vistas de las empresas Sika S.A. y Aga Fano S.A.	56
Fotografía 3.2.7-5 Instalaciones de Peldar	57
Fotografía 3.2.7-6 Localización y vistas de las instalaciones Termozipa.....	58
Fotografía 3.2.7-7 Instalaciones Arte Ladrillero ARCA Ltda.	59
Fotografía 3.2.7-8 Instalaciones de Ladrillera San Fernando.....	59
Fotografía 3.2.7-9 Vías interveredales, municipio de Gachancipá veredas el Roble, San Martin y San José	60
Fotografía 3.2.7-10 Vehículos presentes en el área de estudio, vía Peldar	62
Fotografía 3.2.7-11 Vehículos presentes en el área de estudio, Tocancipá	63
Fotografía 3.2.7-12 Localización y vistas de la empresa Quala S.A.....	66
Fotografía 3.2.7-13 Construcción de la doble calzada Briceño-Tunja-Sogamoso	67
Fotografía 3.2.7-14 Construcción de la doble calzada Briceño-Tunja-Sogamoso	68
Fotografía 3.2.7-15 Construcción Parque Industrial PREBUILD	68
Fotografía 3.2.7-16 Vista y vía de acceso a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.....	69
Fotografía 3.2.7-17 Localización de la lavadora de arenas San Luis	70
Fotografía 3.2.7-18 Localización de Minagar Ltda.	71
Fotografía 3.2.7-19 Zona de explotación, acopio Los Cerros.....	71
Fotografía 3.2.7-20 Zona de explotación, mina Canigo.....	72

Fotografía 3.2.7-21	Vereda el Porvenir, Tocancipá.....	75
Fotografía 3.2.7-22	Panorámica de los municipios del área de influencia desde la vereda El Provenir, Tocancipá.....	75
Fotografía 3.2.7-23	Localización y entrada de la empresa SIDENAL.....	112

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 3-7	Resultados análisis de datos meteorológicos
Anexo 3-8	Respuesta CAR fuentes fijas de emisión
Anexo 3-9	Resultados monitoreo de calidad de aire
Anexo 3-10	Resultados monitoreo de ruido ambiental

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 3-14	Zonificación climática
Mapa 3-15	Isoyetas
Mapa 3-16	Isotermas
Mapa 3-17	fuentes de emisiones atmosféricas

3.2.7 Atmósfera

3.2.7.1 Clima

El análisis climatológico dentro del contexto del presente estudio está orientado a conocer la dinámica general de los parámetros climáticos en la zona donde se desarrolla el proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión*”, con el fin de suministrar criterios que permitan evaluar los efectos de la implantación del mismo sobre el entorno. Asimismo, este ítem es de gran importancia, desde el punto de vista físico-biótico, por su directa intervención en la evolución de los suelos y el paisaje; además, por ser uno de los elementos o insumos necesarios para la determinación de las amenazas naturales; al igual que desde el punto de vista socioeconómico, por su influencia en la decisión de utilización de las tierras para determinados usos.

A Selección de las estaciones meteorológicas

La caracterización climatológica del área del proyecto se realizó a partir de la recolección de información registrada por las diferentes estaciones meteorológicas y pluviométricas localizadas dentro y fuera del Área Influencia Indirecta. Algunas de estas estaciones son operadas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y otras son operadas por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).

Dentro de la información climatológica obtenida, se cuenta con datos medios mensuales multianuales de parámetros tales como precipitación, evaporación, temperatura, humedad relativa, brillo solar, radiación solar, velocidad y dirección del viento. Las estaciones seleccionadas para el análisis climatológico del proyecto se encuentran ubicadas en el departamento de Cundinamarca en la región de Sabana Centro. En la Tabla 3.2.7-1 se encuentran citadas las estaciones consideradas, con el código correspondiente del IDEAM; la información analizada corresponde a las siguientes categorías: tres (3) estaciones climatológicas ordinarias, tres (3) de tipo climatológica principal, seis (6) pluviométricas, cuatro (4) pluviográficas y una (1) meteorológica especial; así mismo se informa el municipio en que se encuentran ubicadas, la altura sobre el nivel de mar y la fechas de inicio de operación.

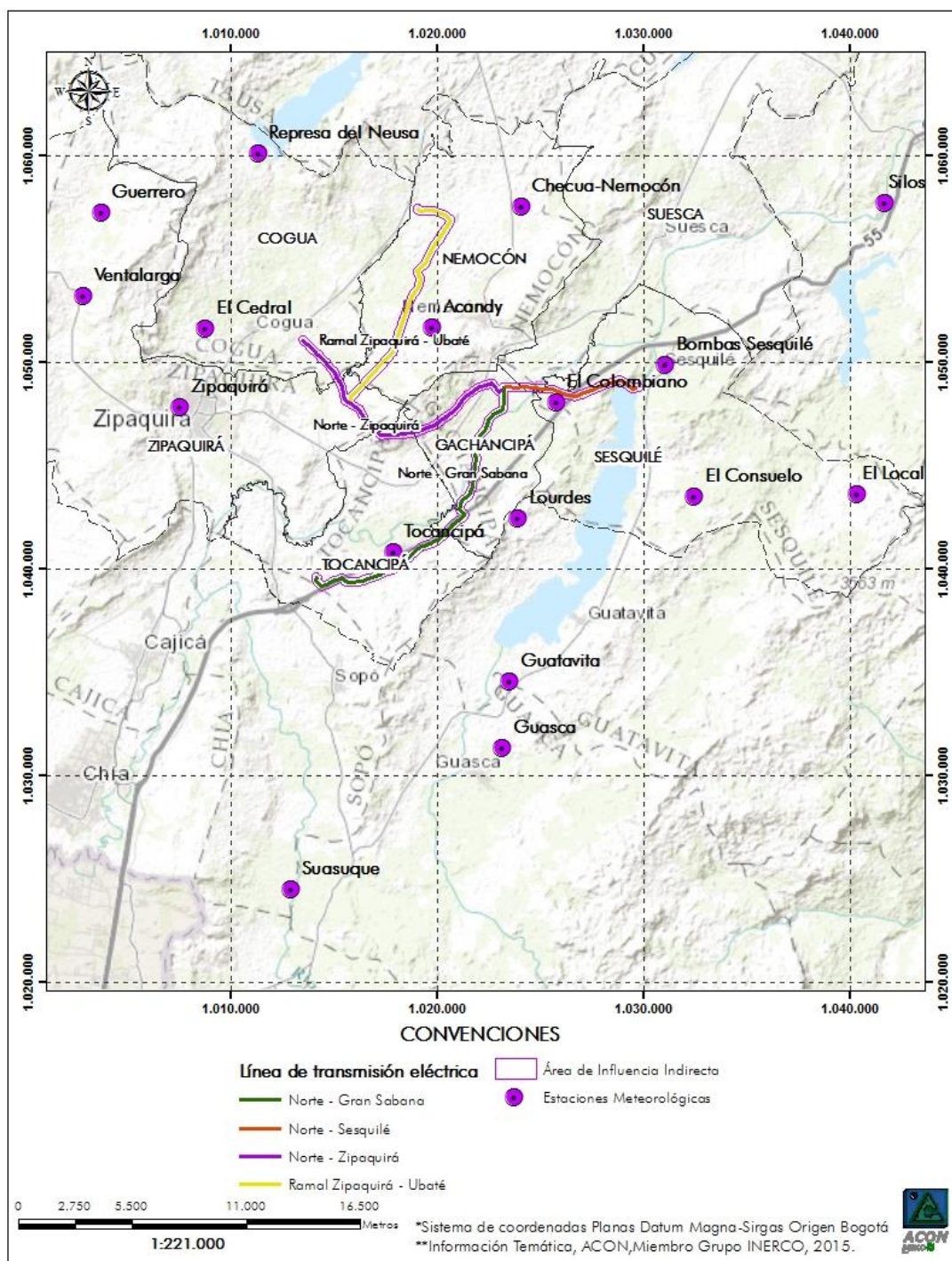
Adicionalmente, en la Figura 3.2.7-1 se presenta la distribución espacial de las estaciones seleccionadas.

Tabla 3.2.7-1 Estaciones meteorológicas presentes en el área de estudio

Estación	Código	Categoría	Municipio	Coordenadas Datum MAGNA-SIRGAS Origen Bogotá		Elevación (m s.n.m.)	Fecha instalación
				Norte	Este		
Represa del Neusa	21205410	CP	Cogua	1060090	1011400	3100	ene-47
Checua-Nemocón	21205400	CP	Nemocón	1057500	1024110	2580	ene-53
Guatavita	21205620	CP	Guatavita	1034545	1023555	2629	ene-67
El Colombiano	21205850	ME	Sesquilé	1048090	1025808	2567	sep-76
Suasunque	21205920	CO	Sopó	1024527	1012982	2560	sep-76
Guasca	21205700	CO	Guasca	1031371	1023226	2750	jul-74
Silos	21205740	CO	Chocontá	1057683	1041701	2709	mar-74
Tocancipá	21201040	PM	Tocancipá	1040820	1017940	2580	ene-70
Zipaquirá	21200740	PG	Zipaquirá	1047850	1007620	2655	ene-60
Ventalarga	21200260	PG	Zipaquirá	1053180	1002950	3062	ene-47
El Local	21201330	PG	Sesquilé	1043600	1040400	2950	ene-80
Guerrero	21202140	PM	Zipaquirá	1057250	1003780	3200	ene-97
El Consuelo	21200960	PM	Sesquilé	1043500	1032500	2960	ene-67
El Cedral	21202130	PM	Cogua	1051600	1008860	2650	ene-97
Bombas Sesquilé	21201870	PG	Sesquilé	1049890	1031100	2600	ene-84
Acandy	21201410	PM	Nemocón	1051680	1019820	2600	ene-77
Lourdes	21201050	PM	Gachancipá	1042450	1023983	2750	mar-85
CP: Climatológica Principal, PM: Pluviométrica, PG: Pluviográfica y ME: Meteorológica Especial							

Fuente: Adaptado de "IDEAM & CAR, 2014" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Figura 3.2.7-1 Distribución espacial de las estaciones meteorológicas



Fuente: Adaptado de "IDEAM & CAR, 2014" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

B Análisis de registros históricos en las estaciones meteorológicas

En general, los registros estudiados de temperatura y presión atmosférica tienen series que van de 6 a 44 años. Como se explica a continuación, las series se encuentran distribuidas en diferentes años para las variables consideradas: la variable de precipitación cuenta con series de 14 a 34 años, el análisis de humedad relativa de 7 a 44 años, el análisis de la radiación y brillo solar de 23 a 34 años y la evaporación de 25 a 43 años.

Esta información se presenta de manera detallada en la Tabla 3.2.7-2, en la cual se encuentra el periodo analizado por parámetro en cada una de las estaciones consideradas en el estudio, la entidad que opera la estación, IDEAM o CAR, se evaluó utilizando la información disponible de las estaciones de las siguientes categorías: tres (3) estaciones climatológicas ordinarias (CO), tres (3) de tipo climatológica principal (CP), seis (6) pluviométricas (PM), cuatro (4) pluviográficas (PG) y una (1) meteorológica especial (ME).

Es de aclarar que estos rangos de años analizados obedecen a la disponibilidad de la información, de tal manera que no todas las estaciones registran todas las variables, y no todas inician su operación en la misma fecha.

Tabla 3.2.7-2 Resumen de las estaciones meteorológicas empleadas para cada parámetro

Nombre	Operador	Tipo	Temperatura	Presión atmosférica	Precipitación	Humedad relativa	Viento	Radiación y brillo solar	Nubosidad	Evaporación
Represa del Neusa	CAR	CP	1954-2002 (43 Años)	1954-2002 (43 Años)	1980-2008 (25 Años)	1954-2002 (44 Años)		1960-1997 (34 Años)		2068-1999 (25 Años)
Checua-Nemocón	CAR	CP	1981-2012 (30 Años)	1981-2012 (30 Años)	1980-2013 (33 Años)	1975-2013 (35 Años)	2010-2012 (2 Años)	1986-2013 (24 Años)		1968-2014 (42 Años)
Guatavita	CAR	CP	1980-2012 (26 Años)	1980-2012 (26 Años)	1980-2013 (33 Años)	1975-2013 (33 Años)		1990-2013 (23 Años)		1968-2014 (43 Años)
El Colombiano	IDEAM	ME	2006-2012 (6 Años)	2006-2012 (6 Años)	1983-2013 (30 Años)	2006-2012 (7 Años)				
Suasique	IDEAM	CO	2005-2013 (9 Años)	2005-2013 (9 Años)	1982-2013 (31 Años)	2005-2013 (7 Años)			1982-2013 (5 Años)	
Guasca	IDEAM	CO	1980-2012 (33 Años)	1980-2012 (33 Años)	1980-2013 (34 Años)	1975-2012 (36 Años)			1975-2013 (36 Años)	
Silos	IDEAM	CO	1980-2013 (31 Años)	1980-2013 (31 Años)	1980-2013 (33 Años)	1975-2013 (35 Años)		1980-2013 (23 Años)	1975-2013 (29 Años)	1974-2013 (37 Años)
Tocancipá	CAR	PM			1971-1989 (19 Años)					
Zipaquirá	CAR	PG			1981-2013 (31 Años)					
Ventalarga	CAR	PG			1980-2013 (28 Años)					
El Local	CAR	PG			1980-2013 (34 Años)					
Guerrero	CAR	PM			1998-2013 (16 Años)					

Nombre	Operador	Tipo	Temperatura	Presión atmosférica	Precipitación	Humedad relativa	Viento	Radiación y brillo solar	Nubosidad	Evaporación
El Consuelo	CAR	PM			1980-2013 (34 Años)					
El Cedral	CAR	PM			1998-2013 (14 Años)					
Bombas Sesquilé	CAR	PG			1984-2013 (26 Años)					
Acandy	CAR	PM			1980-2013 (32 Años)					
Lourdes	IDEAM	PM			1981-2010 (29 Años)					

Fuente: Adaptado de “IDEAM & CAR, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

En el análisis climatológico es importante que los datos sean inter-comparables en la totalidad de los registros. Esta consideración concierne particularmente a los datos obtenidos en una misma ubicación y en fechas y momentos diferentes. Es por ello que se ha realizado un análisis para identificación de datos dudosos (*outliers*), los cuales son puntos de la información que se alejan significativamente de la tendencia que posee la serie de información según Chow *et al*¹.

En el Anexo 3-7 se presentan los resultados del análisis realizado para la identificación de datos dudosos aplicando el método de Water Resources Council (1981). Para dicho análisis, se considera la media anual de cada una de las series de precipitación, temperatura, radiación solar, nubosidad, humedad relativa y evaporación de las estaciones estudiadas en cada parámetro.

C Distribución espacial y temporal de elementos meteorológicos

I Temperatura

La temperatura del aire es la medida del estado térmico del aire respecto a su habilidad de transferir calor a su alrededor; entre los factores que modifican los valores de la temperatura son la cercanía al océano, latitud, altitud y relieve, sin embargo en Colombia la principal causa de la variación es la elevación.

A continuación, se desarrolla el análisis de la distribución espacial y temporal de la temperatura, debido a la incidencia directa en los procesos de evapotranspiración que condicionan la existencia de determinadas especies vegetales.

• Distribución espacial

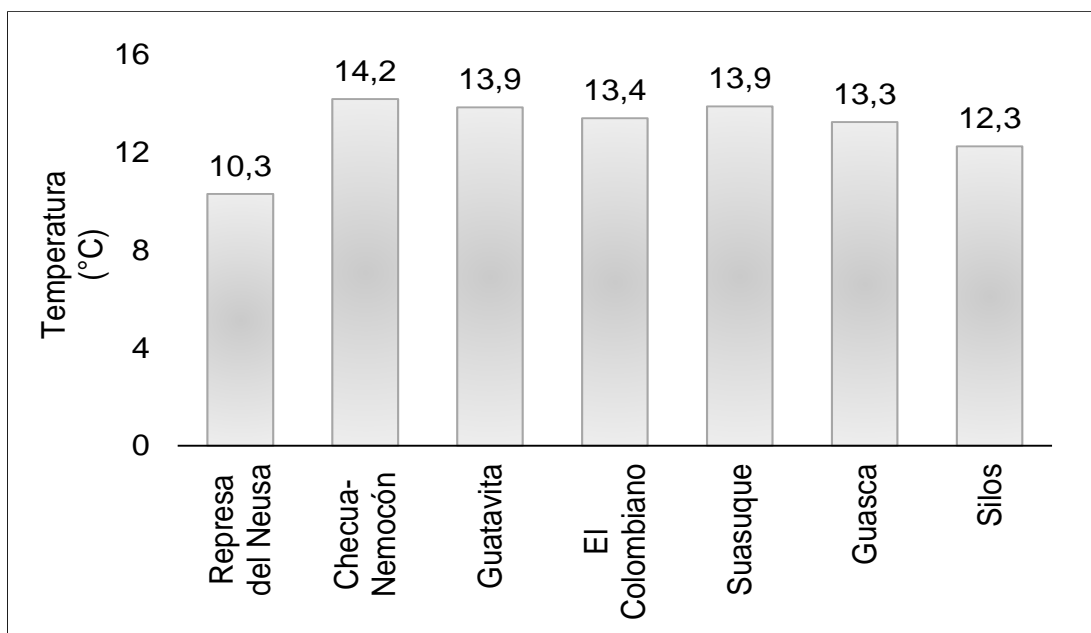
La distribución espacial de la temperatura en la zona de estudio se evaluó utilizando la información disponible de las estaciones de las siguientes categorías; (3) climatológicas principal, (1) Meteorológica Especial y (3) Climatológicas Ordinaria, para un total de siete (7) estaciones meteorológicas, ver Tabla 3.2.7-2. Se aclara que debido a que algunas de las estaciones analizadas no cuentan con datos completos, se analizan de acuerdo con la disponibilidad de información.

En el Gráfico 3.2.7-1 se presenta la temperatura media mensual multianual, se observa que la estación Represa del Neusa presenta el valor mínimo de temperatura media anual,

¹ CHOW, Ven Te; MAIDMENT, David R. y MAY, Larry W. Hidrología Aplicada. Santafé de Bogotá: McGraw-Hill Interamericana, S.A. 1994. pp. 597.

10,3 °C, mientras que demás estaciones la temperatura se encuentra entre los 12,3 y 14,2 °C, lo que permite definir que existe una relación directa entre la temperatura media y la elevación, tal como lo indica el IDEAM en el Atlas Climatológico de Colombia: “La temperatura media se caracteriza por la presencia de los llamados pisos térmicos, causados por la disminución de la temperatura con el aumento de altura sobre el nivel del mar”².

Gráfico 3.2.7-1 Temperatura media anual por estación



Fuente: Adaptado de “IDEAM & CAR, 2015” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

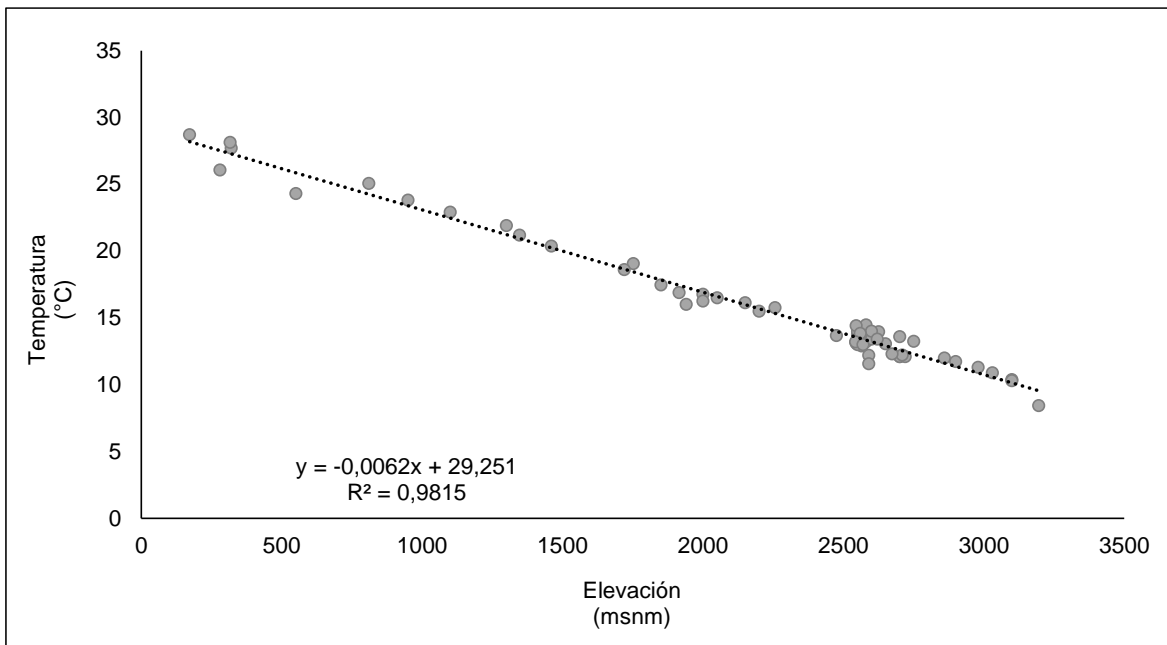
Asimismo, en el Gráfico 3.2.7-2 se presenta el gradiente de temperatura en la zona de estudio, cabe resaltar que para determinar este gradiente se tiene en cuenta los datos de las estaciones en estudio, junto con los datos de las estaciones ubicadas en el departamento de Cundinamarca, presentados en los promedios climatológicos realizados por el IDEAM³.

² MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL E INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Atlas Climatológico de Colombia –Parte II Distribución Espacio-Temporal de las variables del clima. Colombia: Imprenta Nacional de Colombia. 2005. p. 29.

³ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Promedios Climatológico - Promedios 1981–2010. [en línea]. [citado en 2015-01-06]. Disponible en Internet: <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/812>.

A partir de los datos anteriormente mencionados, se evidencia un comportamiento lineal y se construye la curva que describe la relación entre la elevación y la temperatura, la cual está dada por la ecuación $T (^{\circ}\text{C}) = -0,0062 H (\text{m}) + 29,251$, lo que significa que por cada 100 metros de reducción de altura, la temperatura media anual del aire se incrementará en $0,62 ^{\circ}\text{C}$.

Gráfico 3.2.7-2 Relación de la temperatura con la elevación

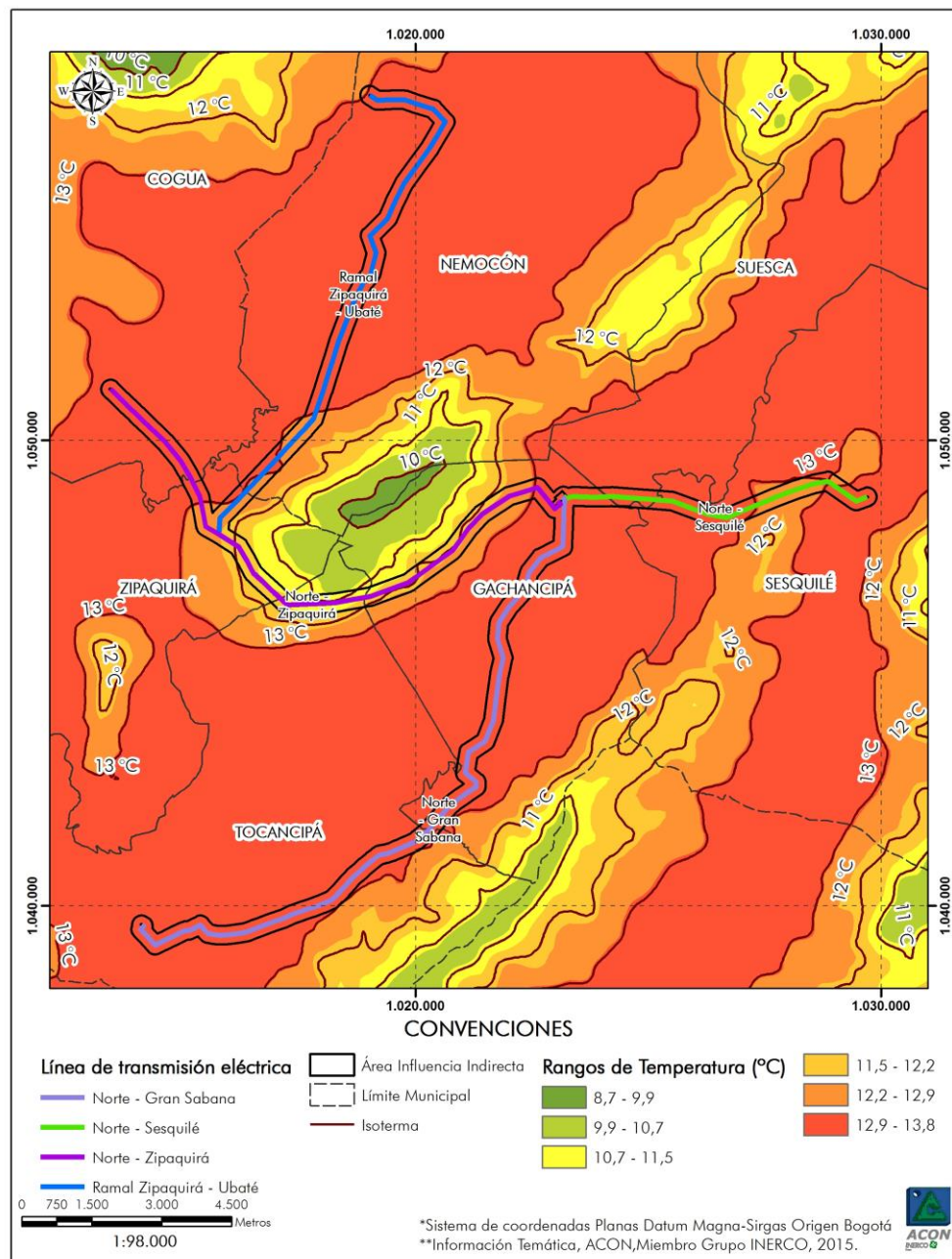


Fuente: Adaptado de “IDEAM & CAR, 2015” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

La Figura 3.2.7-2 presenta la distribución espacial de la temperatura media anual en el área de influencia directa del proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión*” en dicha figura se observa que la temperatura media anual se encontrará entre los 11 y $13 ^{\circ}\text{C}$, exceptuando parte del corredor Norte–Zipaquirá, el cual se encuentra ubicado junto al área de la Reserva Forestal Protectora Productora de la Cuenca Alta del Río Bogotá en jurisdicción de los municipios de Gachancipá, Tocancipá y Zipaquirá donde la temperatura es ligeramente inferior, con valores entre 11 y $12 ^{\circ}\text{C}$, lo que indica que la temperatura cae aproximadamente $1 ^{\circ}\text{C}$.

En el Mapa 3-16 se presentan las isotermas del área de estudio.

Figura 3.2.7-2 Distribución espacial de la temperatura media anual (°C)



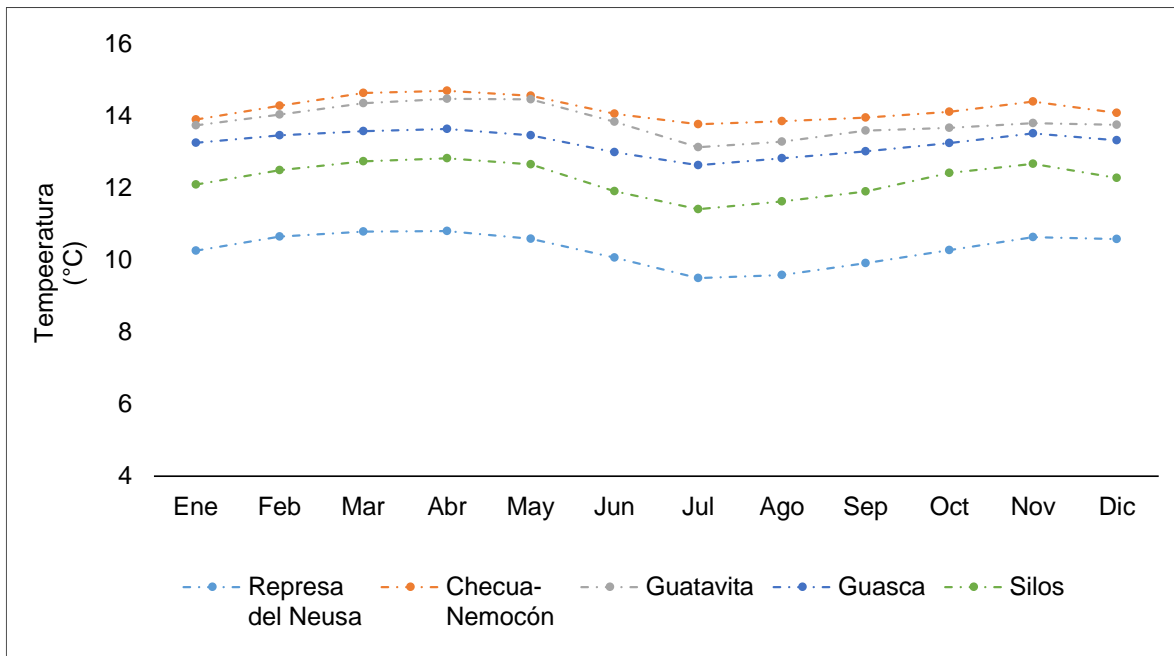
Fuente: Adaptado de "IDEAM & CAR, 2015" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

- **Distribución temporal**

La distribución temporal de la temperatura hace referencia a la forma como se distribuye la temperatura durante el año. En el Gráfico 3.2.7-3 y Gráfico 3.2.7-4 se presenta el comportamiento de la temperatura media en cada una de las estaciones con las cuales se contaba información representativa para el área del proyecto en estudio.

En el Gráfico 3.2.7-3 se presentan las series con registros superiores a diez (10) años, el comportamiento es ligeramente bimodal, donde los registros más bajos se reportan entre julio a agosto y entre diciembre a febrero, los valores más altos se presentan entre marzo a mayo y de octubre a noviembre; siendo el mes de abril y mayo los meses de mayor valor en los registro. Por otra parte, la diferencia más alta entre el registro más bajo y el más alto de temperatura media al año es de 1,4 °C el cual presenta en las estaciones Silos y Represa del Neusa.

Gráfico 3.2.7-3 Promedios de la temperatura media mensual multianual – Registros > 10 años

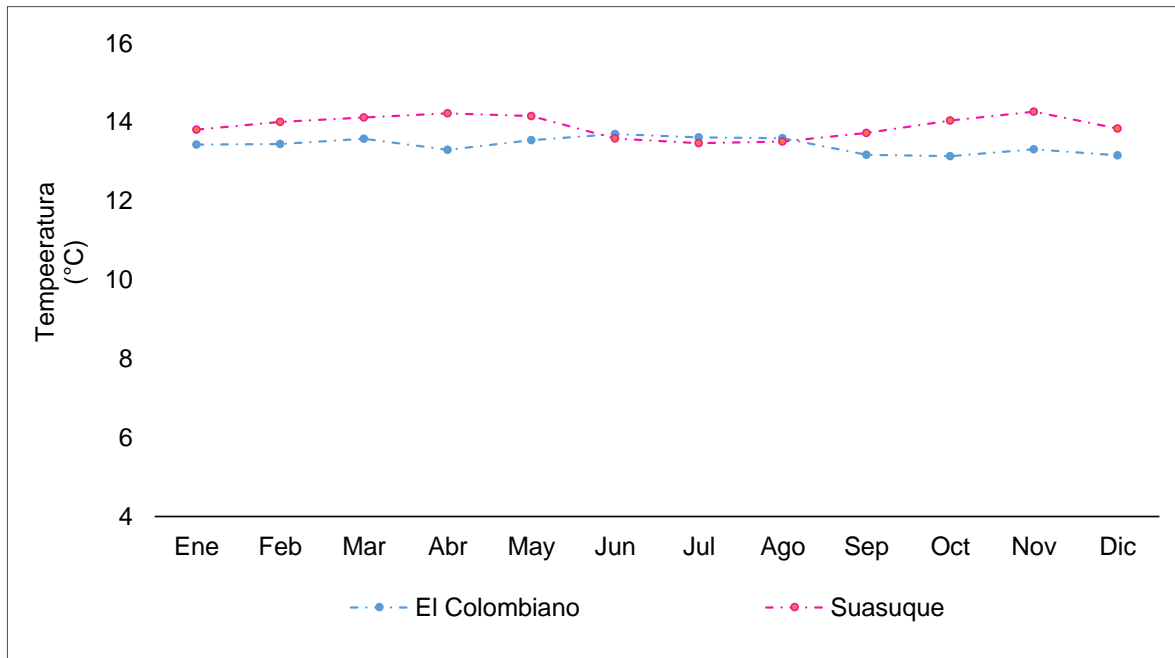


Fuente: Adaptado de “IDEAM & CAR, 2015” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

En el Gráfico 3.2.7-4 se presentan las series con registros inferiores a diez (10) años, en este caso para la estación El Colombiano y Suasuque, en estas series cortas se observa que el comportamiento es aproximadamente constante, ya que diferencia entre el registro

más bajo y el más alto de la temperatura media al año es inferior a un grado centígrado ($\Delta T_{\text{Máximo}} = 0,6^{\circ}\text{C}$).

Gráfico 3.2.7-4 Promedios de la temperatura media mensual multianual. Registros < 10 años

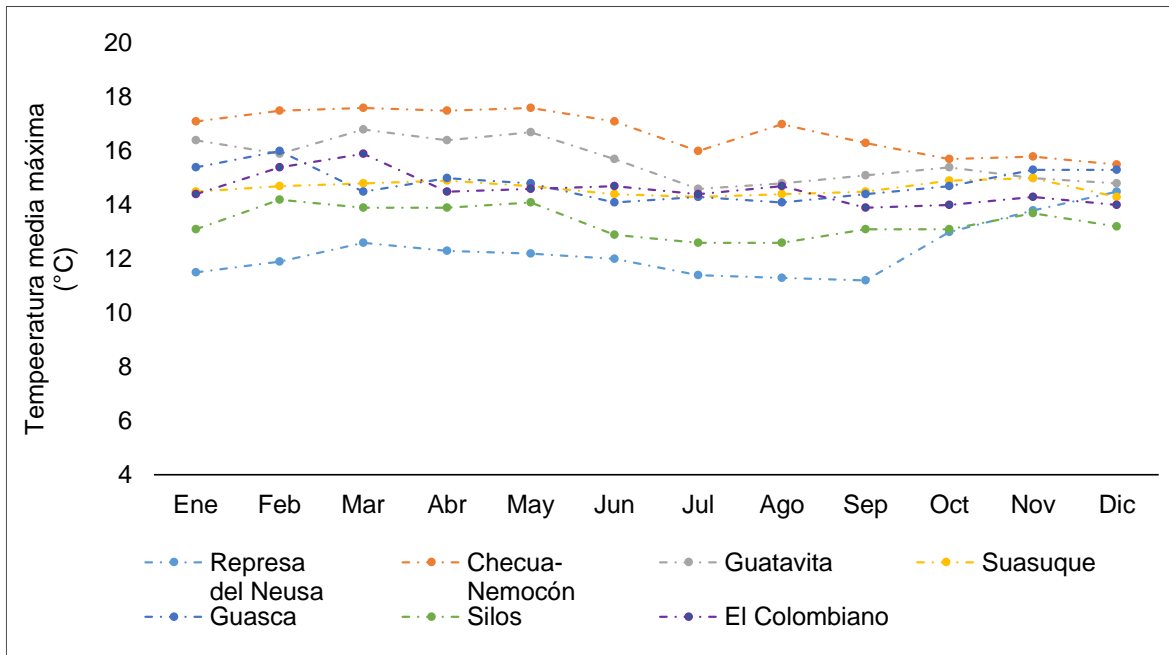


Fuente: Adaptado de “IDEAM & CAR, 2015” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

El Gráfico 3.2.7-5 presenta los máximos medios mensuales de temperatura para las estaciones en estudio (series largas y cortas), se observa que las estaciones Silos y Represa del Neusa en la que se presentan los valores más bajos de temperatura, $11,3^{\circ}\text{C}$, por el contrario la estación Checua-Nemocón se encuentra en el límite superior con un valor de 16°C .

* $\Delta T_{\text{Máximo}} = (T_{\text{Máxima}} - T_{\text{Mínima}})_{\text{Media}}$

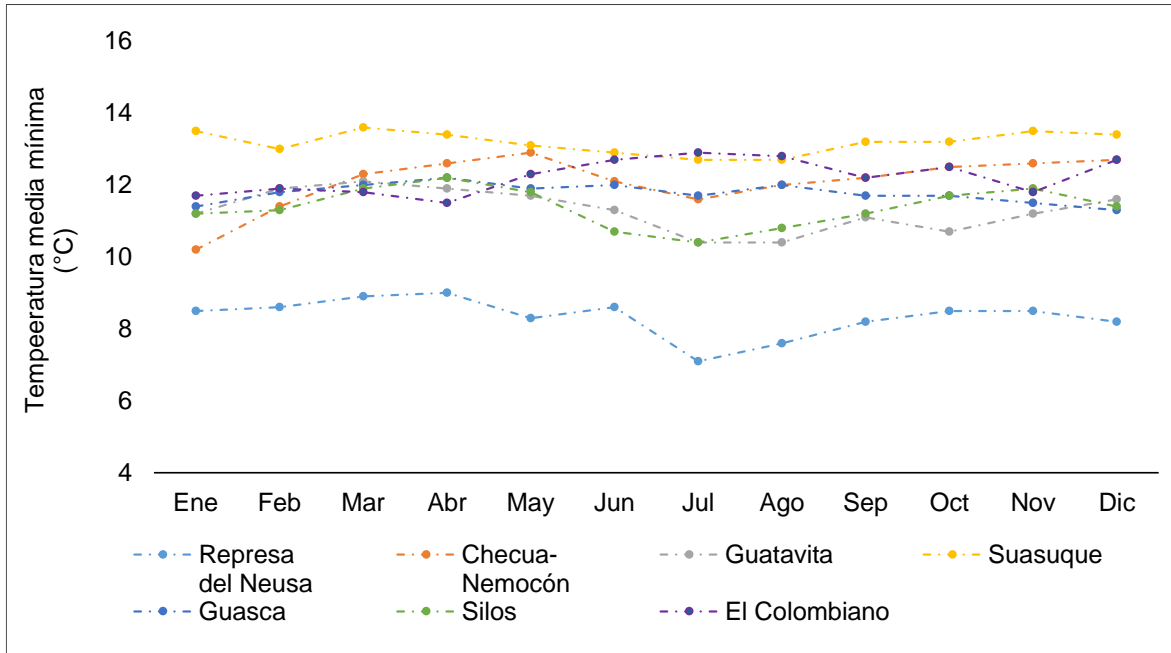
Gráfico 3.2.7-5 Máximos de la temperatura media mensual multianual



Fuente: Adaptado de “IDEAM & CAR, 2015” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

El Gráfico 3.2.7-6 se presentan los mínimos de los valores medios mensuales de temperatura para las estaciones en estudio (series largas y cortas), se observa que la estación Represa del Neusa presenta valores más bajos de temperatura, 7,1 °C (Julio), por el contrario la estación Suasuque se encuentra en el límite superior con un valores alrededor de los 13,5 °C.

