

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería de Minas

“ANÁLISIS SITUACIONAL DEL SISTEMA DE
VENTILACIÓN DE UNA MINA SUBTERRÁNEA
CARBONÍFERA - CAJAMARCA - 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Miguel Angel Malimba Gastolomendo

Asesor:

Mg. Ing. Oscar Arturo Vásquez Mendoza

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

Dedico esta tesis primeramente a Dios; que me guio por el buen camino, por haber estado conmigo, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

A mis padres por brindarme su apoyo incondicional, sus consejos, comprensión, amor; quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar, educación y futuro.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por darme la vida y guiar mis pasos diariamente, permitiéndome aprender de mis errores con entereza y aplomo. A mis padres; por la paciencia, apoyo y tiempo que me dedicaron, por ser el ejemplo en mi vida y creer en mí.

Mi sincero agradecimiento a mi estimado amigo y asesor Ing. Oscar Arturo Vásquez Mendoza por ser parte importante de mi crecimiento como persona y profesional.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	20
CAPÍTULO III: RESULTADOS	23
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	37
REFERENCIAS	41
ANEXOS	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estándares nacionales de la calidad ambiental del aire.....	15
Tabla 2: Promedio de concentración de partículas PM10.....	23
Tabla3: Promedio de concentración de partículas PM10, comparado con el ECA.....	24
Tabla 4: Promedio de concentración de partículas PM2.5.....	25
Tabla 5: Promedio de concentración de partículas PM2.5, comparado con el ECA...25	
Tabla 6: Promedio de concentración de partículas SO ₂	27
Tabla 7: Promedio de concentración de partículas SO ₂ , comparado con el ECA.....	27
Tabla 8: Promedio de concentración de partículas CO.....	29
Tabla 9: Promedio de concentración de partículas CO comparado con el ECA.....	29
Tabla 10: Promedio de concentración de partículas NO ₂	31
Tabla 11: Promedio de concentración de partículas NO ₂ , comparado con el ECA....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Comparación de concentración de partículas obtenidas en las horas de control PM10.....	24
Figura 2: Comparación de concentración de partículas obtenidas en las horas de control PM2.5	26
Figura 3: Comparación de concentración de partículas obtenidas en las horas de control SO ₂	28
Figura 4: Comparación de concentración de partículas obtenidas en las horas de control CO.....	30
Figura 5: Comparación de concentración de partículas obtenidas en las horas de control NO ₂	32
Foto 6: Cámaras y Pilares en avance dentro de la Labor Minera	34

RESUMEN

La presente tesis titulada “ANÁLISIS SITUACIONAL DEL SISTEMA DE VENTILACION DE UNA MINA SUBTERRANEA CARBONIFERA - CAJAMARCA - 2019”, su objetivo general es realizar el análisis situacional del sistema de ventilación en una mina subterránea carbonífera de Cajamarca. y sus objetivos específicos son, realizar la medición de la calidad del aire en la bocamina 1 teniendo en cuenta los siguientes parámetros y sus resultados promediados y comparados con ECA, $PM_{10} = 9.61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el cual se encuentran por debajo del Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire fijado en $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ según DS-003-2017- MINAM, $PM_{2.5} = 5.84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se encuentra por debajo del ECA que es $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $SO_2 = 3.63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se encuentra por debajo del ECA que es $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $CO = 1024.66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se encuentra por debajo del ECA que es $30000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $NO_2 = 1024.66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se encuentra por debajo del ECA que es $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Realizar el cálculo del caudal requerido por número de personas, producción $Q = 15 \text{ m}^3/\text{min}$, labor = $Q = 9.34 \text{ m}^3/\text{min}$, explosivos, este caudal no es necesario calcular ya que no se usa explosivos en esta concesión minera, evaluar la utilización de ventilación artificial en la mina subterránea carbonífera, la cual se concluye que con los resultados obtenidos y los parámetros medidos los cuales no pasan los límites máximos permisibles por lo tanto no se necesita ventilación artificial.

Palabras clave: análisis, concesión situacional, ventilación.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la actualidad la operación auxiliar de ventilación en minería subterránea es muy importante para mejorar y controlar la calidad del aire en beneficio de los trabajadores, equipo minero y la preservación de materiales e insumos necesarios para la actividad minera.

En la mina subterránea carbonífera en estudio, no se tiene un correcto control de la ventilación en las labores de operación, por lo tanto, no se sabe si existe aire viciado, que afecten la eficiencia de los trabajadores y equipos, por eso es importante tener esta evaluación con el fin de definir las áreas con deficiencia de aire en su laboreo minero.

Con los datos obtenidos se determina si no existen gases nocivos, una correcta circulación del aire, del flujo, el tipo de humedad está acorde a los reglamentos y normas de la mina establecidas específicamente para los trabajadores mineros.

Como beneficio directo de la mina al realizar el análisis situacional de la ventilación se obtendrá un mejor desempeño de los trabajadores, equipos, un adecuado plan de ventilación y una evaluación desde un punto de vista racional.

Alejandro (2012). Ventilación de minas, acondicionamiento del aire, incendios subterráneos y salvamento.

Cuyas consideraciones principales son:

Se considera fundamental las propiedades físicas del aire y aerodinámica minera, dentro de ello tenemos propiedades físicas del aire y parámetros básicos del aire, en lo cual se considera que en la ventilación de minas se utiliza el peso específico estándar $P.E = 1.2 \text{ Kg/m}^3$; que es el peso de 1 m^3 de aire, con la presión de 1 atmósfera; temperatura de 15° y la humedad de 60%, las resistencias de las labores mineras al movimiento de aire se divide en arbitrariamente 3 tipos como resistencia de rozamiento de aire contra las paredes de la labor y de las paredes entre sí, resistencias locales y resistencias frontales.

Mallqui (2006). Ventilación de Minas. Tiene por objeto suministrar a las labores en operación suficiente aire fresco en función a las necesidades del personal, equipo diésel motorizado y dilución de contaminantes, de modo que la atmósfera en dichas zonas mantenga sus condiciones termo-ambientales en compatibilidad con la seguridad, salud y el rendimiento del personal.

Giménez (2012). Ventilación de minas subterráneas y túneles, donde establece la ejecución del mapeo de ventilación de una mina para determinación del volumen del aire que circula y la evaluación de la ventilación pre establecidos y determinar el sentido de avance del aire mediante bombillas de humos.

