



**“ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO UPME-03-2010, SUBESTACIÓN CHIVOR II – Y NORTE 230 kV Y LÍNEAS DE TRANSMISIÓN ASOCIADAS ”**

**CAPÍTULO 3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO  
CAPÍTULO 3.2 MEDIO ABIÓTICO  
3.2.8 ATMÓSFERA  
Numeral 3.2.8.2 Calidad del Aire**

**CONSORCIO AMBIENTAL CHIVOR**



ESCALA <b>SIN</b>	FORMATO <b>Carta</b>	REFERENCIA EEB 2- EEB-NORTE-AMB-2002-1	HOJA <b>01</b>	REV <b>1</b>
----------------------	-------------------------	---	-------------------	-----------------

## TABLA DE CONTENIDO

3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.....	4
3.2. MEDIO ABIÓTICO.....	4
3.2.8. Atmósfera.....	4
3.2.8.2. Calidad del aire.....	4

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1 Parámetros analizados y características asociadas a la etapa de campo. ....	5
Tabla 3-2 Resumen de los criterios de micro localización. ....	6
Tabla 3-3 Estaciones de Monitoreo de Aire .....	8
Tabla 3-4 Identificación de las fuentes lineales dispersas en el área de estudio. ....	13
Tabla 3-5 Puntos de corte del ICA .....	21
Tabla 3-6 Resultados de la Concentraciones del Monitoreo de Calidad de Aire .....	22
Tabla 3-7 Concentración (Valores promedio $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de las partículas suspendidas ( $\text{PM}_{10}$ ) en el área de influencia del proyecto. ....	23
Tabla 3-8 Concentración (Valores promedio $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de las partículas suspendidas ( $\text{NO}_2$ ) en el área de influencia del proyecto. ....	25
Tabla 3-9 Concentración (Valores promedio $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de las partículas suspendidas ( $\text{SO}_2$ ) en el área de influencia del proyecto. ....	26
Tabla 3-10 Niveles de monóxido de carbono registrados en los puntos de monitoreo en el área de influencia del proyecto .....	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1 Localización general de los puntos de monitoreo de aire dispuestos para el proyecto	9
Figura 3-2 Material Particulado .....	23
Figura 3-3 Dióxido de Nitrógeno .....	24
Figura 3-4 Dióxido de Azufre .....	26

### 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

#### 3.2. MEDIO ABIÓTICO

##### 3.2.8. Atmósfera

La atmósfera es la capa gaseosa que rodea a la tierra, el fluido que forma la atmósfera de la tierra es el aire, el cual está constituido por una mezcla gaseosa cuya composición normal es de por lo menos 20% de oxígeno, 77% de nitrógeno y proporciones variables de gases inertes y vapor de agua en relación volumétrica.

En razón de lo anterior y con el fin de conocer las características de la atmósfera en el área de estudio, a continuación se describen las características climáticas, la calidad del aire y los niveles de presión sonora presentes en la zona de estudio.

##### 3.2.8.2. Calidad del aire

El propósito final del monitoreo de calidad de aire es establecer las condiciones actuales del componente de estudio en el área donde se desarrollará el proyecto, así, por medio del análisis de los resultados obtenidos del monitoreo, efectuado por la firma MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S, y basados en los requerimientos de los términos de referencia LI-TER-1-01 y la normatividad ambiental vigente, se expone a continuación la caracterización de la calidad del aire en la zona de influencia.

En este apartado se presentan los resultados obtenidos y más relevantes del monitoreo; sin embargo el informe a precisión se encuentra en el Anexo Capítulo 3.2/3. Calidad de aire y ruido/Informe Calidad del Aire.

##### ➤ Tipo de Monitoreo

El monitoreo fue realizado durante la fecha comprendida entre los días 27 de mayo y 17 de junio de 2014. Se instalaron ocho (8) puntos de muestreo, elegidos estratégicamente, a lo largo del área de influencia del corredor eléctrico que comprende el proyecto.

##### ➤ Planificación del Monitoreo

A continuación se indica el proceso metodológico empleado para el desarrollo del monitoreo de calidad del aire en el área de influencia del proyecto UPME-03-2010 “Subestación Chivor II y Norte 230 kV y líneas de transmisión asociadas”, mediante la determinación de las partículas suspendidas ( $PM_{10}$ ), dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ), dióxido de azufre ( $SO_2$ ) y monóxido de carbono (CO), el cual se encuentra fundamentado en los

lineamientos establecidos en las Resoluciones 610 y 2154 de 2010 emitidas por el MAVDT hoy MADS.

### ➤ **Etapas de Preparación**

Esta etapa involucraron las siguientes actividades:

- Selección del número de puntos a muestrear.
- Preparación del material: Equipos e insumos (soluciones absorbentes para SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, las cuales deben mantenerse refrigeradas y pesado de filtros para PM10), requeridos para el monitoreo.
- Disposición de transporte adecuado para los equipos (Muestreadores de alto volumen para PM10, cajas de gases para NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, bomba de bajo caudal, frascos, neveras, analizador instrumental de gases para CO) y personal de campo.
- Calibración de los equipos para los análisis *in-situ*.
- Rotulación y empaque.

### ➤ **Calibración**

Previo a la salida de campo, se revisa la hoja de vida de los equipos que determinan este gas (CO) donde se consigna la programación de mantenimiento y calibración, así como la frecuencia de uso que ha tenido el equipo, para determinar si necesita ser calibrado externamente con gases patrón. En la Tabla 3-1 se presenta un resumen de los parámetros monitoreados, los equipos empleados y demás características asociadas a la etapa de preparación.

**Tabla 3-1 Parámetros analizados y características asociadas a la etapa de campo.**

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA	PROCEDIMIENTO INTERNO	EQUIPO	RANGO TOMA DE MUESTRA
PM10	EPA e- CFR 40, Capítulo 1, Sub-capítulo C, Parte 50, Apéndice J- Alto volumen,	I-PMO01-07	Muestreador de alto volumen	De 1,02 a 1,24 m <sup>3</sup> /min
NO <sub>2</sub>	Método de análisis para dióxido de nitrógeno en la atmósfera No 408, Methods for Air Sampling and Analysis, 3a edition, 1998,AWMA/ACS/IICHE/APWA,	I-PMO01-15	Rack de gases	De 180 a 200 ml/min
SO <sub>2</sub>	EPA e-CFR Título 40 Parte 50 Apéndice A-2 : Pararosanilina,	I-PMO01-15	Rack de gases	De 180 a 200 ml/min
CO	Electroquímico	I-PMO01-18	MSA Pulsar Plus CO/CO10 EXTECH INSTRUMENTS	De 0 a 500 ppm

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. 2014.