Gráfico 3.2.7-6 Mínimos de la temperatura media mensual multianual



Fuente: Adaptado de “IDEAM & CAR, 2015” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

II Presión atmosférica

La presión atmosférica es la presión ejercida por el peso de la atmósfera o aire sobre la tierra, ésta disminuye a medida que aumenta la altura de manera exponencial. Para calcular la presión puede emplearse una simplificación de la ley de los gases ideales, a una temperatura atmosférica estándar de 20 °C⁴. A continuación se presenta la ecuación utilizada para el análisis de esta variable en la zona de estudio.

$$P = P_0 \cdot \left(\frac{T - a \cdot (z - z_0)}{T} \right)^{\left(\frac{g}{a \cdot R} \right)}$$

Donde:

- P: Presión atmosférica a la elevación z, mm Hg
 P₀: Presión atmosférica de referencia (nivel del mar), 760 mm Hg
 z: Elevación del punto de estudio, m

⁴ ALLEN, R., PEREIRA, L, RAES, D., SMITH, M. Crop Evapotranspiration. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. 2006. p. 31.

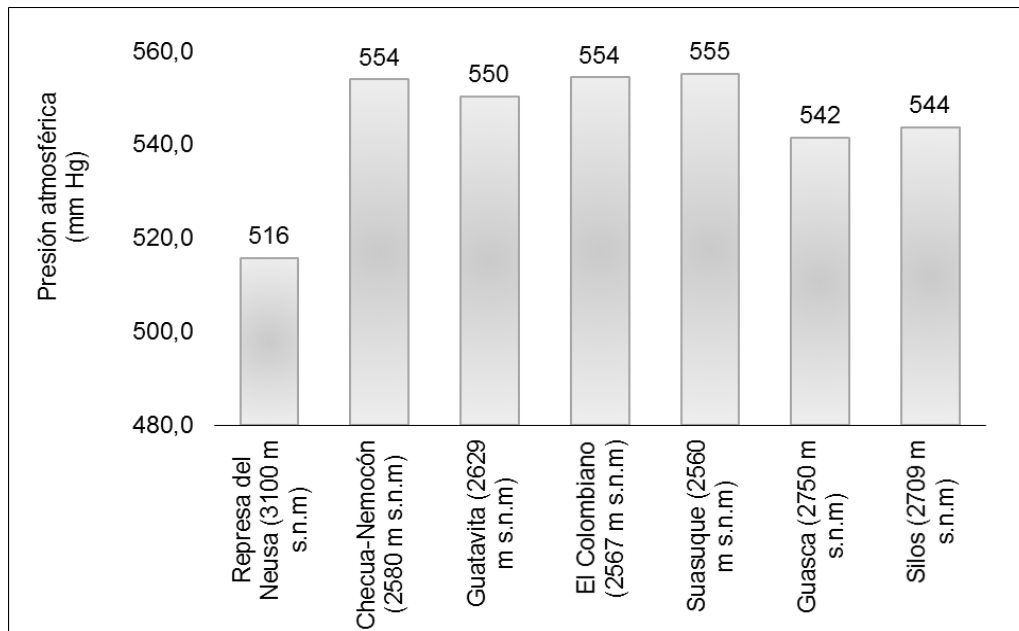
z_o : Elevación en el nivel de referencia (nivel del mar), 0 m
 g : Constante de aceleración de la gravedad, 9,807 m/s²
 R : Constante específica de los gases dada para el aire seco, 287,053 J/kg K
 a : Tasa constante de aire húmedo, 0,0065 K/m
 T : Temperatura media del aire para el periodo de cálculo, K

• Distribución espacial

La presión atmosférica como se indicó anteriormente varia con la elevación y la temperatura, por lo cual en el área de estudio del proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión*” se evaluó utilizando la información disponible de las (7) estaciones meteorológicas que cuentan con dicha información: Represa del Neusa (48 años), Checua nemocón (32 años), Guatavita (32 años), el Colombiano (5 años), Suasuque (7 años), Guasca (32 años) y Silos (32 años).

En el Gráfico 3.2.7-7 se observa que la estación ubicada a mayor altitud presenta menor presión atmosférica, con un valor de 516 mm Hg, mientras que las estaciones ubicadas entre los 2500 y 2700 m s.n.m presentan presiones más altas, entre los 542 y 555 mm Hg.

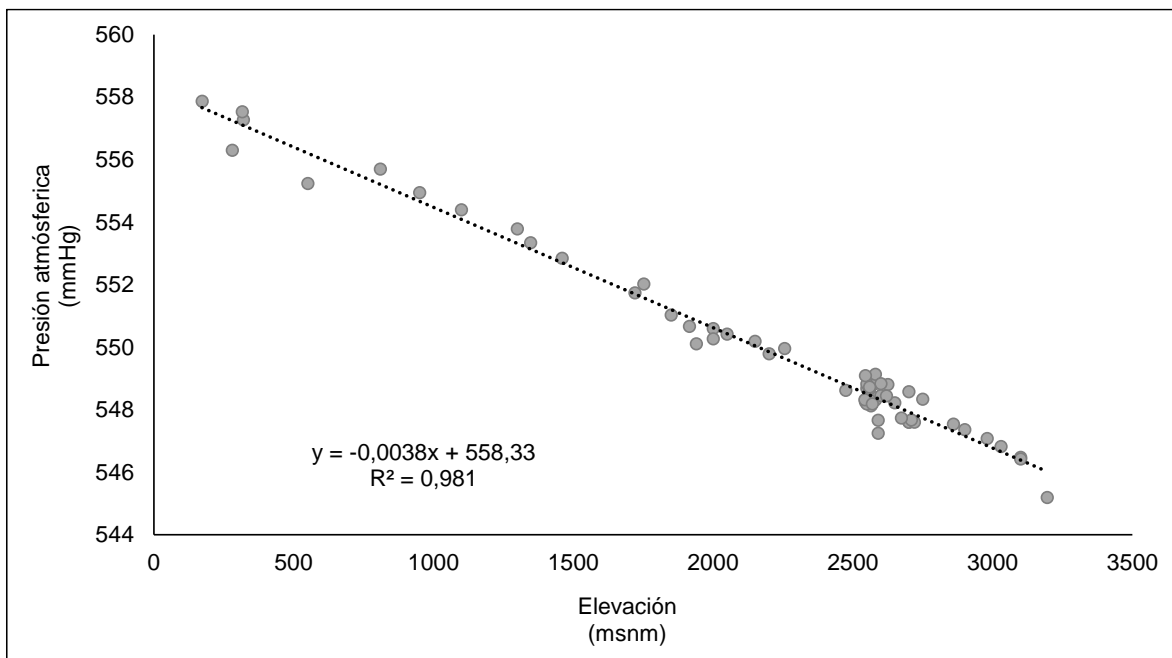
Gráfico 3.2.7-7 Presión atmosférica media anual por estación



Fuente: Adaptado de “IDEAM & CAR, 2015” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

En el Gráfico 3.2.7-8 se presenta el gradiente de presión atmosférica en la zona de estudio, cabe resaltar que para determinar este gradiente se tiene en cuenta los datos de temperatura utilizados en el cálculo del gradiente de temperatura. Ahora bien, a partir de los datos anteriormente mencionados se indica que la curva que describe la relación entre la elevación y la presión está dada por la ecuación $P \text{ (mm Hg)} = -0,0038 H \text{ (m)} + 558,33$, lo que significa que por cada 100 metros de reducción de altura, la presión atmosférica media anual del aire se incrementara en 0,38 mm Hg.

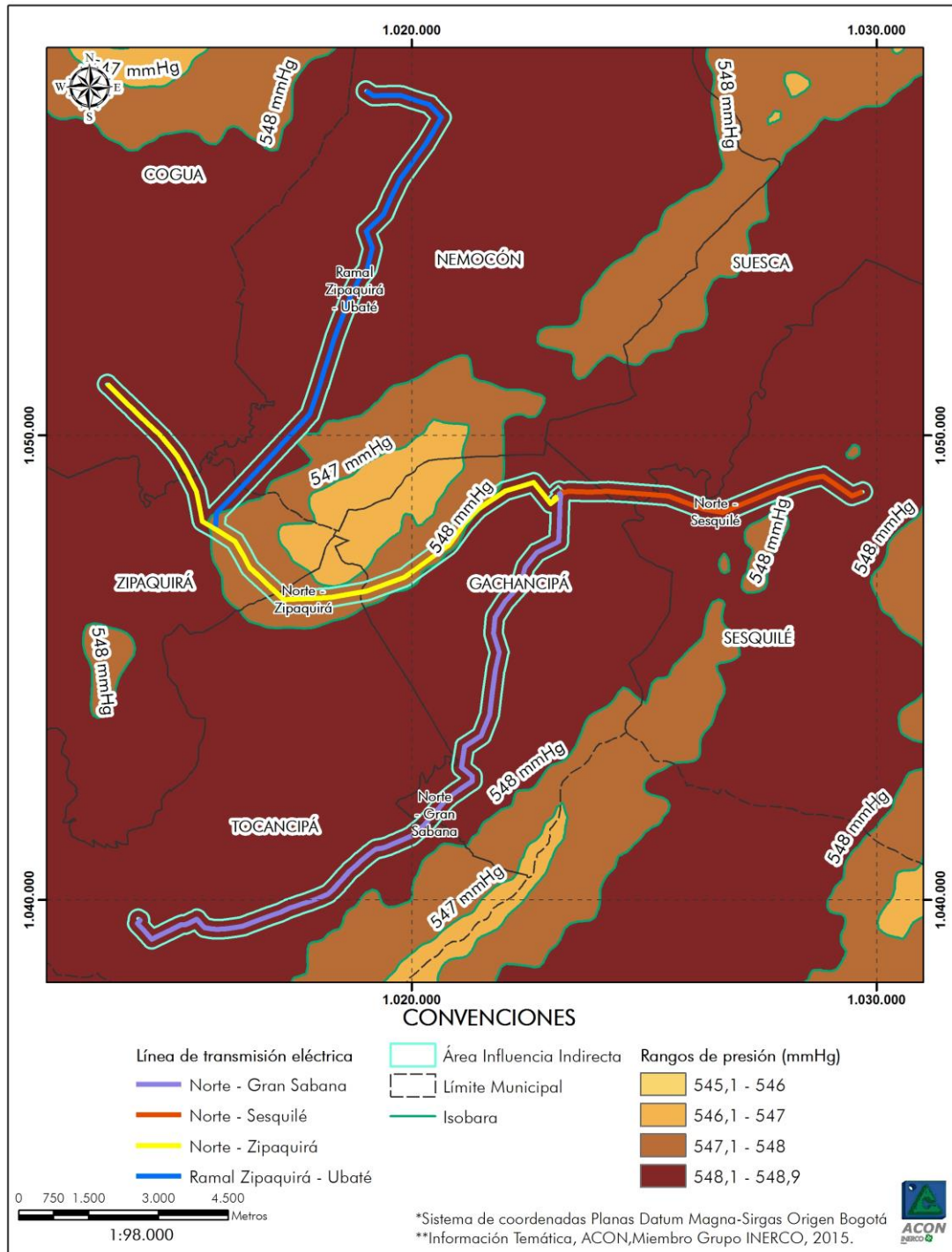
Gráfico 3.2.7-8 Relación de la presión atmosférica con la elevación



Fuente: Adaptado de "IDEAM & CAR, 2015" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

La Figura 3.2.7-3 presenta la distribución espacial de la presión atmosférica media anual. En general, se observa que en el área de influencia directa del proyecto "*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión*" la presión atmosférica será aproximadamente 548 mm Hg, exceptuado la zona de la Reserva Forestal Protectora Productora de la Cuenca Alta del Río Bogotá en la cual se prevé 547 mm Hg.

Figura 3.2.7-3 Distribución espacial de la presión atmosférica media anual (mm Hg)

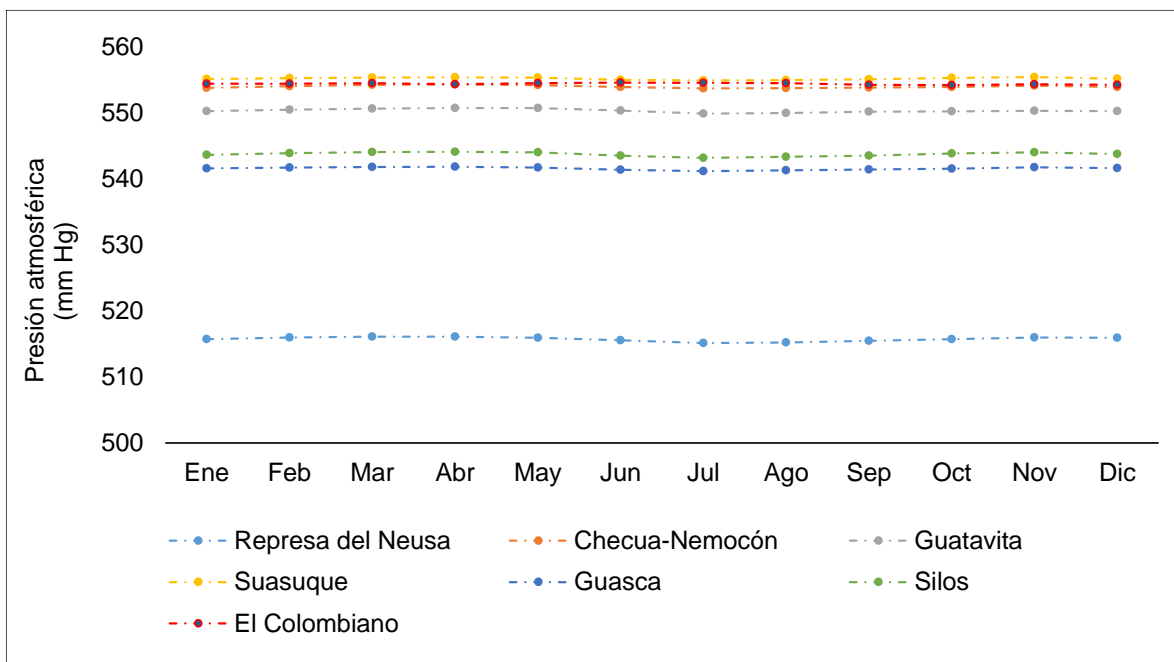


Fuente: Adaptado de "IDEAM & CAR, 2015" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

- **Distribución temporal**

La distribución temporal de la presión atmosférica presenta un comportamiento constante a lo largo del año, ver Gráfico 3.2.7-9, siendo los valores más bajos los que se reportan para la estación Represa del Neusa (515 y 516 mm Hg), mientras en las estaciones restantes los valores oscilan entre 541 y 555 mmHg.

Gráfico 3.2.7-9 Distribución temporal de la presión atmosférica



Fuente: Adaptado de “IDEAM & CAR, 2015” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

III Precipitación

La precipitación es uno de los elementos que condicionan el clima de manera más profunda y rápida además de ser un factor controlador del ciclo hidrológico, así como de la ecología y el paisaje. La precipitación se define como el agua, tanto líquida como sólida, que cae sobre la superficie de la tierra y que viene precedida en todos los casos por los fenómenos de condensación y sublimación o por una combinación de ambos.

- **Distribución espacial**

La Tabla 3.2.7-3 presenta la precipitación media anual discriminada por estación, en esta se observa que la precipitación total anual oscila entre 634 y 1.278 mm, siendo el valor más bajo el reportado en la estación Checua-Nemocón (634 mm), y el más alto el

reportado en la estación Guerrero (1.278 mm). En la estación El Colombiano (más cercana al predio de la subestación eléctrica) la precipitación es de aproximadamente 864 mm al año.

Tabla 3.2.7-3 Precipitación total anual

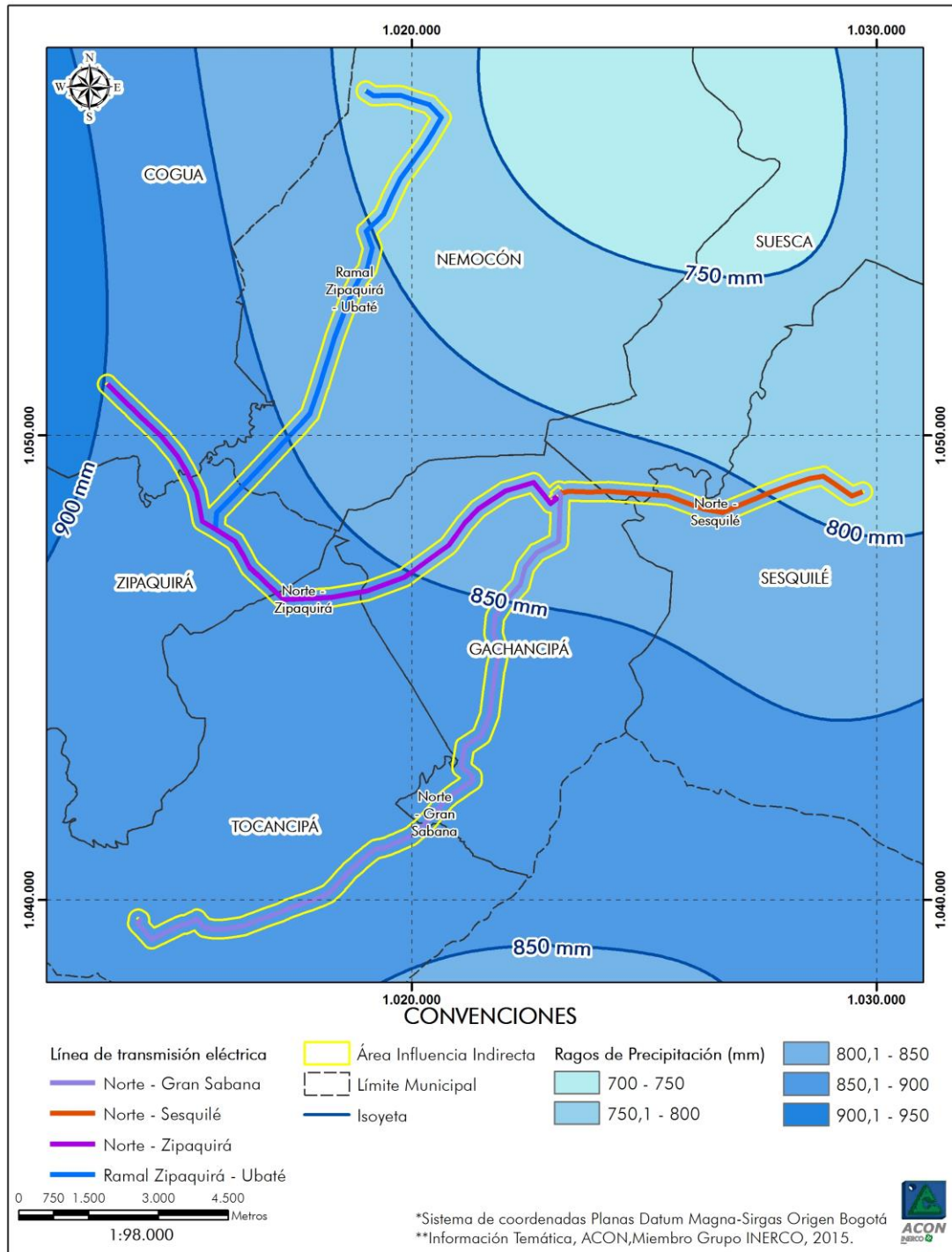
Estación	Código	Elevación (m s.n.m)	Precipitación total anual (mm)
Represa del Neusa	21205410	3100	866
Checua-Nemocón	21205400	2580	634
Guatavita	21205620	2629	728
El Colombiano	21205850	2567	864
Suasque	21205920	2560	861
Guasca	21205700	2750	823
Silos	21205740	2709	982
Tocancipá	21201040	2580	885
Zipaquirá	21200740	2655	858
Ventalarga	21200260	3062	1030
El Local	21201330	2950	1015
Guerrero	21202140	3200	1278
El Consuelo	21200960	2960	867
El Cedral	21202130	2650	1037
Bombas Sesquilé	21201870	2600	673
Acandy	21201510	2600	807
Lourdes	21201050	2750	947

Fuente: Adaptado de “IDEAM & CAR, 2015” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

En la Figura 3.2.7-4 se presenta la distribución espacial de la lluvia (precipitación total anual) en el área de influencia directa del proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión*” se observa que la precipitación en el área de estudio oscila entre los 800 y 900 mm/año, exceptuando el tramo final del corredor Norte-Sesquilé ubicado en el municipio de Sesquilé y el norte del ramal Zipaquirá-Ubaté, ya que en estos puntos la precipitación total anual es ligeramente inferior, con valores entre 800 y 750 mm/año.

En el Mapa 3-15 se presentan las isoyetas del área de estudio.

Figura 3.2.7-4 Distribución espacial de la precipitación total anual (mm)

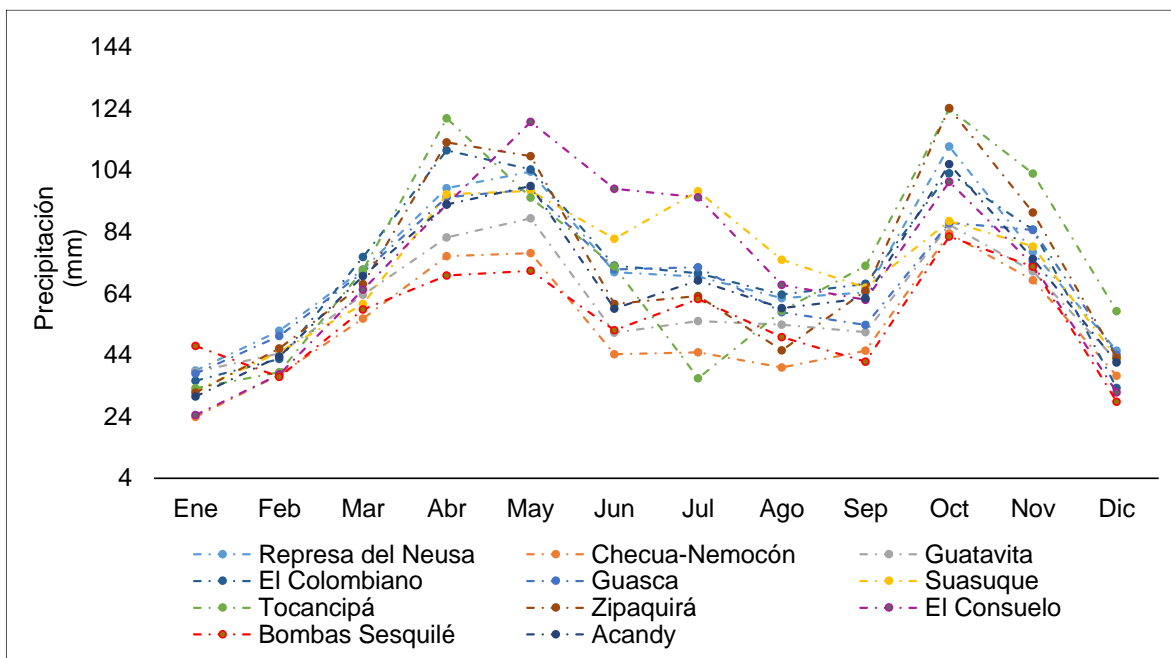


Fuente: Adaptado de "IDEAM & CAR, 2015" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

• **Distribución temporal**

El Gráfico 3.2.7-10 y Gráfico 3.2.7-11 presenta la distribución temporal de la precipitación en las estaciones con precipitación total anual con valores menores y mayores a los 900 mm respectivamente. En los gráficos en mención, se observa que la distribución temporal de la precipitación presenta un régimen bimodal, con dos periodos húmedos y dos periodos secos, que se generan por el paso de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT), tanto en primer semestre del año como en el segundo. Los periodos lluviosos se presentan de abril a mayo y en el periodo comprendido de octubre a noviembre. Los periodos secos (estiaje) se presentan entre los meses de diciembre a febrero, y a mediados del año entre los meses de julio y septiembre.

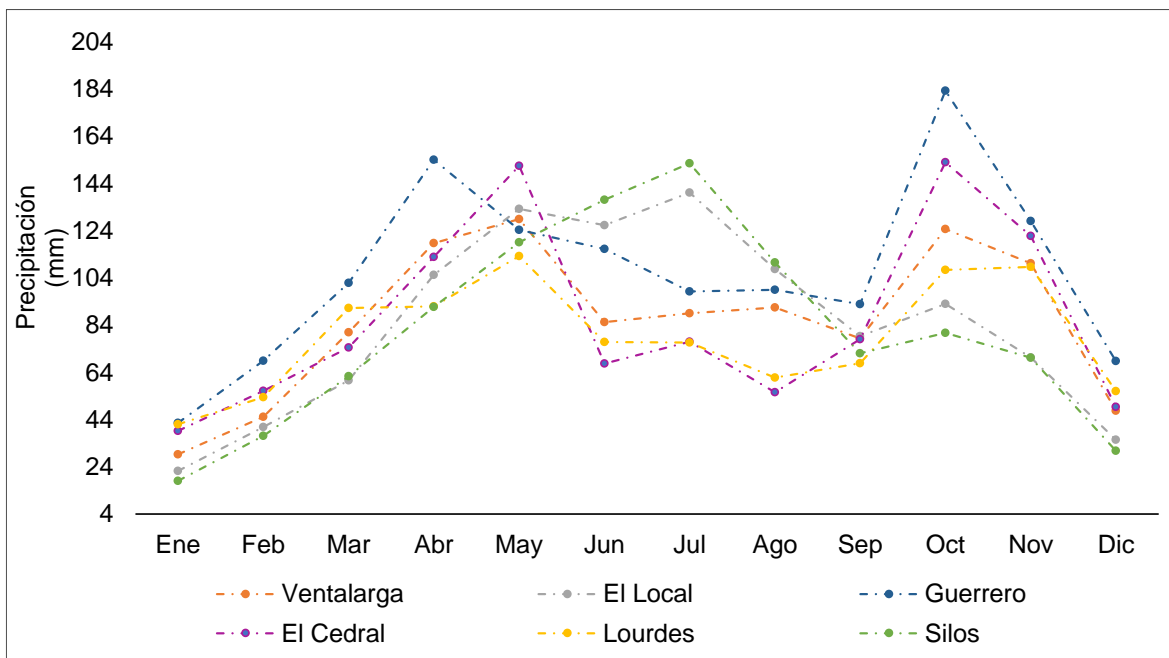
Gráfico 3.2.7-10 Distribución temporal de la precipitación (precipitación total anual < 900 mm)



Fuente: Adaptado de "IDEAM & CAR, 2015" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

Cabe resaltar que hay una diferencia entre los meses más lluviosos en las estaciones Silos, El Consuelo y El Local respecto a las otras estaciones en análisis, estas estaciones con comportamiento diferente se encuentran ubicadas al este del área de influencia indirecta del proyecto, ver Figura 3.2.7-1. En las estaciones en mención hay niveles altos de lluvia entre mayo y julio, y en los meses restantes en las estaciones Silos y el Local no se observan máximos, mientras en la estación El Consuelo se observa alta pluviosidad en el mes de octubre, el cual coincide con el segundo periodo de lluvia de las demás estaciones.

Gráfico 3.2.7-11 Distribución temporal de la precipitación (Precipitación total anual > 900 mm)



Fuente: Adaptado de "IDEAM & CAR, 2015" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

La Tabla 3.2.7-4 presenta la escala de precipitación mensual, a partir de estos rangos se indica que las estaciones en estudio durante los meses de abril, mayo y octubre presentan lluvias fuertes, exceptuando las estaciones Checua-Nemocón y Bombas de Sesquilé para los meses de abril a mayo, en donde la precipitación es moderada; durante los meses comprendidos entre junio a septiembre la precipitación en la gran mayoría de estaciones es moderada, sin embargo en las estaciones Suasuque, Silos, Ventalarga, El Local, Guerrero y El Cedral es fuerte en junio y julio, en los otros dos (2) meses tiende a ser moderada. En el periodo de sequías, particularmente para el mes de enero se indica que la precipitación es escasa en la estación Silos, moderada en las estaciones Represa del Neusa, Guerrero, Bombas de Sesquilé y Lourdes, y en las demás estaciones es ligera.

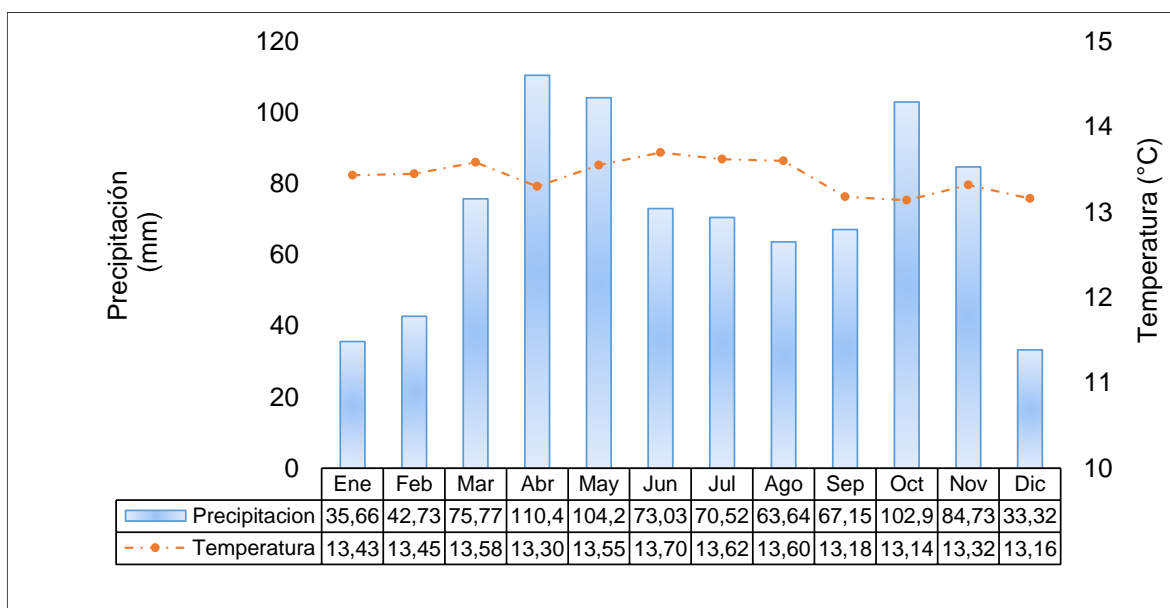
Tabla 3.2.7-4 Escala de precipitación

Denominación	Precipitación mensual (mm)
Escasa	0-20
Ligera	21-40
Moderada	41-80
Fuerte	81-200
Muy fuerte	201-280
Intensa	>281

Fuente: Adaptado de “SDA⁵, 2012” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

En el Gráfico 3.2.7-12 se presenta el climograma de la estación El Colombiano, se ha tomado de referencia esta estación ya que se encuentra cercana al predio de la subestación eléctrica, se observa que a pesar de que la temperatura es aproximadamente constante, se presenta un comportamiento ligeramente inverso al de la precipitación.

Gráfico 3.2.7-12 Climograma estación El Colombiano



Fuente: Adaptado de “IDEAM & CAR, 2015” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

⁵ SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE (SDA). Informe Anual de la Red de Calidad de Aire de Bogotá D.C -2012. Bogotá. 2013. p. 176.

IV Humedad relativa

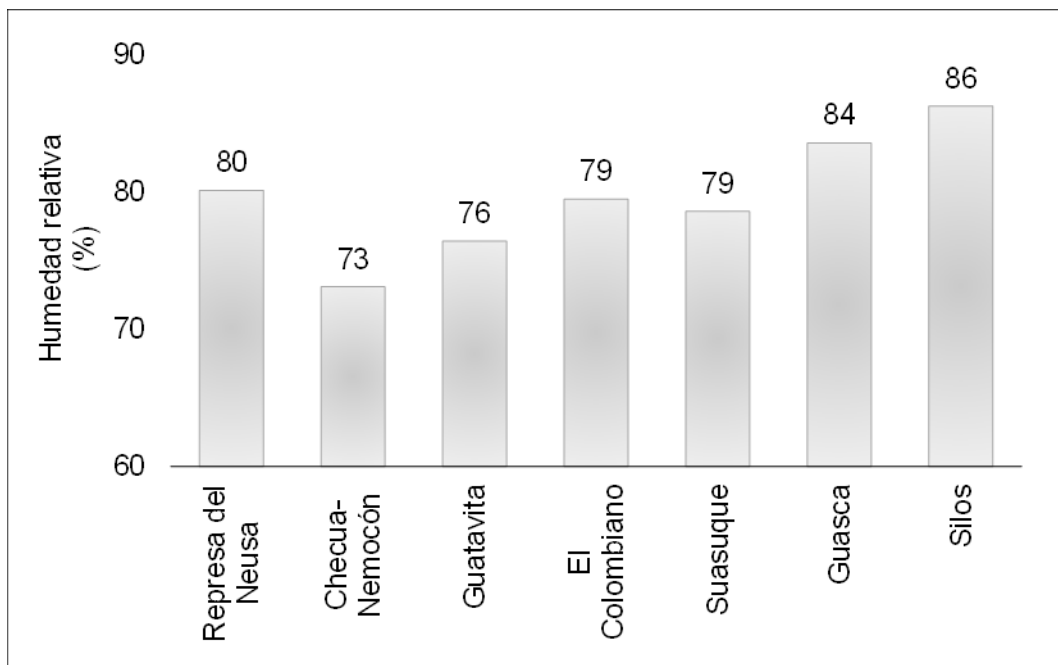
La humedad relativa representa el porcentaje de humedad que hay en el aire respecto al máximo contenido de humedad que es capaz de contener para una temperatura dada.

- Distribución espacial**

En el Gráfico 3.2.7-13 se presenta la humedad relativa media anual, se observa que en la estación Checua-Nemocón se presenta el valor mínimo de 73 %, y en las estaciones Silos y Represa del Neusa se presentan los valores más altos, entre 80 y 86 %, respectivamente, caso contrario a lo presentado en la temperatura media anual, donde en las dos últimas estaciones en mención se presentan los valores más bajos, y en la estación Checua-Nemocón se presenta los más altos.

En el predio de la subestación eléctrica es de esperar valores de humedad relativa media anual de 79 %, ya que la estación más próxima (El Colombiano) presenta este valor.

Gráfico 3.2.7-13 Humedad relativa media anual por estación



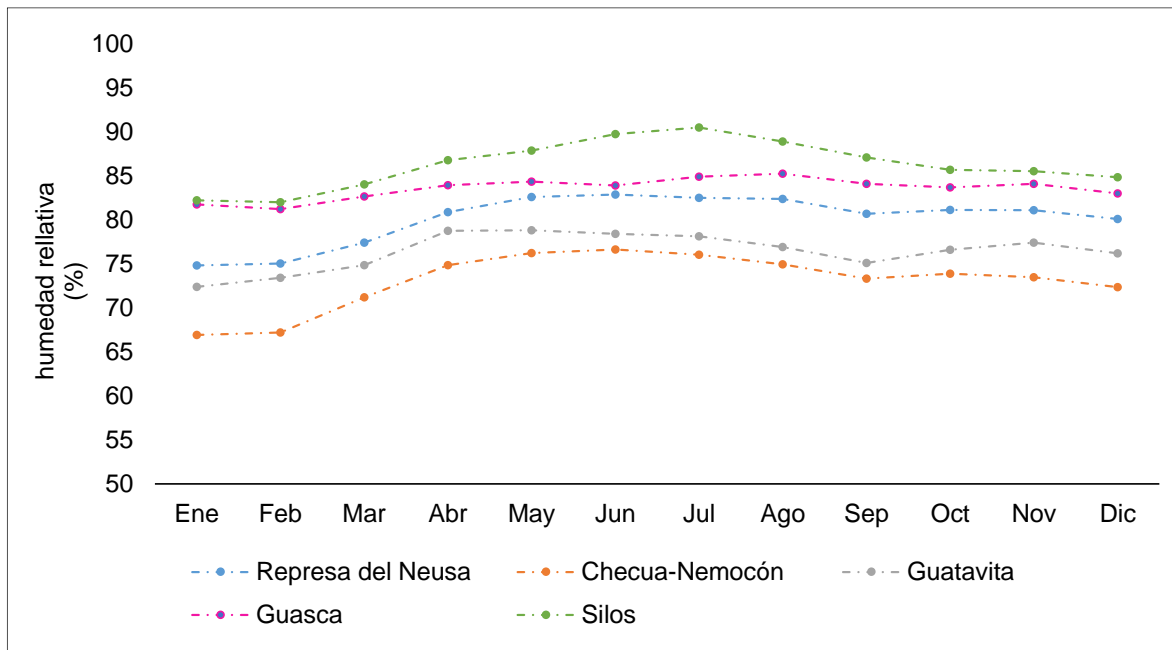
Fuente: Adaptado de “IDEAM & CAR, 2015” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

• **Distribución temporal**

La distribución temporal de la humedad relativa en cada estación presenta poca variación; sin embargo, se alcanza a observar un régimen monomodal, donde los mínimos se presentan durante los meses de menor precipitación (de diciembre a febrero, con valores entre 66,9 y 84,8 %), y de abril a octubre se presentan los registros más altos, siendo el valor más alto el reportado en los meses de junio y julio con registros de humedad relativa entre 76,1 y 90,5 %.

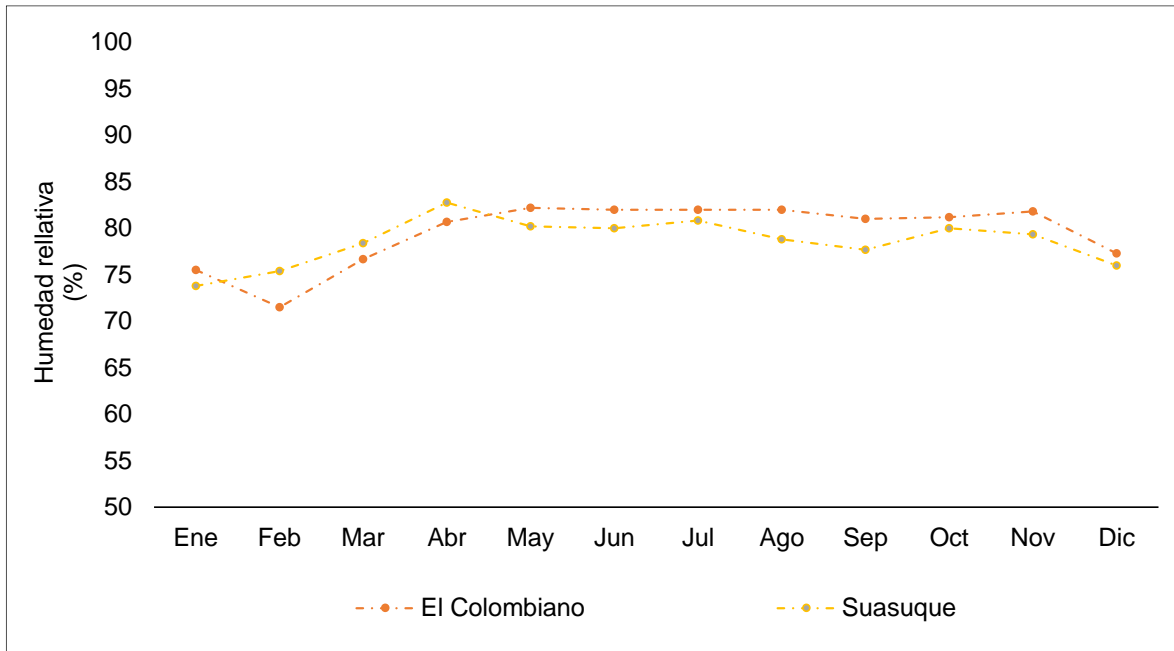
En el Gráfico 3.2.7-14 y el Gráfico 3.2.7-15 se presenta la distribución anteriormente descrita, en el primer gráfico se presentan las tendencias de las series mayores a diez (10) años y en el segundo gráfico se presentan las tendencias de las series menores a diez (10) años, se observa que cuanto mayor es la serie más definido se encuentra el comportamiento.