Ventilación

La ventilación en toda labor minera deberá ser con aire limpio de acuerdo a las necesidades del personal, las maquinarias y para evacuar los gases, humos y polvo suspendido que pudiera afectar la salud del trabajador, todo sistema de ventilación

en la actividad minera, en cuanto se refiere a la calidad de aire, deberá mantenerse dentro de los límites máximos permisibles siguientes:

Polvo inhalable:	10 mg/ m ³ .
Polvo respirable:	3 mg/ m ³ .
Oxígeno (O ₂):	mínimo 19.5 % y máx. 22.5 %
Dióxido de carbono:	máximo 9000 mg/ m ³ . ó 5000 ppm. 30000 por un lapso no superior de 15 min.
Monóxido de carbono:	máximo 29 mg/ m ³ . ó 25 ppm
Metano (NH ₄):	máximo 5000 ppm
Hidrogeno Sulfurado:	máximo 14 mg/ m ³ . ó 10 ppm
Gases Nitrosos (NO ₂):	máximo 7 mg/ m ³ . de 3 ppm ó 5 ppm
	Gases Nitrosos (NO): 25 ppm
Anhídrido Sulfuroso:	2 ppm mínimo a 5 ppm máximo
	Aldehídos: máximo 5 ppm
Hidrogeno (H):	máximo 5000 ppm
Ozono:	máximo 0.1 ppm

Teniendo en consideración lo estipulado en el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional aprobado por el Ministerio de Energía y Minas en el Decreto Supremo N.º 024-2016-EM se tomará en cuenta lo siguiente: En todas las labores subterráneas se mantendrá una circulación de aire limpio y fresco en cantidad y calidad suficiente de acuerdo con el número de personas, con el total de HPs de los equipos con motores de combustión interna así como para la dilución de los gases que permitan contar en el ambiente de trabajo con un mínimo de 19.5 % y un máximo de 22.5 % de oxígeno, cuando

las minas se encuentren hasta 1500 metros sobre el nivel del mar, en los lugares de trabajo, la cantidad mínima de aire necesaria por hombre será de $3\text{ m}^3/\text{min.}$, en otras altitudes las cantidades de aire será de acuerdo con la siguiente escala:

De 1500 a 3000 metros aumentará en 40%, será igual a $4\text{ m}^3/\text{min.}$

De 3000 a 4000 metros aumentará en 70%, será igual a $5\text{ m}^3/\text{min.}$

Sobre los 4000 metros aumentará en 100%, será igual a $6\text{ m}^3/\text{min.}$

En caso de emplearse equipo diésel, la cantidad de aire circulante no será menor de $3\text{ m}^3/\text{min}$ por cada HP que desarrollen los equipos, en ningún caso la velocidad del aire será menor de $20\text{ m}/\text{min}$ ni superior a $25\text{ m}/\text{min}$ en las labores de explotación incluido el desarrollo, preparación y en todo lugar donde haya personal trabajando. Cuando se emplee ANFO u otros agentes de voladura, la velocidad del aire no será menor de $25\text{ m}/\text{min}$. Cuando la ventilación natural no sea capaz de cumplir con lo antes señalado, deberá emplearse ventilación mecánica, instalando ventiladores principales, secundarios o auxiliares según las necesidades (Reglamento de seguridad y salud ocupacional. Decreto Supremo N. ° 024-2016-EM).

Ventilación Subterránea

La ventilación en una mina subterránea es el proceso mediante el cual se hace circular por el interior de la misma el aire necesario para asegurar una atmósfera respirable y segura para el desarrollo de los trabajos, la ventilación se realiza estableciendo un circuito para la circulación del aire a través de todas las labores. Para ello es indispensable que la mina tenga dos labores de acceso independientes: dos pozos, dos socavones, un pozo y un socavón, en las labores que sólo tienen un acceso (por ejemplo, una galería en avance)

es necesario ventilar con ayuda de una tubería, la tubería se coloca entre la entrada a la labor y el final de la labor, esta ventilación se conoce como secundaria, en oposición a la que recorre toda la mina que se conoce como principal, los ventiladores son los responsables del movimiento del aire, tanto en la ventilación principal como en la secundaria. Generalmente los ventiladores principales se colocan en el exterior de la mina, en la superficie. (De la cuadra I, L. (2014).

Tipos de Ventilación

Se pueden clasificar en dos grandes grupos: Ventilación natural y Ventilación mecánica. Dentro de los tipos de ventilación de una mina existe la ventilación mixta o combinada como es impelente y aspirante, en la impelente el ventilador impulsa el aire al interior de la mina o por la tubería, en el caso de aspirante el ventilador succiona el aire del interior de la mina por la tubería y lo expulsa al exterior, el caudal requerido será calculado:

De acuerdo por número de personas

De acuerdo por polvo en suspensión

De acuerdo por aumento de temperatura.

De acuerdo por consumo de explosivos

Ventilación Natural

Es el flujo natural de aire fresco que ingresa al interior de una labor sin necesidad de equipos de ventilación, en una galería horizontal o en labores de desarrollo en un plano horizontal no se produce movimiento de aire, en minas profundas, la dirección y el movimiento del flujo de aire, se produce debido a las siguientes causas: diferencias de

presiones, entre la entrada y salida. Diferencia de temperaturas durante las estaciones.

Ramírez H. J. 2015.

Causas del movimiento de aire:

En una mina que cuente con labores horizontales hasta verticales existirá una diferencia de peso entre el aire superficial y del interior.

En verano, el aire en la chimenea se encuentra a menor temperatura que en superficie y por lo mismo es más denso, ejerciendo presiones sobre el aire de la galería obligando a que el flujo ingrese por la chimenea y salga por la galería. Pero por las noches es difícil predecir.

En el invierno se invierte el proceso. En otras estaciones es difícil de predecir. Mallqui T., A. 2011.

Ventilación Mecánica

Es la ventilación secundaria y son aquellos sistemas que, haciendo uso de ductos y ventiladores auxiliares, ventilan áreas restringidas de las minas subterráneas, empleando para ello los circuitos de alimentación de aire fresco y de evacuación del aire viciado que le proporcione el sistema de ventilación general.

El caudal de aire es la cantidad de aire que ingresa a la mina y que sirve para ventilar labores, cuya condición debe ser que el aire fluya de un modo constante y sin interrupciones, el movimiento de aire se produce cuando existe una alteración del equilibrio: diferencia de presiones entre la entrada y salida de un ducto, por causas naturales (gradiente térmica) o inducida por medios mecánicos. Ramírez H., J. 2012.

Reglas de ventiladores:

La presión requerida es directamente proporcional a la longitud.

La presión es directamente proporcional al perímetro.

La potencia requerida es directamente proporcional al cubo de la velocidad o volumen.

La presión requerida es directamente proporcional a cuadrado de la velocidad o volumen. Mallqui T. A. 2011.