### ➤ Etapa de Campo

Inicialmente, el equipo de profesionales de MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. realizó un reconocimiento de la zona de estudio con el propósito de coordinar la logística y el desarrollo del proyecto, así como la definición de los puntos más representativos para la distribución de los equipos de muestreo. Una vez realizada dicha tarea, se procedió a la ubicación y posterior verificación de los equipos a emplear en el monitoreo, teniendo en cuenta los criterios técnicos de micro localización contemplados en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire) del MAVDT hoy MADS<sup>1</sup> mencionados Tabla 3-2.

**Tabla 3-2 Resumen de los criterios de micro localización.**

CRITERIO	ITEM	OBSERVACIÓN
TÉCNICO	Condiciones de seguridad	Se debe velar por la seguridad de los equipos de monitoreo, para dar continuidad y garantía a la medición.
	Exposición de los toma-muestras y sensores	Los muestreadores y sensores se ubicarán teniendo en cuenta la dirección del viento y la ubicación de las fuentes estudiadas, debido a que el viento debe dirigir los contaminantes al muestreador dando representatividad a la medición.
	Condiciones de logística	Los puntos de monitoreo deben poseer fluido eléctrico regulado y suficiente además de poder acceder fácilmente a ellas, para asegurar el mantenimiento, limpieza y operación de los equipos.
FÍSICOS	Cobertura	Se deberá abarcar la mayor área de estudio posible con el fin de realizar un muestreo representativo.
SOCIALES	Fuentes receptoras	Se localizarán las respectivas estaciones de monitoreo teniendo en cuenta la ubicación de caseríos, cascos urbanos y demás centros poblados.

Fuente: Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, MAVDT, 2014.

### ➤ Descripción de las estaciones de monitoreo

El área del proyecto se encuentra ubicado en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá en jurisdicción de los municipios de: Tibirita, Machetá, Chocontá, Sesquilé, Suesca, Gachancipá, Nemocón, Cogua, Zipaquirá, Tabio, Subachoque, Madrid y Tenjo del departamento de Cundinamarca y municipios de: San Luis de Gaceno, Santa María, Macanal, Garagoa, Tenza, Sutatenza y Guateque en Boyacá; y con el fin de dar

<sup>1</sup>Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE. Manual de diseño de sistemas de vigilancia de la calidad del aire. Bogotá. Octubre 2010.

cubrimiento al área de estudio además de determinar las afectaciones que allí se presentan, se definieron ocho (8) puntos de monitoreo cuya localización se enseña en la Tabla 3-3.

✓ **Compuestos analizados**

Supliendo los requerimientos expuestos en los términos de referencia LI-TER-1-01 durante el muestreo se analizaron los siguientes compuestos:

- Material particulado (PM<sub>10</sub>)
- Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)
- Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)
- Monóxido de carbono (CO)


✓ **Estaciones de monitoreo**

A continuación en la Tabla 3-3 se relacionan los ocho (8) puntos de monitoreo.

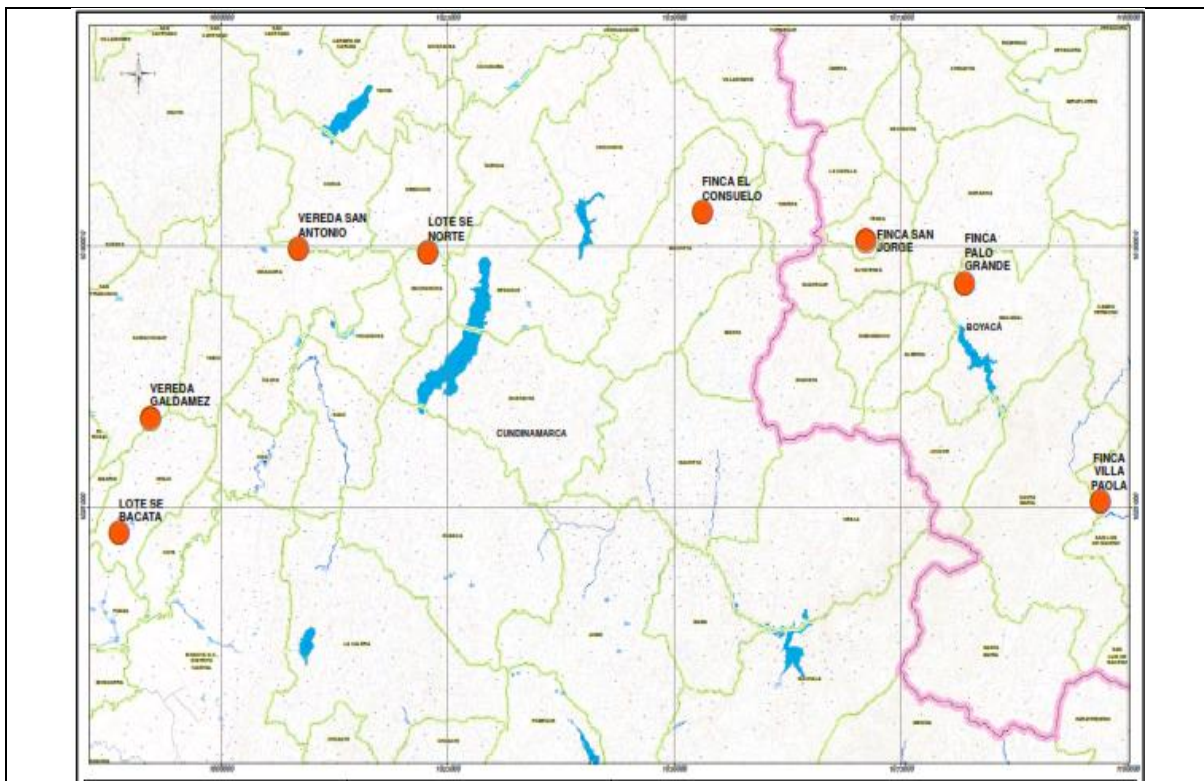
**Tabla 3-3 Estaciones de Monitoreo de Aire**