Gráfico 3.2.7-14 Distribución temporal de la humedad relativa media mensual multianual.
Registros > 10 años



Fuente: Adaptado de “IDEAM & CAR, 2015” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

Gráfico 3.2.7-15 Distribución temporal de la humedad relativa media mensual multianual.
Registros < 10 años



Fuente: Adaptado de “IDEAM & CAR, 2015” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

V Viento

Se define como “aire en un movimiento horizontal” prescindiendo del posible componente vertical. Su importancia en la caracterización física radica en su poder de dispersión de contaminantes, polinización de determinadas especies vegetales, producción de energía, daños mecánicos en la vegetación, desecación, entre otros aspectos. Su importancia también se refleja en las actividades de diseño y construcción en cualquier obra de infraestructura civil.

• Distribución temporal

El viento se analizó sobre la estación denominada Checua-Nemocón por ser la estación que cuenta con registros representativos de este parámetro, exclusivamente se evaluó el periodo comprendido entre el año 2010 y 2012 como registro completo más reciente. En la Tabla 3.2.7-5 se presentan los máximos y mínimos de la velocidad y dirección media del viento, donde el máximo se presenta en el mes de febrero (2,7 m/s) y el mínimo en el mes de octubre (1,3 m/s); así mismo, se observa que la dirección predominante del viento es desde el componente sur.

Tabla 3.2.7-5 Distribución temporal de la velocidad y dirección máxima y mínima. Estación Checua-Nemocón

Viento		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Máximo	Velocidad (m/s)	2,5	2,7	2,5	2	2,2	2,4	2,4	2,2	2,1	1,8	1,9	2,1
	Dirección	S	S	S	S	S	S	S	SE	S	S	S	S
Mínimo	Velocidad (m/s)	2	1,8	1,7	1,6	2	2,1	1,9	1,9	1,7	1,3	1,5	1,9
	Dirección	SW	SW	SW	S	SE	SE	SW	SW	SW	SW	SW	SW

Fuente: Adaptado de “CAR, 2015” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

- **Rosas de vientos**
- **Datos medidos estaciones meteorológicas**

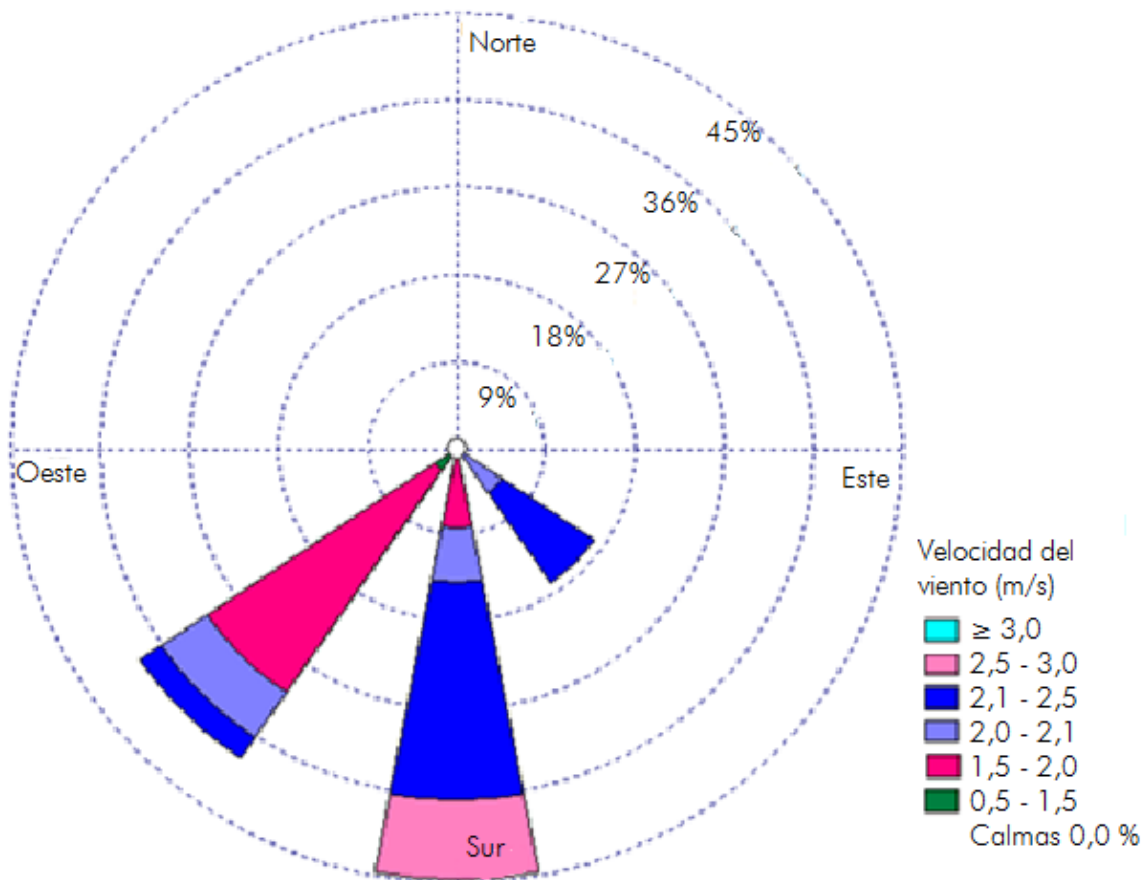
En el Gráfico 3.2.7-16 se puede observar que los vientos en la estación Checua-Nemocón presentan tres (3) componentes principales, vientos provenientes sur, suroeste y sureste. Asimismo, en la Tabla 3.2.7-6 se presenta un resumen con la frecuencia de las direcciones y el rango de velocidad con mayor frecuencia para cada dirección.

Tabla 3.2.7-6 Vientos predominantes. Estación Checua-Nemocón

Direcciones	Porcentaje	Velocidades (m/s)
S	44,4%	2,1 – 2,5
SW	38,8%	1,5 – 2,0
SE	16,8%	2,1 – 2,5

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

Gráfico 3.2.7-16 Rosa de vientos 2010-2012. Estación Checua-Nemocón

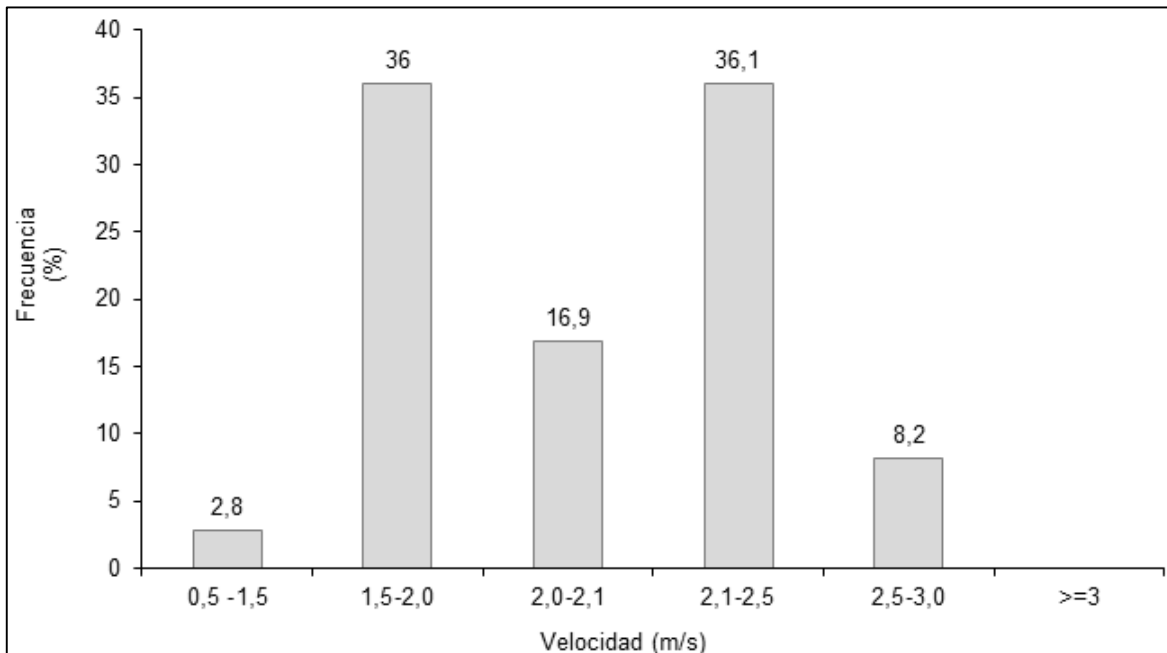


Fuente: Adaptado de “CAR, 2015” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

En general, el rango de velocidad que presenta mayor frecuencia es el comprendido entre 1,5 y 2,5 m/s, con aproximadamente el 89 % de los registros (ver Gráfico 3.2.7-17). De acuerdo con la escala Beaufort presentada en el Atlas Climatológico⁶, en la estación Checua se presentan brisas muy débiles, es decir, se siente el viento en la cara, las hojas de los árboles se mueven; las veletas giran lentamente.

⁶ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL E INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Atlas Climatológico de Colombia –Parte II Distribución Espacio-Temporal de las variables del clima. Colombia: Imprenta Nacional de Colombia. 2005. 219 p.

Gráfico 3.2.7-17 Frecuencia de velocidad del viento. Estación Checua-Nemocón



Fuente: Adaptado de “CAR, 2015” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

– **Datos simulados modelo MM 5**

De acuerdo con la disponibilidad de información y con el fin de complementar el análisis para evaluar la velocidad y dirección del viento en el predio de la Subestación, se utilizó el modelo meteorológico MM 5 (Modelo Meteorológico de Mesoescala de Quinta Generación) versión 3 para determinar el comportamiento de los vientos. El modelo meteorológico MM 5 fue desarrollado por la Universidad Estatal de Pensilvania (Penn State University, PSU) y el Centro Nacional para la Investigación Atmosférica (National Center for Atmospheric Research, NCAR)⁷, este último se encarga del soporte operativo.

De acuerdo con el manual de usuario a continuación, se relacionan las características del modelo.

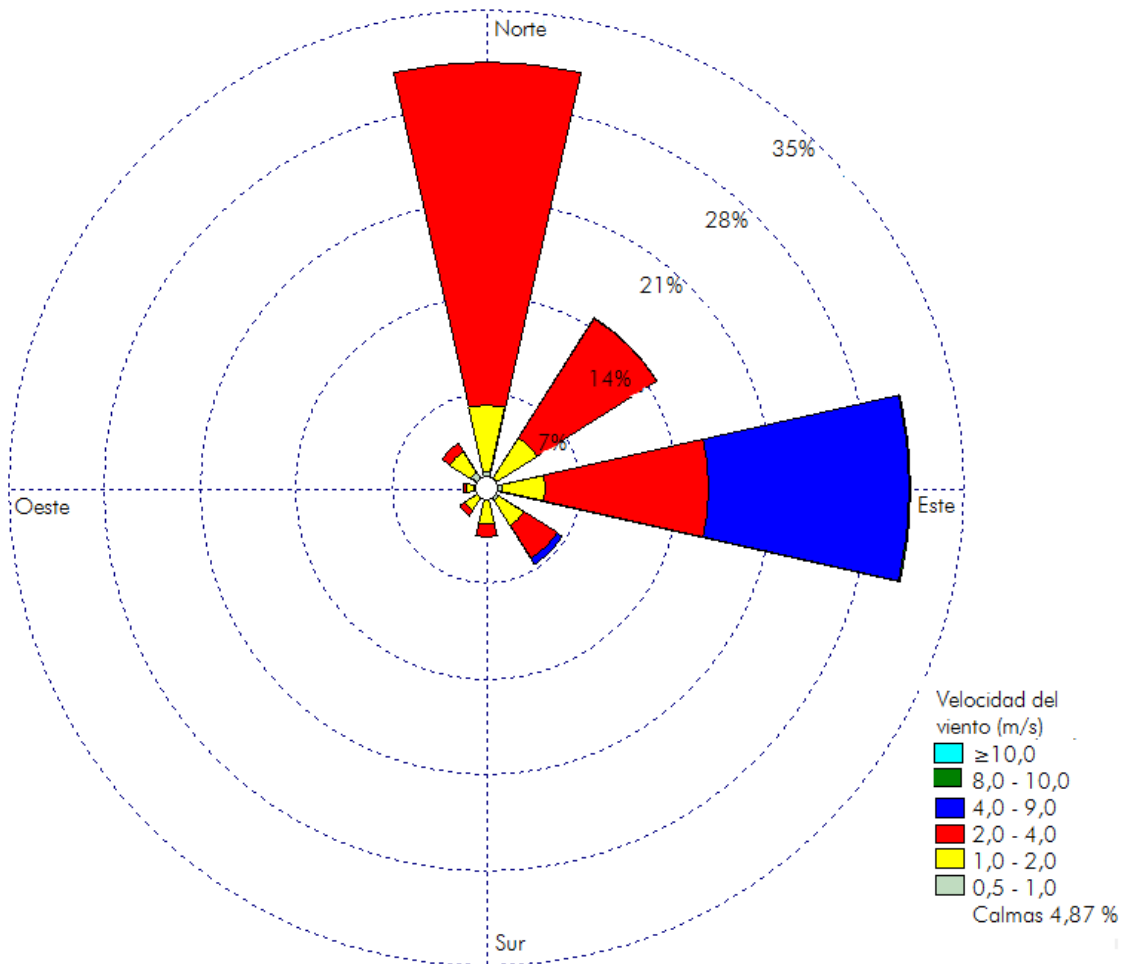
- Es un modelo de diagnóstico o pronóstico. Puede ser utilizado para realizar simulaciones de fechas anteriores, actuales o a manera de pronóstico.
- Es un modelo de tipo Euleriano.

⁷ COMUNITY MODEL MM5. MM5 Modeling System Version 3. [en línea]. 2006. [citado en 2015-01-06]. Disponible en Internet: <http://www2.mmm.ucar.edu/mm5/mm5v3/v3model.html>.

- Hace uso de la asimilación de datos en cuatro dimensiones o FDDA (*Four-Dimensional-Data Assimilation*), es decir, en los ejes X, Y, Z, y el tiempo.
- Tiene la capacidad de efectuar múltiples anidamientos (hasta nueve dominios corriendo simultáneamente e intercambiando información entre ellos) y simulaciones de una forma hidrostática y no hidrostática.
- Es un modelo complejo, los fenómenos meteorológicos y su parametrización están descritos en más de 100.000 líneas de código fuente y cerca de 1.000 subrutinas (funciones específicas de un lenguaje de programación).
- Se puede aplicar a cualquier zona del mundo, ya que es posible desarrollar la información de entrada (campos meteorológicos, topografía y usos del suelo) necesaria para su funcionamiento, inclusive para zonas con alta resolución espacial con topografía compleja.
- El código fuente está escrito en lenguaje de programación Fortran 90/77, y cuenta con una amplia gama de parametrizaciones de capa límite planetario, convección, física de nubes, etc.
- Adaptación informática para múltiples plataformas y para su ejecución en cluster.
- Inicialización automática con diferentes fuentes de análisis meteorológicos y observacionales.
- Al ser un modelo de carácter comunitario, cuenta con un equipo de soporte y de desarrollo cualificado constante.
- Al tratarse de un modelo de “área limitada” necesita condiciones de contorno durante todo el periodo de integración. Para la integración de un modelo de área limitada se toman condiciones iniciales y de contorno a partir de las salidas de modelos que cubren un área mayor, como son los modelos globales.

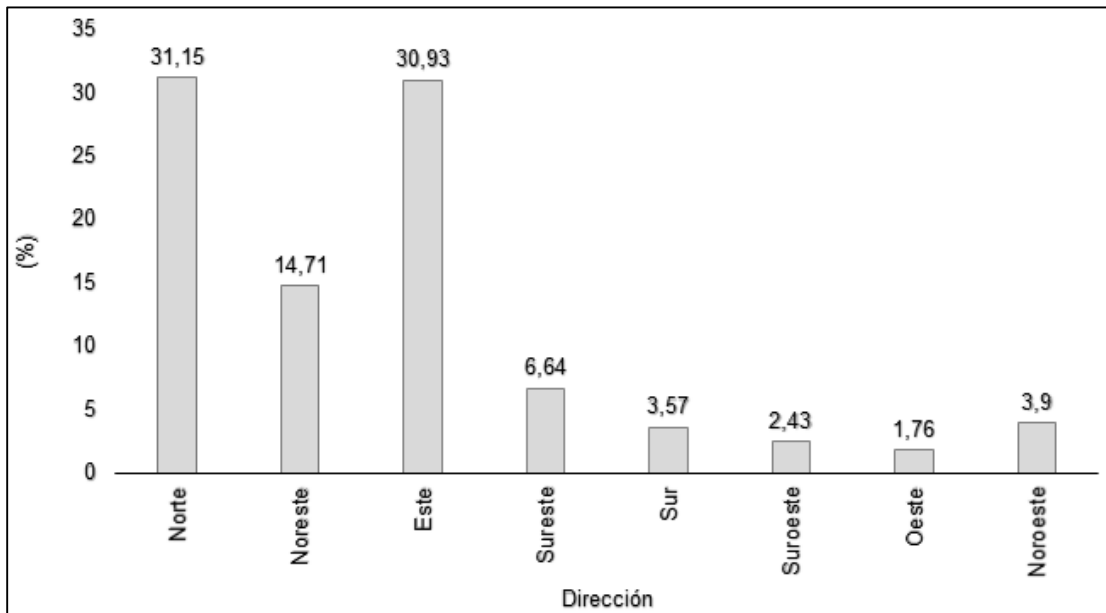
El punto utilizado para la modelación se ubica sobre el predio de la Subestación y se encuentra en el par de coordenadas 1023128 E y 1048787 N. En este punto de acuerdo con la simulación realizada mediante el modelo MM 5, las direcciones predominantes de los vientos son desde el Norte hacia Sur y desde el Este hacia el Oeste con una frecuencia del 31,1 % y 30,9 % del total respectivamente, ver Gráfico 3.2.7-18 y Gráfico 3.2.7-19; respecto a las velocidades, la mayor frecuencia se encuentra entre los 2,0 y los 4,0 m/s, ver Gráfico 3.2.7-18 y Gráfico 3.2.7-20.

Gráfico 3.2.7-18 Rosa de vientos, predio Subestación, 2013



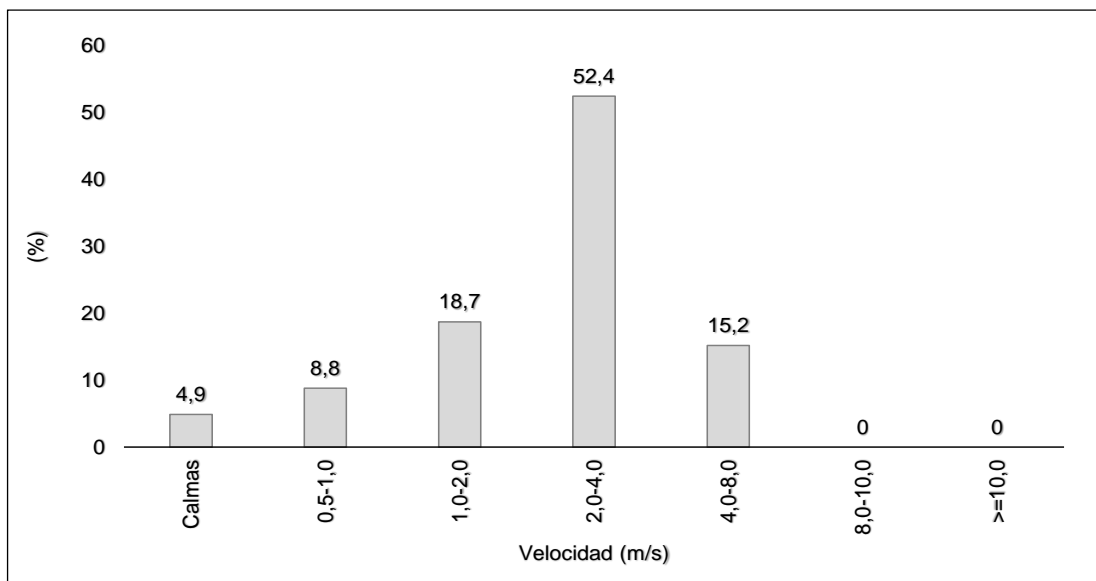
Fuente: Adaptado de “MM5, 2013” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

Gráfico 3.2.7-19 Frecuencia Dirección del Viento, predio Subestación, 2013



Fuente: Adaptado de “MM5, 2013” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

Gráfico 3.2.7-20 Frecuencia velocidad, predio Subestación, 2013



Fuente: Adaptado de “MM5, 2013” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

VI Radiación solar

La radiación global corresponde a la radiación solar recibida sobre una superficie horizontal e incluye la radiación recibida directamente del disco solar y también la radiación celeste difusa dispersada al atravesar la atmósfera⁸. Por otro lado, el brillo solar indica el tiempo al día que dura la insolación y por lo general se mide en horas.

El procedimiento para el cálculo de la radiación solar con base en los datos de brillo solar se estimó a partir de la ecuación de Masson⁹.

$$H = 60 + (1405,2 \cdot n^2 + 7426,6 \cdot n)^{1/2}$$

Donde:

H: Radiación solar sobre una superficie horizontal (cal/cm²)
 n: Horas de brillo solar al día (h)

• Distribución espacial

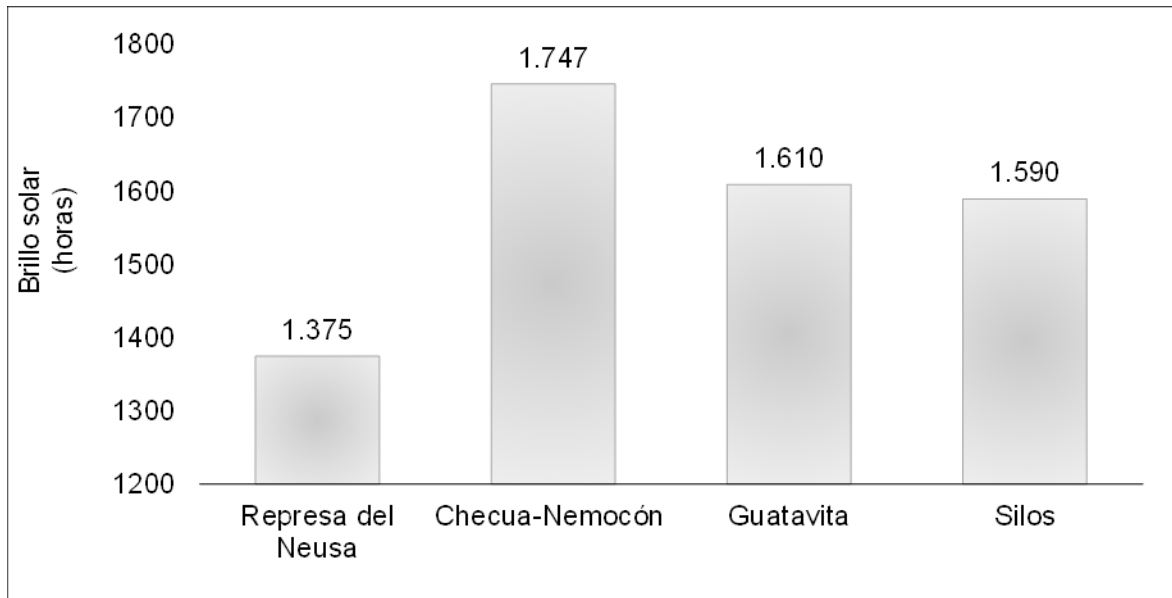
El Gráfico 3.2.7-21 y Gráfico 3.2.7-22 presentan los valores de las horas de brillo solar y radiación solar promedio anual de las estaciones en estudio que cuentan con registros completos, las cuales fueron; Represa del Neusa, Checua-Nemocón, Guatavita y Silos. Se observa que el valor más alto se presenta en la estación Checua-Nemocón, con un registro de hasta 1747 horas/año y 3,7 kW-h/m², mientras los registros más bajos se presentan en la estación Represa del Neusa con valores entre 1.375 horas/año y 3,2 kW-h/m².

El comportamiento anteriormente descrito en las estaciones es similar al de la temperatura e inverso al de la humedad relativa.

⁸ MORALES, M. F. Comparación de modelos de cielo despejado para la predicción a corto plazo de la irradiancia directa normal. Universidad de Sevilla –Escuela Técnica Superior de Ingenieros. 2013. p. 151.

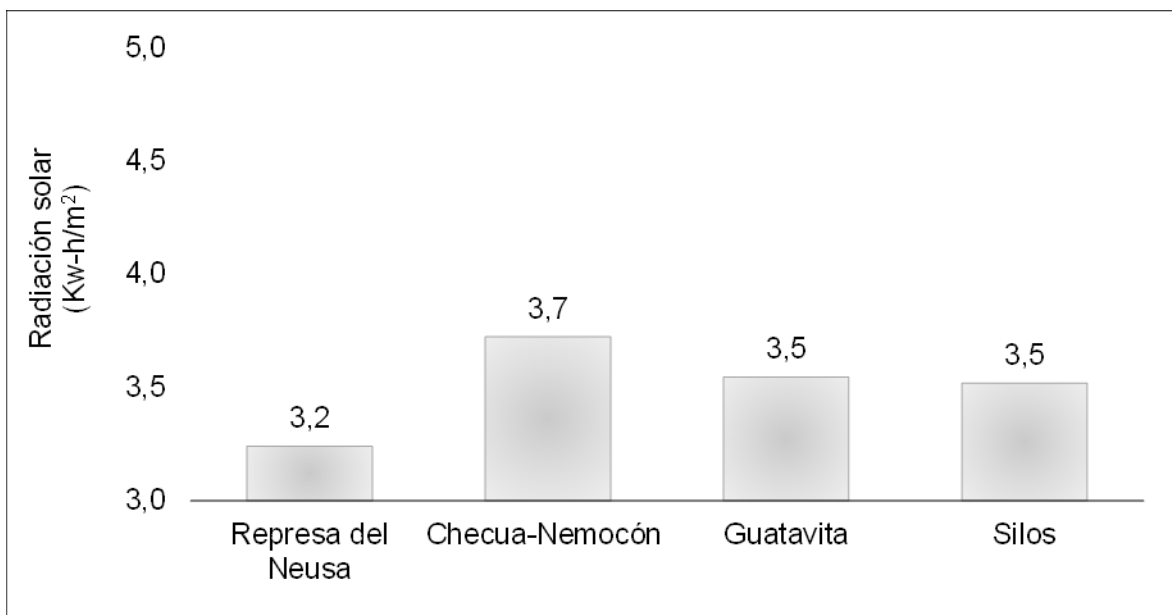
⁹ MASSON, H. Quantitative estimation of solar radiation. Solar Energy. Vol. 10, Issue 3. 1966. p. 119-124.

Gráfico 3.2.7-21 Brillo solar total anual por estación



Fuente: Adaptado de “IDEAM & CAR, 2015” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

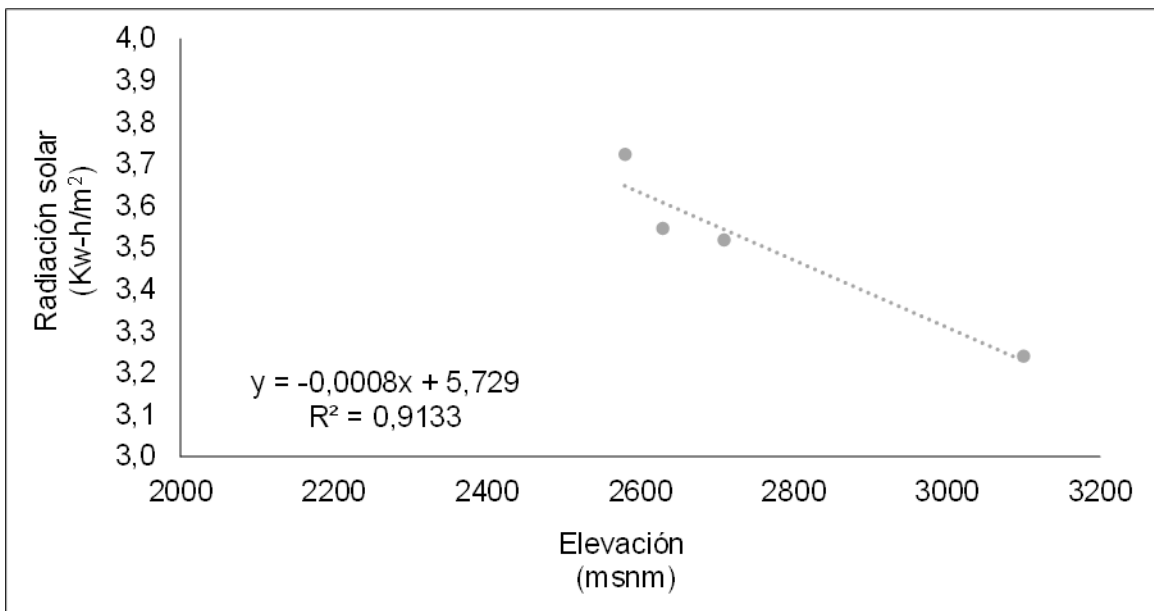
Gráfico 3.2.7-22 Radiación solar media anual por estación



Fuente: Adaptado de “IDEAM & CAR, 2015” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

En el Gráfico 3.2.7-23 se presenta el gradiente de la radiación solar en la zona de estudio, cabe resaltar que para determinar este gradiente se tiene en cuenta los datos de radiación solar de las estaciones en estudio y la elevación. Ahora bien, a partir de los datos anteriormente mencionados se indica que la curva que describe la relación entre la elevación y la radiación solar está dada por la ecuación $RS \text{ (kW-h/m}^2\text{)} = -0,0008 H \text{ (m)} + 5,729$, lo que significa que por cada 100 metros de reducción de altura, la radiación solar media anual del aire se incrementara en $0,08 \text{ kW-h/m}^2$.

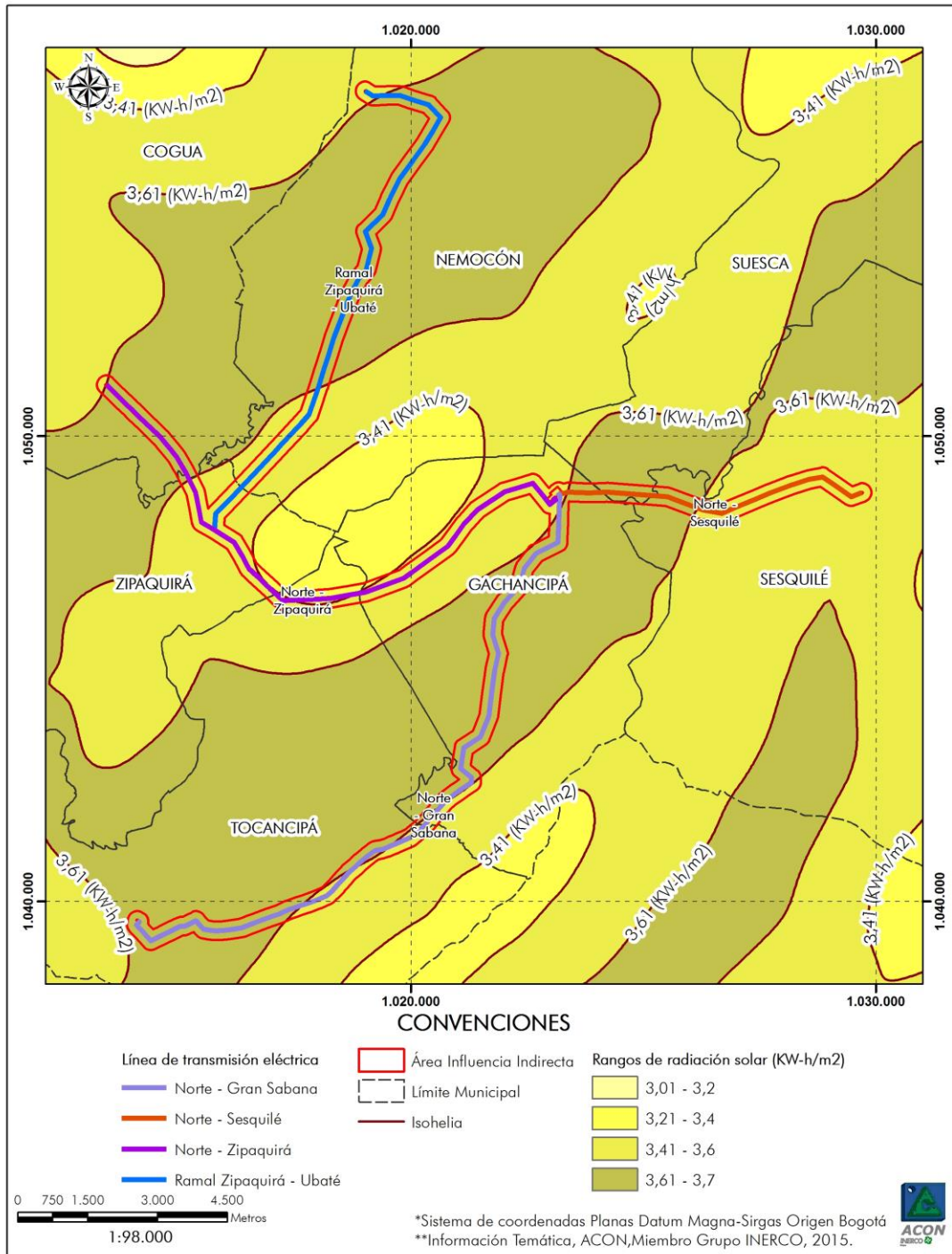
Gráfico 3.2.7-23 Relación de la radiación solar con la elevación



Fuente: Adaptado de "IDEAM & CAR, 2015" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

La Figura 3.2.7-5 presenta la distribución espacial de la radiación solar media anual, se observa en el área de influencia directa del proyecto "*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión*" que la radiación solar media anual se encontrará alrededor de los $3,6 \text{ kW-h/m}^2$, exceptuando la parte del corredor Norte-Zipacquirá ubicado junto al área de la Reserva Forestal Protectora Productora de la Cuenca Alta del Río Bogotá (RFPPCARB), en jurisdicción de los municipios de Gachancipá, Tocancipá y Zipacquirá donde la radiación solar es ligeramente inferior, con valores alrededor de los $3,4 \text{ kW-h/m}^2$.

Figura 3.2.7-5 Distribución espacial de la radiación solar media anual (KW-h/m²)

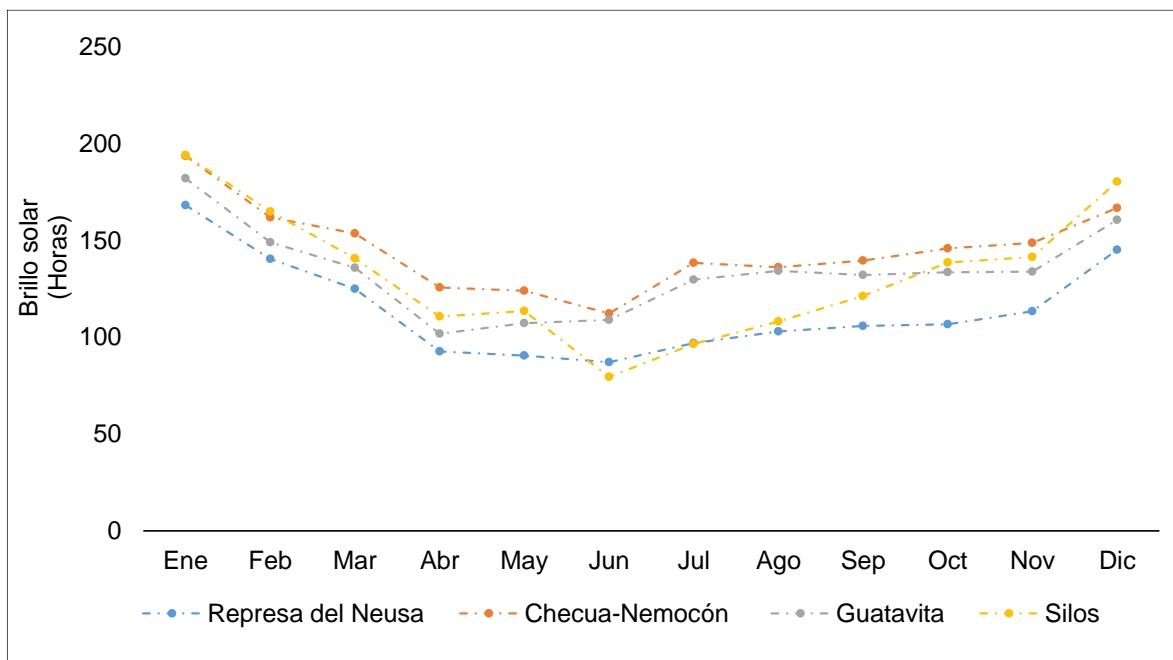


Fuente: Adaptado de "IDEAM & CAR, 2015" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

• **Distribución temporal**

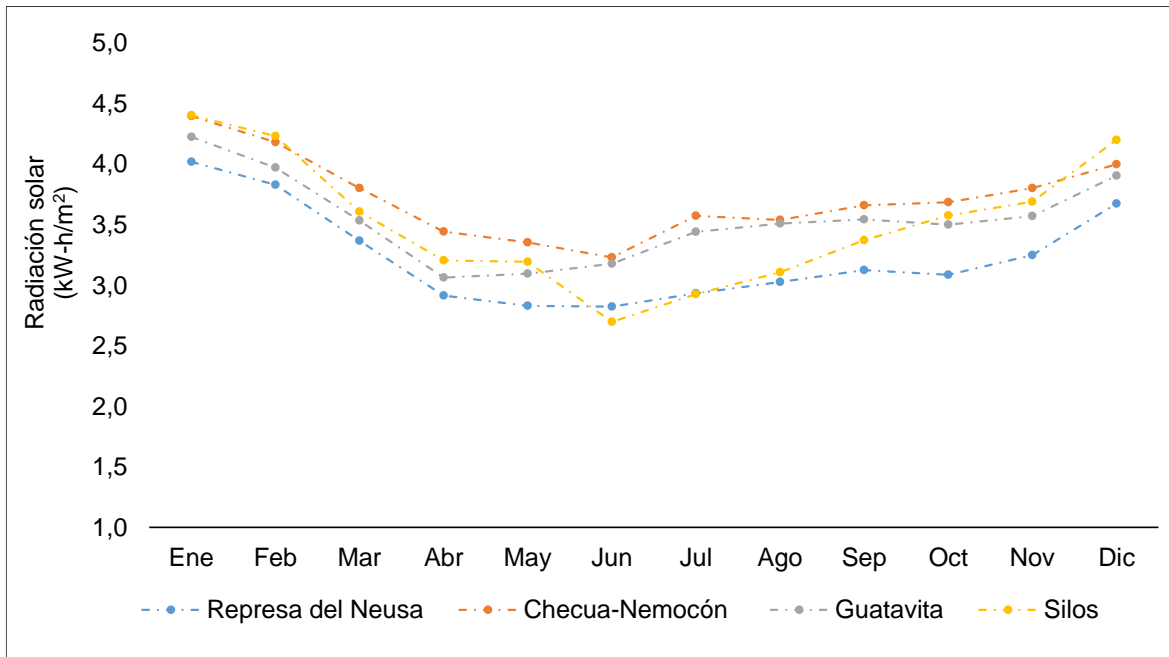
La distribución temporal de la radiación solar y brillo solar presenta un comportamiento monomodal, inverso al de la humedad relativa. En el Gráfico 3.2.7-24 y Gráfico 3.2.7-25 se presenta el comportamiento del brillo solar y la radiación solar respectivamente para las estaciones Represa del Neusa, Checua-Nemocón, Guatavita y Silos. Los valores máximos se presentan durante los meses más secos (diciembre a febrero), alcanzando 194 horas de brillo solar al mes y una radiación solar de 4,4 kW-h/m² (Checua-Nemocón), mientras que los valores mínimos se presentan durante el periodo comprendido entre marzo a noviembre, donde se registran valores de 79,5 horas de brillo solar al mes y 2,7 kW-h/m² de radiación solar (Silos).