En el Perú, la contaminación del aire se produce por la emisión de humos, aerosoles, ruidos, malos olores y radiación atómica. Los vehículos motorizados, las industrias, especialmente fundiciones y procesadoras de pescado, y las quemas de bosques, pajonales y basuras, emiten al aire ingentes cantidades de humo, que no constituyen un contaminante visual y no enturbian la atmósfera, pero que también contienen sustancias tóxicas y partículas que afectan a la salud humana. El humo de los vehículos motorizados contiene monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) y plomo. El CO es altamente tóxico para los animales y el ser humano, porque al ser inhalado bloquea el transporte de oxígeno en la sangre y produce anemia (Perú ecológico, 2016).

Estándares nacionales de la calidad ambiental del aire

Para controlar las emisiones de agentes contaminantes, precisamente, han sido creados por el Consejo Nacional del Ambiente - Perú (CONAM); en julio del 2001 se aprobó, por D.S. N° 003-2017-MINAM el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA). Los estándares de la calidad ambiental del aire (ECA) consideran los niveles de concentración máxima de los contaminantes para un período determinado. En la tabla1 se muestran los estándares aprobados en dicho reglamento. Se tomaron en cuenta

los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, durante los períodos de estudio del año 2012 y 2013.

Tabla 1. Estándares nacionales de la calidad ambiental del aire

Contaminante	Período	Valor	Criterios de evaluación	Método de análisis
Partículas (PM10)	Anual 24 horas	50 100	Media aritmética anual NE más de 7 veces /año	Separación /Inercia (Filtración Gravimetría)
Dióxido de Azufre (SO ₂)	24 horas	250	NE más de 7 veces /año	Fluorescencia UV (método automático)
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Anual 1 hora	100 200	Media aritmética anual NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (método automático)
Monóxido de carbono (CO)	8 horas 1 hora	10 000 30 000	Media aritmética móvil NE más de 1 vez/año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR). Método automático

Fuente: Consejo Nacional del Ambiente del Aire – Perú (CONAM)-D.S. N° 003-2017-PCM.

Material Particulado MP10

Se les conoce como partículas menores que 10 micrómetros o PM10, existen partículas flotando en el aire, la mayoría de ellas no pueden ser vistas a simple inspección; estas partículas son un tipo de contaminación que comúnmente afectan la salud de las personas y existen en cualquier forma, tamaño y estado de la materia. Se dividen en dos grupos principales.

Se deduce que las partículas grandes miden entre 2,5 y 10 micrómetros (de 2,5 a 100 veces más delgados que un cabello humano); en cuanto a los efectos adversos a la salud pública el PM10 es menos que el PM2.5 debido a su tamaño. Se dice que el origen de estas partículas se debe a la presencia de humo, polvo de las emisiones generadas por

fabricas ladrilleras y polvo de los caminos, avenidas asfaltadas y pavimentadas; unas de las partículas biológicas de ese tamaño que conforma a ese grupo es el polen, el moho y esporas, que suelen tener amplia dispersión de acuerdo con la fuerza del viento. Varían desde 30m hasta 16 km. Dicho entonces de manera general, se precisa el concepto que el PM10 son pequeñas partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen dispersas en la atmósfera cuyo diámetro varía entre 2,5 y 10 um (un micrómetro corresponde la milésima parte de un milímetro) Las fuentes de emisión se originan en la contaminación generada por la combustión en los automóviles debido a los combustibles que puede ser gasolina, petróleo diésel, gas natural vehicular (Matos, 2008).

Dióxido de nitrógeno (NO₂)

El óxido de nitrógeno o dióxido de nitrógeno (NO₂) es un compuesto químico formado por nitrógeno y oxígeno. Es uno de los principales contaminantes entre los varios óxidos de nitrógeno. El óxido de es de color marrón amarillento; se forma como subproducto en los procesos de combustión a altas temperaturas, como en los vehículos motorizados y las plantas eléctricas.

La mayor fuente de emisiones de óxidos de nitrógeno es el uso de combustibles fósiles por fuentes fijas y móviles, aunque también se producen óxidos de nitrógeno durante la fabricación de ácido nítrico, el uso de explosivos, uso de gas. Los óxidos de nitrógeno se generan de manera natural por actividad volcánica, y por descargas eléctricas atmosféricas; sin embargo, la cantidad generada es baja en comparación con las emisiones de origen antropogénico. La permanencia del dióxido de nitrógeno en la atmósfera es de un día (Matos, 2008).

Dióxido de Azufre (SO₂)

El dióxido de azufre es un gas incoloro de olor penetrante, bajo presión es un líquido que se disuelve fácilmente en el agua; no es inflamable. Se trata de una sustancia reductora que el tiempo y en contacto con el aire y la humedad, se convierte en óxido de azufre; se genera principalmente por actividades con la combustión de combustibles fósiles (carbón, aceite) tal como ocurre en plantas de energía o de fundición de cobre. En la naturaleza, puede ser liberado al aire por erupciones volcánicas. Matos, (2008).

Contaminación con monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono (CO) es un gas venenoso inodoro e incoloro; es emitido al aire por vehículos automotores, industrias y, en menor escala, por procesos naturales como incendios forestales. El monóxido de carbono proviene de la combustión incompleta de compuestos de carbono; se forma mediante la oxidación del metano, que es un gas común producido por la descomposición de la materia orgánica. La fuente antropogénica de monóxido de carbono es la quema incompleta de combustibles como la gasolina. Gonzales (2008).

1.2. Formulación del problema

¿Cómo el análisis situacional ayudara a determinar el sistema de ventilación en una mina subterránea carbonífera - Cajamarca – 2019?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar el análisis situacional del sistema de ventilación en mina subterránea carbonífera - Cajamarca – 2019

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar la concentración de PM10, PM2.5, CO, SO₂ y NO₂ en la bocamina 1.
- ✓ Realizar el cálculo del caudal requerido por número de personas, producción, labor, polvo en suspensión, explosivos en la mina subterránea carbonífera, Cajamarca 2019.
- ✓ Evaluar la utilización de ventilación artificial en la mina subterránea carbonífera Cajamarca, 2019.

Hipótesis

1.3.3. Hipótesis general

Realizando el análisis situacional actual de la mina subterránea carbonífera lograremos determinar el estado del sistema de ventilación actual.

1.3.4. Hipótesis específicas

- ✓ Se realizó la medición de la calidad del aire para determinar los siguientes parámetros PM10, PM2.5, CO, SO₂ y NO₂ en la mina carbonífera para determinar la situación actual del sistema de ventilación existente en la mina.
- ✓ Se determinará el cálculo del caudal requerido por el número de personas, producción, labor, polvo en suspensión, explosivos para que los trabajadores puedan desarrollar con normalidad sus actividades.
- ✓ Con los datos obtenidos se evaluó la utilización de ventilación de tipo artificial en la mina subterránea carbonífera Cajamarca, 2019.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Según Castro (2016). La investigación es de tipo **aplicada** porque se busca adquirir nuevos conocimientos mediante el análisis de la situación actual del sistema de ventilación en la mina subterránea carbonífera - Cajamarca – 2019.