ESTACIÓN	DEPARTAMENTO / MUNICIPIO	COORDENADAS		FOTOGRAFÍA
		E	N	
Lote SE Bacatá (E1)	Cundinamarca/ Tenjo	988.717	1.022.474	
Vereda Galdámez (E2)	Cundinamarca/ Subachoque	992.185	1.033.495	
Vereda San Antonio (E3)	Cundinamarca / Zipaquirá	1.008.494	1.049.666	
Lote SE Norte (E4)	Cundinamarca / Gachancipá	1.022.818	1.049.405	
Finca El Consuelo (E5)	Cundinamarca / Machetá	1.053.073	1.053.250	
Finca San Jorge (E6)	Boyacá / Tenza	1.071.101	1.050.496	
Finca Palo Grande (7)	Boyacá / Macanal	1.082.008	1.046.436	



ESTACIÓN	DEPARTAMENTO / MUNICIPIO	COORDENADAS		FOTOGRAFÍA
		E	N	
Finca Villa Paola (E8)	Boyacá / San Luis de Gaceno	1.096.959	1.025.506	

Fuente: Consorcio Ambiental Chivor, 2014.



**Figura 3-1 Localización general de los puntos de monitoreo de aire dispuestos para el proyecto**

Fuente: Consorcio Ambiental Chivor, 2014

### ➤ Principales Fuentes de Emisión de Partículas y Gases en la Zona

A continuación, se describen los diferentes tipos de fuentes de emisión de partículas y gases a la atmósfera (según el Decreto 948 de 1998 expedido por el Ministerio de Medio Ambiente hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS, Resolución 610 de 2010 y el Protocolo para el seguimiento de la calidad del aire octubre 2010 expedidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial o MAVDT hoy Ministerio de

Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS) observadas en el área de estudio durante el presente monitoreo, referenciándose a continuación cada tipo de fuente:

✓ **Fuentes de emisiones fijas puntuales**

Son aquellas que emiten contaminantes al aire por ductos o chimeneas<sup>2</sup>. En la zona de estudio durante el periodo de ejecución del monitoreo no se observó presencia de este tipo de fuentes.

✓ **Fuentes de emisiones fijas dispersas o difusas**

Son aquellas en que los focos de emisión de una fuente fija se dispersan en un área, por razón del desplazamiento de la acción causante de la emisión<sup>3</sup>.

Durante la etapa de campo en desarrollo del monitoreo de calidad de aire se observó que la presencia de fuentes de emisiones fijas son pocas, sin embargo se presenta en algunas viviendas la utilización de leña y carbón como combustible principal de sus estufas, (Fotografía 3-1 y Fotografía 3-2).



**Fotografía 3-1 Cocina de Leña en la Vereda Resguardo**  
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. 2014

<sup>2</sup> Ministerio de medio ambiente. Decreto 948 de 1995. Bogotá 1995

<sup>3</sup> Ibíd.



**Fotografía 3-2 Cocina de Leña en la Vereda Tibacota**  
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. 2014

Dentro del área de influencia del proyecto, se observó actividad ganadera, la cual se relaciona con la generación de gas metano debido a los procesos bioquímicos que llevan a cabo los animales por la digestión y la degradación de sus desechos orgánicos (Fotografía 3-3 y Fotografía 3-4).



**Fotografía 3-3 Actividad ganadera de la Vereda Resguardo Bajo**  
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. 2014





**Fotografía 3-4 Actividad ganadera de la Vereda Tibacota**

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. 2014

En el área donde se llevó a cabo el monitoreo de calidad de aire se observaron frentes de obra en vías (movimientos de tierras) y presencia de Estaciones de servicio ubicadas a los costados de las vías (Fotografía 3-5 y Fotografía 3-6).



**Fotografía 3-5: Estación de servicio Vereda Resguardo Bajo**

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. 2014



**Fotografía 3-6 Frente de obra en la Vereda Arrayanes**


Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. 2014

Igualmente en esta clasificación ingresan las vías que en algunas zonas en el área del proyecto se encuentran sin pavimentar; y cuando un vehículo se moviliza por una carretera sin pavimentar, la fuerza de las llantas contra la superficie del camino causa pulverización del material en la superficie; por lo que las partículas son levantadas y lanzadas de las ruedas y la superficie del camino es expuesta a fuertes corrientes de aire. La turbulencia levantada detrás del vehículo continúa en la superficie del camino después que el vehículo ha pasado<sup>4</sup>. En la Tabla 3-4 se describen las fuentes de emisión lineal identificadas en los alrededores de las estaciones de monitoreo.

**Tabla 3-4 Identificación de las fuentes lineales dispersas en el área de estudio.**

UBICACIÓN	FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN DE FUENTES
AL NORESTE DE LA ESTACIÓN 2		Vía destapada hacia Tenjo, localizada a 80 m aproximadamente de la E2.
AL NORESTE DE LA ESTACIÓN 3		Vía en buen estado, asfaltada, a 60 m aproximadamente de la E3.

<sup>4</sup> EPA (Environmental Protection Agency). Unpaved roads. U.S. EPA office of Air and Radiatio. Research Triangle Park, NC, USA. 2006. Pág. 2.

UBICACIÓN	FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN DE FUENTES
AL NORESTE DE LA ESTACIÓN 5		Vía pavimentada que va de Machetá a Guateque, allí transita gran cantidad de vehículos: pesados, livianos, camionetas.
AL ESTE DE LA ESTACIÓN 6		Vía destapada que va de Guateque a Tenza, con bajo flujo vehicular.
AL ESTE DE LA ESTACIÓN 7		Vía secundaria destapada, pero transitable.
AL OESTE DE LA ESTACIÓN 8		Vía terciaria destapada, de acceso vehicular muy bajo; solo ingreso de vehículos livianos.

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. 2014.