Gráfico 3.2.7-24 Distribución temporal del brillo solar



Fuente: Adaptado de "IDEAM & CAR, 2015" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

Gráfico 3.2.7-25 Distribución temporal de la radiación solar



Fuente: Adaptado de “IDEAM & CAR, 2015” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

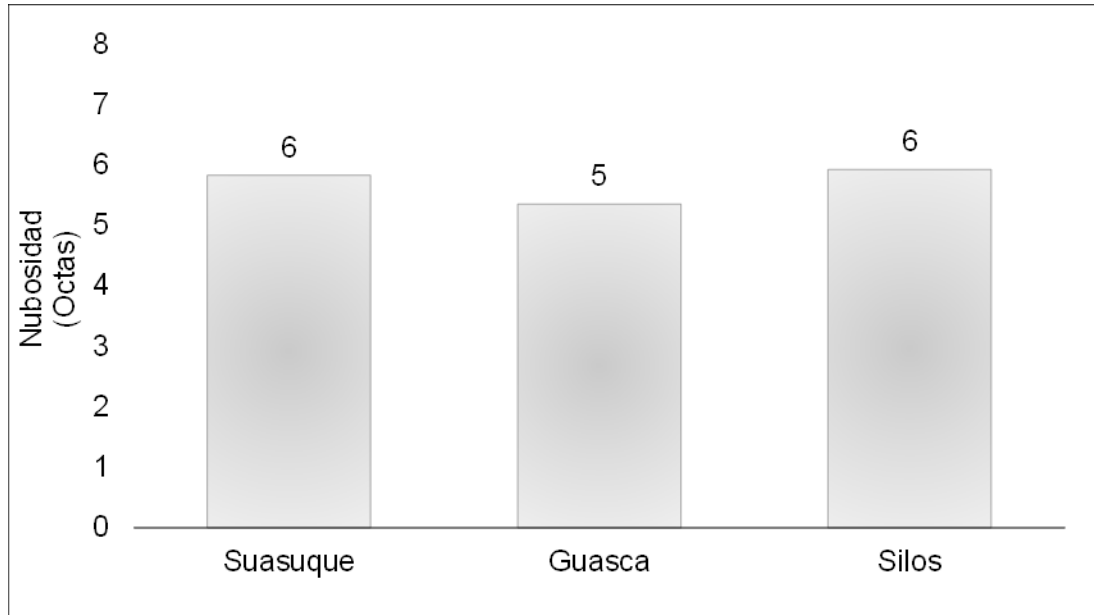
VII Nubosidad

La nubosidad es la fracción de cielo cubierto con nubes y según la definición de la Organización Meteorológica Mundial, una nube se define como “un conjunto visible de minúsculas partículas de agua líquida o de hielo, o de ambas a la vez, en suspensión en la atmósfera”. Entonces, la nubosidad corresponde a una expresión que relaciona lo cubierto que se encuentra el cielo y tiene como unidad el número de octas de superficie de la esfera celeste cubierta por nubes, en una escala que va desde una (1) octa, que representa nubosidad escasa, hasta ocho cotas (8) octas que representa un cielo totalmente cubierto.

• Distribución espacial

La nubosidad media anual en las tres (3) estaciones con datos disponibles, Suasuque, Guasca y Silos, tienen valores similares, entre las 5 y 6 octas, lo que indica que el cielo es mayormente nublado en el área donde se encuentran ubicadas las estaciones (ver Gráfico 3.2.7-26).

Gráfico 3.2.7-26 Nubosidad media anual por estación

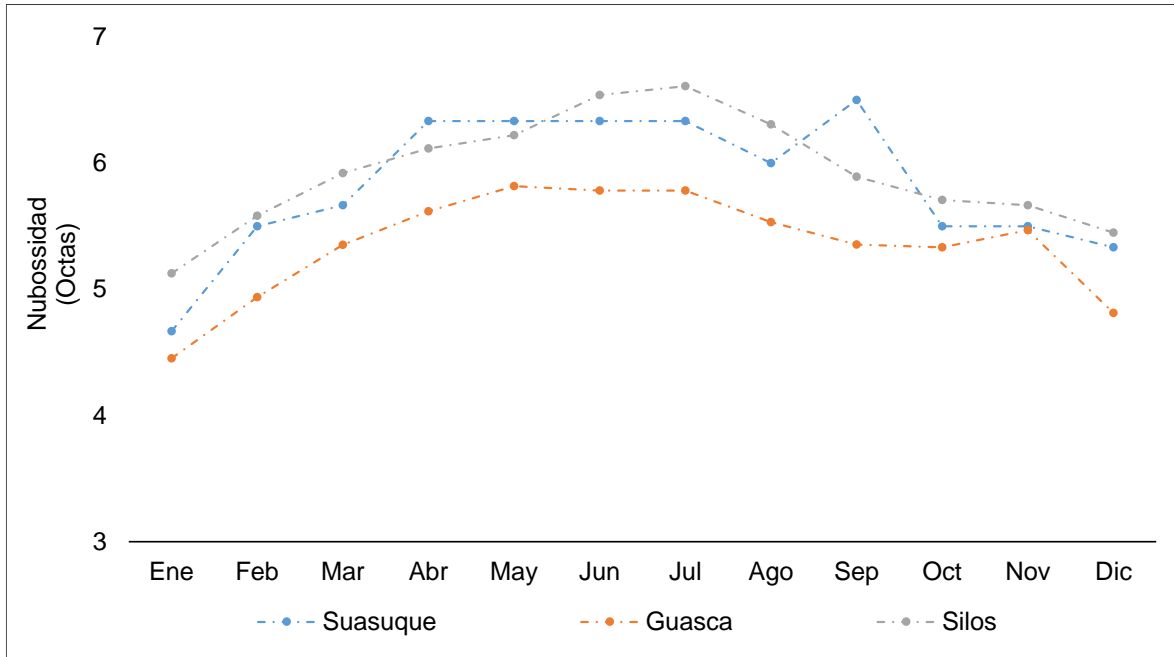


Fuente: Adaptado de “IDEAM & CAR, 2015” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

- **Distribución temporal**

La distribución temporal de la nubosidad presenta un comportamiento monomodal, con tendencia similar a la humedad relativa e inversa a las horas de brillo y radiación solar. El Gráfico 3.2.7-27 presenta el comportamiento de la nubosidad en las estaciones con series actualizadas y datos disponibles. En los meses más secos (diciembre a febrero) la nubosidad es la más baja, con valores entre 4,5 y 5,6 octas, aproximadamente 5/8 de cielo cubierto (mayormente nublado) y 6/8 de cielo cubierto (mayormente nublado), respectivamente. Los meses de mayor nubosidad se encuentran entre abril y octubre, 5,3 y 6,6 octas, aproximadamente 6/8 de cielo cubierto (mayormente nublado) y 7/8 de cielo cubierto (mayormente nublado), respectivamente.

Gráfico 3.2.7-27 Distribución temporal de la nubosidad



Fuente: Adaptado de “IDEAM & CAR, 2015” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

VIII Altura de mezcla

La altura de mezcla corresponde a la máxima altura a la cual una partícula de aire puede ascender, por lo tanto corresponde a la zona en la cual existe mezcla de contaminantes. El cálculo de este parámetro se realizó con base en la información meteorológica del estudio de calidad de aire realizado en 2014 (ya que se dispone de información horaria) y metodología propuesta en el estudio denominado “Implementación de metodologías para la meteorología y la micrometeorología de dispersión de los contaminantes en el aire” del IDEAM realizado en 1998¹⁰.

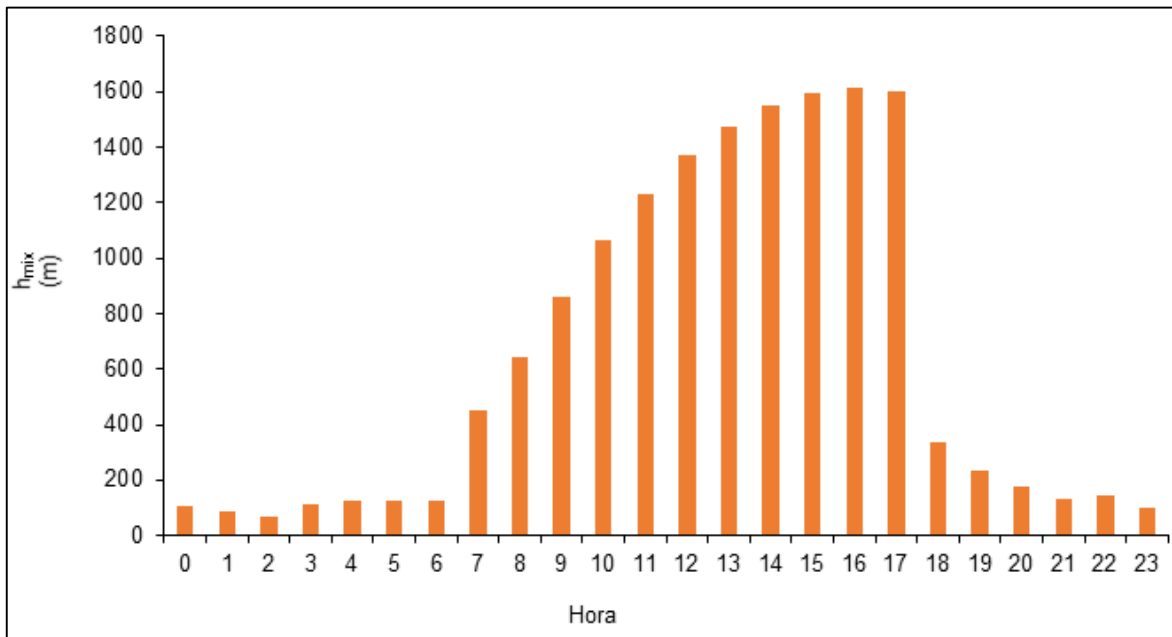
Finalmente, los valores calculados de la altura de mezcla para el mes de febrero* en la zona de estudio se presentan en el Gráfico 3.2.7-28. Se observa que los valores más bajos se presentan en horas de la madrugada (01:00 a 5:00 a.m.), posteriormente, la altura de mezcla aumenta a medida que transcurre la mañana (06:00 a 12:00) y tarde,

¹⁰ SOZZI, R. y RUIZ, F. Implementación de metodologías para la meteorología y la micrometeorología de dispersión de los contaminantes del aire. Bogotá D.C.: IDEAM, 1998. pp. 20.

* Se analiza el mes de febrero ya que las estaciones meteorológicas en estudio no cuentan con registros horarios y la única información disponible corresponde al monitoreo de calidad de aire el cual fue realizado en el mes de febrero de 2014.

para alcanzar los valores más altos al final de la tarde (13:00 a 18:00); y finalmente vuelve a descender en la noche (19:00 a 24:00).

Gráfico 3.2.7-28 Distribución horaria de la altura de capa de mezcla en la zona de estudio



Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

IX Estabilidad atmosférica

La estabilidad atmosférica se ha determinado con base en las relaciones existentes entre la estabilidad, la radiación solar y la velocidad del viento, definidas por Pasquill y Gifford. Las categorías de estabilidad, se definen por letras (o números) de la siguiente manera: extremadamente inestable (A o 1), moderadamente inestable (B o 2), levemente inestable (C o 3), neutra (D o 4), levemente estable (E o 5) y moderadamente estable (F o 6).

Como resultado de la aplicación de la anterior metodología, las categorías de estabilidad para la zona de estudio se presentan en la Tabla 3.2.7-7. En términos generales, se observa que en horas de la noche y madrugada predomina la categoría neutra (D), entre las 19:00 y 06:00 horas; a las 07:00 se presenta la transición a condiciones levemente inestables (C); entre las 08:00 y las 09:00 las condiciones son moderadamente inestables (B); entre las 10:00 y 11:00 las condiciones son extremadamente inestables (A). En la tarde, durante el periodo comprendido entre las 12:00 y las 15:00, se presentan condiciones moderadamente inestables (B) y a las 16:00 las condiciones son levemente inestable (C), para volverse finalmente neutra (D) en el atardecer, entre las 17:00 y 18:00.

Tabla 3.2.7-7 Categorías de estabilidad para el área de estudio

Estabilidad	D	D	D	D	D	D	C	B	B	A	A	B	B	B	B	C	D	D	D	D	D	D	D	D
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

A: Extremadamente inestable, B: Moderadamente inestable, C: Levemente inestable, D: Neutra, E: Levemente estable y F: Moderadamente estable

Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

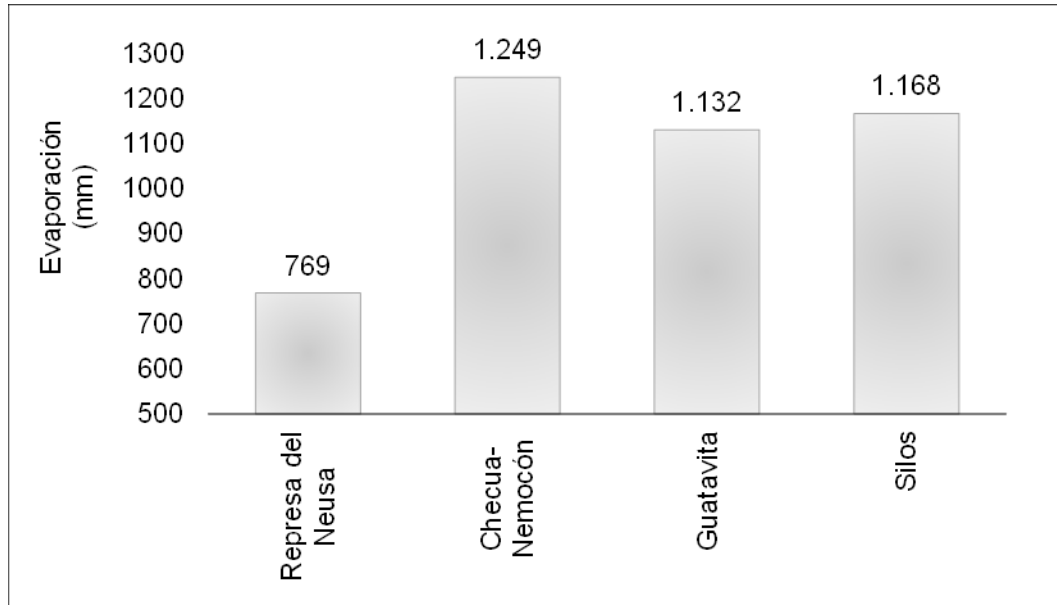
X Evaporación

La evaporación comprende el agua en forma de vapor que pasa a la atmósfera, y está influida por diversos factores entre los que están el tipo de suelo y factores climáticos como la temperatura atmosférica, la insolación entre otros. La evaporación es un indicador natural del balance hídrico y nos permite obtener las deficiencias o excesos de humedad en el suelo cuando está a capacidad de campo.

• Distribución espacial

El Gráfico 3.2.7-29 presenta los valores de evaporación total anual en las estaciones Represa del Neusa, Checua-Nemocón, Guatavita y Silos, que son las que cuentan con registros completos. Se observa que el valor más alto se presenta en la estación Checua-Nemocón, con un valor de 1.249 mm y respecto a los registros más bajos se presentan en la estación Represa del Neusa, con un valor de 769 mm. El comportamiento anteriormente descrito en las estaciones es similar al de la temperatura, brillo solar y radiación solar e inversa al de la humedad relativa.

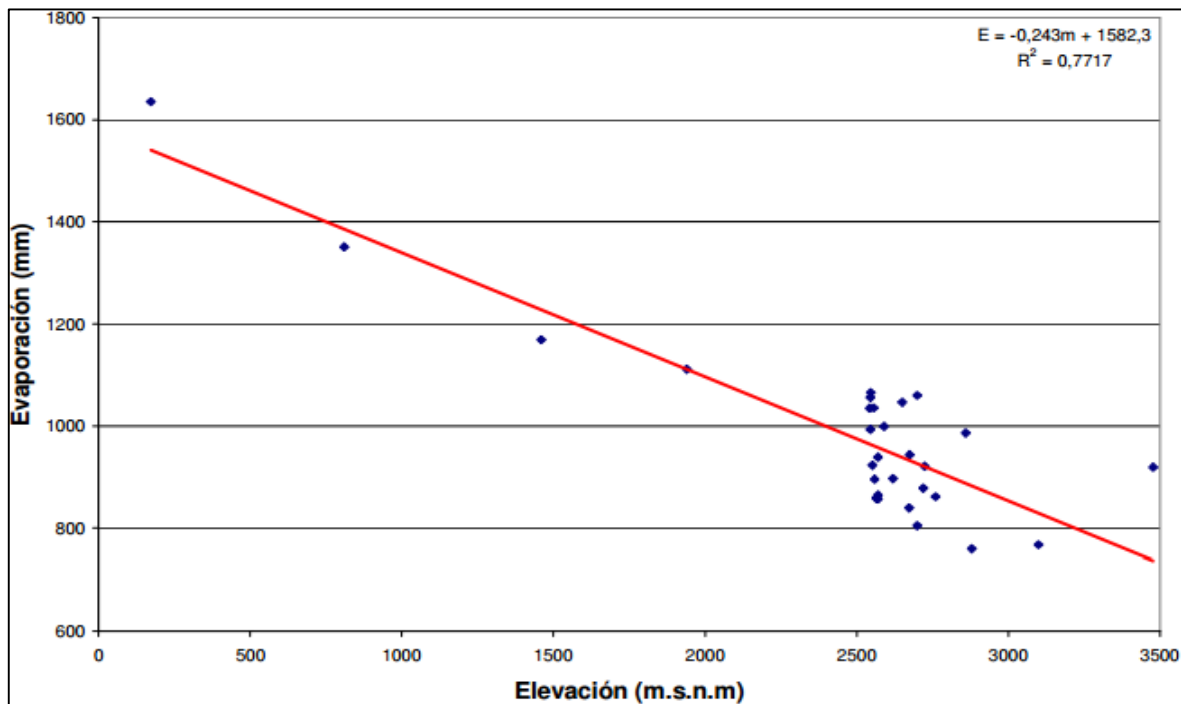
Gráfico 3.2.7-29 Evaporación total media anual por estación



Fuente: Adaptado de “IDEAM & CAR, 2015” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

En el Gráfico 3.2.7-30 se presenta el gradiente de la evaporación en la zona de estudio, cabe resaltar que este gradiente fue tomado del estudio denominado “Diagnóstico, Prospectiva y Formulación de la Cuenca hidrográfica del río Bogotá-Subcuenca río Bogotá Sector Sisga-Tibitoc, 2020-16” contratado por la CAR. Ahora bien, la curva que describe la relación entre la elevación y la evaporación está dada por la ecuación $E \text{ (mm)} = -0,243 H \text{ (m)} + 1582,3$, lo que significa que por cada 100 metros de reducción de altura, la evaporación media anual del aire se incrementara en 24,3 mm.

Gráfico 3.2.7-30 Relación de la evaporación con la elevación

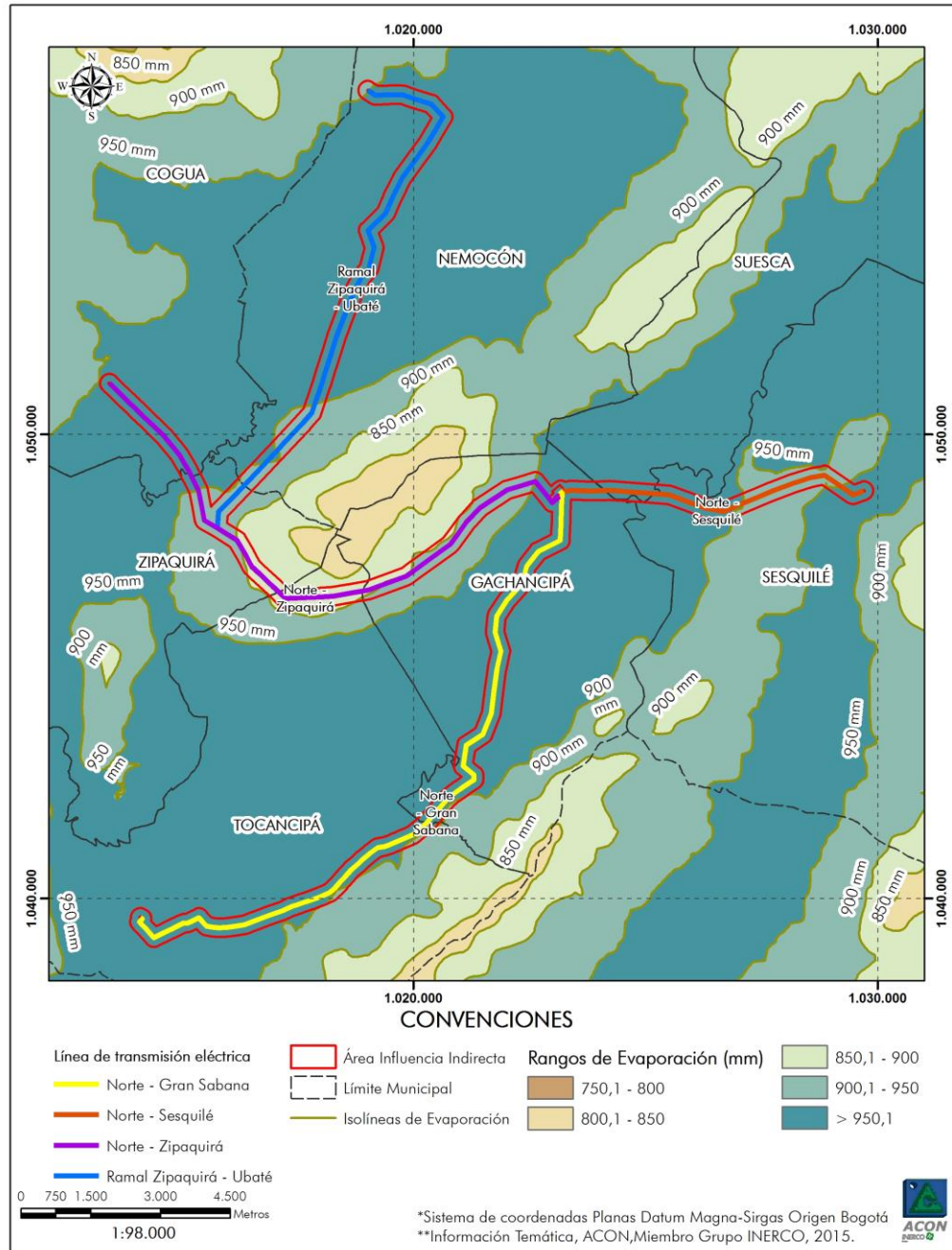


Fuente: Adaptado de "Planeacion ecológica Ltda. y Ecoforest Ltda.¹¹, 2013" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

La Figura 3.2.7-6 presenta la distribución espacial de la evaporación total anual, se observa en el área de influencia directa del proyecto (corredores y la subestación eléctrica) que la evaporación total anual se encontrará alrededor de los 950 mm, exceptuando la parte del corredor Norte-Zipacquirá ubicado junto al área de la RFPPCARB, en jurisdicción de los municipios de Gachancipá, Tocancipá y Zipacquirá, el Ramal Zipacquirá-Ubaté cercano al área de reserva y el tramo final del corredor Norte-Sesquilé en el municipio de Sesquilé, donde la evaporación es ligeramente inferior, con valores entre 900 y 950 mm.

¹¹ PLANEACIÓN ECOLÓGICA LTDA. Y ECOFOREST LTDA. Diagnóstico, Prospectiva y Formulación de la Cuenca hidrográfica del río Bogotá – Subcuenca río Bogotá Sector Sisga – Tibitoc, 2020-16. Bogotá. 2013. p. 40.

Figura 3.2.7-6 Distribución espacial de la evaporación total anual (mm)



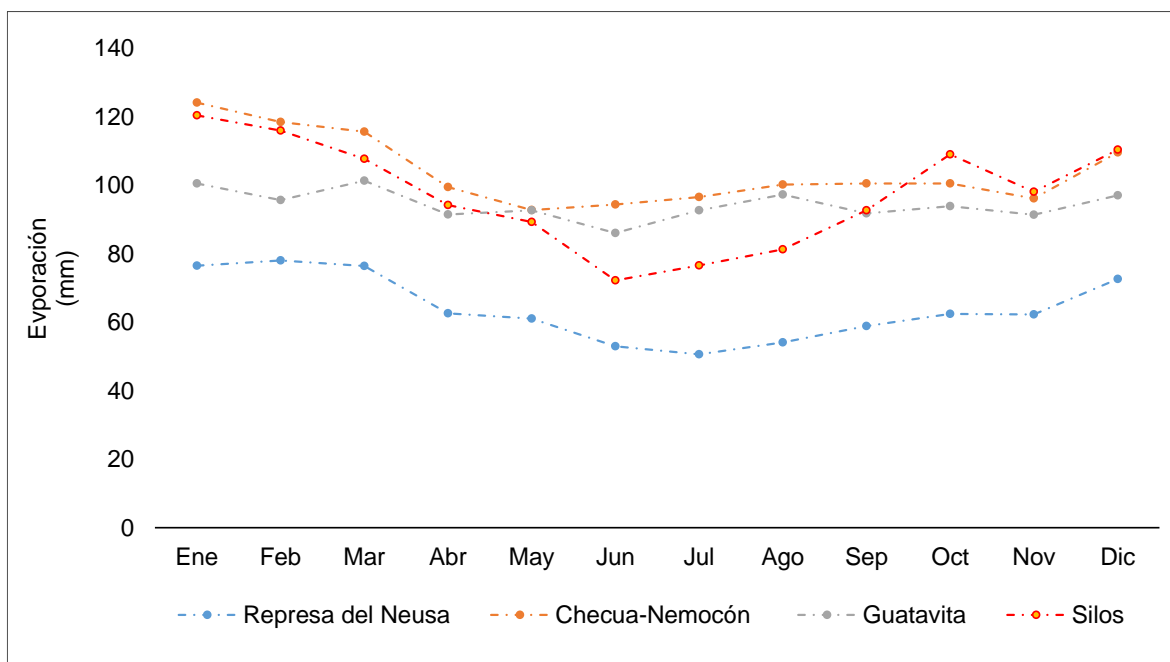
Fuente: Adaptado de "Planeación ecológica Ltda. y Ecoforest Ltda.¹², 2013" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

¹² Ibíd., p. 39.

• **Distribución temporal**

La distribución temporal de la evaporación presenta un régimen monomodal, con valores máximos entre diciembre a marzo, los cuales corresponden a periodos de sequía y mínimos entre abril y septiembre. Asimismo, la estación Represa del Neusa, como se mencionó anteriormente, presenta los registros más bajos de evaporación (50,6 mm y 62,7 mm) mientras en las otras estaciones en estudio, el registro de los meses de menor evaporación oscila 72,2 y 109 mm.

Gráfico 3.2.7-31 Distribución espacial de la evaporación

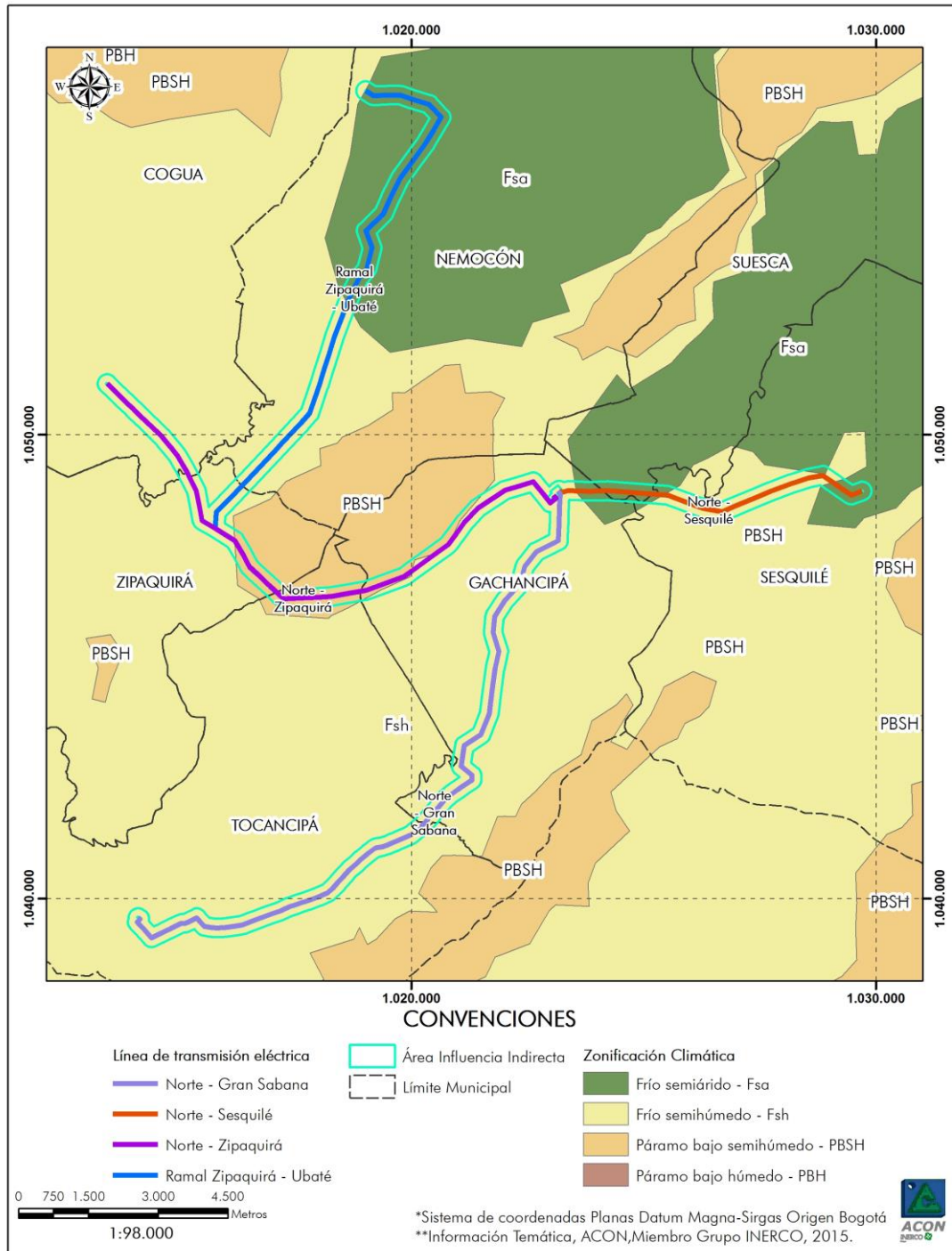


Fuente: Adaptado de “IDEAM & CAR, 2015” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

D Zonificación climática

La zonificación climática en el área de influencia del proyecto se realizó por medio del método de Caldas-Lang, el cual define la clasificación climática con base en la aridez de la región. Ahora bien, de acuerdo con la metodología en mención la zonificación climática del área de influencia directa del proyecto corresponde en su gran mayoría a Frío Semihúmedo (Fsh), exceptuando parte del corredor Norte-Zipacquirá en la zona de reserva la cual corresponde a Páramo Bajo Semihúmedo (PBSH) y la parte norte del Ramal Zipacquirá-Ubaté el cual corresponde a Frío Semiárido (Fsa). En el Mapa 3-14 se presenta la zonificación climática del área e estudio.

Figura 3.2.7-7 Zonificación climática



Fuente: Adaptado de "IDEAM & CAR, 2015" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

3.2.7.2 Calidad del aire

Dentro del componente atmosférico se presenta el estado actual de la calidad del aire con el fin de diagnosticar niveles de inmisión de material particulado y óxidos en el área de influencia directa e indirecta del proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión*” con el fin de evaluar las condiciones y características actuales de la zona donde se desarrollara el proyecto. En la presente sección se realiza la identificación de las principales fuentes de emisiones atmosféricas y receptores de contaminantes presentes en los municipios del área de influencia del proyecto.

Asimismo, se realiza un análisis de la calidad del aire respecto a los niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 610 de 2010, Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006*.

A Fuentes de emisiones atmosféricas existentes en la zona

El proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión*” se localiza en los municipios de Tocancipá, Gachancipá, Suesca, Sesquilé, Nemocón, Cogua y Zipaquirá pertenecientes al departamento de Cundinamarca, por tanto, en la presente sección se realiza una descripción de las fuentes de emisión que existen en los municipios anteriormente mencionados, con base en información suministrada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) y la visitas de levantamiento de información realizadas en febrero de 2015.

I Fuentes fijas

- **Información suministrada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR)**

Ambiental Consultores & Cía. Ltda. mediante oficio C-ACON-10540-CAR-0049 del 27 de febrero de 2014 solicitó a la CAR el suministro de información acerca de permisos de emisiones vigentes (coordenadas y proceso productivo) en los municipios de Nemocón, Zipaquirá, Sesquilé, Tocancipá, Gachancipá y Cogua pertenecientes al departamento de Cundinamarca, para lo cual la CAR mediante oficio con radicado No. 20141105576 del 5 de marzo de 2014 reportó las siguientes fuentes de emisión en los municipios en mención, ver Anexo 3-8. Así mismo en la Tabla 3.2.7-8 se presentan las coordenadas y distribución espacial de las fuentes fijas de emisión presentes en el área de estudio

* Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.

discriminadas por actividad económica de acuerdo con la información suministrada por CAR.

Tabla 3.2.7-8 Coordenadas fuentes de emisión fijas

Sector económico	Actividad económica	Municipio	Vereda	Norte	Este
Construcción	Otros trabajos de acondicionamiento	Tocancipá	Canavita	1037503	1015740
Elaboración de productos alimenticios y de bebidas	Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas malteadas	Tocancipá	Canavita	1039004	1014584
Explotación de minerales no metálicos	Extracción de piedra, arena y arcillas comunes	Cogua	Mortño	1051711	1014208
		Cogua	Neusa	1052384	1014333
		Cogua	Rincón Santo	1051930	1013600
		Nemocón	Patio Bonito	1058126	1019142
		Nemocón	Patio Bonito	1057805	1020188
		Nemocón	Patio Bonito	1058640	1020672
		Nemocón	Patio Bonito	1058750	1019550
		Nemocón	Patio Bonito	105975	101941
	Extracción de caolín, arcillas de uso industrial y bentonitas	Nemocón	Patio Bonito	1059750	1019410
Extracción de carbón, carbón lignítico y turba		Cogua	Casa Blanca	1058380	1018650
		Cogua	Casa Blanca	1058659	1018509
		Zipaquirá	Páramo de Guerrero	1054744	1001886
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	Fabricación de vidrio y de productos de vidrio	Cogua	Mortño	1049558	1015599
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	Fabricación de productos de cerámica refractaria	Cogua	Neusa	1052097	1013869
	Fabricación de productos de arcilla y cerámica no	Cogua	Neusa	1053182	1012825

Sector económico	Actividad económica	Municipio	Vereda	Norte	Este
	refractarias, para uso estructural				
	Fabricación de otros productos minerales no metálicos NCP	Tocancipá	Tibitoc	1041173	1012461
Fabricación de productos metalúrgicos básicos	Industrias básicas de hierro y de acero	Tocancipá	Tibitoc	1041000	1041000

Fuente: Adaptado de “CAR, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

Hacia la parte noroeste del proyecto, municipio de Cogua, en la vereda Casa Blanca se encuentra emisiones asociadas con la extracción de carbón, carbón lignítico y turba; en la vereda Mortiño se presentan emisiones asociadas a la extracción de piedra, arena y arcillas comunes, fabricación de vidrio y productos de vidrio; en el municipio de Neusa hay fabricación de productos de cerámica refractaria y fabricación de productos de arcilla y cerámica refractaria, para uso no estructural; y en la vereda Rincón Santo hay generación de emisiones asociadas al proceso de extracción de piedra, arena y arcillas comunes. En el municipio de Nemocón hay fuentes de emisión asociadas con la extracción de piedra, arena y arcillas comunes en la vereda Patio Bonito.

• Información de la visita de campo

A continuación se describen las fuentes fijas de emisión identificadas en la visita de levantamiento de información realizada en febrero de 2015, estas son enunciadas desde la más cercana al área del proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión*” hasta la más alejada de ésta. En Tabla 3.2.7-9 se presenta un resumen de la fuente fija de emisión y el corredor al que corresponde.