Según Hernández, S., Fernández & Baptista, L. (2013). La investigación es **descriptiva** porque busca especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier fenómeno que sea sometido a análisis.

El diseño es Cuasi experimental ya que es un proceso lógico, sistemático que corresponde a una incógnita. A la vez es transversal ya que la evaluación del sistema de ventilación se dará en un momento dado. Es cuantitativa por que usa magnitudes numéricas de medición.

2.2. Población y muestra

Población: La población de la presente investigación está conformada por todas las bocaminas existentes en la concesión minera carbonífera subterránea.

Muestra: La muestra de la presente investigación está conformada por la bocamina 1 de la concesión minera.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1 Técnicas de recolección

Fuentes primarias (Observación directa)

Para la toma de datos de la concesión minera carbonífera se solicitará los permisos pertinentes a la gerencia y parte administrativa para recolectar la

información sobre la situación actual del sistema de ventilación como parte de una observación directa (Entrevista, fichas de campo).

Fuentes secundarias (Observación indirecta)

Concerniente a las fuentes que han sido obtenidas de diferentes páginas webs virtuales y financieras que proporcionan información de manera gratuita referente al presente tema de investigación (Fichas de gabinete, estudios anteriores).

2.3.2 Instrumentos

- Fichas de observación
- Excel

2.4 Procedimiento

Primera etapa: Pre - campo

Búsqueda de información o revisión literaria científica: básicamente se ha tomado bases de información como: Scielo, Redalyc, Science, Dialnet, Google académico y Alicia.net; de los cuales se han podido extraer artículos científicos, revistas científicas, tesis, papers, informes y conferencias que en cuyo tema expresan información sumamente importante para poder plasmar y clarificar el objetivo que se viene percibiendo en este presente estudio.

Segunda etapa: Trabajo de Campo

La información será mediante una visita a la mina carbonífera donde se tomarán los datos de los siguientes parámetros PM10, PM2.5, CO, SO₂ y NO₂. A la vez determinar la situación actual del sistema de ventilación existente en la concesión minera, el método de explotación, personal existente, calidad de mineral, área de influencia, equipos, herramientas, maquinarias.

Tercera etapa: Post campo

Una vez revisada la información documentaria y con los datos obtenidos en campo se procederá a procesar los datos y comparar con los parámetros de ECA. El instrumento a usar para el procesamiento, análisis e interpretación serán herramientas técnicas (como Excel) los cuales facilitan las representaciones gráficas de datos como histogramas, gráficos circulares, esquemas y gráficos estadísticos.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Realizar la medición de la calidad del aire teniendo en cuenta PM10, PM2.5, CO, SO₂ y NO₂.

Descripción del monitoreo

El Monitoreo se realizó en la Bocamina 1 en el (Turno Diurno), realizando el muestreo de gases de Monóxido de Carbono (CO), Dióxido Azufre (SO₂) y Dióxido de Nitrógeno (NO₂), así como el Material Particulado PM10 y PM2.5

3.1.1. Partículas en Suspensión PM10 -12h

Concentración Promedio de Partículas en Suspensión PM10

El cuadro siguiente muestra las concentraciones de partículas PM10 medidos en el punto de control (Bocamina 1), los cuales son comparados con el Valor Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire.

Hora de Control	Ubicacion	Fecha de monitoreo	Promedio de las Concentraciones de PM ₁₀ (µg/m ³)
07:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	12,78
08:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	15,80
09:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	14,96
10:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	13,26
11:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	12,22
12:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	6,77
01:00 p.m	Bocamina 1	19/06/19	7,63
02:00 p.m	Bocamina 1	19/06/19	9,19
03:00 p.m	Bocamina 1	19/06/19	8,16
04:00 p.m	Bocamina 1	19/06/19	6,13
05:00 p.m	Bocamina 1	19/06/19	4,96
06:00 p.m	Bocamina 1	19/06/19	3,46

Tabla 2: Promedio de concentración de partículas PM10

PROMEDIO ARITMETICO DE CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS PM10 (12 HORAS)	9.61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM10	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabla 3: Promedio de concentración de partículas PM10, comparado con el ECA.

Las concentraciones de partículas PM10 medidos en los puntos de control están por debajo del valor establecido por el Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire para PM10 fijado en $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ según la norma 003-2017-MINAM para aire.

La máxima concentración ($15.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se obtuvo en la hora 8:00 a.m.; mientras que la mínima concentración se obtuvo en la hora 6:00 p.m. ($3.46 \mu\text{g}/\text{m}^3$) por la influencia de factores climáticos como se detalla en el anexo 1.

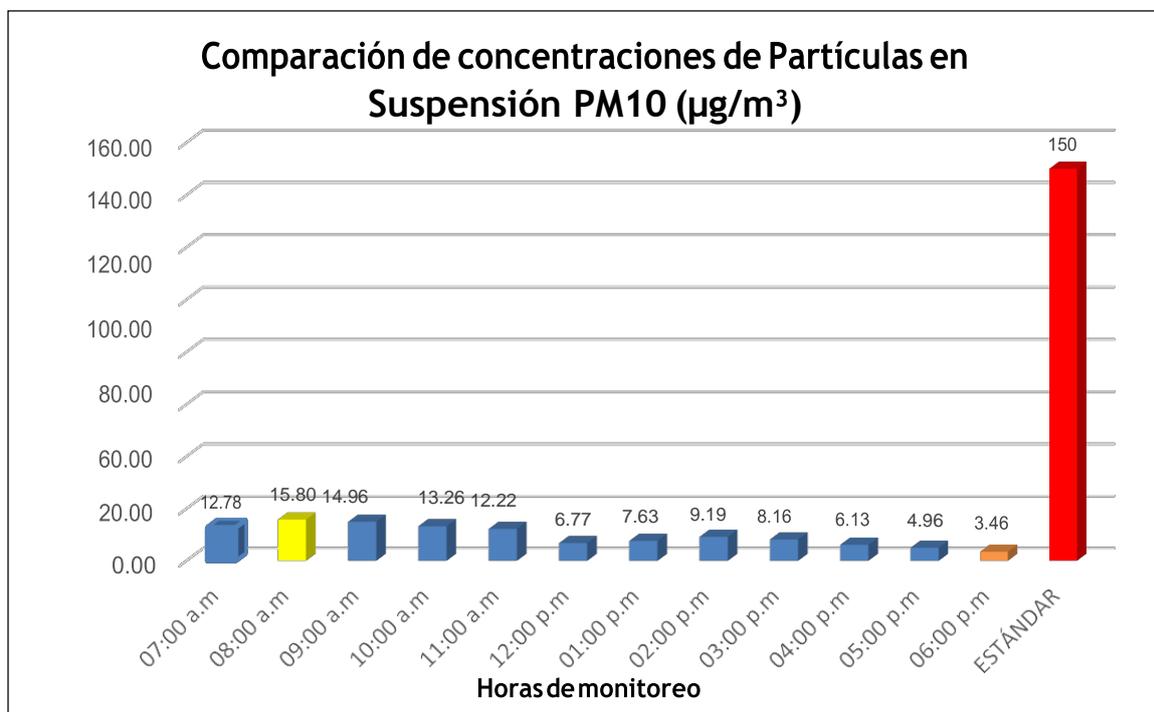


Figura 1: Comparación de concentración de partículas obtenidas en las horas de control PM10.