### ✓ Fuentes de emisiones móviles

Las fuentes móviles como su nombre lo indica, son todos aquellos instrumentos, equipos u organismos que generan algún tipo de emisión y que trasladan su posición de un lugar a otro.

En la etapa de campo se observó que la mayoría de las fuentes contaminantes móviles que transitan por las vías atravesando el área de interés del proyecto se constituyen por todo tipo de vehículos, principalmente por tractomulas, carrotaques, camiones, camionetas, buses de transporte público, automóviles, motos, entre otros (Fotografía 3-7 y Fotografía 3-8).



**Fotografía 3-7 Tránsito de camiones y camionetas**

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. 2014



**Fotografía 3-8 Tránsito de camiones**

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. 2014





**Fotografía 3-9 Tránsito de vehículos livianos y pesados en la Vereda Resguardo Bajo, Municipio de Machetá**

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. 2014



**Fotografía 3-10 Tránsito de maquinaria en la Vereda Arrayanes municipio de San Luis de Gaceno**

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. 2014

### ✓ Principales receptores de emisiones

El proyecto UPME-03-2010 “Subestación Chivor II y Norte 230 kV y líneas de transmisión asociadas” pasa por dos (2) departamentos: Cundinamarca y Boyacá, por lo cual es posible identificar un sin número de receptores de ruido que hacen parte de los municipios Cogúa, Chocontá, Gachancipá, Machetá, Madrid, Manta, Nemocón, Sesquilé, Subachoque, Suesca, Tabio, Tenjo, Tibiritá, Zipaquirá en Cundinamarca y Garagoa, Macanal, San Luis de Gaceno, Santa María, Sutatenza y Tenza en Boyacá. En la



Fotografía 3-11 se observa a manera de ejemplo receptores localizados en el municipio de San Luis de Gaceno.



### ➤ Trabajo de Campo

A continuación se describe el proceso metodológico realizado durante la etapa de campo para la determinación de los compuestos a monitorear, MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., en conformidad con la normatividad vigente, se encuentra acreditada para este tipo de muestreos mediante la Resolución 869 de 2013 de renovación y extensión emitida por el IDEAM y a su vez cuenta con las certificaciones ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 y OSHAS 18001:2007 (Anexo CAP 3.2\ 3.Calidad de Aire y Ruido\ 1.Informe Aire Chivor\ Anexos\ Anexo 2 Formatos de campo Aire).

Como compañía certificada y acreditada, MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S asegura que su sistema de la calidad, personal, instalaciones, equipos, métodos de prueba, archivos, reportes e informes se ejecutan de manera precisa y confiable.

Para la evaluación de la concentración de material particulado ( $PM_{10}$ ), dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) y dióxidos de azufre ( $SO_2$ ), se recolectaron 18 muestras para cada contaminante por períodos de 24 horas, en cada una de las estaciones de monitoreo (Fotografía 3-12 y Fotografía 3-13).



**Fotografía 3-12 Cambio de filtros de PM10 en la estación de monitoreo 5  
Finca El Consuelo, municipio de Machetá**

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. 2014



**Fotografía 3-13 Cambio de soluciones de gases en campo, Estación de  
monitoreo 7 Finca Palo Grande, municipio de Macanal**

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. 2014

En cuanto al monóxido de carbono (CO), durante los mismos días de monitoreo, se realizaron mediciones *in situ* en cada uno de los puntos donde se ubicaron los equipos de medición (Fotografía 3-14).



**Fotografía 3-14 Toma de muestras para la determinación de CO, Estación de monitoreo 8 Finca Villa Paola, municipio de San Luis de Gaceno**

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. 2014

#### ➤ **Etapas de Laboratorio**

Los análisis de  $PM_{10}$ ,  $NO_2$  y  $SO_2$  se realizaron en el laboratorio de MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., el cual está acreditado ante el IDEAM para el análisis de estos parámetros (Anexo CAP3.2\ 3 Calidad de Aire y Ruido\1.Informe Aire Chivor\ Anexos\ Anexo 4: Resultados reportados por el laboratorio).

Para el análisis gravimétrico se dejan los filtros usados en el desecador durante un período de 24 horas, después de su acondicionamiento se pesan en la balanza analítica (llevando la fracción al miligramo más cercano). Por último se registra el peso neto del filtro junto con el número de éste.

Las muestras de  $NO_2$  y  $SO_2$ , en el laboratorio se determinan por métodos colorimétricos (desarrollo de color). Para la determinación de la absorbancia de cada muestra se utiliza el espectrofotómetro (el cual tiene la capacidad de medir la absorbancia de una solución en 540 nm para  $NO_2$  y 548 nm para  $SO_2$ ).

#### ➤ **Índice de Calidad del Aire (ICA)**

El Índice de Calidad del Aire -ICA- (AQI – Air Quality Index) es un valor adimensional que oscila entre cero (0) y 500, el cual representa una de las herramientas más efectivas para la simple interpretación del estado en que se encuentra una atmósfera previamente monitoreada. El comportamiento de un ICA se caracteriza por su relación directa con los niveles de concentración del contaminante y los efectos en la salud. Este indicador fue

desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) y en su última publicación de 2009 incluye seis (6) contaminantes: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), partículas menores de 10 micras (PM<sub>10</sub>), partículas menores de 2,5 micras (PM<sub>2,5</sub>) y Ozono (O<sub>3</sub>).

➤ **Puntos de Corte del ICA<sup>5</sup>**

Teniendo en cuenta que el ICA tiene una correlación directa con los efectos en la salud, los puntos de corte del ICA son los límites correspondientes a efectos entre la salud y la calidad del aire. En este caso, se utiliza la información reportada por la EPA que presenta dichas relaciones. En la Tabla 3-5 se presentan los puntos de corte del ICA, de acuerdo con los efectos sobre la salud reportados por estudios de la EPA (2005).