Tabla 3.2.7-9 Fuentes fijas de emisión

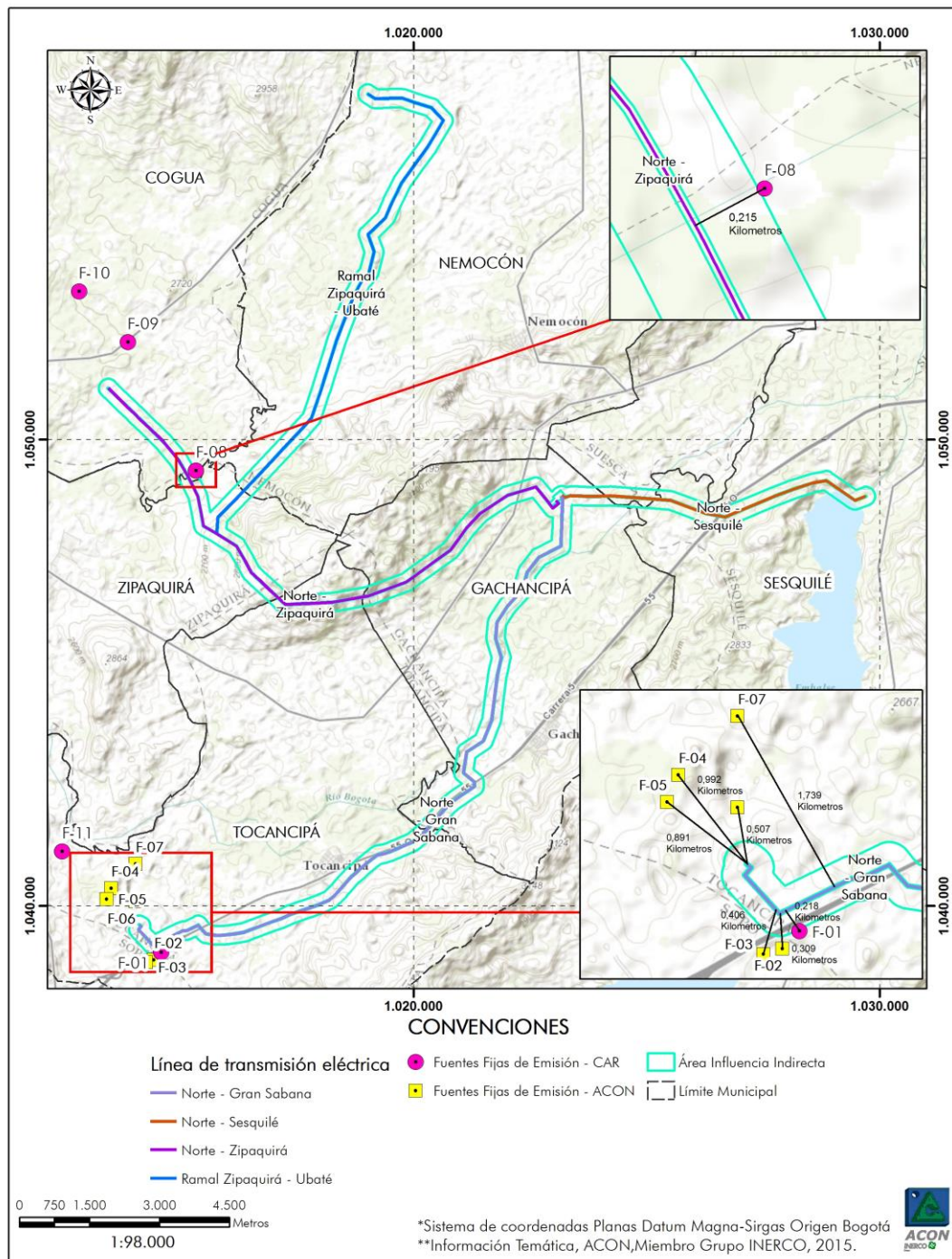
Id	Fuente de emisión	Coordenadas origen MAGNA-SIRGAS		Corredor
		Norte	Este	
F-06	Parque Industrial Gran Sabana	1040099	1014035	Norte-Gran Sabana
F-04	Lucta S.A.	1040386,4,	1013511,6	Norte-Gran Sabana
F-05	Gerdau Diaco	1040148,0	1013411,8	Norte-Gran Sabana
F-01	Bavaria S.A.	1038970,6	1015015,0	Norte-Gran Sabana
F-02	Zika S.A.	1038850,3	1014431,8	Norte-Gran Sabana
F-03	Aga Fano S.A.	1038802,1	1014264,8	Norte-Gran Sabana
F-07	Termozipa	1040909,3	1014036,1	Norte-Gran Sabana
F-08	Peldar	1049342,0	1015333,0	Norte-Zipacquirá.

Fuente: Adaptado de “CAR, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

La Figura 3.2.7-8 presenta la distribución espacial de las empresas que serán descritas a continuación; asimismo, se indica las distancias aproximadas desde la empresa hasta el corredor más cercano.

En el Mapa 3-17 se presentan las fuentes de emisiones atmosféricas.

Figura 3.2.7-8 Distancia fuentes fijas de emisión respecto a los corredores



Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

– **Parque Industrial Gran Sabana (F-06)**

En el corredor Norte-Gran Sabana (zona sur del área de influencia del proyecto), se encuentra el Parque Industrial Gran Sabana, sobre esta zona se observan algunas chimeneas de las diferentes industrias que operan en el área del parque, tales como Oxígenos de Colombia Ltda. (PRAXAIR), MARMISOL S.A., entre otras. Asimismo, en el momento del desarrollo del presente estudio se evidenció la generación de material particulado, debido a la construcción de infraestructura para la implantación de diferentes industrias que están proyectadas a operar sobre el área (ver Fotografía 3.2.7-1).

El centro de este parque industrial se ubica sobre el par de coordenadas 1040099 N y 1014035 E (sistema de referencia MAGNA-SIRGAS origen Bogotá).

Fotografía 3.2.7-1 Vista del Parque Industrial Gran Sabana



Fuente: Adaptado de “Edi corp” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

– **Lucta S.A. (F-04)**

En la vereda Tibitoc del municipio de Tocancipá, aproximadamente a 992 y 891 m sobre las coordenadas 1040386,4 N, 1013511,6 E (sistema de referencia MAGNA-SIRGAS origen Bogotá), se encuentran la empresa Lucta. En esta área se observan chimeneas asociadas al proceso productivo de Lucta, el cual consiste en la generación de aromas, fragancias y aditivos para alimentación animal (ver Fotografía 3.2.7-2).

– **Gerdau Diaco (F-05)**

La empresa Gerdau Diaco se ubica en la vereda Tibitoc en las coordenadas 1040148,0 N, 1013411,8 E (sistema de referencia MAGNA-SIRGAS origen Bogotá), la actividad principal de esta empresa se encuentra en el segmento de aceros largos al carbón, es una de las principales proveedoras de dicho producto del mundo. Cabe indicar que existen otro tipo emisiones asociadas a fuentes móviles producto del parque automotor utilizado en las dos (2) industrias para el transporte de materia primas y productos (ver Fotografía 3.2.7-2).

Fotografía 3.2.7-2 Localización y vistas de la empresa Lucta y Diaco



Fuente: Adaptado de “Gloogle Earth, 2013” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

– **Bavaria S.A. (F-01)**

Hacia el sur del corredor Norte-Gran Sabana sobre las coordenadas 1038970,6 N y 1015015,0 E en la vereda Canativa perteneciente al municipio de Tocancipá, aproximadamente a 218 m de línea de transmisión, se encuentran fuentes fijas asociadas al proceso de producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas malteadas, operado por la empresa Bavaria S.A. (ver Fotografía 3.2.7-3).

Fotografía 3.2.7-3 Vistas de la empresa Bavaria



Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

– **Zika S.A. (F-02)**

La empresas Sika se encuentran aproximadamente a 309 m en el punto más próximo al corredor Norte-Gran Sabana sobre las coordenadas del sistema de referencia MAGNA-SIRGAS origen Bogotá: 1038850,3 N, 1014431,8 E. Sika es una industria química dedicada a la elaboración de productos químicos para la construcción y la industria manufacturera.

– **Aga Fano S.A. (F-03)**

La empresa Aga Fano se encuentran aproximadamente a 406 m en el punto más próximo al corredor Norte-Gran Sabana sobre las coordenadas del sistema de referencia MAGNA-SIRGAS origen Bogotá: 1038802,1 N, 1014264,8 E. Aga Fano se encarga de la producción de gases industriales, medicinales y especiales (ver Fotografía 3.2.7-4).

Fotografía 3.2.7-4 Localización y vistas de las empresas Sika S.A. y Aga Fano S.A.



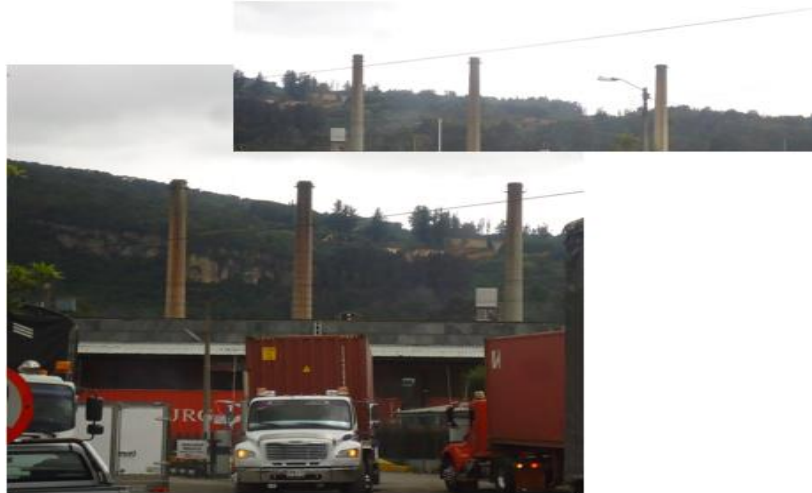
Fuente: Adaptado de “Gloogle Earth, 2013” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

– **Peldar (F-08)**

Es una empresa productora de vidrio que cuenta con tres líneas de producto: envases de vidrio, vidrios planos y cristalería para el hogar, esta empresa cuenta con varias sedes, de las cuales una se encuentra ubicada en la vereda Mortiño del municipio de Cogua sobre el par de coordenadas del sistema de referencia MAGNA-SIRGAS origen Bogotá: 1049342 N y 1015333 E a 215 m del corredor Norte-Zipacquirá.

En estas instalaciones se observaron cuatro (4) chimeneas asociados a los hornos de producción (ver Fotografía 3.2.7-5). Así mismo, de acuerdo con la información de la población cercana, los hornos funcionan esporádicamente, generalmente sólo se observan emisiones por una chimenea.

Fotografía 3.2.7-5 Instalaciones de Peldar



Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

– **Termozipa (F-07)**

La Central Termoeléctrica Termozipa se ubica en el municipio de Tocancipá, consta de cuatro (4) unidades de generación de vapor, las cuales utilizan como combustible primario el carbón, como combustibles opcionales y para arranque aceite pesado número 6 y ACPM. Dadas las características de combustible, se indica que las emisiones están asociadas a material particulado durante la etapa de manejo de carbón y óxidos de azufre en el momento de combustión de carbón.

Esta central se ubica alrededor de la coordenada 1040909,3 N y 1014036,1 E (coordenadas MAGNA-SIRGAS origen Bogotá) y se ubica aproximadamente a una distancia de 1,74 km de la línea de transmisión del corredor Norte-Gran Sabana.

Fotografía 3.2.7-6 Localización y vistas de las instalaciones Termozipa



Fuente: Adaptado de “Gloogle Earth, 2013” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Las siguientes fuentes fijas se encuentran en un radio superior a 1,0 km del área de influencia indirecta definida para el proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión*”, por tanto, no hacen parte del área de influencia directa. Sin embargo, se realiza una caracterización global de las mismas teniendo en cuenta que están dentro de los municipios del área de estudio, por lo cual para este estudio no se identifican como las fuentes fijas anteriormente relacionadas.

– **Arte Ladrillero ARCA Ltda.**

La empresa Arte Ladrillero Arca Ltda. se ubica en el municipio de Cogua vereda El Rincón Santo (KM 7 Autopista Zipaquirá-Ubaté, Cundinamarca; ver Fotografía 3.2.7-7). Esta empresa se dedica a mejorar y crear productos de arcilla.

De acuerdo con el proceso productivo que se maneja en este tipo de industrias, se considera la generación de emisiones de material particulado por el almacenamiento de material primas, las emisiones asociadas al proceso de cocción, CO, CO₂, NO_x, SO_x, material particulado entre otros componentes.

Fotografía 3.2.7-7 Instalaciones Arte Ladrillero ARCA Ltda.



Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

– Ladrillera San Fernando

La ladrillera San Fernando se encuentra ubicada en la vereda Sasagua del municipio de Cogua (ver Fotografía 3.2.7-8). Esta empresa es especializada en producir materiales a base de arcilla para el sector de la construcción. De acuerdo con el proceso productivo que se maneja en este tipo de industrias, se considera la generación de emisiones de material particulado por el almacenamiento de material primas, las emisiones asociadas al proceso de cocción, CO, CO₂, NO_x, SO_x, material Particulado entre otros componentes.

Fotografía 3.2.7-8 Instalaciones de Ladrillera San Fernando



Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

II Fuentes lineales

Las fuentes que se describen a continuación fueron identificadas durante la visita de levantamiento de información realizadas en febrero de 2015.

- **Vías destapadas**

En el área de influencia directa del proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión*” se presentan fuentes de emisión de tipo lineal, asociado al tránsito de vehículos sobre vías destapadas principalmente en los caminos interveredales de los municipios de Gachancipá, Cogua, Zipaquirá, Nemocón, Tocancipá y Sesquilé, los cuales no se encuentran pavimentados, las vías se encuentran en firmamento en tierra, grava o cascajo.

Las emisiones en las vías destapadas se producen por la pulverización ocasionada por el giro de las ruedas y la velocidad del viento, la generación de estas emisiones depende del flujo y velocidad vehicular, las características propias del tipo de vehículo empleado (número de ruedas, peso promedio) y las condiciones meteorológicas de la zona. La Fotografía 3.2.7-9 presenta el estado de las vías que conducen a la subestación eléctrica, ubicada en la vereda San José.

Fotografía 3.2.7-9 Vías interveredales, municipio de Gachancipá veredas el Roble, San Martín y San José



Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

En la Tabla 3.2.7-10 se listan las vías ubicadas en cada corredor del proyecto de acuerdo con la información cartográfica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) actualizada a 2013 y lo evidenciado en las visitas de reconocimiento.

En el Mapa 3-17 se presentan las fuentes de emisiones atmosféricas.

Tabla 3.2.7-10 Estado de las principales vías

Nomenclatura	Municipio	Vereda	Material de la vía	Estado
V1-NGS	Tocancipá	Canavita	Recebo	Transitable en tiempo seco
V2-NGS	Tocancipá	Canavita	Recebo	Transitable en tiempo seco
V3-NZ	Gachancipá	San José	Recebo	Transitable en tiempo seco
V4-NGS	Gachancipá	San José	Recebo	Transitable en tiempo seco
V5-NZ	Tocancipá	El Porvenir	Recebo	No pavimentada
V6-NS	Sesquilé	Boitá	Recebo	Transitable en tiempo seco
V7-NS	Gachancipá	San José	Recebo	Transitable en tiempo seco
V8-NZ	Zipaquirá	El Tunal	Recebo	No pavimentada
V9-NZ	Zipaquirá	El Tunal	Recebo	No pavimentada
V10-NZ	Tocancipá	El Porvenir	Recebo	No pavimentada
V11-NZ	Zipaquirá	El Tunal	Recebo	No pavimentada
V12-NS	Gachancipá	San José	Recebo	No pavimentada
V13-NS	Sesquilé	Boitá	Recebo	Transitable en tiempo seco
V14-NZ	Gachancipá	San José	Recebo	Transitable en tiempo seco
V15-NZ	Gachancipá	San José	Recebo	No pavimentada
V16-NZ	Gachancipá	San José	Recebo	Transitable en tiempo seco
V17-NS	Sesquilé	Chaleche	Recebo	No pavimentada
V18-NS	Sesquilé	Chaleche	Recebo	No pavimentada
V19-NS	Sesquilé	Chaleche	Recebo	Transitable en tiempo seco
V20-NGS	Gachancipá	El Roble	Recebo	Transitable en tiempo seco
V21-NGS	Tocancipá	Esmeralda	Recebo	Transitable en tiempo seco

Fuente: Adaptado de “IGAC, 2013” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

III Fuentes móviles

En el área de influencia directa del proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión*”, las fuentes móviles están asociadas al parque automotor que transita por las vías, vehículos de transporte público y privado, tanto livianos como maquinaria pesada, los cuales generan emisiones producto de la combustión de los motores. A continuación se describen las dos (2) zonas donde se

evidenció mayor movimiento vehicular, de acuerdo con la visita de levantamiento de información realizada en febrero de 2015 por el grupo de elaboración del EIA de la empresa Ambiental Consultores & Cía. Ltda.

- **Vía Peldar**

La vía Peldar, es próxima al corredor Norte-Zipacquirá, en esta vía se observa gran cantidad vehículos pesados utilizados para el transporte de productos e insumos propios de la planta Peldar (ver Fotografía 3.2.7-10).

Fotografía 3.2.7-10 Vehículos presentes en el área de estudio, vía Peldar



Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

- **Corredor Norte-Gran Sabana**

En el corredor Norte-Gran Sabana se evidenció un número considerable de vehículos pesados asociados a la zona industrial, dentro de las empresas presentes en el sector se encuentra las pertenecientes al Parque Industrial Gran Sabana, Quala S.A., Lucta, Gerdau Diaco, Bavaria, Sika, Agafano y Termozipa. Así mismo, hay presencia de vehículos de transporte público y privado sobre la concesión vial Briceño-Tunja-Sogamoso que comunica a los municipios de Tocancipá y Gachancipá con Bogotá D.C.

Fotografía 3.2.7-11 Vehículos presentes en el área de estudio, Tocancipá



Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

IV Fuentes dispersas

En el área de influencia directa del proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión*”, este tipo de fuentes están asociadas al tránsito de vehículos sobre las vías del área de influencia. Para el caso de este documento, en la Tabla 3.2.7-11 y la Figura 3.2.7-9 se presentan las coordenadas y la distribución espacial de las fuentes dispersas de emisión asociadas a polígonos en relación con el área del proyecto respectivamente. Así mismo en el Mapa 3-17 se presentan las fuentes de emisiones atmosféricas.

Tabla 3.2.7-11 Fuentes dispersas de emisión

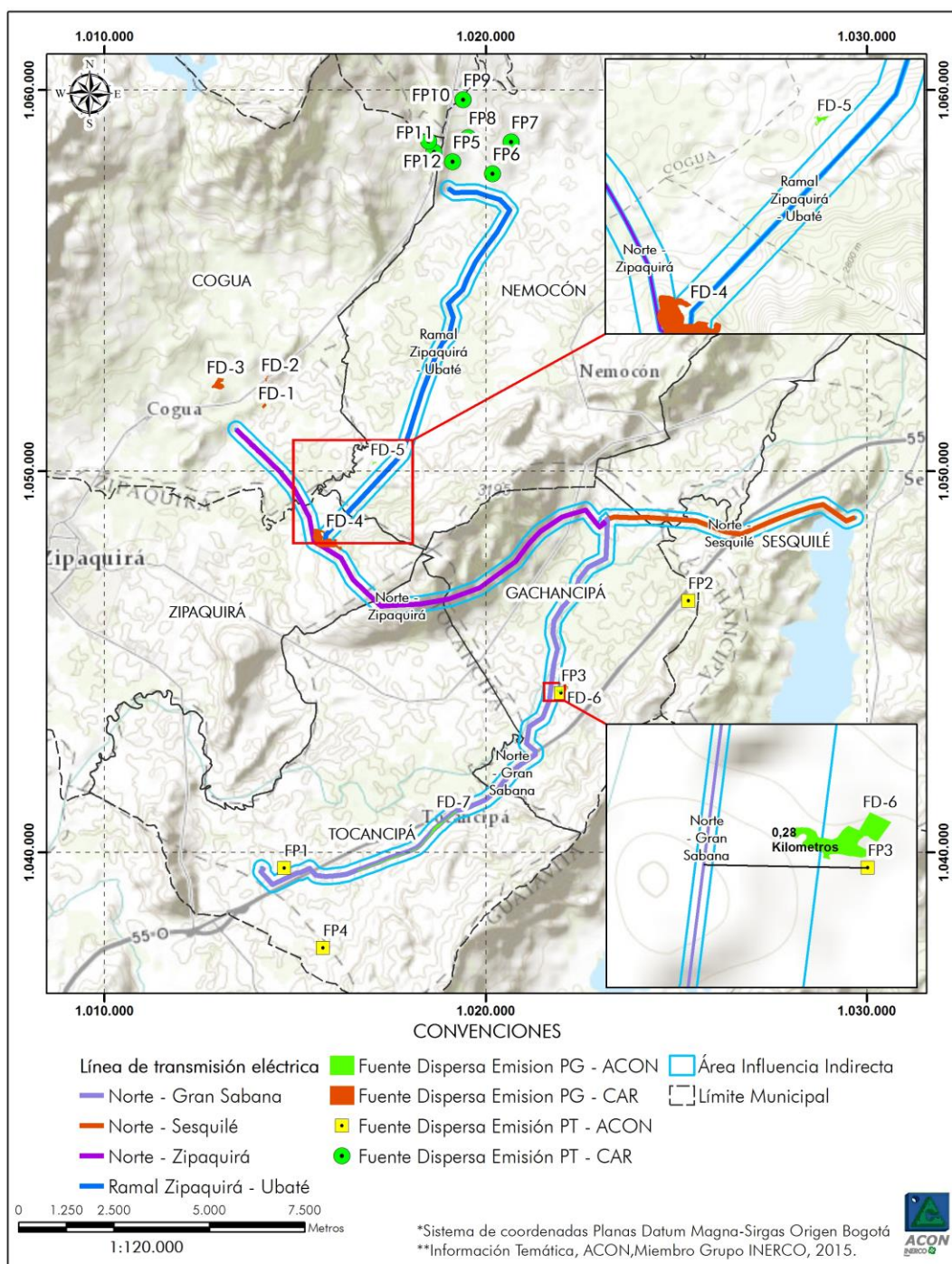
ID	FUENTE DE EMISIÓN	COORDENADAS ORIGEN MAGNA-SIRGAS		CORREDOR
		NORTE	ESTE	
FD-4	Mina Peldar	1048175	1015760	Norte-Zipacquirá y el Ramal Zipacquirá-Ubaté
Quala FD-1	Quala S.A.	1039597	1014723	Norte-Gran Sabana
BTS N-Z	Doble calzada Briceño-Tunja-Sogamoso			Norte-Gran Sabana
FP-2	Parque industrial PREBUILD	1046612	1025325	Norte-Sesquilé

ID	FUENTE DE EMISIÓN	COORDENADAS ORIGEN MAGNA-SIRGAS		CORREDOR
		NORTE	ESTE	
FP-3	Planta de tratamiento de aguas residuales municipio de Gachancipá	1044190	1021988	Norte-Gran Sabana
FD-6	Lavadora de arenas San Luis	1044206	1021928	Norte-Gran Sabana
FD-5	Minagar	1050568	1016844	Norte-Zipacquirá

Fuente: Adaptado de “CAR, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

No se relacionan las coordenadas de las fuentes asociadas al acopio Los Cerros y Mina Canigo, ya que se encuentran por fuera del área de influencia directa e indirecta del proyecto; sin embargo, se relaciona la información de las mismas, debido a que se encuentran dentro de los municipios por donde se proyectan las líneas de transmisión.

Figura 3.2.7-9 Distancia fuentes dispersas de emisión respecto a los corredores



Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015

- **Mina Peldar (FD-4)**

En la unión del corredor Norte-Zipacquirá y el Ramal Zipacquirá-Ubaté, ubicado en la vereda El Tunal del municipio de Zipacquirá, se encuentra la mina Peldar sobre el par de coordenadas 1048175 N y 1015760 E (sistema de coordenadas MAGNA-SIRGAS, origen Bogotá). En la cual se presenta la generación de partículas, como producto de la actividad de extracción minera.

- **Quala S.A. (Quala FP-1)**

En la actualidad, se encuentran en construcción las instalaciones de la empresa Quala S.A., por tanto, hay emisiones asociadas a la adecuación de terreno, operación de equipos para construcción de la infraestructura, tales como plantas de concreto, mixer entre otros equipos. Los límites del predio se encuentran aproximadamente a 163 m del corredor Norte-Gran Sabana (zona sur del área de influencia del proyecto), el centro de las obras se encuentran sobre el par de coordenadas 1039597 N y 1014723,4 E en la vereda Tibitoc perteneciente al municipio de Tocancipá (ver Fotografía 3.2.7-12).

Cabe resaltar que las actividades generadoras de emisiones sobre esta área están asociadas al tiempo de construcción de las instalaciones, posterior a esta actividad se prevé la operación de la industria, en esta etapa se contará con las fuentes fijas de emisión asociadas al proceso de producción de bebidas, culinarios, cuidado personal, golosinas y congelados.

Fotografía 3.2.7-12 Localización y vistas de la empresa Quala S.A.



Fuente: Adaptado de “Gloogle Earth, 2013” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

- **Doble calzada Briceño-Tunja-Sogamoso (BTS), construcción de vías (BTS N-Z)**

En la actualidad se está construyendo la doble calzada Briceño-Tunja-Sogamoso (BTS), esta vía en construcción es paralela a la vía actual, de igual forma la línea de transmisión del proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión*”. Sobre esta zona se observa generación de partículas debido a las actividades de adecuación de terreno, actividades propias de la construcción de una vía, ver Fotografía 3.2.7-13 y Fotografía 3.2.7-14.

Fotografía 3.2.7-13 Construcción de la doble calzada Briceño-Tunja-Sogamoso



Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Fotografía 3.2.7-14 Construcción de la doble calzada Briceño-Tunja-Sogamoso



Fuente: Adaptado de “Gloogle Earth, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

- **Parque industrial PREBUILD (FP-2)**

Aproximadamente a 2 km del corredor Norte-Sesquilé, sobre las coordenadas 1046612N y 1025325 E (sistema de coordenadas MAGNA-SIRGAS, origen Bogotá), en el municipio de Gachancipá se está construyendo el parque industrial PREBUILD (ver Fotografía 3.2.7-15). En este parque se proyecta tener once (11) fábricas en las áreas de cerámica, aluminios, maderas, plásticos y metalúrgica. El área en construcción es de aproximadamente 290.000 m², sobre esta área se evidencia la generación de material particulado controlado asociado a las labores de adecuación de terreno y construcción de infraestructura.

Fotografía 3.2.7-15 Construcción Parque Industrial PREBUILD



Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

- **Planta de tratamiento de aguas residuales municipio de Gachancipá (FP-3)**

La planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Gachancipá se ubica aproximadamente a 280 m del corredor Norte-Gran Sabana, sobre el par de coordenadas 1044190 N y 1021988 E, en esta zona la vía de acceso no se encuentra pavimentada y se evidencia la generación de olores producto de la operación del sistema de tratamiento de aguas residuales (ver Fotografía 3.2.7-16).

Fotografía 3.2.7-16 Vista y vía de acceso a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales



Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

- **Lavadora de arenas San Luis (FD-6)**

La lavadora de arenas San Luis se ubica sobre las coordenadas 1044206 N y 1021928 E frente a la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Gachancipá, por tanto, dista aproximadamente 225 m del corredor Norte-Gran Sabana. En esta zona, la generación de emisiones corresponde a material particulado, producto de las operaciones de acopio, cargue, descargue y transporte de material, siendo más representativo este último por el estado de las vías de acceso.

Fotografía 3.2.7-17 Localización de la lavadora de arenas San Luis



Fuente: Adaptado de “Google Earth, 2013” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

- **Minagar (FD-5)**

En la vereda el Mortiño, ubicada en el municipio de Cogua, sobre las coordenadas 1050568 N y 1016844 E (sistema de coordenadas MAGNA-SIRGAS, origen Bogotá), aproximadamente a 650 m lineales del corredor Norte-Zipacquirá se encuentra Minagar, la cual es una planta utilizada para el procesamiento de materiales para construcción (ver Fotografía 3.2.7-18). El principal aporte de esta empresa es el material particulado producto de las actividades propias del procesamiento de materiales y el tránsito de los vehículos por las vías de acceso.

Fotografía 3.2.7-18 Localización de Minagar Ltda.



Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Las fuentes que se describen a continuación no se encuentran sobre el área de influencia directa del proyecto “Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión”; sin embargo, se han descrito ya que se encuentran dentro de los municipios en estudio.

- **Acopio Los Cerros**

En la vereda Los Cerros municipio de Cogua se encuentra una zona de extracción de mineral ubicada cerca a la vía principal Zipaquirá-Ubaté, en promedio lleva dos (2) años en funcionamiento y tiene proyectado la extracción de mineral hasta que se desbaste el cerro, la operación es intermitente y en promedio funcionan dos (2) retroexcavadoras y dos (2) volquetas. El mayor aporte es de material particulado debido a las actividades de transporte cargue, descargue y trituración del material.

Fotografía 3.2.7-19 Zona de explotación, acopio Los Cerros



Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

- **Mina Canigo**

En la vereda Neusa del municipio Cogua se encuentra la Mina Canigo, donde se extrae recebo fino, recebo natural, piedra común y rajón (ver Fotografía 3.2.7-20). Los principales contaminantes de este proceso de extracción de material es el material particulado durante las actividades de cargue, descargue, procesamiento del mineral y transportes.

Fotografía 3.2.7-20 Zona de explotación, mina Canigo

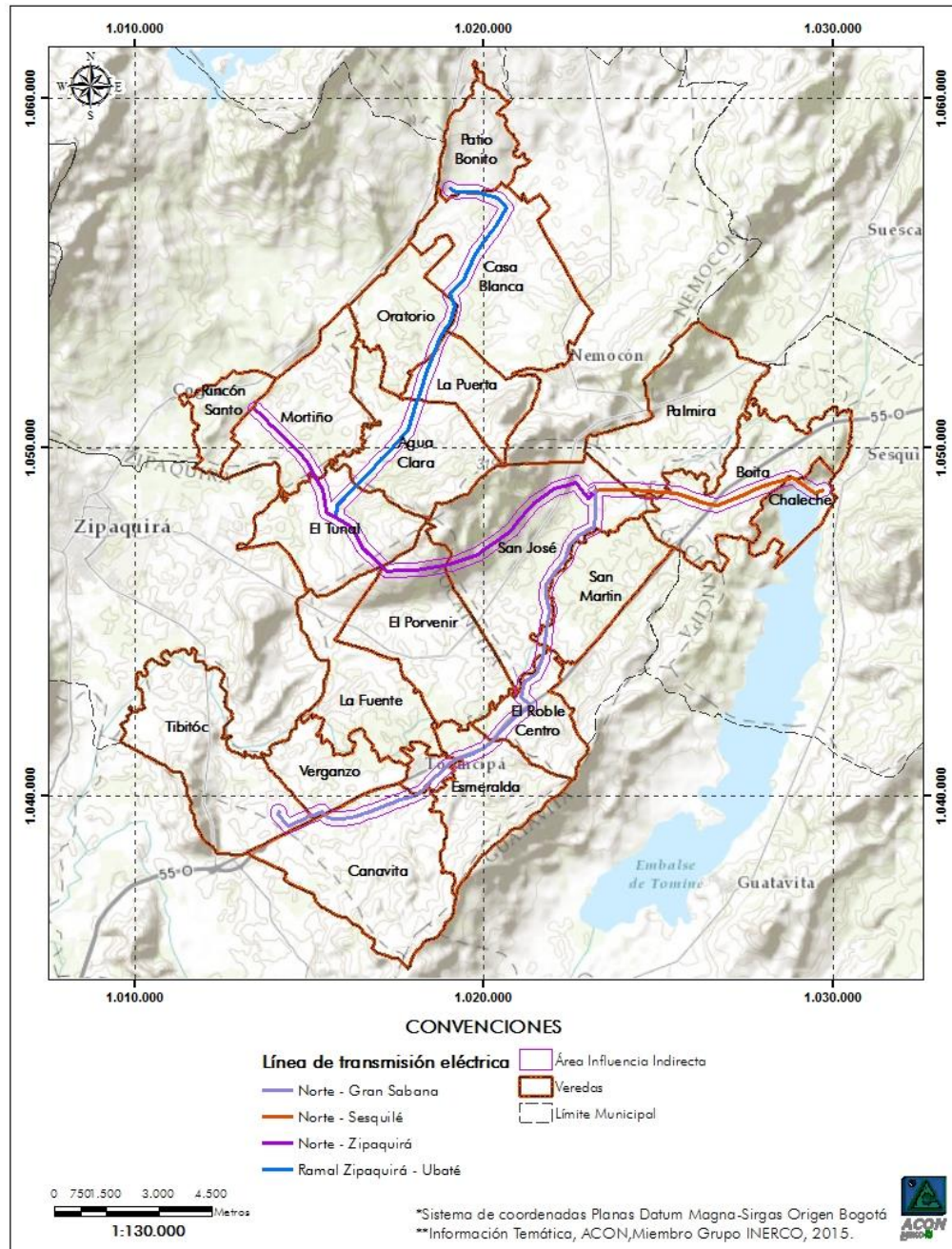


Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

B Asentamientos poblacionales, las viviendas, la infraestructura social y las zonas críticas de contaminación

En la Figura 3.2.7-10 se presenta la distribución espacial de las veredas que se encuentran dentro del área de influencia directa del proyecto, y en la Tabla 3.2.7-12 se indica las veredas pertenecientes a cada corredor y el respectivo municipio al cual pertenece, respecto a la descripción de cada vereda esta se encuentra detallada en el capítulo 3, sección 5 del presente Estudio de Impacto Ambiental.

Figura 3.2.7-10 Veredas presentes en el área de influencia directa



Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

Tabla 3.2.7-12 Relación de veredas del área de influencia directa por corredor

Nombre	Vereda	Municipio
Norte-Gran Sabana	San Martin	Gachancipá
	San José	
	El Roble Centro	
	Esmeralda	Tocancipá
	Canavita	
	Tibitoc	
	Verganzo	
	Centro Urbano	
Norte-Sesquilé	Palmira	Suesca
	San José	Gachancipá
	Boitá	Sesquilé
	Chaleche	

Nombre	Vereda	Municipio
Norte-Zipacquirá	Mortiño	Cogua
	El Tunal	Zipacquirá
	El Porvenir	Tocancipá
	San José	Gachancipá
	La Fuente	Tocancipá
Ramal Zipacquirá-Ubaté	Oratorio	Nemocón
	Casa Blanca	
	La Puerta	
	Agua Clara	
	Patio Bonito	Zipacquirá
El Tunal		

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

En el área de influencia directa del proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión*” sobre el corredor Norte-Gran Sabana, está la zona industrial de Tocancipá y las cabeceras municipales de los municipios de Gachancipá y Tocancipá; en el corredor Norte-Sesquilé se observan fincas de ganadería y plantaciones de flores y para el corredor Norte-Zipacquirá se encuentra ubicado en la zona industrial Peldar.

En la Fotografía 3.2.7-21 y Fotografía 3.2.7-22 se presenta una panorámica del área rural y urbana desde la vereda el Porvenir del municipio de Tocancipá, el cual se encuentra presente en el área del proyecto.

Fotografía 3.2.7-21 Vereda el Porvenir, Tocancipá



Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Fotografía 3.2.7-22 Panorámica de los municipios del área de influencia desde la vereda El Provenir, Tocancipá



Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

C Niveles ambientales de contaminantes atmosféricos

I Normatividad aplicable

El entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy MADS) estableció mediante la Resolución 610 de 2010 los niveles máximos permisibles, niveles de prevención, alerta y emergencia para diferentes contaminantes atmosféricos respecto al tiempo de exposición. En la siguiente tabla se resumen los límites establecidos a condiciones de referencia (25 °C y 1 atm) para los contaminantes monitoreados, los parámetros a analizar se definen de acuerdo con los posibles contaminantes que puede generar el proyecto, en este caso se estudió PST y PM₁₀ por el manejo de materiales y

remoción de material para la implantación de infraestructura y gases por el tránsito de vehículos.

Tabla 3.2.7-13 Niveles máximos permisibles para contaminantes monitoreados*

Contaminante	Unidad	Límite máximo permisible	Tiempo de exposición
PST	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	Anual
		300	24 horas
PM ₁₀	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	50	Anual
		100	24 horas
NO ₂	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	Anual
		150	24 horas
SO ₂	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	80	Anual
		250	24 horas
		750	3 horas
CO	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	10.000	8 horas
		40.000	1 horas

* Estos se calculan con el promedio geométrico para PST y promedio aritmético para los demás contaminantes.

Fuente: Adaptado de “Resolución 610 de MAVDT¹³, 2010” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

En cuanto a los parámetros PM_{2.5} y O₃, no se realiza monitoreo, ya que estos contaminantes no se generaran durante las actividades constructivas del proyecto.

En la Tabla 3.2.7-14 se presentan los niveles de prevención, alerta y emergencia para los contaminantes monitoreados.

Tabla 3.2.7-14 Estados excepcionales para contaminantes monitoreados

Contaminante	Tiempo de exposición	Estados excepcionales		
		Prevención ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alerta ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Emergencia ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PST	24 horas	375	625	875
PM ₁₀	24 horas	300	400	500
SO ₂	24 horas	500	1.000	1.600
NO ₂	1 hora	400	800	2.000
CO	8 horas	17.000	34.000	46.000

Fuente: Ibíd.

¹³ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 610 (24, marzo, 2010). Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006. Bogotá D.C.: El Ministerio, 2010. 8 p.

II Localización puntos de monitoreo

La evaluación de la calidad de aire en la zona se realiza a partir de datos primarios y secundarios, los cuales se detallan a continuación:

- Los datos primarios corresponden a los monitoreos desarrollados en cercanías al área establecida como área de influencia del proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión*”, estos monitoreos fueron desarrollados por ANALQUIM, el cual es un laboratorio acreditado bajo resolución por el IDEAM. En total se ubicaron tres (3) puntos de medición, los cuales fueron localizados de acuerdo con los criterios técnicos establecidos en el *Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire*. La campaña de monitoreo se desarrolló entre el 13 de febrero y el 2 de marzo de 2014, para un total de dieciocho (18) días de captura de información.
- Los datos secundarios corresponden a la información del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA) operado por la CAR, específicamente se estudiaron las estaciones ubicadas en los municipios de Tocancipá, Nemocón, Cogua y Zipaquirá por los que cruza el proyecto. El periodo analizado corresponde al año 2012, por ser esta la serie más reciente validada. Así mismo, se analizaron los datos de una campaña de monitoreo desarrollada por ANALQUIM como parte del Estudio de Impacto Ambiental para la construcción de la “*Subestación Gran Sabana, Líneas de 115kV y sus Módulos de conexión*”, el cual fue realizado entre el 30 de julio de 2013 y 21 de agosto de 2013.


La Tabla 3.2.7-15 presenta las coordenadas a analizar de las estaciones de monitoreo de la CAR, mientras la Tabla 3.2.7-16 presenta las coordenadas de los puntos de monitoreo ANALQUIM Ltda. Cabe resaltar que los datos del SVCA de la CAR se consultan a través de correo electrónico al área de Control Contaminación de Aire de la Subdirección de Recursos Naturales y áreas Protegidas de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca y los datos de ANALQUIM se presentan en el Anexo 3-9, el cual incluye las hojas de muestreo, registro fotográfico, soportes de calibración de equipos y Resolución de acreditación del laboratorio.