3.1.2. Partículas en Suspensión PM2.5

Al determinar las partículas PM2.5 por el Equipo sensor remoto HANDHELD 3016 IAQ, que están fundamentados en el uso de técnicas espectroscópicas de larga trayectoria para medir las concentraciones de varios contaminantes en tiempo real.

Concentración promedio de Partículas en Suspensión PM2.5

La presencia de partículas está muy por debajo del límite máximo permisible lo cual se verifica en el cuadro siguiente de PM2.5.

Hora de Control	Ubicación	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
07:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	5,27
08:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	5,48
09:00 a.m	Bocamina1	19/06/19	6,13
10:00 a.m	Bocamina1	19/06/19	9,45
11:00 a.m	Bocamina1	19/06/19	11,55
12:00 a.m	Bocamina1	19/06/19	5,68
01:00 p.m	Bocamina1	19/06/19	4,15
02:00 p.m	Bocamina1	19/06/19	6,13
03:00 p.m	Bocamina1	19/06/19	5,74
04:00 p.m	Bocamina1	19/06/19	4,30
05:00 p.m	Bocamina1	19/06/19	3,34
06:00 p.m	Bocamina1	19/06/19	2,80

Tabla 4: Promedio de concentración de partículas PM2.5

PROMEDIO ARITMÉTICO CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS PM2.5 (12 HORAS)	5.84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM2.5	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabla 5: Promedio de concentración de partículas PM2.5, comparado con el ECA

Las concentraciones de partículas PM2.5 medidas en las horas de 7:00 a.m. a 6:00 p.m. Están por debajo del valor establecido por el Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire para PM2.5 fijado en 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, estipulado en el DS – 003- 2017 MINAM.

La máxima concentración (11.55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) se obtuvo a las 11:00 a.m., mientras que la mínima concentración (2.80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) se obtuvo a las 6:00 p.m como se detalla en el grafico siguiente de PM2.5.

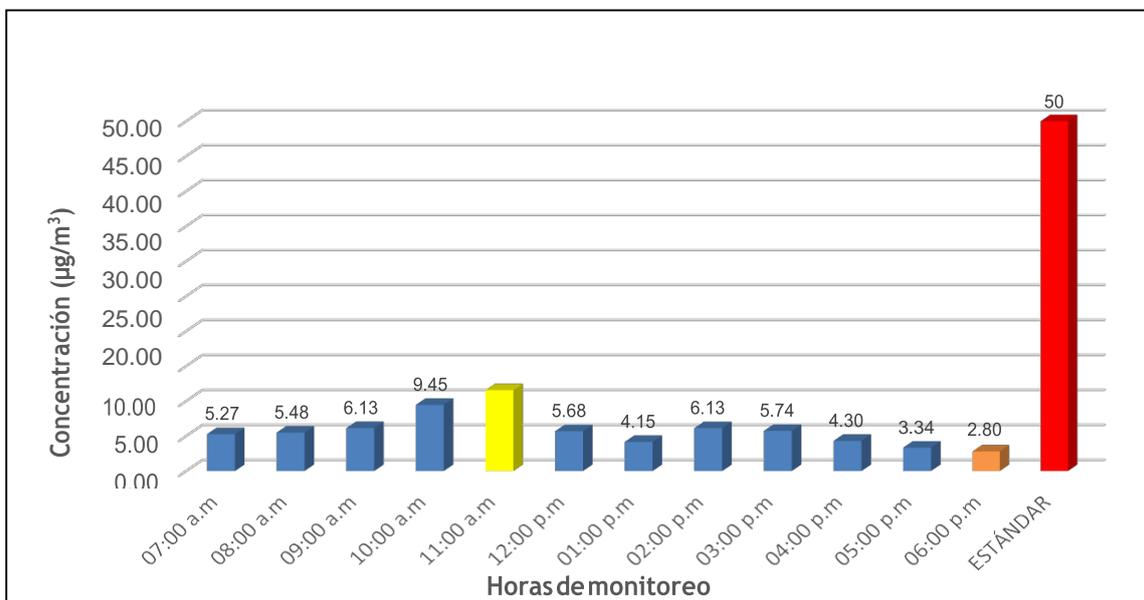


Figura 2: Comparación de concentración de partículas obtenidas en las horas de control PM2.5

3.1.3. Dióxido de Azufre (SO_2)

Al realizar la determinación de este gas con el detector se comprueba que el resultado obtenido es mínimo, porque no existen componentes azufrados que generen la formación de gases. El cual se debe a que no existe material o minerales para obtener dosis o concentraciones mucho más altas.

Promedio de la concentración de Dióxido de Azufre (SO₂)

El cuadro siguiente muestra las concentraciones de Dióxido de Carbono (SO₂) medidos en los puntos de control de 7:00 a.m. a 6:00 p.m., y son comparados con el Valor Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire.

Hora de Control	Ubicación	Fecha de monitoreo	Concentraciones de SO ₂ (µg/m ³)
07:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	3,08
08:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	2,13
09:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	2,67
10:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	2,74
11:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	3,48
12:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	9,24
01:00 p.m	Bocamina 1	19/06/19	4,63
02:00 p.m	Bocamina 1	19/06/19	4,24
03:00 p.m	Bocamina 1	19/06/19	3,18
04:00 p.m	Bocamina 1	19/06/19	2,79
05:00 p.m	Bocamina 1	19/06/19	2,77
06:00 p.m	Bocamina 1	19/06/19	2,63

Tabla 6: Promedio de concentración de partículas SO₂

PROMEDIO ARITMETICO DE CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE AZUFRE SO₂	3.63 µg/m³
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE SO₂	250 µg/m³

Tabla 7: Promedio de concentración de partículas SO₂, comparado con el ECA

Los niveles de concentración de Dióxido de Azufre (SO₂) obtenidos en los puntos de control de 7:00 a.m. a 6:00 p.m., se encuentran por debajo del Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire fijado en 250 µg/m³ según DS-003-2017- MINAM.