---

<sup>5</sup>Ministerio de Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE. Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire. Bogotá. Octubre de 2010

**Tabla 3-5 Puntos de corte del ICA**

ICA	COLOR	CLASIFICACIÓN	O <sub>3</sub> 8h ppm	O <sub>3</sub> 1h ppm <sup>(1)</sup>	PM <sub>10</sub> 24h µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>2,5</sub> 24h µg/m <sup>3</sup>	CO 8h ppm	SO <sub>2</sub> 24h ppm	NO <sub>2</sub> 1h ppm
0 – 50	Verde	Buena	0,000 0,059	-	0 54	0,0 15,4	0,0 4,4	0,000 0,034	(2)
51 - 100	Amarillo	Moderada	0,060 0,075	-	55 154	15,5 40,4	4,5 9,4	0,035 0,14 4	(2)
101 - 150	Naranja	Dañina a la salud para grupos sensibles	0,076 0,095	0,125 0,164	155 354	40,5 65,4	9,5 12,4	0,145 0,224	(2)
151 - 200	Rojo	Dañina a la salud	0,096 0,115	0,165 0,204	255 354	65,5 150,4	12,5 15,4	0,225 0,304	(2)
201 – 300	Morado	Muy dañina a la salud	0,116 0,374 (0,155 0,404) (4)	0,205 0,404	355 424	150,5 250,4	15,5 30,4	0,305 0,604	0,65 1,24
301 – 400	Marrón	Peligrosa	(3)	0,405 0,504	425 504	250,5 350,4	30,5 40,4	0,605 0,804	1,25 1,64
401 – 500	Marrón	Peligrosa	(3)	0,505 0,604	505 604	350,5 500,4	40,5 50,4	0,805 1,004	1,65 2,04

(1) Para O<sub>3</sub> se calculará el índice usando promedios de 8 horas y de 1 hora,

(2) Para NO<sub>2</sub> se tendrán en cuenta valores únicamente por encima de 200 teniendo en cuenta que han sido tomado de valores y parámetros EPA,

(3) Valores de concentraciones de 8 horas de ozono no definen valores más altos de ICA (v301), Los valores de ICA de 301 o mayores serán calculados con concentraciones de 1 hora de ozono,

(4) Los números entre paréntesis se asocian valores de 1 hora que se utilizarán en esta categoría sólo si se superponen,

**Fuente: PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE, Manual de diseño de sistemas de vigilancia de la calidad del aire, MAVDT.**



## ➤ Resultados

En el presente numeral se indican los resultados obtenidos de las determinaciones de PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, en ocho (8) estaciones de muestreo ubicadas en el área de influencia del proyecto UPME-03-2010 “Subestación Chivor II y Norte 230 kV y líneas de transmisión asociadas”. Los resultados de las 18 muestras obtenidas en el trabajo desarrollado, se comparan con las normas de calidad de aire establecidas en la Resolución 610 de 2010, expedida por el MAVDT hoy MADS.

El monitoreo se ejecutó en un total de 21 días, obteniendo 18 muestras para cada parámetro en cada estación, las variaciones presentadas se deben a inconvenientes en suministro de energía y acceso a los puntos.

Con el fin de dar a conocer el estado actual de la calidad del aire en el área de influencia, a continuación se presentan los resultados obtenidos del monitoreo de Calidad del Aire, los cuales pueden ser vistos en mayor detalle en el Anexo CAP3.2\ 3.Calidad de aire y ruido (Ver Tabla 3-6).

**Tabla 3-6 Resultados de la Concentraciones del Monitoreo de Calidad de Aire**

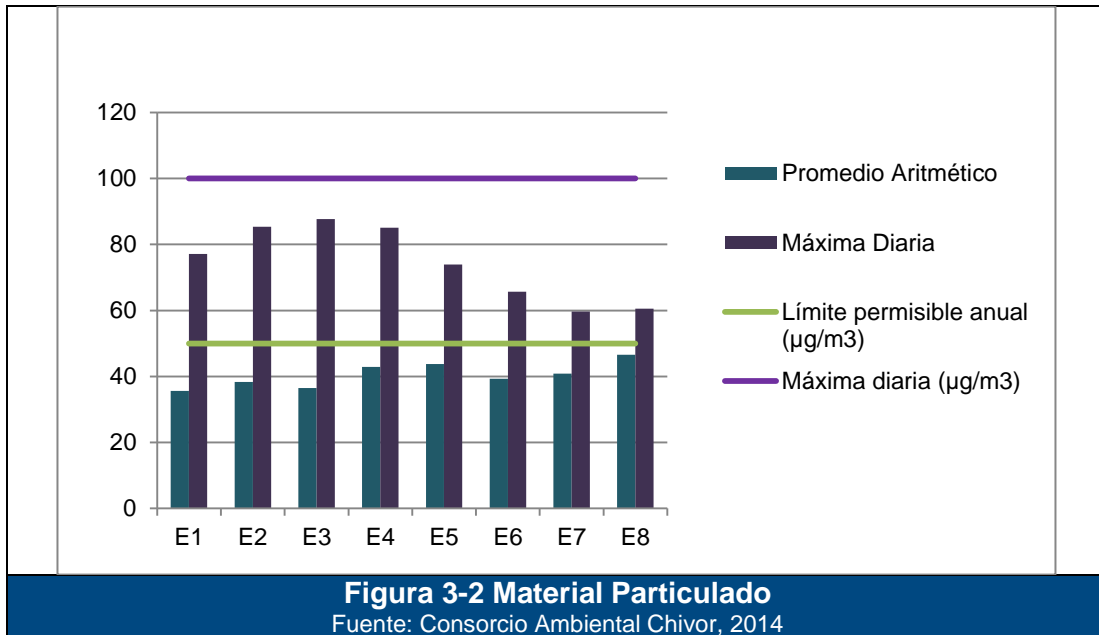
PUNTO DE MONITOREO	PM10	NO2	SO2	CO
ESTACION 1: LOTE SE BACATÁ	35,6	<28,00	<23,48	<1,14
ESTACION 2: VEREDA GALDÁMEZ	38,37	<29,57	<24,74	<1,14
ESTACION 3: VEREDA SAN ANTONIO	36,51	<28,34	<23,92	<1,14
ESTACION 4: LOTE SE NORTE	42,92	<28,03	<23,69	<1,14
ESTACION 5: FINCA EL CONSUELO	43,78	<26,59	<22,27	<1,14
ESTACION 6: FINCA SAN JORGE	39,26	<27,06	<22,32	<1,14
ESTACION 7: FINCA PALO GRANDE	40,84	<26,14	<21,48	<1,14
ESTACION 8: FINCA VILLA PAOLA	46,56	<22,65	<18,39	<1,14

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. 2014.