Tabla 3.2.7-15 Ubicación de los puntos de monitoreo utilizados del SVCA de la CAR



Estación	Nombre estación	Descripción	Coordenadas Datum MAGNA-SIRGAS Origen Bogotá		Elevación (m s.n.m.)
			Norte	Este	
CAR-01	Tocancipá	Planta de Tratamiento Acueducto. Concesionaria Tibitoc S.A.	1042242,1	1011798,1	2566,7
CAR-09	Nemocón – Vda. Patio Bonito	I.E.D. Patio Bonito	1058927,9	1020137,1	2745,9
CAR-10	Zipaquirá	Planta de beneficio EMAFEZ	1045760,9	1008290,6	2588
CAR-12	Cogua	PTAR I	1050730,1	1011146,2	2618,8

Fuente: Adaptado de “CAR, 2012” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Tabla 3.2.7-16 Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de aire ANALQUIM Ltda.

Estación	Descripción	COORDENADAS Datum MAGNA-SIRGAS Origen Bogotá		Elevación (m s.n.m.)	Equipo de monitoreo
		Norte	Este		
ANALQUIM-01*	Ubicado en el área central del Parque Industrial Gran Sabana, cerca de una vía interna del Parque que da acceso a la empresa MARMISOL. Al este del punto de monitoreo se realizan actividades de construcción, aproximadamente a 100 m y al oeste se localizan algunas industrias.	1040059,0	1014098,2	2569	

Estación	Descripción	COORDENADAS Datum MAGNA-SIRGAS Origen Bogotá		Elevación (m s.n.m.)	Equipo de monitoreo
		Norte	Este		
ANALQUIM-02*	Ubicado al sur del Parque Industrial Gran Sabana, al este del punto de monitoreo se encuentra una vía interna del parque y aproximadamente a 60 m en la misma dirección se encuentran bodegas de almacenamiento, al oeste también se encuentran algunas bodegas.	1039463,0	1013651,6	2566	
ANALQUIM-03**	Ubicada en la finca Santa Helena de la vereda San José, Gachancipá. Área de cultivos a 2 km en dirección este del municipio de Gachancipá.	1043854,1	1020379,1	2566	

Estación	Descripción	COORDENADAS Datum MAGNA-SIRGAS Origen Bogotá		Elevación (m s.n.m.)	Equipo de monitoreo
		Norte	Este		
ANALQUIM-04**	Ubicada en la finca El Delirio de la vereda San José, Gachancipá. A 200 m del predio de la subestación en el municipio de Gachancipá y aproximadamente a 200 m de la vía interveredal.	1048620,1	1022966,1	2609	
ANALQUIM-05**	Ubicada en la finca El Cairo del municipio de Cogua, aproximadamente a 200 m de la vía Nemocón-Zipacquirá.	1051646,3	1017046,8	2571	

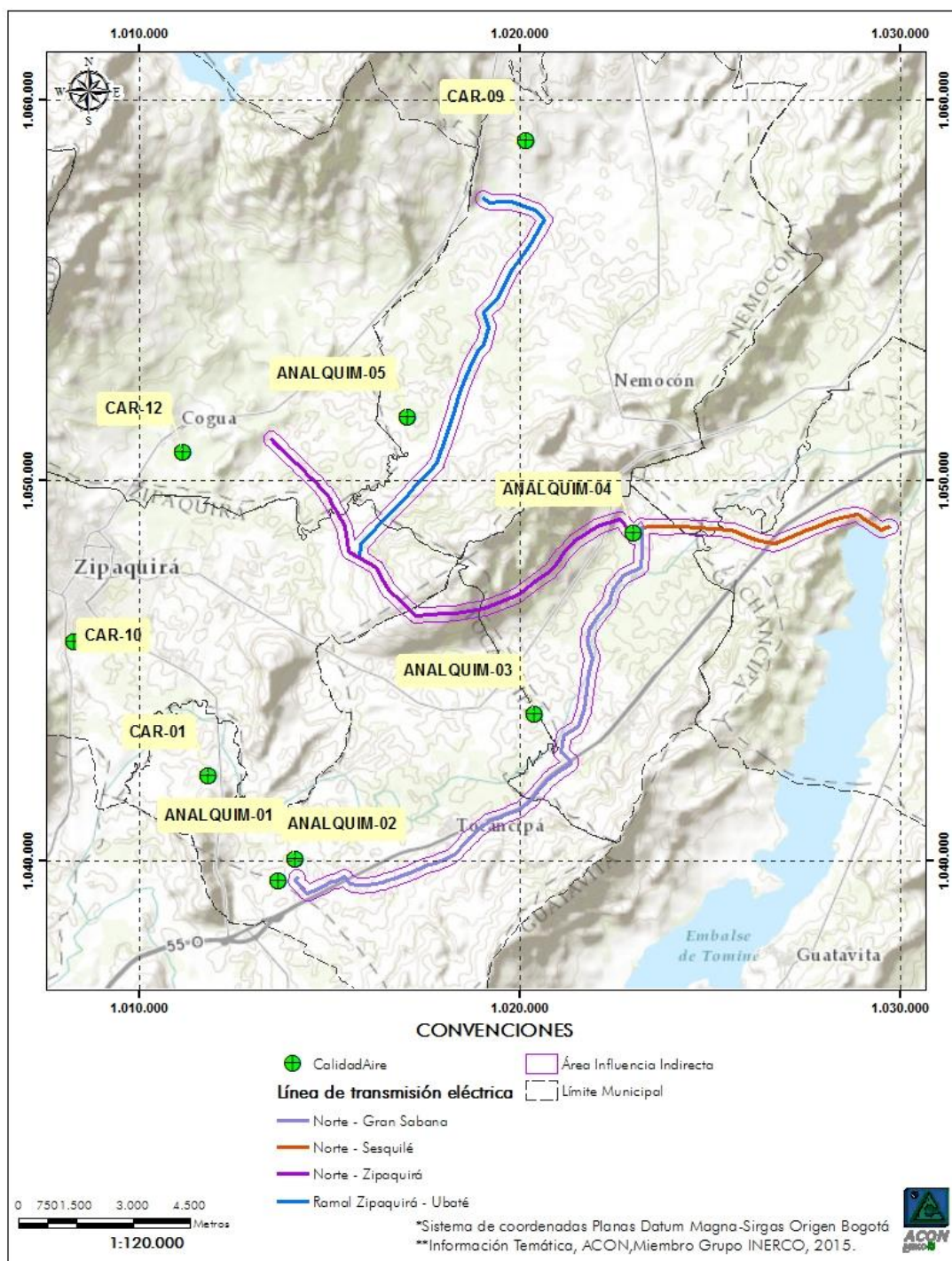
* Datos tomados del estudio de calidad de aire realizado en 2013 por ANALQUIM Ltda. para la caracterización ambiental del Estudio de Impacto Ambiental para el proyecto “Construcción de la Subestación Gran Sabana, líneas de 115kv y sus módulos de conexión”.

** Datos tomados del estudio de calidad de aire realizado por ANALQUIM Ltda. para la caracterización ambiental del presente Estudio de Impacto Ambiental para el proyecto “Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión”.

Las estaciones denominadas ANALQUIM-01 y ANALQUIM-02 fueron operadas entre el 30 de julio de 2013 y 21 de agosto de 2013 y las restantes entre el 13 de febrero y el 2 de marzo de 2014.

Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Figura 3.2.7-11 Distribución espacial estaciones de monitoreo de calidad de aire



Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

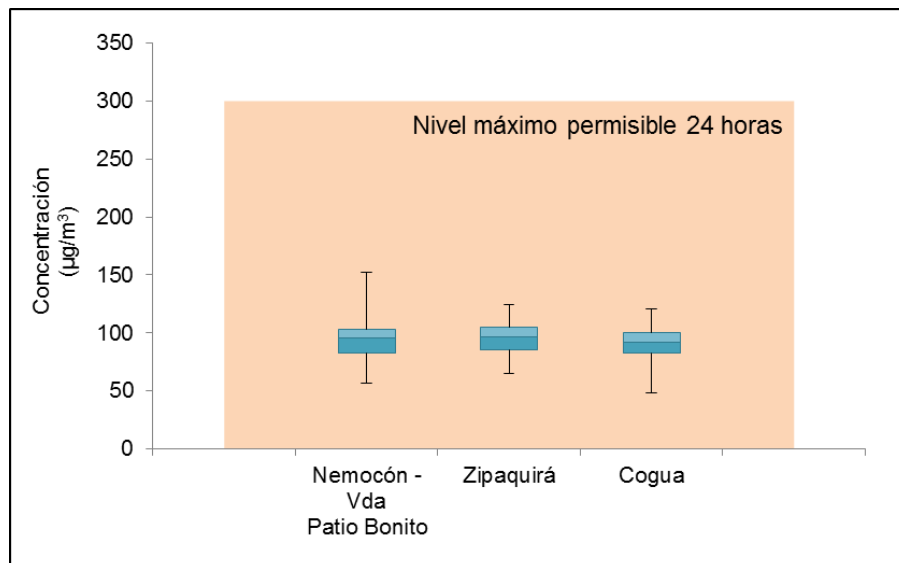
III Resultados

- Material particulado medido como Partículas Suspendidas Totales (PST)**

El material particulado hace referencia a las partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen que se encuentren dispersas en la atmósfera. La cuantificación de PST incluye tanto la fracción inhalable como las partículas mayores de 10 micras, que no se sedimentan en períodos cortos sino que permanecen suspendidas en el aire debido a su tamaño y densidad.

La CAR mide PST en las estaciones ubicadas en el municipio de Nemocón (CAR-09), Zipaquirá (CAR-10) y Cogua (CAR-12), en estas estaciones se evidencia que durante el año 2012 (año más reciente y, por ende, considerado en el análisis) no hubo superaciones respecto al nivel máximo permisible diario, así mismo se indica que la variabilidad entre los datos reportados por la estaciones en mención es baja, dado que la diferencia en el cuartil 3 y cuartil 1 es bajo (rango intercuartílico, 20; 19,9; 17,8), el cual se presenta en el Gráfico 3.2.7-32. Así mismo, se indica que la mediana de la concentración diaria representa el 31,8 %, 32,1 % y 30,7 % del nivel máximo permisible diario en las estaciones ubicadas en Nemocón, Zipaquirá y Cogua, respectivamente. Con respecto a este parámetro en la estación Tocancipá no se reporta, por lo cual no se puede realizar el análisis correspondiente en esta área.

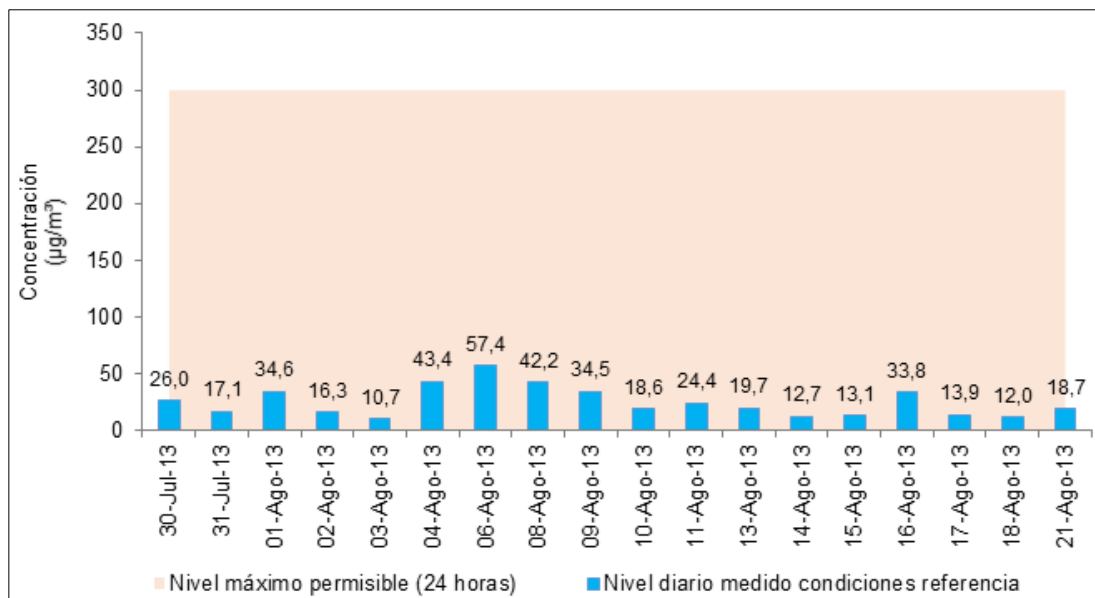
Gráfico 3.2.7-32 Concentración de PST. Estaciones CAR



Fuente: Adaptado de “CAR, 2012” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

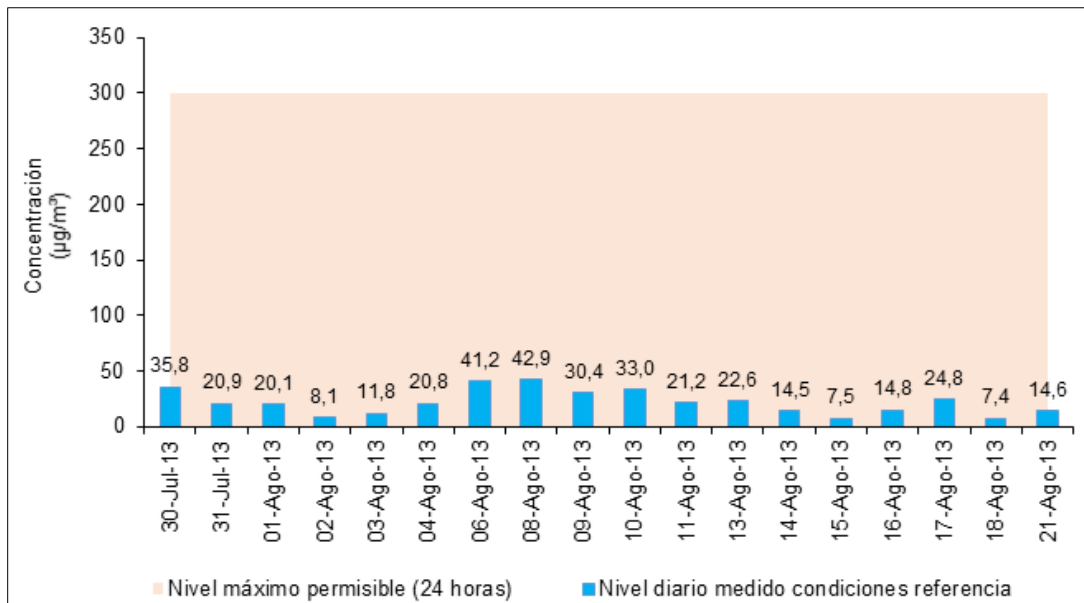
La concentración de material particulado, medido como PST en las estaciones denominadas ANALQUIM-01 y ANALQUIM-02, es inferior a los valores registrados en las estaciones ANALQUIM-03, ANALQUIM 4 y ANALQUIM-05, lo cual está directamente relacionado con las condiciones meteorológicas de las zonas en las cuales se llevaron a cabo los monitoreos y con la cercanía a vías destapadas. Debido a que, para el primer grupo de estaciones en mención, se realizó el monitoreo en el mes de octubre de 2013, el cual, de acuerdo con el análisis climatológico, es uno de los meses con mayor precipitación en el área de estudio. Mientras que para el segundo grupo, el monitoreo se desarrolló en el mes de febrero de 2014, uno de los meses con menor precipitación, y las estaciones fueron ubicadas cercanas a vías destapadas. Sin embargo, teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, cabe aclarar que en ningún caso se excede el nivel máximo permisible diario. En las Gráficas 3.2.7-33 a la Gráficas 3.2.7-37 se puede apreciar el comportamiento de la concentración de PST en cada una de las estaciones.

Gráfico 3.2.7-33 Concentración de PST. Estación ANALQUIM-01



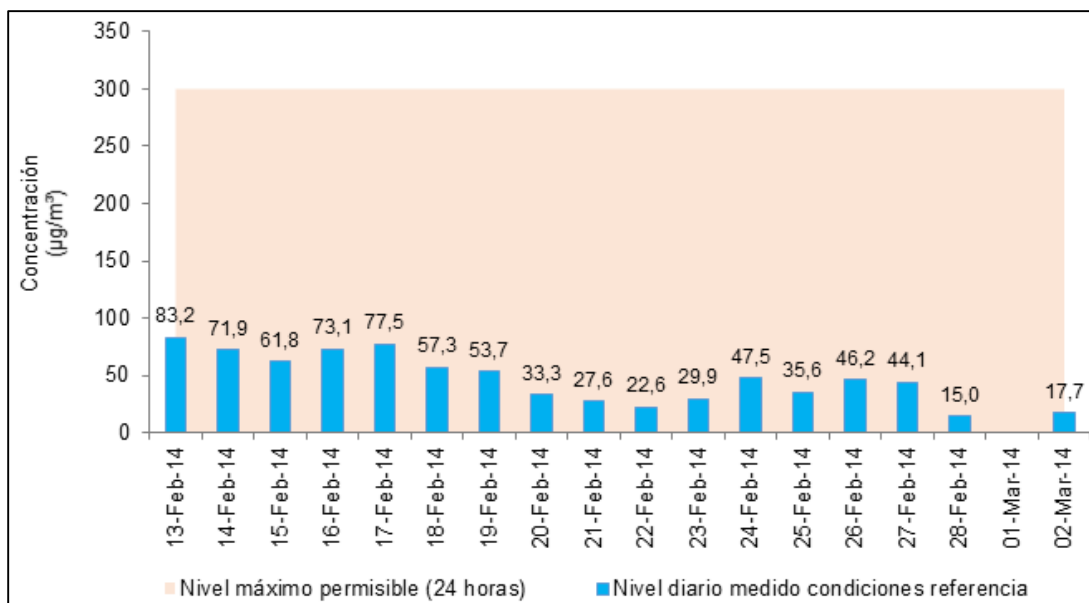
Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2013” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Gráfico 3.2.7-34 Concentración de PST, estación ANALQUIM-02



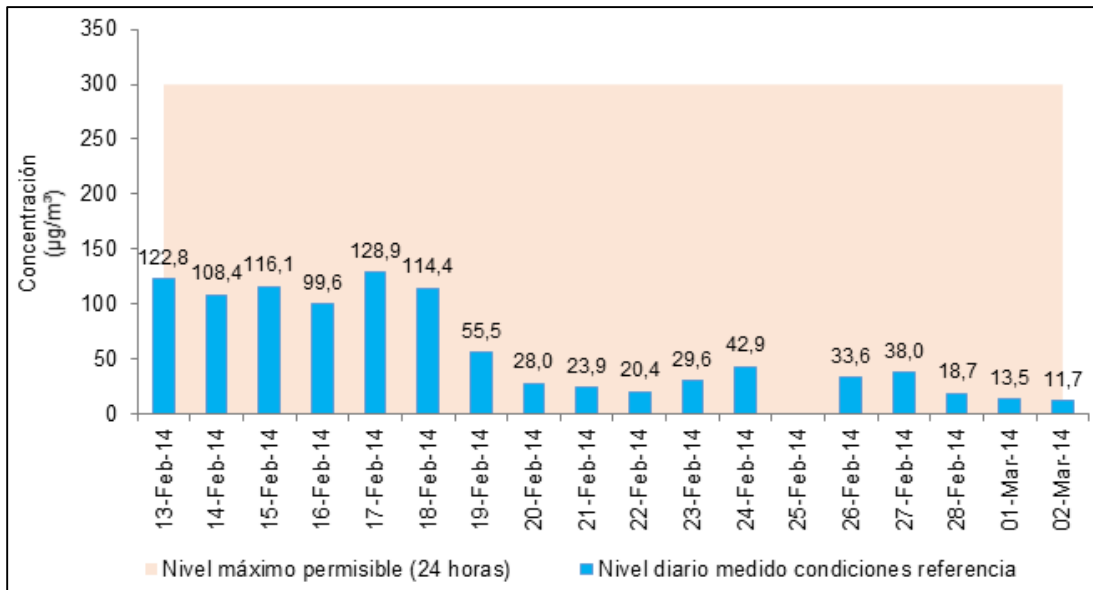
Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2013” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Gráfico 3.2.7-35 Concentración de PST, estación ANALQUIM-03



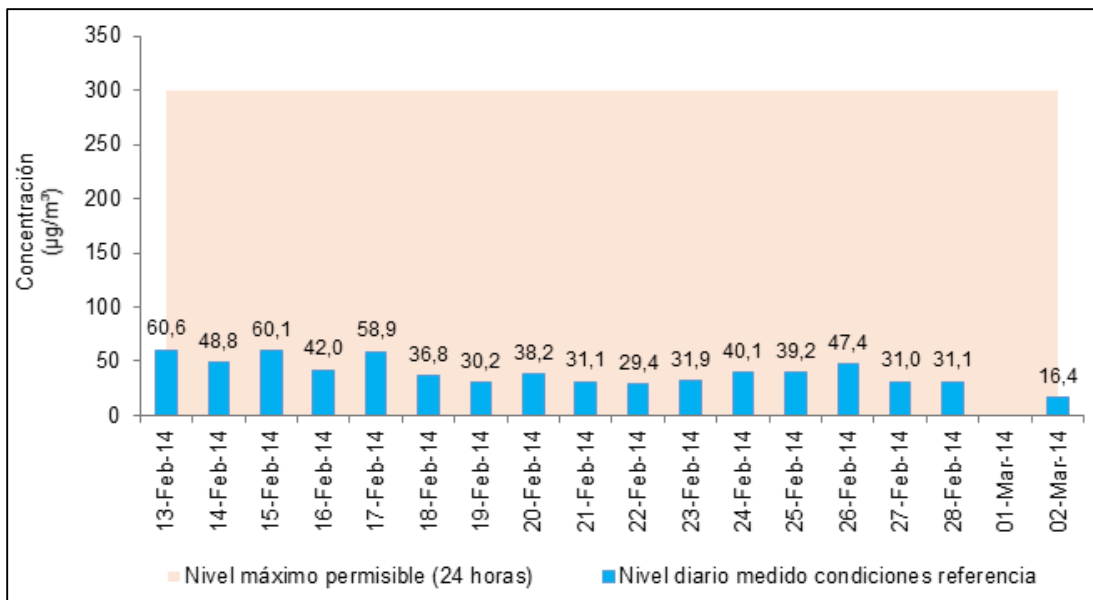
Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Gráfico 3.2.7-36 Concentración de PST, estación ANALQUIM-04



Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Gráfico 3.2.7-37 Concentración de PST, estación ANALQUIM-05



Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

En la Tabla 3.2.7-17 se presenta el resumen de la concentración promedio, máxima y mínima obtenida para material particulado expresado como PST en las estaciones de

monitoreo de calidad de aire, de las cuales las operadas por la CAR corresponden al análisis de un año y las operadas por ANALQUIM a un periodo de 18 días. En general, se observa que los mayores registros se presentan en las operadas por la CAR, (mayor representatividad respecto a la norma, entre 90 y 95 % del valor normativo), probablemente por estar más cercanas a los centros poblados; sin embargo, no hay superaciones respecto a la norma diaria y anual en ningún caso.

Tabla 3.2.7-17 Concentración de Material Particulado (PST)

Estación	Descripción	PST ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
		Promedio (1)	Representatividad frente a la norma anual	Nivel máximo permisible anual	Máximo	Mínimo	Nivel máximo permisible 24 horas
CAR-09	Nemocón, vda. Patio Bonito	92,18	92,2 %	100	152,69	56,38	300
CAR-10	Zipaquirá	94,91	95,0 %	100	124,61	64,87	300
CAR-12	Cogua	90,14	90,1 %	100	121,00	48,62	300
ANALQUIM-01	Centro del Parque Industrial Gran Sabana	22,1	22,1 %	100	57,41	10,74	300
ANALQUIM-02	Sur del Parque Industrial Gran Sabana	19,05	19,1 %	100	42,85	7,41	300
ANALQUIM-03	Área de cultivos a 2 km en dirección este del municipio de Gachancipá	33,99	34,0 %	100	83,2	15,02	300
ANALQUIM-04	200 m del predio de la subestación en el municipio de Gachancipá	35,56	35,6 %	100	128,93	11,68	300
ANALQUIM-05	Zona rural del municipio de Cogua	30,86	30,9 %	100	60,62	16,42	300
(1) Promedio geométrico							

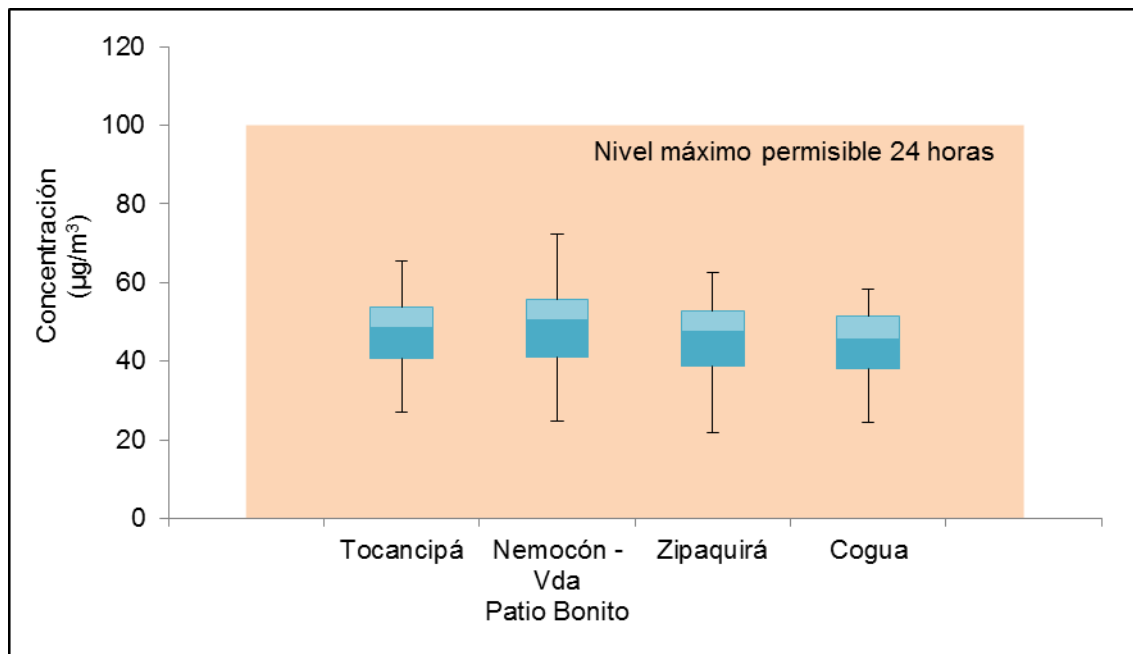
Fuente: Adaptado de "CAR & ANALQUIM, 2014" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

- **Material particulado medido como PM₁₀**

El material particulado cuyo diámetro de partícula varía entre 2,5 y 10 µm se denomina PM₁₀, este material puede ser inhalado y penetra fácilmente el sistema respiratorio causando efectos adversos a la salud de las personas, específicamente a la salud respiratoria, debido a que viajan profundamente en los pulmones y porque está compuesta de elementos que son más tóxicos (como metales pesados y compuestos orgánicos que podrían causar cáncer).

La CAR mide PM₁₀ en las estaciones ubicadas en el municipio de Tocancipá (CAR-01), Nemocón (CAR-09), Zipaquirá (CAR-10) y Cogua (CAR-12). En estas estaciones se evidencia que durante el año 2012 (año más reciente y, por ende, considero en el análisis) no hubo superaciones respecto al nivel máximo permisible diario. Así mismo se indica que la variabilidad entre los datos reportados por la estaciones en mención es baja, dado que la diferencia en el cuartil 3 y cuartil 1 es baja (rango intercuartílico, 13,2; 14,8; 14,1; 13,4), ver Gráfico 3.2.7-38. Asimismo, se indica que la mediana representa el 48,6 %, 50,3 %, 47,7 % y 45,6 % del nivel máximo permisible diario en las estaciones ubicadas en Tocancipá, Nemocón, Zipaquirá y Cogua respectivamente.

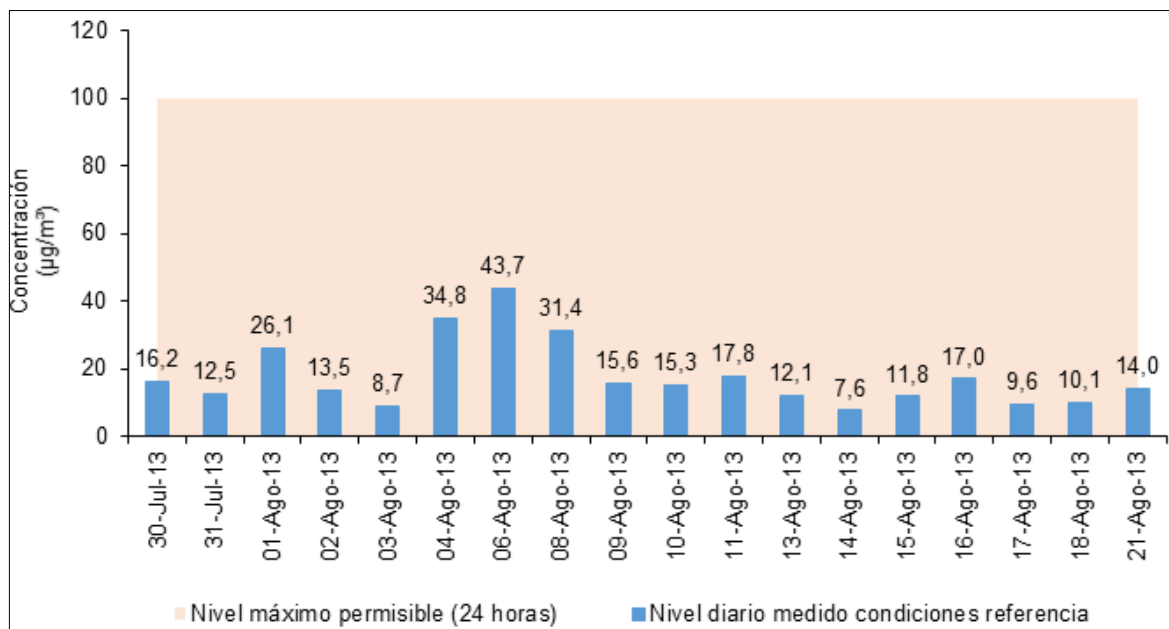
Gráfico 3.2.7-38 Concentración de PM₁₀, estaciones CAR



Fuente: Adaptado de “CAR, 2012” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

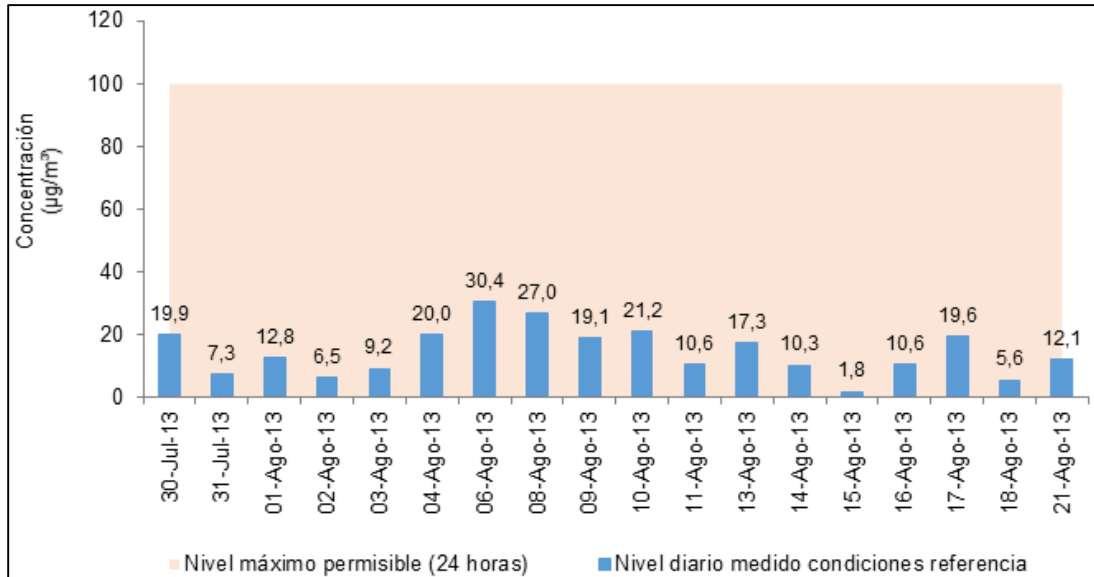
Por otro lado, teniendo en cuenta los monitoreos realizados en el área de influencia del proyecto “Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión” la concentración de material particulado medido como PM₁₀ en las estaciones denominadas ANALQUIM-01, ANALQUIM-02, ANALQUIM-03, ANALQUIM 4 y ANALQUIM-05, durante cada uno de los periodos de monitoreo no excede el nivel máximo permisible diario. Aunque los valores se encuentran por debajo de la norma se indica que hay registros diarios altos, los cuales se presentaron en las fechas del 17 y 18 de febrero de 2014 con valores mayores a 75 µg/m³, en la estación ANALQUIM-04 ubicada en la Finca El Delirio de la vereda San José del municipio de Gachancipá, con una distancia promedio de 200 m, del predio de la subestación eléctrica y aproximadamente a 200 m de la vía interveredal, tal comportamiento posiblemente este influenciado por las características climatológicas de la zona, ya que el monitoreo fue realizado durante un periodo de escasas precipitaciones y por la cercanía a la vía, en la cual se presenta levantamiento de polvo por el tráfico de vehículos, ya que dicha vía se encuentra sin pavimentar.

Gráfico 3.2.7-39 Concentración de PM₁₀, estación ANALQUIM-01



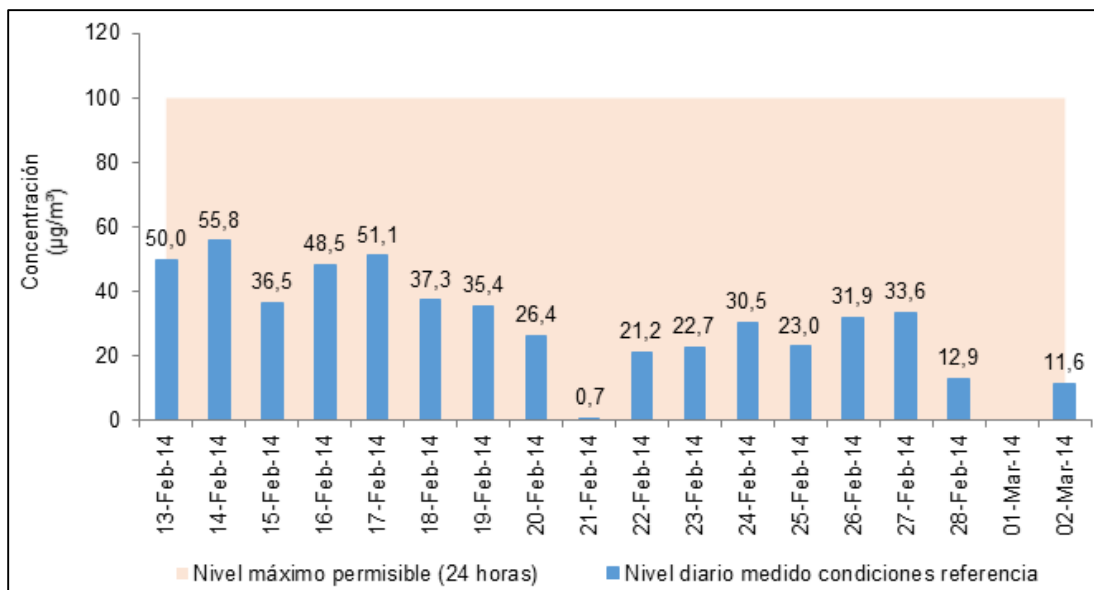
Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2013” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Gráfico 3.2.7-40 Concentración de PM₁₀, estación ANALQUIM-02



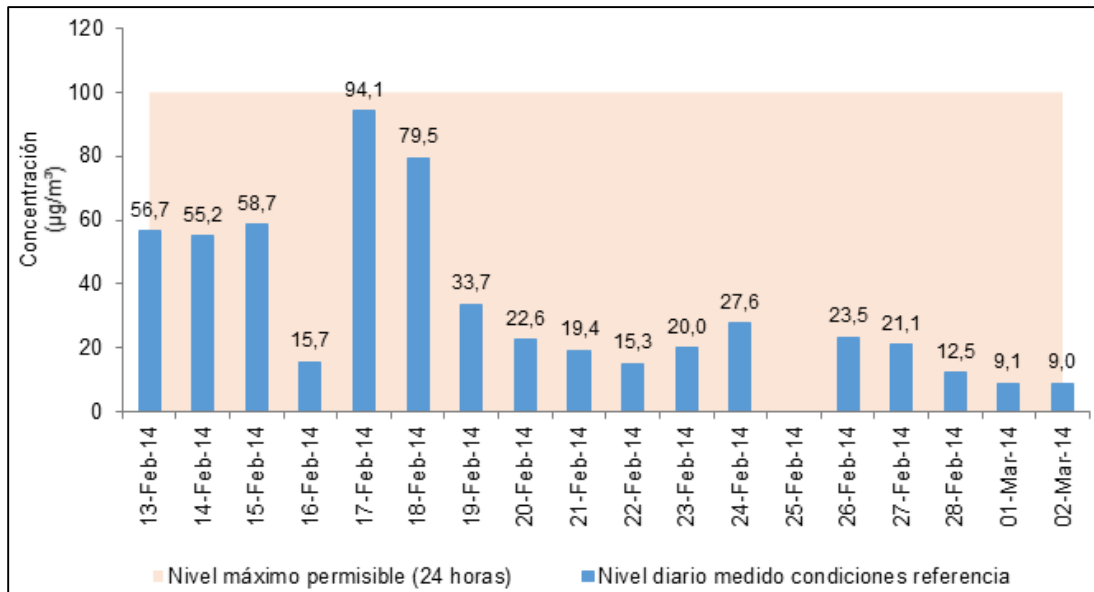
Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2013” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Gráfico 3.2.7-41 Concentración de PM₁₀, estación ANALQUIM-03



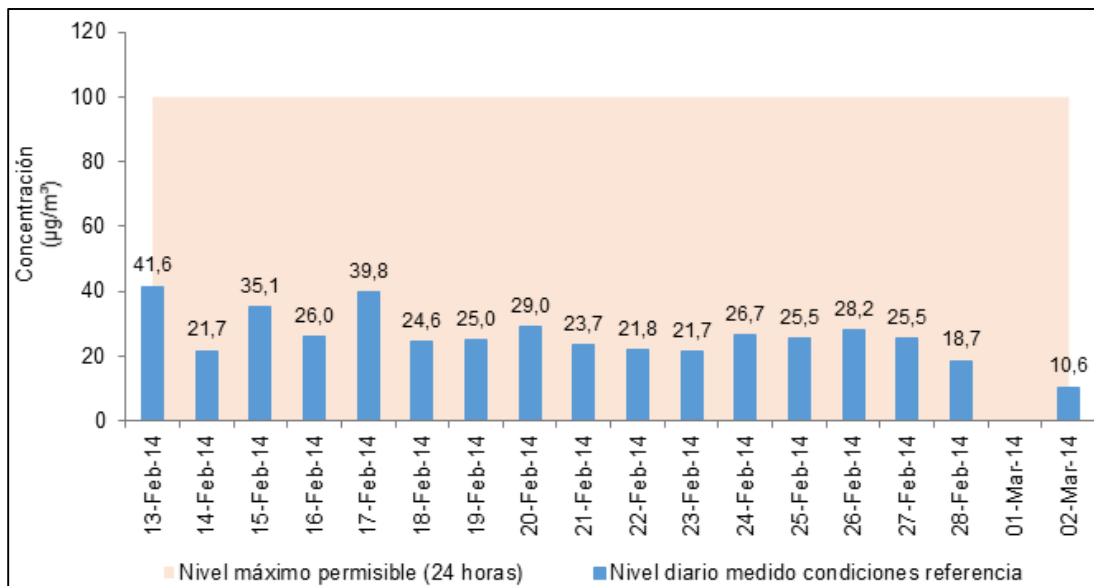
Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Gráfico 3.2.7-42 Concentración de PM₁₀, estación ANALQUIM-04



Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Gráfico 3.2.7-43 Concentración de PM₁₀, estación ANALQUIM-05



Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

En la Tabla 3.2.7-18 se presenta el resumen de la concentración promedio, máxima y mínima obtenida para material particulado expresado como PM_{10} en las estaciones de monitoreo de calidad de aire, de las cuales las operadas por la CAR corresponden al análisis de un año, correspondiente al periodo más reciente y por ende aquel de mayor representatividad para las condiciones actuales del área, junto con las operadas por ANALQUIM a un periodo de 18 días. En general, se observa que los mayores registros se presentan en las estaciones operadas por la CAR, (mayor representatividad respecto a la norma, entre 91 y 97 % del valor normativo), probablemente por estar más cercanas a los centros poblados; sin embargo, no hay superaciones respecto a la norma diaria y anual en ningún caso.