La máxima concentración (9.24 µg/m³) se obtuvo a las 12:00 a.m., mientras que la mínima concentración (2.13 µg/m³) se obtuvo en el punto de 8:00 a.m como se detalla en el anexo 3.

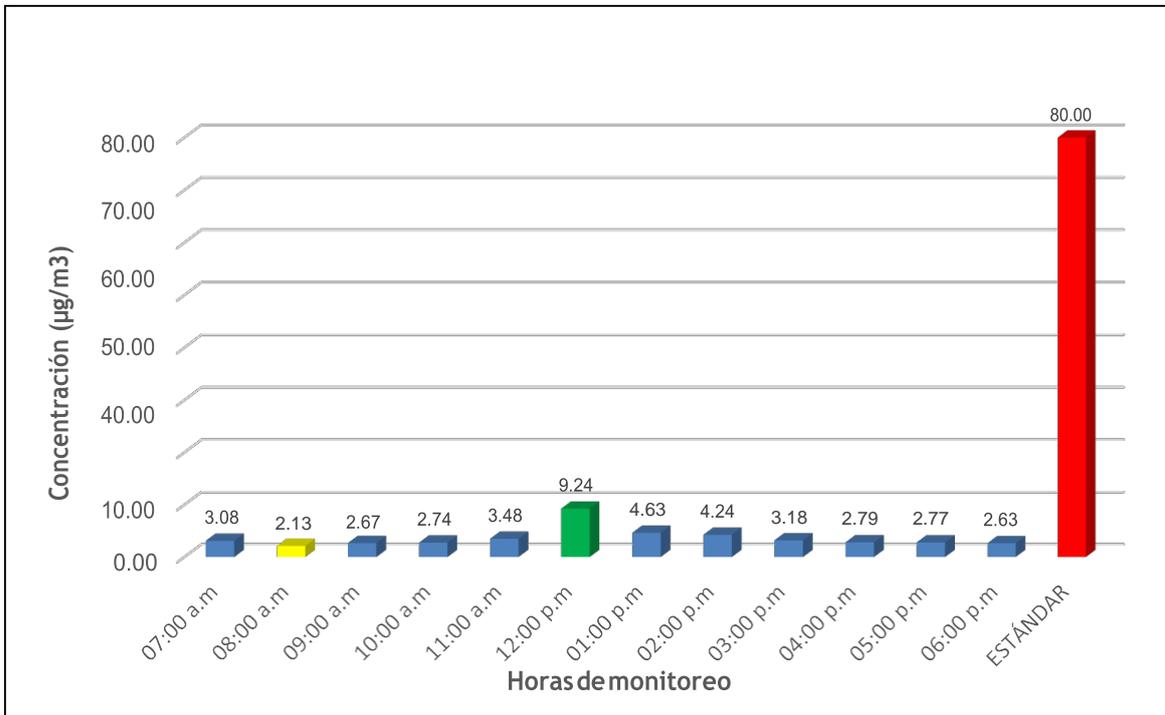


Figura 3: Comparación de concentración de partículas obtenidas en las horas de control SO₂.

3.1.4. Monóxido de Carbono (CO)

La concentración de Monóxido de Carbono (CO) en esta zona es baja, debido a que este gas es de baja densidad, el cual es dispersado por los vientos y no se puede concentrar, por ello el sensor de gases arroja resultados muy bajos.

Promedio de concentración de Monóxido de Carbono (CO)

El cuadro siguiente muestra las concentraciones de Monóxido de Carbono (CO) medidos en los puntos de control de 7:00 a.m. a 6:00 p.m., y son comparados con el Valor Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire según la norma 003-2017- PCM-ECA para aire.

Hora de Control	Ubicación	Fecha de monitoreo	Concentraciones de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
07:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	140,88
08:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	223,29
09:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	62,77
10:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	29,42
11:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	89,89
12:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	3415,79
01:00 p.m	Bocamina 1	19/06/19	6371,96
02:00 p.m	Bocamina 1	19/06/19	405,57
03.00 p.m	Bocamina 1	19/06/19	632,50
04:00 p.m	Bocamina 1	19/06/19	357,46
05:00 p.m	Bocamina 1	19/06/19	460,96
06:00 p.m	Bocamina 1	19/06/19	105,42

Tabla 8: Promedio de concentración de partículas CO

PROMEDIO ARITMÉTICO DE CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE	1024.66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE CO	30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabla 9: Promedio de concentración de partículas CO, comparado con el ECA

Los niveles de concentración de Monóxido de Carbono (CO) obtenidos en los puestos de control de 7:00 a.m. a 6:00 p.m. se encuentran por debajo del Estándar Nacional de calidad Ambiental del aire, fijado en $30000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, según la norma 003- 2017-PCM-ECA para el aire.

La máxima concentración ($6371.96 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se obtuvo a las 1:00 p.m. mientras que la mínima concentración ($29.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se obtuvo en el punto a las 10:00 a.m como se detalla en el anexo 4.

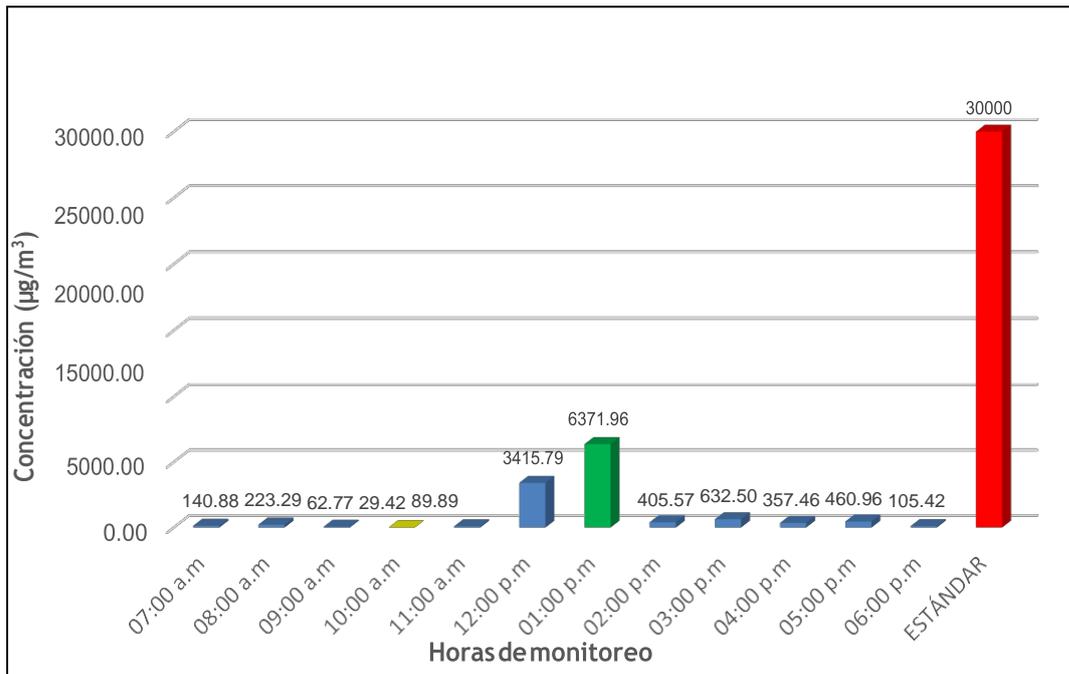


Figura 4: Comparación de concentración de partículas obtenidas en las horas de control CO.