## ➤ Material Particulado (PM10)

Para el monitoreo de material particulado (PM<sub>10</sub>) ninguno de los registros sobrepasó el límite máximo diario establecido por la normatividad ambiental para el área de estudio en 100µg/m<sup>3</sup>, ni tampoco el límite permisible anual, establecido en 50µg/m<sup>3</sup>. Cabe aclarar que la comparación con la norma anual es indicativa, no concluyente, ya que son solo 18 días del año, como se puede observar en la Figura 3-2, los valores más altos para el límite permisible anual se presentan en la estación 8 y para el límite máximo diario en la estación 3.

Para el caso de la estación 8 (E8) los altos valores se relacionan con las actividades desarrolladas en el predio en el momento del monitoreo, estas corresponden a labores de quema de leña, ganadería, paso vehicular y el funcionamiento de maquinaria para arreglos en la vía.



En la Tabla 3-7 se resume el resultado promedio y los máximos diarios de material particulado detectado en cada uno de los puntos monitoreados.

**Tabla 3-7 Concentración (Valores promedio  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de las partículas suspendidas ( $\text{PM}_{10}$ ) en el área de influencia del proyecto.**

MATERIAL PARTICULADO ( $\text{PM}_{10}$ )				
PUNTO DE MONITOREO	Promedio Aritmético	Límite permisible anual R.610 / 2010 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Máxima Diaria	Máxima Diaria R.610 / 2010 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
ESTACION 1: LOTE SE BACATÁ	35,60	50	77,12	100
ESTACION 2: VEREDA GALDÁMEZ	38,37		85,33	
ESTACION 3: VEREDA SAN ANTONIO	36,51		87,69	
ESTACION 4: LOTE SE NORTE	42,92		85,05	
ESTACION 5: FINCA EL CONSUELO	43,78		73,97	
ESTACION 6: FINCA SAN JORGE	39,26		65,69	
ESTACION 7: FINCA PALO GRANDE	40,84		59,68	
ESTACION 8: FINCA VILLA PAOLA	46,56		60,53	

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. 2014.

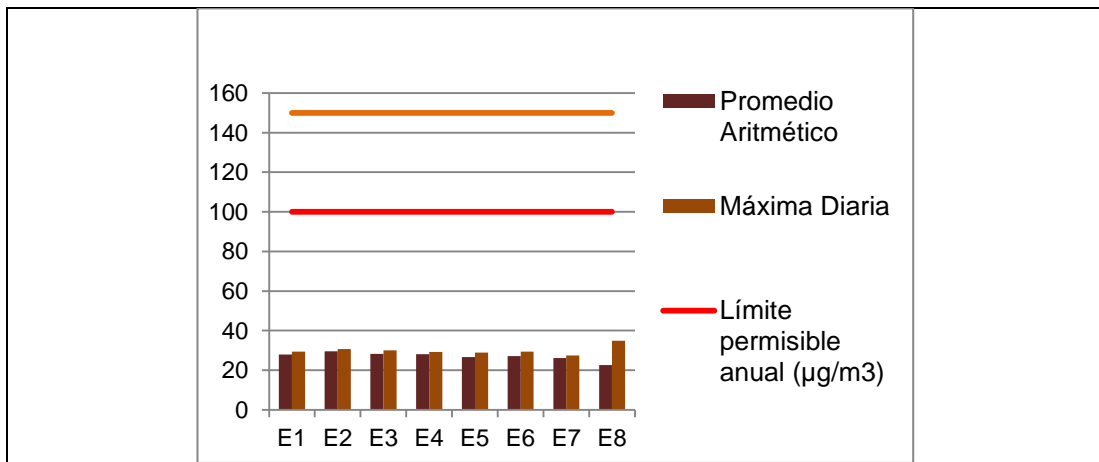
➤ **Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)**

En general, los valores obtenidos de NO<sub>2</sub> en las ocho (8) estaciones se encuentran en concentraciones muy inferiores al límite máximo estipulado por la normatividad ambiental vigente, el cual es de 100 µg/m<sup>3</sup> para un año (comparación indicativa, ya que son sólo 18 días al año) y de 150 µg/m<sup>3</sup> para 24 horas. Sin embargo, la mayor concentración se registra en el punto ocho (8) ubicado en la Finca Villa Paola, municipio de San Luis de Gaceno en Boyacá, con un valor de 34,93 µg/m<sup>3</sup>.

Estos valores que en su mayoría se encuentran por debajo de los límites de detección, se presentan debido a la baja representatividad de fuentes de emisión de este contaminante en la locación donde se ejecuta el monitoreo (cuyas fuentes principales corresponden a fuentes móviles).

Teniendo en cuenta los datos reportados por el laboratorio, se puede inferir que la concentración de este parámetro en el área de estudio durante los 18 días de monitoreo, no es perjudicial para el aire ni significativa para la población.

Dado a conocer los resultados, se asegura que la emisión de dióxido de nitrógeno, atribuido principalmente a la combustión de gasolina, es mínima y no causa efectos nocivos para la salud pública.



**Figura 3-3 Dióxido de Nitrógeno**  
Fuente: Consorcio Ambiental Chivor, 2014

En la Tabla 3-8 se resume el resultado promedio y los máximos diarios de dióxido de nitrógeno detectado en cada uno de los puntos monitoreados.