Tabla 3.2.7-18 Concentración de material particulado (PM₁₀)

Estación	Descripción	PM ₁₀ (µg/m ³)					
		Promedio	Representatividad frente a la norma anual	Nivel máximo permisible anual	Máximo	Mínimo	Nivel máximo permisible 24 horas
CAR-01	Tocancipá	47,33	94,7 %	50	65,33	26,95	100
CAR-09	Nemocón, vda. Patio Bonito	48,32	96,6 %	50	72,42	24,75	100
CAR-10	Zipaquirá	45,64	91,3 %	50	62,54	21,86	100
CAR-12	Cogua	44,02	88,0 %	50	58,15	24,35	100
ANALQUIM-01	Centro del Parque Industrial Gran Sabana	17,65	35,3 %	50	43,71	7,6	100
ANALQUIM-02	Sur del Parque Industrial Gran Sabana	14,51	29,0 %	50	30,37	1,85	100
ANALQUIM-03	Área de cultivos a 2 km en dirección este del municipio de Gachancipá	31,12	62,2 %	50	55,78	0,69	100
ANALQUIM-04	200 m del predio de la subestación en el municipio de Gachancipá	33,75	67,5 %	50	94,12	9,04	100
ANALQUIM-05	Zona rural del municipio de Cogua	26,19	52,4 %	50	41,58	10,60	100

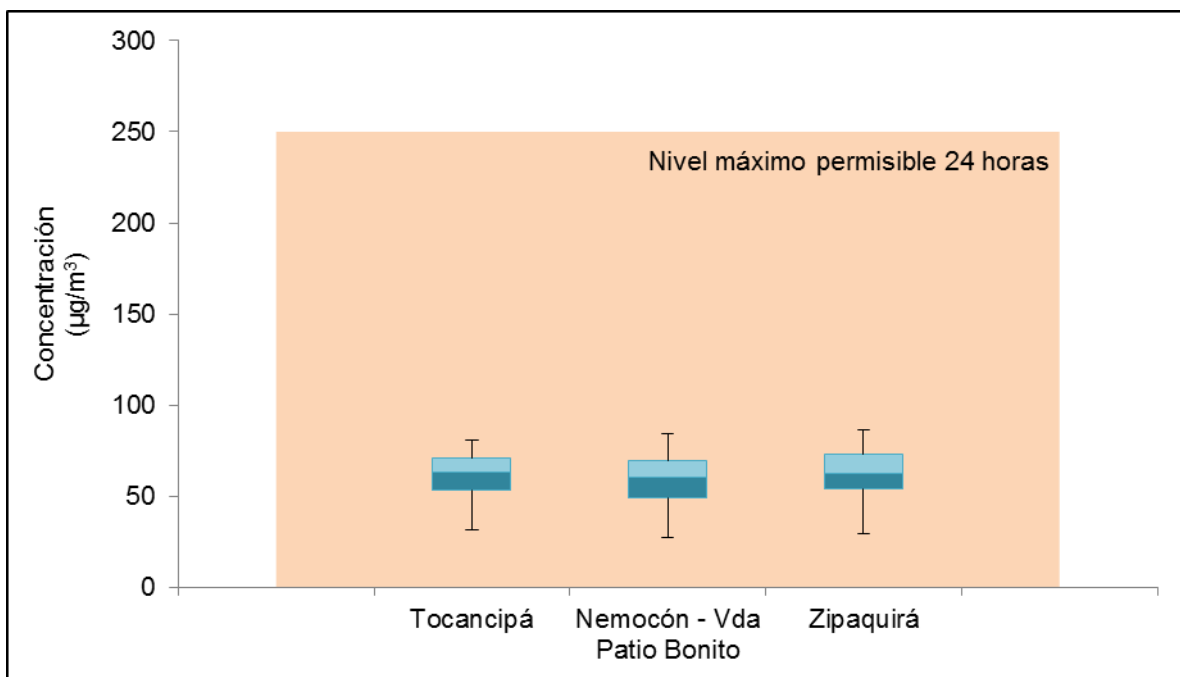
Fuente: Adaptado de “CAR & ANALQUIM, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

- **Dióxido de azufre SO₂**

El dióxido de azufre (SO₂) es un gas incoloro con un característico olor asfixiante, que con el tiempo se puede convertir en una sustancia reductora, en contacto con el aire y la humedad se convierte en trióxido de azufre. Los dióxidos son generados por el uso de combustibles fósiles como carbón, aceites combustibles y petróleo sin refinar, además de la fundición de minerales sulfurados. Estos óxidos al entrar en contacto con las lluvias y la humedad en el aire forman disoluciones ácidas que son corrosivas a las plantas y contaminan las fuentes de agua dulce.

La CAR mide SO₂ en las estaciones ubicadas en el municipio de Tocancipá (CAR-01), Nemocón (CAR-09) y Zipaquirá (CAR-10), en estas estaciones se evidencia que durante el año 2012 (periodo más reciente y por ende el analizado) no hubo superaciones respecto al nivel máximo permisible diario; así mismo, se indica que la variabilidad entre los datos reportados por la estaciones en mención es baja, dado que la diferencia en el cuartil 3 y cuartil 1 es bajo (rango intercuartílico, 17,9; 20,8; 19,0), ver Gráfico 3.2.7-44. Así mismo, se indica que la media representa el 25,2 %, 24,2 % y 25,2 % del nivel máximo permisible diario en las estaciones ubicadas en Tocancipá, Nemocón y Zipaquirá.

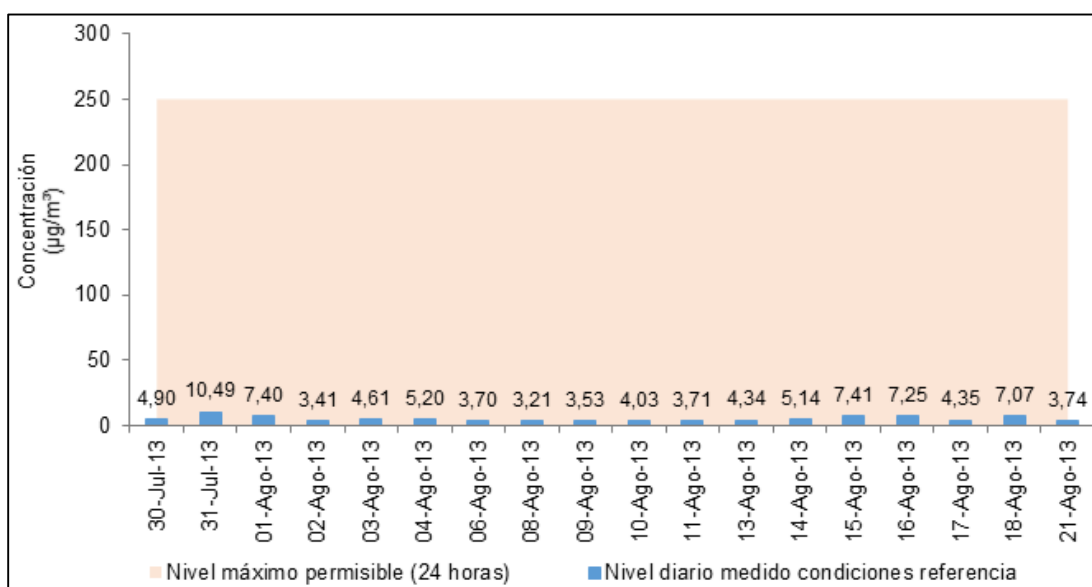
Gráfico 3.2.7-44 Concentración de SO₂, estaciones CAR



Fuente: Adaptado de “CAR, 2012” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

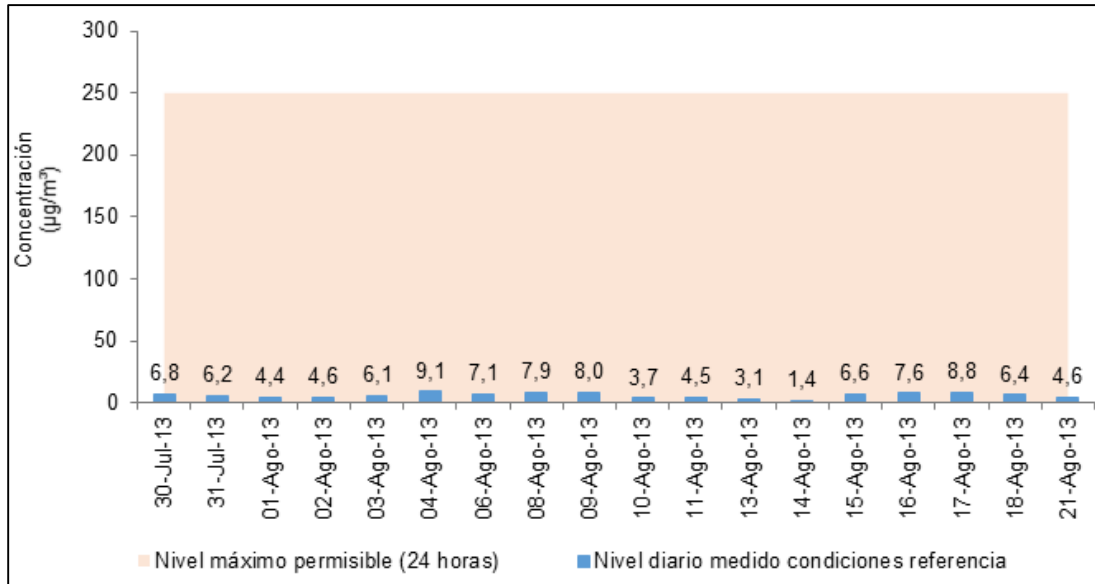
La concentración de dióxido de azufre en las estaciones denominadas ANALQUIM-01, ANALQUIM-02, ANALQUIM-03, ANALQUIM 4 y ANALQUIM-05 se relacionan del Gráfico 3.2.7-45 al Gráfico 3.2.7-49, particularmente en el Gráfico 3.2.7-47 al Gráfico 3.2.7-49 se observa que las concentraciones están por debajo del límite de detección del método utilizado para el análisis. El comportamiento para este parámetro obedece a que en los puntos en los cuales se instalaron las estaciones no hay aportes significativos de este contaminante por industrias que utilicen combustible con gran contenido de azufre.

Gráfico 3.2.7-45 Concentración de SO₂, estación ANALQUIM-01



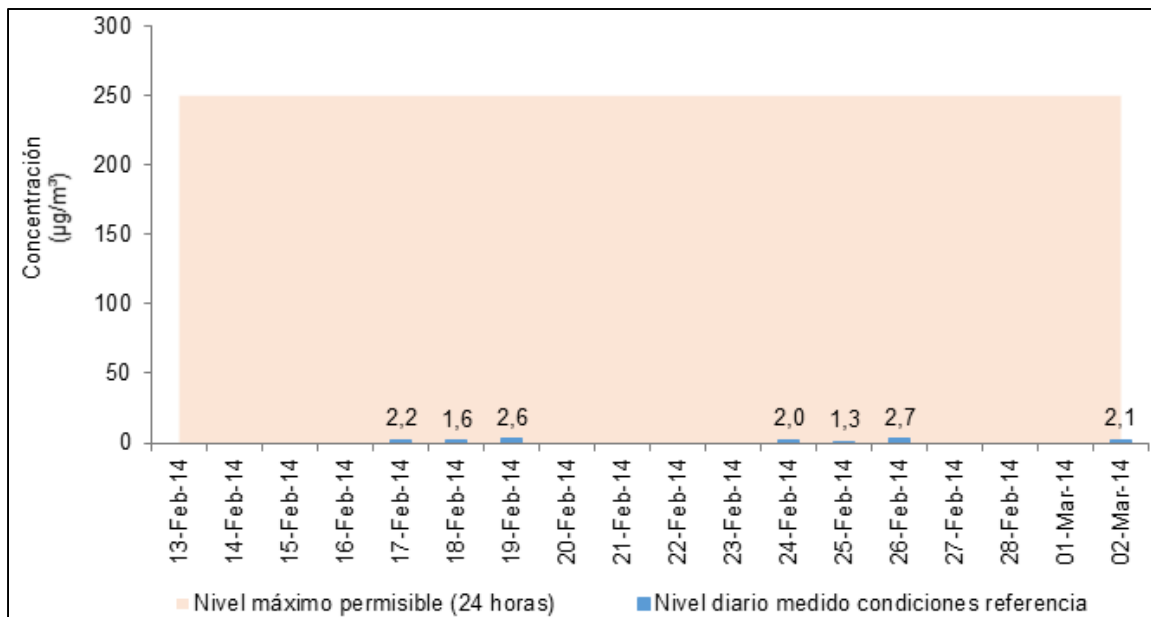
Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2013” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Gráfico 3.2.7-46 Concentración de SO₂, estación ANALQUIM-02



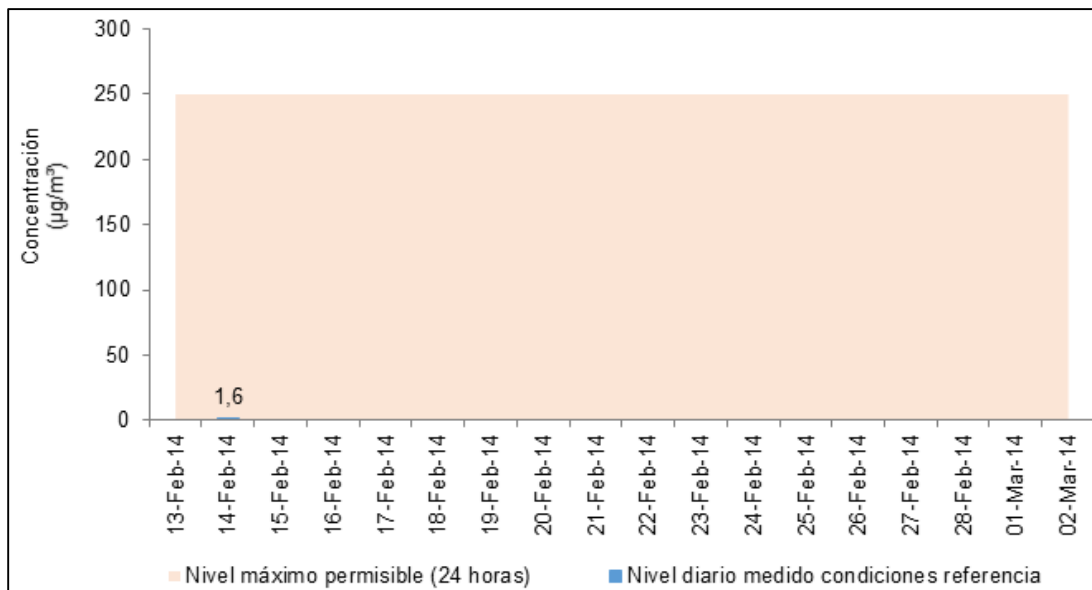
Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2013” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Gráfico 3.2.7-47 Concentración de SO₂, estación ANALQUIM-03



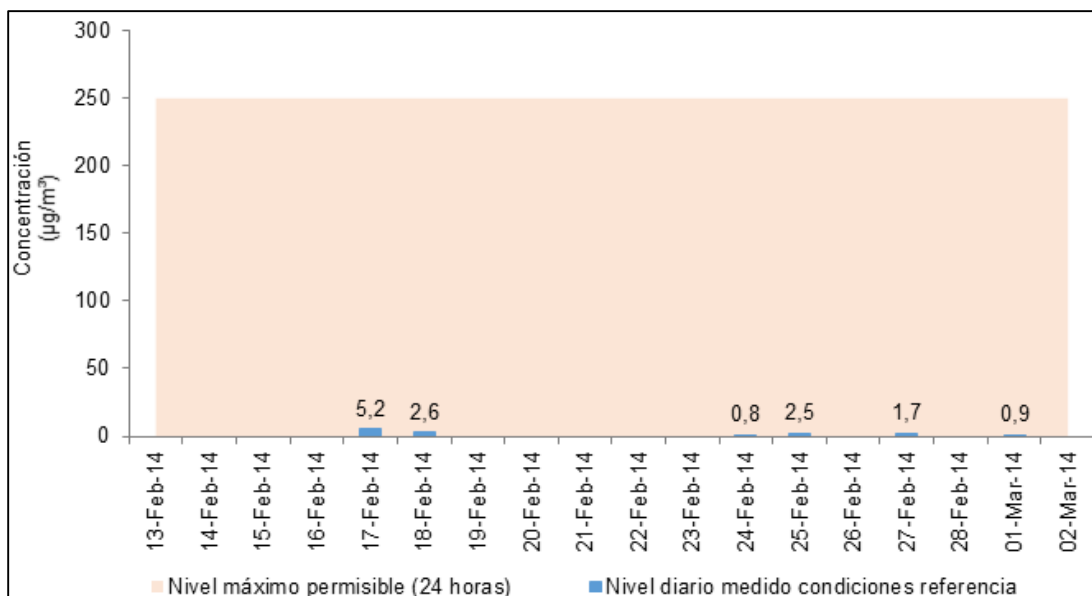
Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Gráfico 3.2.7-48 Concentración de SO₂, estación ANALQUIM-04



Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Gráfico 3.2.7-49 Concentración de SO₂, estación ANALQUIM-05



Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

En la Tabla 3.2.7-19 se presenta el resumen de la concentración promedio, máxima y mínima para dióxido de azufre obtenido en las estaciones de monitoreo de calidad de aire, de los cuales las operadas por la CAR corresponden al análisis del año 2012, debido a que es el periodo más reciente. Por otro lado, las operadas por ANALQUIM corresponden a un periodo de 18 y 21 días para el monitoreo desarrollado en 2013 y 2014, respectivamente. En general, se observa que los mayores registros se presentan en las operadas por la CAR (mayor representatividad respecto a la norma, entre 74 y 78 % del valor normativo), probablemente por estar más cercanas a los centros poblados; sin embargo, no hay superaciones respecto a la norma diaria y anual en ningún caso. Vale aclarar que en algunos casos las muestras recolectadas se encuentran por debajo del límite de detección, esto de acuerdo con el método utilizado para el análisis, es por ello que no se presentan algunos resultados.

Tabla 3.2.7-19 Concentración de dióxido de azufre (SO₂)

Estación	Descripción	SO ₂ (µg/m ³)					
		Promedio	Representatividad frente a la norma anual	Nivel máximo permisible anual	Máximo	Mínimo	Nivel máximo permisible 24 horas
CAR-01	Tocancipá	61,72	77,2 %	80	81,23	31,49	250
CAR-09	Nemocón, vda. Patio Bonito	59,57	74,5 %	80	84,36	27,62	250
CAR-10	Zipaquirá	62,69	78,4 %	80	86,39	29,85	250
ANALQUIM-01	Centro del Parque Industrial Gran Sabana	<5,19	6,5 %	80	<10,49	<3,21	250
ANALQUIM-02	Sur del Parque Industrial Gran Sabana	<5,94	7,4 %	80	<9,05	<1,39	250
ANALQUIM-03	Área de cultivos a 2 km en dirección este del municipio de Gachancipá	<0,81	1,0 %	80	<2,65	ND	250
ANALQUIM-04	200 m del predio de la subestación en el municipio de Gachancipá	<0,09	0,1 %	80	<1,59	ND	250
ANALQUIM-05	Zona rural del municipio de Cogua	<0,76	1,0 %	80	<5,16	ND	250

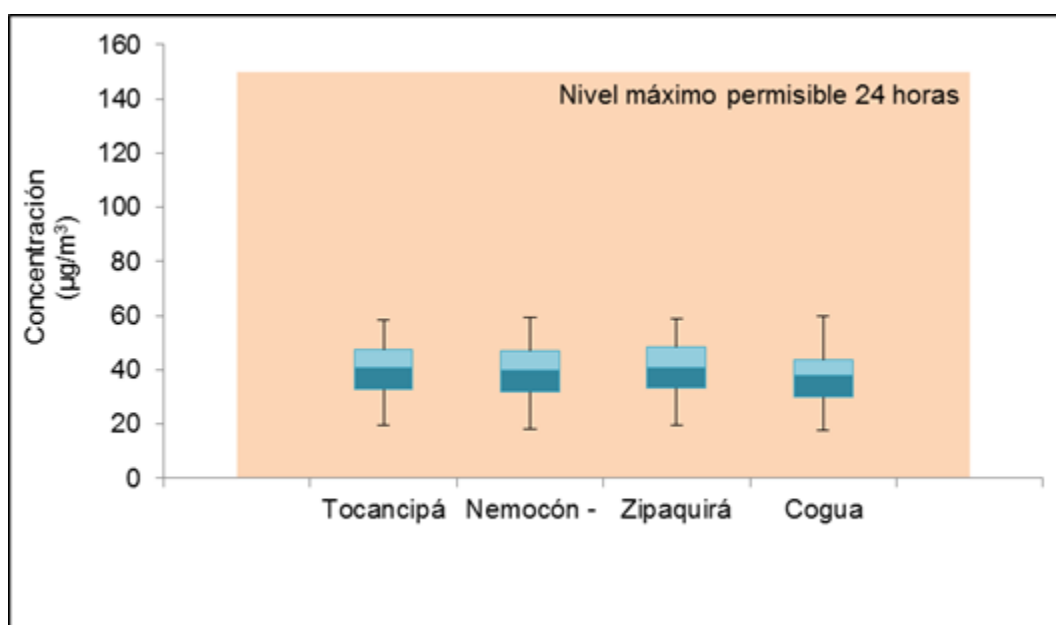
Fuente: Adaptado de “CAR & ANALQUIM, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

- **Dióxido de nitrógeno NO₂**

Los óxidos de nitrógeno son gases entre amarillentos y marrones, corresponden a subproductos en los procesos de combustión a alta temperaturas donde se combinan el nitrógeno y el oxígeno presentes en el aire para producir óxido nítrico que posteriormente se oxida a óxido nitroso. Las principales fuentes generadoras de este contaminante son motores de vehículos, maquinaria y plantas generadoras. Los óxidos de nitrógeno pueden provocar irritación del sistema respiratorio y ocular. A largo plazo, los principales efectos pueden ser un desarrollo pulmonar más lento en los niños y la aparición de enfermedades respiratorias crónicas y cerebrovasculares.

La CAR mide NO₂ en las estaciones ubicadas en el municipio de Tocancipá (CAR-01), Nemocón (CAR-09), Zipaquirá (CAR-10) y Cogua (CAR-12), en estas estaciones se evidencia que durante el periodo más reciente, es decir el año 2012 y el cual fue analizado, no hubo superaciones respecto al nivel máximo permisible diario, así mismo se indica que la variabilidad entre los datos reportados por la estaciones en mención es baja dado que la diferencia en el cuartil 3 y cuartil 1 es bajo (rango intercuartílico, 14,8; 15,4; 1,3; 14,11), véase el Gráfico 3.2.7-50. Así mismo, se indica que la media representa el 27,1 %, 26,6 %, 27,3 % y 25,2 % del nivel máximo permisible diario en la estación ubicada en Tocancipá, Nemocón, Zipaquirá y Cogua.

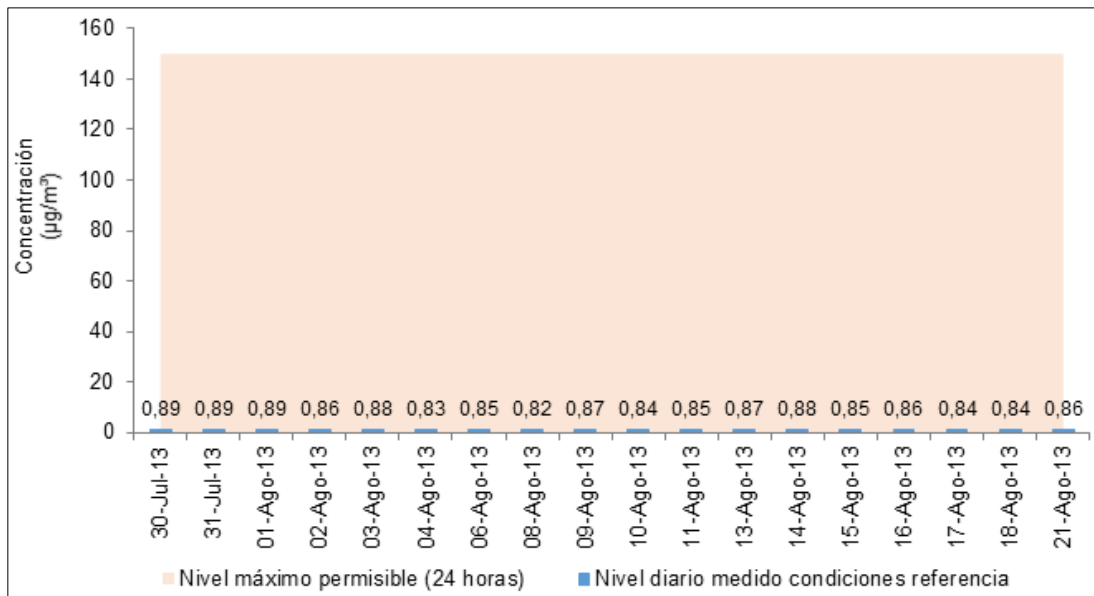
Gráfico 3.2.7-50 Concentración de NO₂, estaciones CAR



Fuente: Adaptado de “CAR, 2012” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

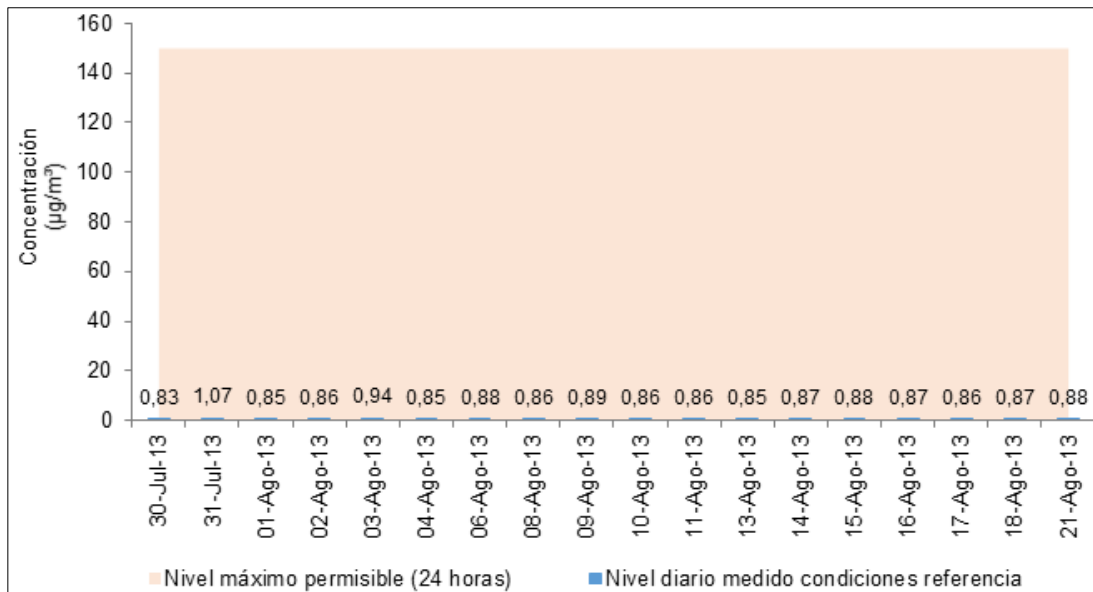
La concentración de dióxido de nitrógeno en las estaciones denominadas ANALQUIM-01, ANALQUIM-02, ANALQUIM-03, ANALQUIM 4 y ANALQUIM-05, se presenta en los siguientes gráficos y está expresado como menor al valor reportado. Así mismo, se observa en los gráficos que la concentración es ligeramente superior para el monitoreo desarrollado en el mes de febrero del año 2014 (estaciones denominadas ANALQUIM-03, ANALQUIM 4 y ANALQUIM-05), posiblemente debido a las condiciones meteorológicas del área de monitoreo. Sin embargo, cabe aclarar que no se excede el valor de referencia normativo diario.

Gráfico 3.2.7-51 Concentración de NO₂, estación ANALQUIM-01



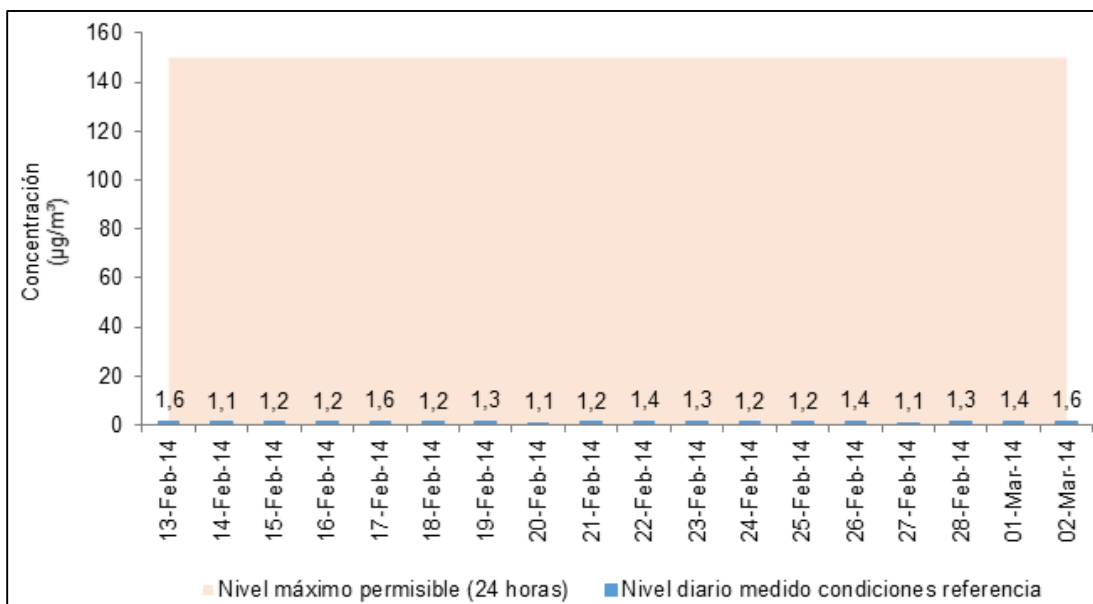
Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2013” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Gráfico 3.2.7-52 Concentración de NO₂, estación ANALQUIM-02



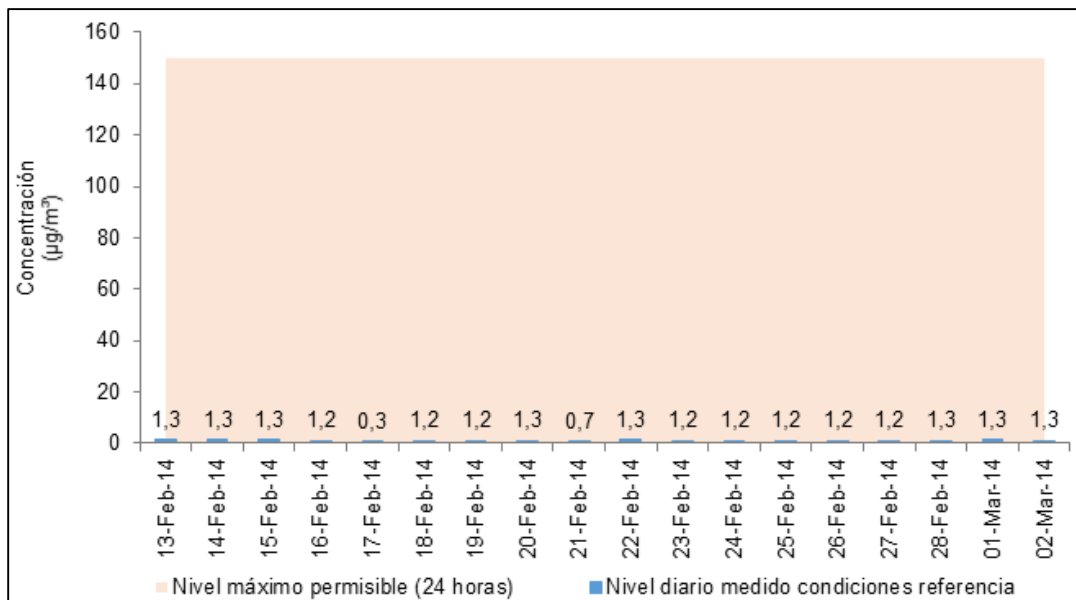
Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2013” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Gráfico 3.2.7-53 Concentración de NO₂, estación ANALQUIM-03



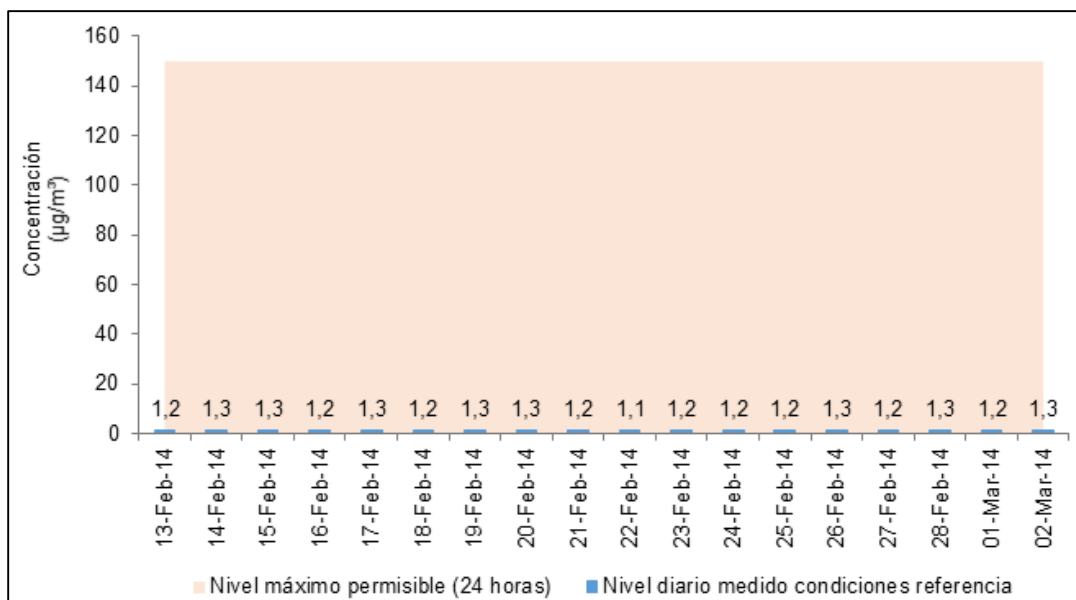
Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Gráfico 3.2.7-54 Concentración de NO₂, estación ANALQUIM-04



Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Gráfico 3.2.7-55 Concentración de NO₂, estación ANALQUIM-05



Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

En la Tabla 3.2.7-20 se presenta el resumen de la concentración promedio, máxima y mínima para dióxido de nitrógeno obtenido en las estaciones de monitoreo de calidad de aire, los datos de la CAR corresponden al análisis del año 2012 por el ser el periodo más cercano y, por ende, más representativo. Por otro lado, los datos de ANALQUIM corresponden a un periodo de 18 y 21 días para los monitoreos desarrollados en 2013 y 2014, respectivamente*. En general se observa que los mayores registros se presentan en las estaciones operadas por la CAR (mayor representatividad respecto a la norma, entre 37 y 40 % del valor normativo), probablemente por estar más cercanas a los centros poblados; sin embargo, no hay superaciones respecto a la norma diaria y anual en ningún caso. Cabe aclarar que algunos de los registros obtenidos en las estaciones operadas por ANALQUIM se encuentran por debajo del límite de detección del método utilizado para el análisis.

* Los monitoreos se desarrollaron de acuerdo con lo requerido en los términos de referencia del proyecto, donde establece que el periodo no puede ser menor a 18 días.