Dióxido de Nitrógeno (NO₂)-12h

El dióxido de Nitrógeno en esta zona es mínimo debido a que en la zona ocurren movimientos de masas de aire grandes, esto permite que este gas se disperse y no se produzca una concentración mayor al estándar nacional de calidad ambiental del aire que es $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Promedio de concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO₂)-12h

El siguiente cuadro muestra las concentraciones de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) medido en el punto de control de 7:00 a.m. a 6:00 p.m., y son comparados con el Valor Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire.

Hora de Control	Ubicación	Fecha de monitoreo	Concentraciones de NO ₂ (µg/m ³)
07:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	46,21
08:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	45,81
09:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	59,03
10:00 a.m	Bocamina1	19/06/19	53,38
11:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	61,91
12:00 a.m	Bocamina 1	19/06/19	51,94
01:00 p.m	Bocamina 1	19/06/19	48,68
02:00 p.m	Bocamina 1	19/06/19	53,48
03.00 p.m	Bocamina 1	19/06/19	56,64
04:00 p.m	Bocamina 1	19/06/19	57,50
05:00 p.m	Bocamina 1	19/06/19	56,64
06:00 p.m	Bocamina 1	19/06/19	61,68

Tabla 10: Promedio de concentración de partículas NO₂

PROMEDIO ARIMETICO DE CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO NO ₂ (12 HORAS)	54.41 µg/m ³
ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE NO ₂	200 µg/m ³

Tabla 11: Promedio de concentración de partículas NO₂, comparado con el ECA

Los niveles de concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) obtenidos en los puntos de control de 7:00 a.m. a 6:00 p.m., se encuentran por debajo del Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire fijado en 200 µg/m³ según la norma 003- 2017-PCM-ECA para aire.

La máxima concentración ($61.91 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se obtuvo a las 11:00 a.m., mientras que la mínima concentración ($45.81 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se obtuvo en el punto de 8:00 a.m como se detalla en el anexo5.

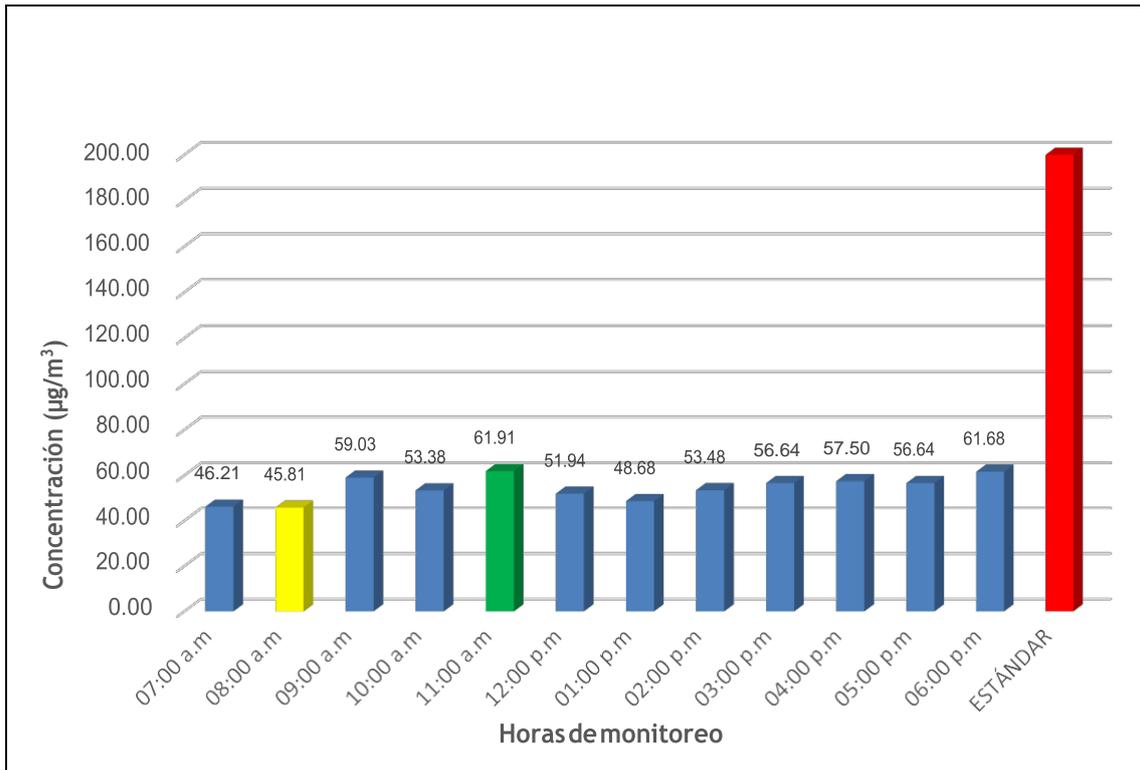


Figura 5: Comparación de concentración de partículas obtenidas en las horas de control NO_2 .

Considerando los resultados anteriores los parámetros medidos no pasan los límites máximos permisibles, además no se necesita ventilación artificial.

3.2. Realizar el cálculo del caudal requerido por número de personas

3.2.1. Caudal requerido por el número de personas:

Se requiere una corriente de aire fresco de no menos de tres metros cúbicos por minuto ($3 \text{ m}^3/\text{min.}$) por persona, en cualquier sitio del interior de la mina.

$$Q = F \times N \text{ (m}^3/\text{min.)}$$

Donde:

Q = Caudal total para “n” personas que trabajen en interior mina ($\text{m}^3/\text{min.}$)

F = Caudal mínimo por persona ($3 \text{ m}^3/\text{min.}$)

N = Número de personas en el lugar.

A = pesar que este método es utilizado con frecuencia, se debe considerar “F” sólo como referencia, pues no toma en cuenta otros factores consumidores de oxígeno, como lo son la putrefacción de la madera, la descomposición de la roca, la combustión de los equipos, etc.