**Tabla 3-8 Concentración (Valores promedio  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de las partículas suspendidas ( $\text{NO}_2$ ) en el área de influencia del proyecto.**

<b>DIÓXIDO DE NITRÓGENO (<math>\text{NO}_2</math>)</b>				
<b>PUNTO DE MONITOREO</b>	<b>Promedio Aritmético</b>	<b>Límite permisible anual R.610 / 2010 (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Máxima Diaria</b>	<b>Máxima Diaria R.610 / 2010 (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
ESTACIÓN 1: LOTE SE BACATÁ	<28,00	<b>100</b>	<29,48	<b>150</b>
ESTACIÓN 2: VEREDA GALDAMEZ	<29,57		<30,75	
ESTACIÓN 3: VEREDA SAN ANTONIO	<28,34		<29,99	
ESTACIÓN 4: LOTE SE NORTE	<28,03		<29,27	
ESTACIÓN 5: FINCA EL CONSUELO	<26,59		<28,94	
ESTACIÓN 6: FINCA SAN JORGE	<27,06		<29,39	
ESTACIÓN 7: FINCA PALO GRANDE	<26,14		<27,52	
ESTACIÓN 8: FINCA VILLA PAOLA	<22,65		34,93	

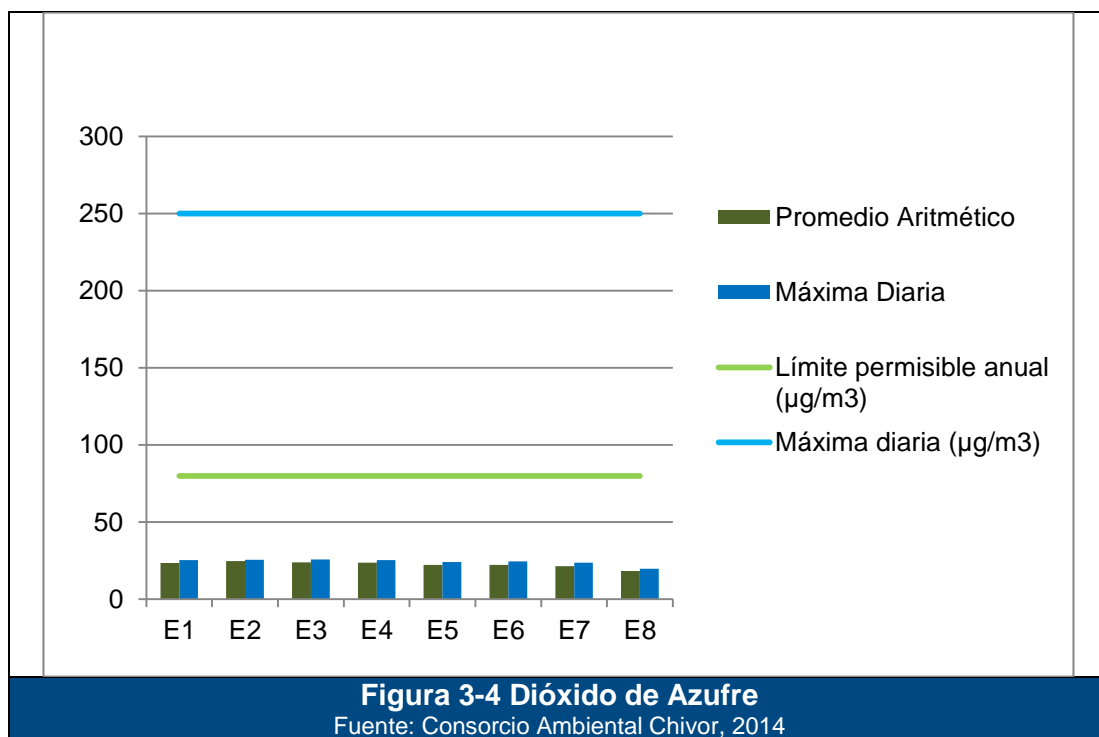
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. 2014.

### ➤ Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ )

Los resultados obtenidos de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) en todas las estaciones se encontraron por debajo de los niveles máximos permitidos por la normatividad ambiental vigente, estipulado en  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para un año (comparación indicativa, puesto que son solo 18 días en el año) y  $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para 24 horas, como se puede observar en la Figura 3-4. Los valores más altos para el límite permisible anual se presentan en la estación 2 y para el límite máximo diario en la estación 3.

Las concentraciones promedio registradas fueron similares en las ocho (8) estaciones localizadas en el área del proyecto, lo cual determina un comportamiento relativamente homogéneo de este parámetro en la zona, con el máximo valor  $<24,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la Estación 2: Vereda Galdámez, lo que denota que no existe alta presencia de fuentes que generan este contaminante.

Por lo tanto, para el caso puntual del dióxido de azufre y basados en los resultados expuestos se concluye que la presencia de este compuesto es mínima y los niveles detectados durante el monitoreo no tienen afección en la salud pública.



**Tabla 3-9 Concentración (Valores promedio  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de las partículas suspendidas ( $\text{SO}_2$ ) en el área de influencia del proyecto.**

Dióxidos de Azufre ( $\text{SO}_2$ )				
PUNTO DE MONITOREO	Promedio Aritmético	Límite permisible anual R.610 / 2010 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Máxima Diaria	Máxima Diaria R.610 / 2010 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
ESTACIÓN 1: LOTE SE BACATÁ	<23,48	80	<25,37	250
ESTACIÓN 2: VEREDA GALDAMEZ	<24,74		<25,55	
ESTACIÓN 3: VEREDA SAN ANTONIO	<23,92		<25,77	
ESTACIÓN 4: LOTE SE NORTE	<23,69		<25,42	
ESTACIÓN 5: FINCA EL CONSUELO	<22,27		<24,08	
ESTACIÓN 3: FINCA SAN JORGE	<22,32		<24,55	
ESTACIÓN 7: FINCA PALO GRANDE	<21,48		<23,65	
ESTACIÓN 8: FINCA VILLA PAOLA	<18,39		<19,71	

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. 2014.

➤ **Monóxido de Carbono (CO)**

Para el caso puntual de monóxido de carbono no se presenta una gráfica que relacione los resultados obtenidos, puesto que durante el monitoreo no se detectó dicho compuesto. Los resultados registrados son equivalentes a 1,14mg/m<sup>3</sup> o 0ppm para todos los puntos de monitoreo como se evidencia en la Tabla 3-10.