Tabla 3.2.7-20 Concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂)

Estación	Descripción	NO ₂ (µg/m ³)					
		Promedio	Representatividad frente a la norma anual	Nivel máximo permisible anual	Máximo	Mínimo	Nivel máximo permisible 24 horas
CAR-01	Tocancipá	37,39	37,4 %	100	59,62	17,61	150
CAR-09	Nemocón, vda. Patio Bonito	39,41	39,4 %	100	59,22	18,32	150
CAR-10	Zipaquirá	40,44	40,4 %	100	59,07	19,77	150
CAR-12	Cogua	40,04	40,0 %	100	58,29	19,55	150
ANALQUIM-01	Centro del Parque Industrial Gran Sabana	<0,86	0,9 %	100	<0,89	<0,82	150
ANALQUIM-02	Sur del Parque Industrial Gran Sabana	<0,88	0,9 %	100	<1,07	<0,83	150
ANALQUIM-03	Área de cultivos a 2 km en dirección este del municipio de Gachancipá	<1,30	1,3 %	100	<1,63	<1,09	150
ANALQUIM-04	200 m del predio de la subestación en el municipio de Gachancipá	<1,16	1,2 %	100	<1,35	<0,29	150
ANALQUIM-05	Zona rural del municipio de Cogua	<1,25	1,3 %	100	<1,35	<1,14	150

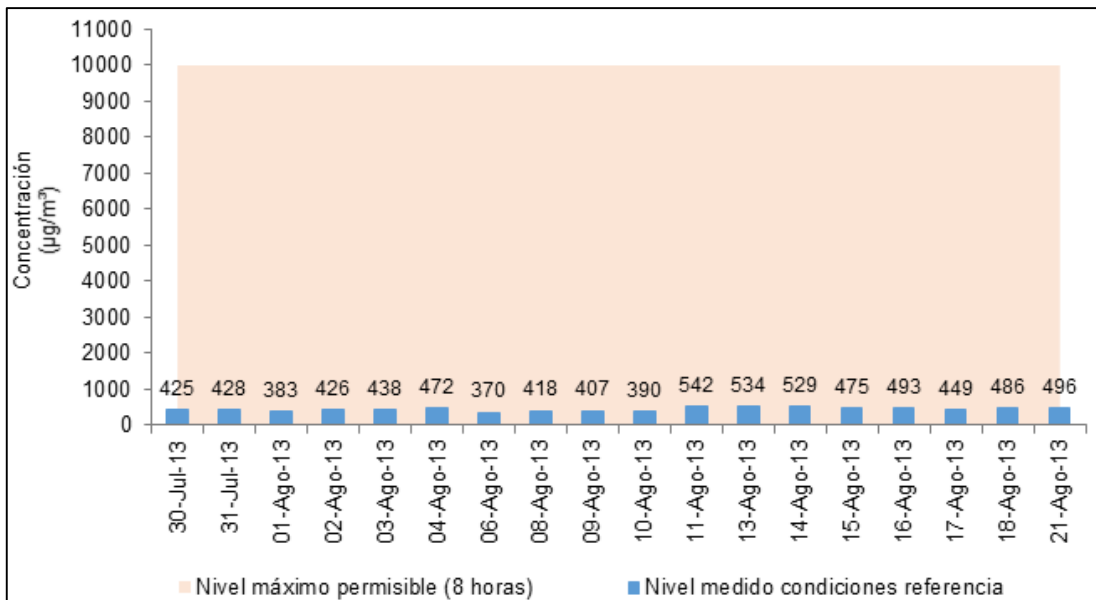
Fuente: Adaptado de “CAR & ANALQUIM, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

- **Monóxido de carbono**

Las concentraciones de monóxido de carbono se analizan con los resultados de los monitoreos de 18 días realizados por ANALQUIM en 2013 y 2014, ya que las estaciones de monitoreo de CAR no presentan registros de estos parámetros.

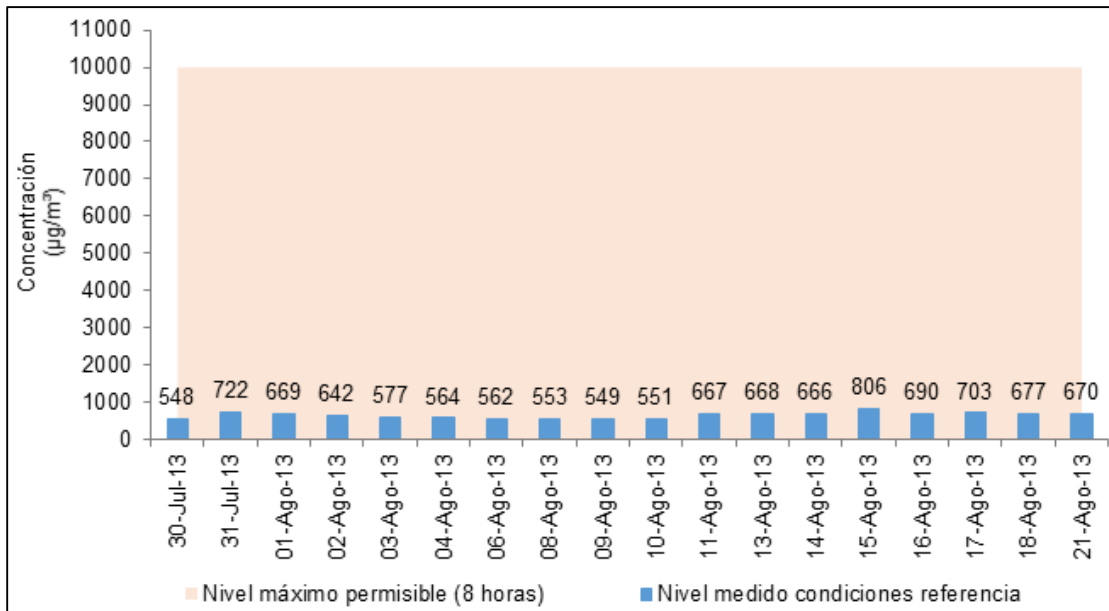
La concentración de monóxido de carbono en las estaciones denominadas ANALQUIM-01 y ANALQUIM-02, ANALQUIM-03, ANALQUIM 4 y ANALQUIM-05 presentó valores inferiores a 0,1 ppm (ver Gráfico 3.2.7-56 al Gráfico 3.2.7-60). Esto se debe en gran medida a que las zonas evaluadas se encuentran en campo abierto, donde la influencia de fuentes generadoras de este contaminante es mínima. Asimismo, los picos que se presentan en las estaciones ANALQUIM-03, ANALQUIM-04 y ANALQUIM-05 probablemente son producto del tránsito de vehículos por las vías cercanas a los puntos de monitoreo.

Gráfico 3.2.7-56 Concentración de CO, estación ANALQUIM-01



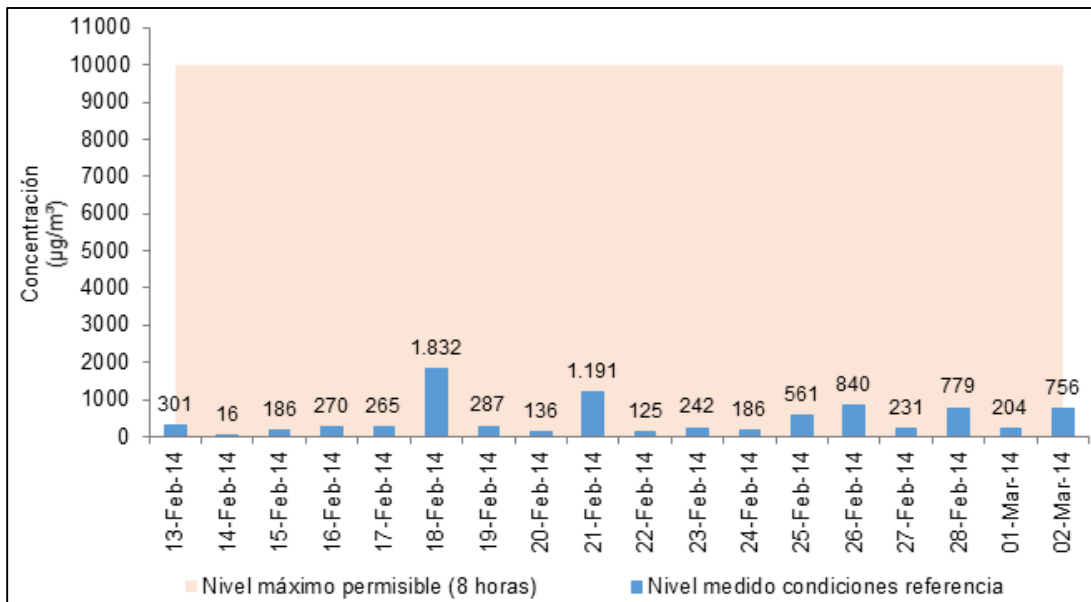
Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2013” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Gráfico 3.2.7-57 Concentración de CO, estación ANALQUIM-02



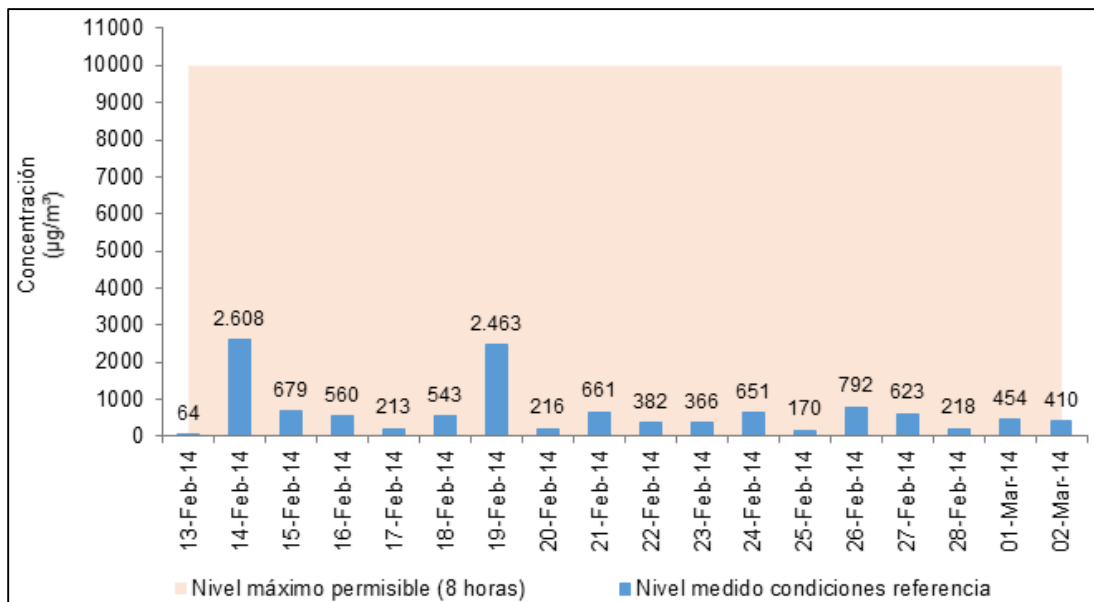
Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2013” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Gráfico 3.2.7-58 Concentración de CO, estación ANALQUIM-03



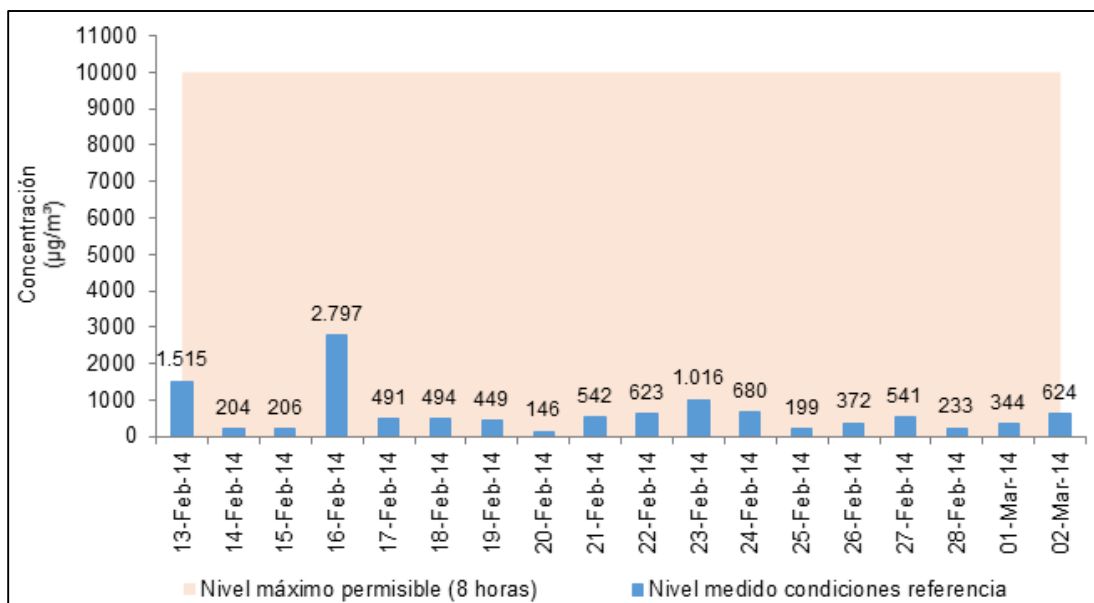
Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Gráfico 3.2.7-59 Concentración de CO, estación ANALQUIM-04



Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Gráfico 3.2.7-60 Concentración de CO, estación ANALQUIM-05



Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

En la Tabla 3.2.7-21 se presenta el resumen de la concentración promedio, máxima y mínima de monóxido de carbono obtenido en las estaciones de monitoreo de calidad de aire; se observa que los niveles son bajos, no representan riesgo para la salud de los pobladores.

Tabla 3.2.7-21 Concentración de Monóxido de Carbono (CO)

Estación	Descripción	CO (µg/m³)			
		Promedio	Nivel máximo permisible anual	Máximo	Mínimo
ANALQUIM-01	Centro del Parque Industrial Gran Sabana	453	10000	542	370
ANALQUIM-02	Sur del Parque Industrial Gran Sabana	638	10000	805	548
ANALQUIM-03	Área de cultivos a 2 km en dirección este del municipio de Gachancipá	467	10000	1832	16
ANALQUIM-04	200 m del predio de la subestación en el municipio de Gachancipá	671	10000	2608	64
ANALQUIM-05	Zona rural del municipio de Cogua	638	10000	2797	146

Fuente: Adaptado de “ANALQUIM, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

El objetivo de los monitoreos relacionados anteriormente fue evaluar el estado de la calidad del aire de la zona donde se desarrollará el proyecto. Con base en estos se concluye que de los parámetros analizados (PST, PM₁₀, SO₂, NO₂ y CO) no superan los niveles máximos permisibles, de acuerdo con lo establecido en la Resolución 610 de 2010.

3.2.7.3 Ruido

A Fuentes de generación de ruido existentes en la zona

En esta sección se hace una descripción de las fuentes de ruido identificadas sobre el área de influencia directa e indirecta.

I Fuentes de origen natural

Las fuentes de origen natural están asociadas a los cuerpos de agua superficiales y la fauna presente en el área cercana al proyecto, los cuales se describen en el capítulo de hidrología y ecosistemas terrestres del presente estudio.

II Fuentes de origen antropogénico

Las fuentes de origen antropogénico están asociadas a actividades tales como transporte, operación y/o construcción, las cuales varían según el dinamismo de las empresas como el Parque Industrial Gran Sabana, Quala S.A., Lucta S.A., Gerdau Diaco, Bavaria S.A., Zika S.A., Aga Fano S.A., Planta y Mina Peldar, Parque Industrial PREBUILD, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, municipio de Gachancipá, doble calzada BTS, Lavadora de Arenas San Luis y Minagar las cuales fueron descritas en el literal 3.2.7.2A de la sección 3.2.7.2, específicamente en la Tabla 3.2.7-9 y Tabla 3.2.7-11. Asimismo, se incluye la empresa Sidenal, que no se incluyó como fuente generadora de gases y/o partículas, dadas las características de la misma.

- **Sidenal**

La empresa Siderúrgica Nacional (Sidenal) se ubica en la parte sur del proyecto, con su centro en el par de coordenadas 1039762,7 N y 1014477,8 E, cerca al corredor Norte-Gran Sabana, sobre esta zona el mayor aporte está asociado al ruido producido por la demolición, ya que la empresa se dedica a la fabricación de productos de acero resistentes a sismos para el sector de la construcción y la industria metalmecánica, ver Fotografía 3.2.7-23.

Fotografía 3.2.7-23 Localización y entrada de la empresa SIDENAL



Fuente: Adaptado de “Google Earth, 2013” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Además hay generación de ruido:

- En el tramo en el cual se está construyendo la doble calzada Briceño-Tunja-Sogamoso (BTS), por la maquinaria pesada.
- Por el tráfico de vehículos de transporte público y privado, principalmente sobre la Autopista que comunica a los municipios de Tocancipá y Gachancipá con Bogotá D.C. y sobre la vía Peldar

B Ubicación cartográfica de los asentamientos poblacionales, las viviendas y la infraestructura social

Las veredas presentes en el área de influencia directa del proyecto se presentan en la Tabla 3.2.7-22, en la tabla en mención se asocian las veredas pertenecientes a cada corredor indicando también el municipio al que pertenecen. En total se cuentan con veintitrés (23) veredas. Este ítem hace referencia a los mismos asentamientos poblacionales, viviendas e infraestructura social que se indicaron en el literal 3.2.7.2B de la sección 3.2.7.2. Asimismo, la distribución cartográfica se presenta en la Figura 3.2.7-10.

Tabla 3.2.7-22 Relación de veredas y corredores del área de influencia

Corredor	Vereda	Municipio	Corredor	Vereda	Municipio
Norte-Gran Sabana	San Martín	Gachancipá	Norte-Zipacquirá	Mortioño	Cogua
	San José			El Tunal	Zipacquirá
	El Roble Centro			El Porvenir	Tocancipá

Corredor	Vereda	Municipio
	Esmeralda	Tocancipá
	Canavita	
	Tibitoc	
	Verganzo	
	Centro Urbano	
Norte-Sesquilé	Palmira	Suesca
	San José	Gachancipá
	Boita	Sesquilé
	Chaleche	

Corredor	Vereda	Municipio
	San José	Gachancipá
	La Fuente	Tocancipá
Ramal Zipaquirá-Ubaté	Oratorio	Nemocón
	Casa Blanca	
	La Puerta	
	Agua Clara	
	Patio Bonito	Zipaquirá
El Tunal		

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

C Normatividad aplicable

El entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy MADS) estableció mediante la Resolución 0627 de 2006 los valores máximos permisibles para ruido ambiental, de acuerdo con el sector, tal como se relaciona en la Tabla 3.2.7-23. Así, en la tabla en mención se resaltan los límites a tener en cuenta en las áreas de influencia de acuerdo con el uso del suelo.

Tabla 3.2.7-23 Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles dB(A)

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Diurno	Nocturno
Sector A. Tranquilidad y silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos	55	45
Sector B. Tranquilidad y ruido moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	50
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre		
Sector C. Ruido intermedio restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	70

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Diurno	Nocturno
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	55
	Zonas con usos permitidos de oficinas	65	50
	Zonas con usos institucionales		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales.	80	70
Sector D. Zona suburbana o rural de tranquilidad y ruido moderado	Residencial suburbana	55	45
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales		

Se resaltan los límites aplicables a las zonas donde se realizó monitoreo

Fuente: Adaptado de “Resolución 627 de MAVDT¹⁴, 2006” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

D Presentación y análisis de resultados monitoreo ruido ambiental local

I Localización puntos de monitoreo

El análisis de ruido ambiental se desarrolla estableciendo doce (12) puntos de monitoreo distribuidos sobre el área de influencia del proyecto. Los monitoreos los efectuó la Corporación Integral del Medio Ambiente (CIMA) los días 20, 22 y 23 de abril de 2014. En la Tabla 3.2.7-24 y Figura 3.2.7-12 se presentan las coordenadas y la distribución espacial de los puntos de monitoreo de ruido ambiental.

En el Anexo 3-10 se presenta el estudio de ruido ambiental, registro fotográfico de la actividad de muestreo y los soportes de calibración de equipos.

¹⁴ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 627 (7, abril, 2006). Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. Bogotá D.C. El Ministerio, 2006. p. 31.

Tabla 3.2.7-24 Localización puntos de monitoreo ruido ambiental

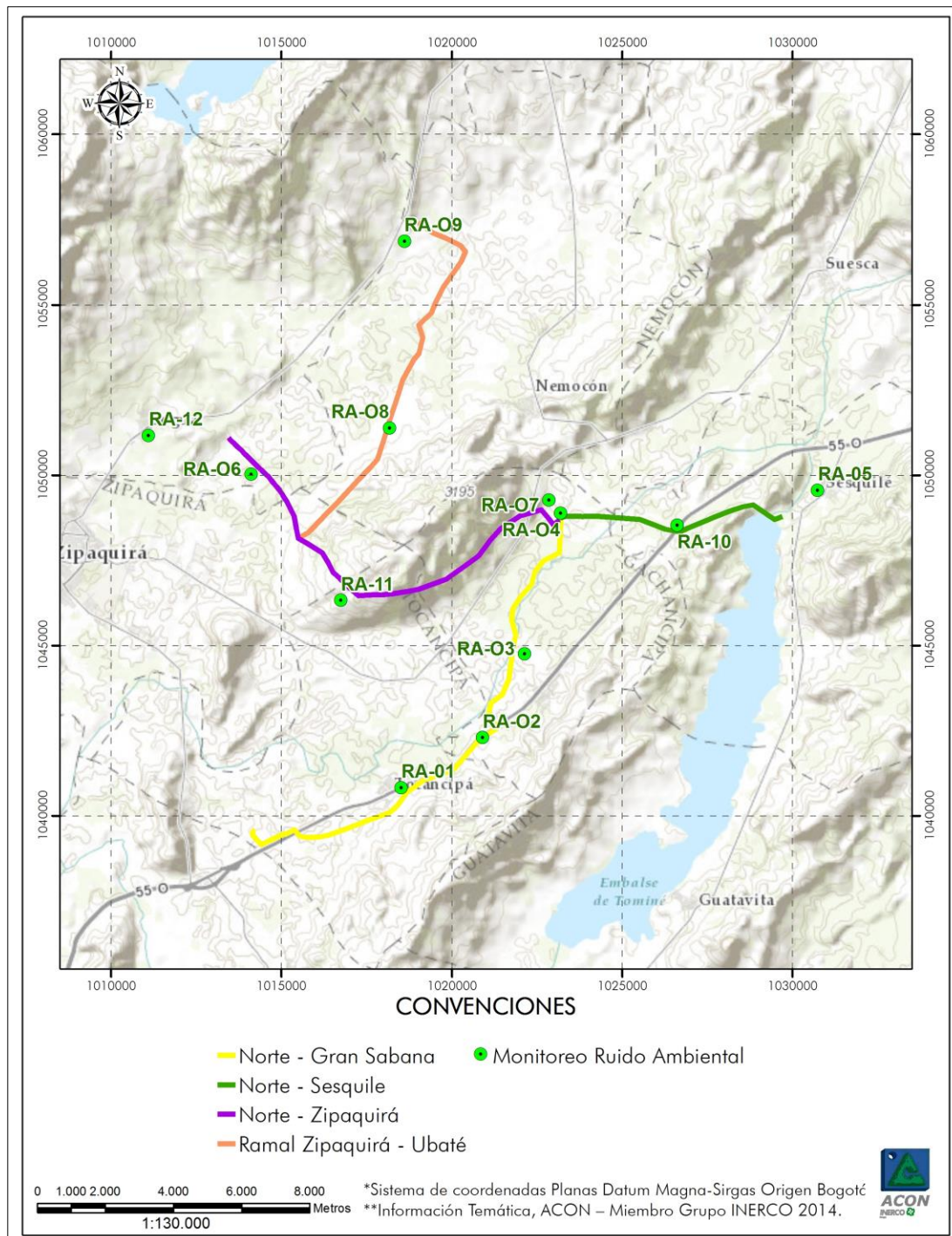
Punto	Ubicación	Municipio	Fecha de monitoreo	Coordenadas Datum MAGNA-SIRGAS Origen Bogotá		Elevación (m s.n.m.)
				Este	Norte	
RA-O1	Municipio de Tocancipá	Tocancipá	20, 22 y 23 de abril de 2014	1129432	1040940	2568
RA-O2	Viviendas vía Tocancipá-Gachancipá (vereda El Roble, Gachancipá)	Gachancipá		1020912	1042300	2569
RA-O3	Área rural de Gachancipá (vereda San Martín, Gachancipá)	Gachancipá		1022144	1044761	2561
RA-O4	Predio Subestación (vereda San José, Gachancipá)	Gachancipá		1023199	1048886	2566
RA-O5	Municipio Sesquilé	Sesquilé		1030746	1049565 2	2573
RA-O6	Vía Peldar (vereda Mortino, Cogua)	Cogua		1014109	1050036	2567
RA-O7	Predio Subestación (vereda San José, Gachancipá)	Gachancipá		1022860	1049273	2566
RA-O8	Vía Nemocón (vereda La Puerta, Nemocón)	Nemocón		1018180	1051392	2572
RA-O9	Aposentos (vereda Casa Blanca, Nemocón)	Nemocón		1018613	1056875	2642
RA-10	Vía Gachancipá-Sesquilé (vereda Boitá, Sesquilé)	Sesquilé		1026621	1048534	2583
RA-11	(vereda El Porvenir, Zipaquirá)	Zipaquirá		1016749	1046329	2802

 INGENIERÍA & DISEÑO S. A.			ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Capítulo 3. Caracterización del área de influencia del proyecto CONTRATO 5700004954
Codensa es una empresa del Grupo Enel			

Punto	Ubicación	Municipio	Fecha de monitoreo	Coordenadas Datum MAGNA-SIRGAS Origen Bogotá		Elevación (m s.n.m.)
				Este	Norte	
RA-12	Municipio de Cogua	Cogua		1011102	1051169	2616

Fuente: Adaptado de “CIMA, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Figura 3.2.7-12 Distribución espacial puntos de monitoreo ruido ambiental



Fuente: Adaptado de “CIMA, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

II Resultados

Los puntos de monitoreo denominados RA-01, RA-02, RA-06, RA-08, RA-09 y RA-10 se encuentran ubicados en zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales; y los puntos de monitoreo denominados RA-03, RA-04, RA-05, RA-07, RA-11 y RA-12 se encuentran ubicados en zona de uso residencial suburbana y rural habitada destinada a explotación agropecuaria.

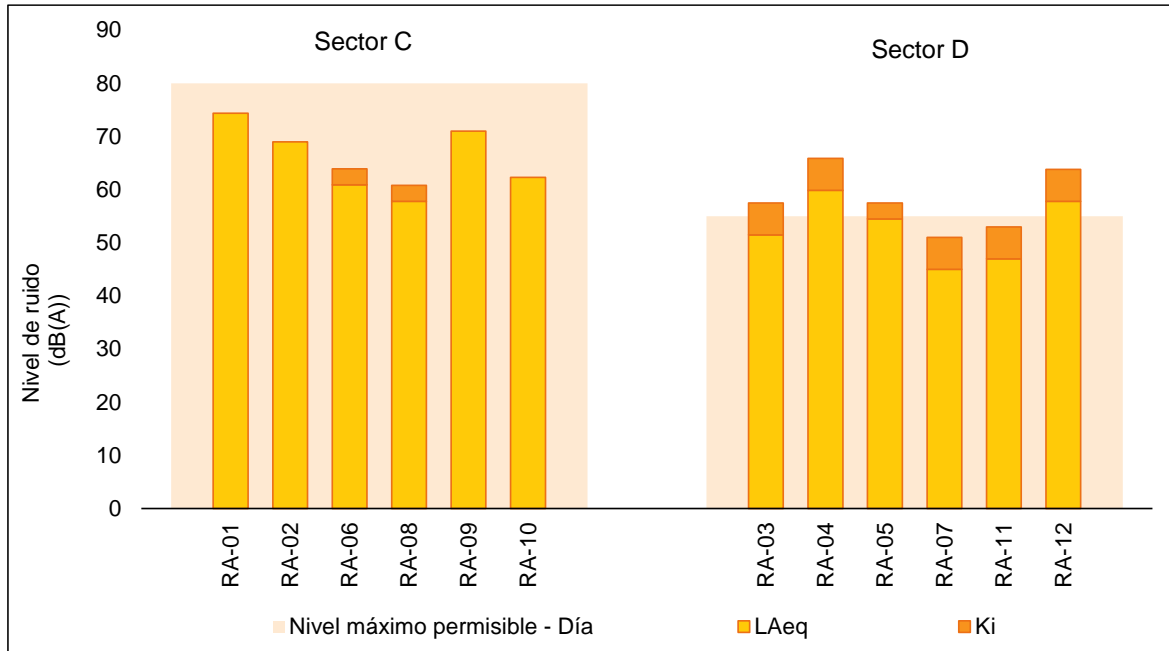
Asimismo, cabe aclarar que las principales fuentes de emisión de ruido en el momento del monitoreo son de origen antropogénico, camiones, vehículos, motos en los puntos cercanos a las vías o troncales; mientras que en las zonas rurales o suburbanas predominan los focos de emisión asociados a actividades como la ganadería, y de origen natural, por animales domésticos y de granja.

- **Día hábil**

En el Gráfico 3.2.7-61 se ilustran los niveles de ruido ambiental diurno registrados durante el día hábil en las dos zonas estudiadas en el área de influencia del proyecto (vías arterias y áreas suburbana y rural). Los niveles de ruido ambiental diurno día hábil en las vías, es decir, sector C, no exceden el nivel máximo permisible, todos los puntos se encuentran por debajo del 80 dB(A).

Respecto a los niveles de ruido ambiental diurno día hábil en la zona suburbana y rural, sector D, se indica que todos los puntos de monitoreo fueron objeto de corrección por tono e impulso, y dos (2) de los seis (6) puntos de monitoreo cumplen con el límite normativo, es decir, 55 dB(A).

Gráfico 3.2.7-61 Niveles ruido ambiental día hábil, diurno



Fuente: Adaptado de “CIMA, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

En el Gráfico 3.2.7-62 se ilustran los niveles de ruido ambiental nocturno registrados durante el día hábil en las dos zonas estudiadas en el área de influencia del proyecto (vías arterias y áreas suburbana y rural).

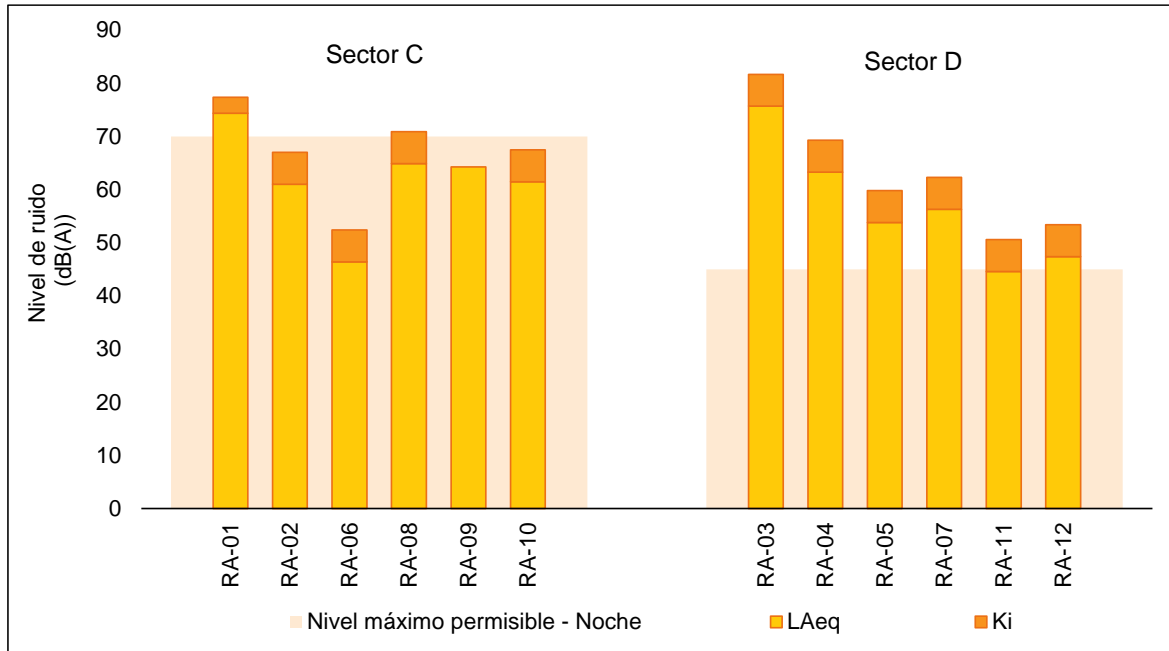
Sector C

En los puntos cercanos a las vías, cinco (5) de los seis (6) puntos son objeto de corrección por impulso y por tono; asimismo, los puntos RA-01 y RA-08 presentan excedencias respecto al límite normativo, 70 dB(A), la causa principal es la cercanía a vías de alto tráfico vehicular.

Sector D

Respecto a los puntos ubicados en las zonas suburbanas y rurales, se observa que todos los puntos son objeto de corrección por tono e impulso y todos exceden el nivel máximo permisible nocturno, 45 dB(A), las fuentes generadoras de ruido en esta zona están asociadas a la dinámica de los pobladores.

Gráfico 3.2.7-62 Niveles ruido ambiental día hábil, nocturno



Fuente: Adaptado de “CIMA, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

- **Día no hábil**

En el Gráfico 3.2.7-63 se ilustran los niveles de ruido ambiental diurno registrados durante el día no hábil en las dos zonas estudiadas en el área de influencia del proyecto (vías arterias y áreas suburbana y rural).

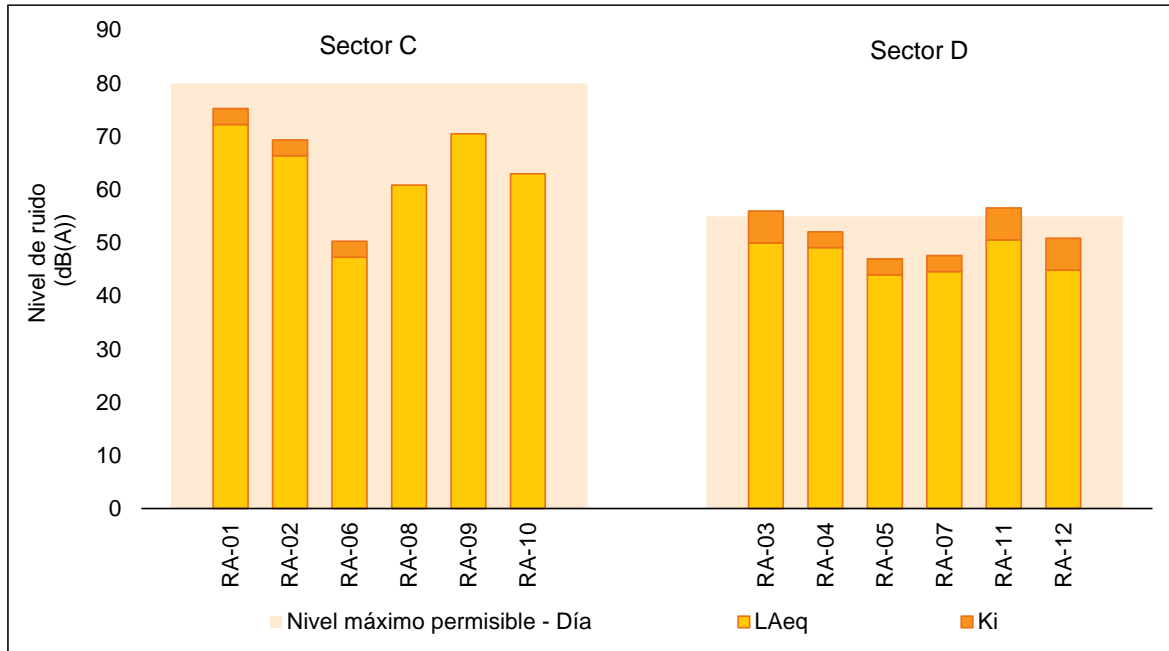
Sector C

En los puntos cercanos a las vías, la totalidad de los puntos analizados cumplen con los niveles máximos permisibles de referencia, 80 dB(A), y sólo tres (3) de los seis (6) puntos son objeto de corrección por impulso.

Sector D

Las zonas suburbanas y rurales todas son objeto de corrección por tono e impulso y los puntos RA-03 y RA-11 exceden el valor normativo de referencia, 55 dB(A).

Gráfico 3.2.7-63 Niveles ruido ambiental día no hábil, diurno



Fuente: Adaptado de “CIMA, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

En el Gráfico 3.2.7-64 se ilustran los niveles de ruido ambiental nocturno registrados durante el día no hábil en las dos zonas estudiadas en el área de influencia del proyecto (vías arterias y áreas suburbana y rural).

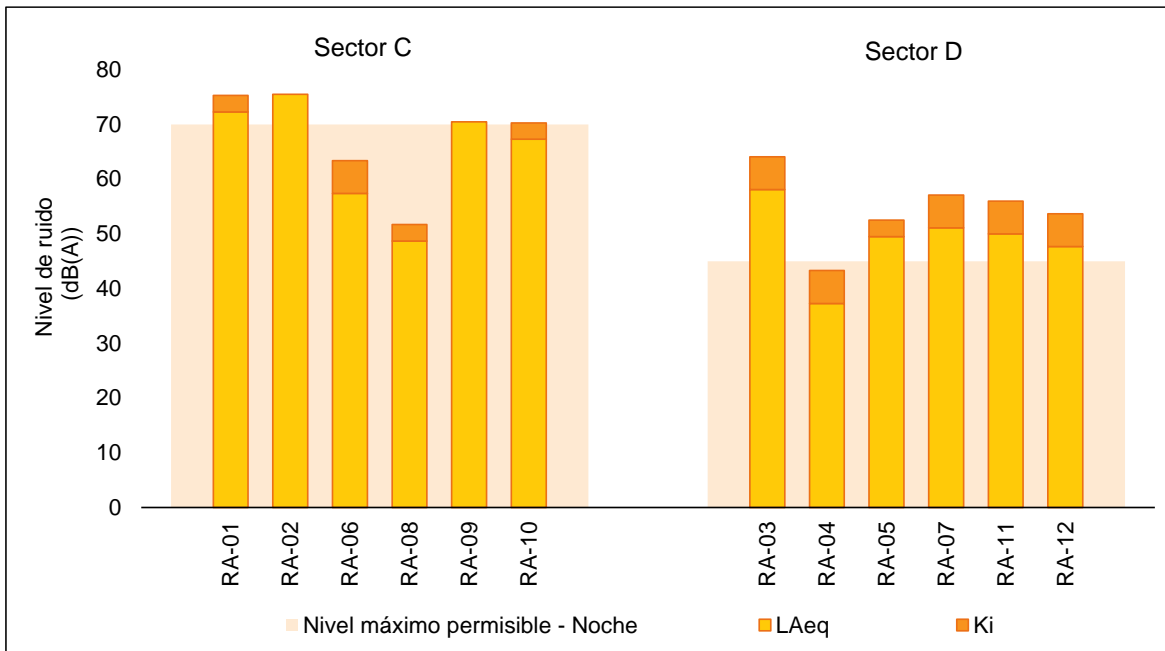
Sector C

En los puntos cercanos a las vías, cuatro (4) de los seis (6) puntos de monitoreo son objeto de corrección por impulso y dos (2) puntos no exceden el valor normativo de referencia.

Sector D

En el área rural todos son objeto de corrección por impulso y tono y en uno sólo, RA-04, hay cumplimiento del nivel máximo permisible nocturno, 45 dB (A).

Gráfico 3.2.7-64 Niveles ruido ambiental día no hábil, nocturno



Fuente: Adaptado de “CIMA, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

En general, los mayores niveles de ruido ambiental se presentan sobre los puntos cercanos a las vías, siendo los valores más altos los presentados en los puntos RA-01 y RA-02, ubicados sobre la vía Tocancipá-Gachancipá, vía de flujo vehicular representativo; y los valores más bajos se presentan en el punto de monitoreo denominado RA-11, dado que se encuentra en un lugar poco intervenido.

De acuerdo con la campaña de monitoreo, el punto RA-04 excede los niveles máximos permisibles diurno y nocturno establecidos en la norma para zona suburbana y rural, esto debido al constante tráfico de vehículos en el área, excepto para la jornada de monitoreo diurna y nocturna no hábil.