**Tabla 3-10 Niveles de monóxido de carbono registrados en los puntos de monitoreo en el área de influencia del proyecto**

MEDICIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO)								
FECHA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]
2014-05-27	-	<1,14	<1,14	<1,14	-	-	-	-
2014-05-28	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	-	-	<1,14	<1,14
2014-05-29	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14
2014-05-30	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14
2014-05-31	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14
2014-06-01	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14
2014-06-02	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14
2014-06-03	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14
2014-06-04	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	-	<1,14	<1,14
2014-06-05	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	-	<1,14	<1,14
2014-06-06	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14
2014-06-07	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14
2014-06-08	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14
2014-06-09	-	-	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14
2014-06-10	-	-	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14
2014-06-11	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14
2014-06-12	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14
2014-06-13	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14
2014-06-14	<1,14	<1,14	-	-	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14
2014-06-15	<1,14	<1,14	-	-	<1,14	<1,14	-	-
2014-06-16	<1,14	-	-	-	-	<1,14	-	-
2014-06-17	-	-	-	-	-	<1,14	-	-
<b>PROMEDIO ARITMÉTICO</b>	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14	<1,14

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. 2014.

➤ **Índice de calidad del aire**

Por los resultados arrojados en este estudio, el índice de calidad del aire refleja que el mismo presenta una calidad “Moderada”, esto debido a que el mayor valor dado por el índice de calidad corresponde a las concentraciones de material particulado (PM<sub>10</sub>), lo que de acuerdo con el “Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire”<sup>6</sup> en la tabla 34,

<sup>6</sup>Ministerio de Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE. Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire. Bogotá. Octubre de 2010

presenta efectos en la salud como aumento de riesgo de síntomas respiratorios en individuos sensibles, agravamiento de enfermedad del corazón o de pulmón y mortalidad prematura en personas con enfermedades cardiopulmonares y adultos mayores. Sin embargo, se debe tener en cuenta el grado de exposición y la influencia de los valores pico presentados en los resultados de calidad de aire moderada obtenida, valores que no corresponden al comportamiento constante del contaminante.

### ➤ Conclusiones

Los resultados del monitoreo de calidad de aire realizado en el área del proyecto UPME-03-2010 “Subestaciones Chivor II y Norte 230 kV y las Líneas de Transmisión Asociadas” permiten obtener las siguientes conclusiones:

- Del monitoreo realizado se determina que de los parámetros analizados en el presente estudio el valor promedio obtenido para  $PM_{10}$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$  y  $CO$ , se encuentran por debajo de los valores máximos anuales, establecidos por la normatividad cumpliendo a cabalidad con lo descrito en esta.
- De acuerdo con los resultados obtenidos de material particulado ( $PM_{10}$ ), ninguno de los registros sobrepasó el límite máximo diario establecido por la normatividad ambiental para el área de estudio en  $100 \mu g/m^3$ , los valores máximos se presentaron en diferentes días en las ocho (8) estaciones de monitoreo, lo cual se relaciona con las condiciones topográficas y meteorológicas (microclima en cada punto), además de las fuentes lineales dispersas y móviles que transitan en cada punto, ya que las demás fuentes en general son similares (ganadería, agricultura, avicultura).
- La estación que registra las mayores concentraciones de  $PM_{10}$  es la estación ocho (8), localizada en la Finca Villa Paola municipio de San Luis de Gaceno, lo cual se relaciona con las actividades que se llevan a cabo en el área circundante a la estación de monitoreo, las cuales corresponden a la actividades desarrolladas en la finca, como el uso de leña para cocción de alimentos, avicultura, ganadería, flujo vehicular y principalmente el funcionamiento de maquinaria, ya que durante todo el periodo de monitoreo se estaba efectuando un arreglo en la vía.
- Que los máximos valores no se presenten el mismo día y el comportamiento heterogéneo de las estaciones, permiten inferir baja incidencia de las fuentes presentes en cada punto; en cambio denotan la alta importancia de condiciones como el microclima, ya que en la mayoría de los casos el valor máximo coincide con los días de menor precipitación. Además en el sector donde se localizan las estaciones E5 a E8, se presentan precipitaciones durante la mayor parte del periodo de monitoreo, lo cual explica que no se presenten máximos diarios representativos.
- Para  $PM_{10}$ , se observa una mayor dispersión de los datos en las estaciones cuatro (4) y seis (6), esto debido a la fluctuación de los datos por fuentes particulares durante las mediciones en estos puntos (especialmente flujo vehicular), En general las diferencias

en los resultados obtenidos para las ocho (8) estaciones están dadas por las distancias a las fuentes de emisión y la incidencia de los vientos.

- En general, los valores obtenidos de dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) en las ocho (8) estaciones son inferiores a los niveles máximos permitidos por la normatividad ambiental vigente y se encuentran influenciados principalmente por las emisiones de fuentes lineales dispersas y móviles.
- Los valores de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) obtenidos fueron bajos en los puntos monitoreados, encontrándose por debajo de los niveles máximos permitidos por la normatividad ambiental vigente, estando los resultados obtenidos relacionados con las fuentes móviles principalmente.
- Los valores obtenidos de  $\text{NO}_2$  y  $\text{SO}_2$  durante la campaña de monitoreo presentaron un comportamiento similar para las ocho (8) estaciones que en su mayoría se encuentran por debajo de los límites de detección, lo cual está influenciado por la baja representatividad de fuentes de emisión de estos contaminantes en la zona donde se ejecuta el monitoreo, pese a las distancias entre una y otra estación.
- Los monitoreos realizados de monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) presentaron concentraciones indetectables en los puntos analizados, debido a la baja representatividad de las fuentes que generan estos contaminantes, como procesos de cocción con leña y fuentes móviles. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se puede concluir que las concentraciones de emisión no producen alteraciones significativas en la calidad de aire.
- De acuerdo con el índice de calidad del aire en el estudio presenta una calidad de tipo “Moderada”, específicamente para las concentraciones de material particulado ( $\text{PM}_{10}$ ) en un total de catorce (14) de los 18 días de monitoreo, cabe resaltar que no es continuo en las ocho (8) estaciones, además se debe tener en cuenta el grado de exposición, y la influencia de los valores pico presentados debido a variaciones en el microclima y a fuentes como el flujo vehicular en el área en el resultado de calidad de aire, ya que para los demás días de monitoreo y los parámetros ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  y  $\text{CO}$ ) se presenta un ICA “Bueno”.

➤ **Ubicación cartográfica de los asentamientos poblacionales y de las zonas críticas de contaminación.**

No se presentan zonas críticas de contaminación y por lo mismo ninguna vereda o asentamiento se verá impactado directamente por las emisiones.