Considerando 1 supervisor, 1 jefe de mina, y los 3 obreros por labor; calculamos 5 personas por labor.

$$Q = 3\text{m}^3/\text{min} \times N$$

$$Q = 3\text{m}^3/\text{min} \times 5$$

$$Q = 15 \text{ m}^3/\text{min}$$

3.2.2. Caudal requerido para la producción:

Este método es usado generalmente en minas de carbón.

El cálculo se basa sobre la suposición de que la cantidad de gas (CH₄ y CO₂) que se desprende es proporcional a la producción, expresado en forma matemática:

$$Q = T \times u \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Donde:

Q = Caudal requerido por toneladas de producción diaria (m³/min.)

u = Consumo de aire por tonelada de producción diaria expresada en (m³/min.)

T = Producción diaria en toneladas.

Para minas de carbón, "u" varía generalmente entre 1 a 1,7 (m³/min.), por tanto, tomamos el promedio que es 1.35

Para la labor

Produce 208 toneladas al mes, por tanto, al día produce 6.93 ton.

$$Q = T \times u \text{ (m}^3\text{/min)}$$

$$Q = 6.93 \times 1.35 \text{ m}^3\text{/min}$$

$$Q = 9.34 \text{ m}^3\text{/min}$$

3.2.3. Caudal requerido por el polvo en suspensión:

Considerando el monitoreo ambiental de partículas en suspensión tanto PM10 como PM 2.5.

Para el caso de PM10 tenemos un promedio de $9.61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ cuando Estándar de Calidad ambiental del Aire lo establece en $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Para PM 2.5 tenemos un promedio de $5.84 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cuando el Estándar de Calidad ambiental del Aire lo establece en $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Considerando la baja presencia de partículas asignamos velocidades suficientes entre 20 m/min a 30 m/min para mantener áreas despejadas.

3.2.4. Caudal requerido por consumo de explosivo

Este caudal no es necesario calcular ya que no se usa con mucha frecuencia explosivos en esta concesión minera.

3.2.5. Presión (caída total) y la Potencia del ventilador

En la galería de la concesión minera, no se está usando realizando perforación ni voladura.

Dimensiones de la Galería:

Alto = 1.5 Metros = 4,92 Pies,

Ancho = 1,6 metros = 5,25 Pies,

Longitud = 110 Metros = 360,89 Pies

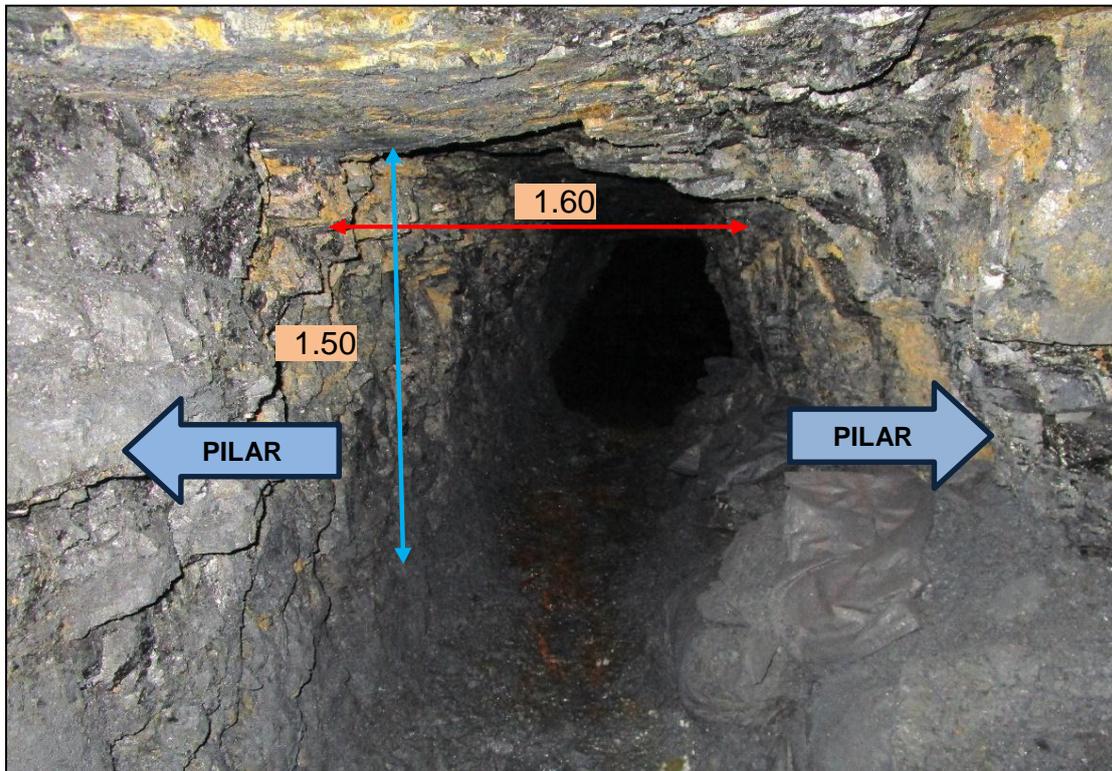


Foto 6: Galería en avance dentro de la Labor Minera

3.3. Evaluar la utilización de ventilación artificial.

Considerando los resultados anteriores los parámetros medidos no pasan los límites máximos permisibles, además no se necesita **ventilación artificial**.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

De acuerdo a los monitoreos realizados en la concesión, de material particulado y de gases, los resultados no pasan los límites máximos permisibles establecidos, por ende se considera un impacto leve.

Se determinó el cálculo de los caudales como son por:

Número de personas que es: $Q = 15 \text{ m}^3/\text{min}$,

Producción: $1,7 \text{ m}^3/\text{min}$,

Labor: $9,34 \text{ m}^3/\text{min}$.

Polvo en suspensión:

Considerando el monitoreo ambiental de partículas en suspensión tanto PM10 como PM 2.5.

Para el caso de PM10 tenemos un promedio de $9,61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ cuando el Estándar de Calidad Ambiental para el Aire lo estable en $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Para PM 2.5 tenemos un promedio de $5,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cuando Estándar de Calidad Ambiental para el Aire lo estable en $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Considerando la baja presencia de partículas asignamos velocidades suficientes entre 20 a 30 m/min para mantener áreas despejadas.

Explosivos: Este caudal no es necesario calcular ya que no se usa con mucha frecuencia explosivos en esta concesión.

En las galerías de extracción el caudal promedio requerido por persona es de 15 m³/min, es decir es apto para la realización de operaciones en dicha mina.

El caudal requerido por la producción es: 9.34 m³/min

De acuerdo a estos resultados no se necesita ventilación artificial, sólo mejorar la ventilación natural.

4.2 Conclusiones

El análisis situacional del sistema de ventilación de la bocamina 1, de las mediciones de PM10, PM2.5, CO, SO₂ y NO₂. Donde se concluyó que a medida que se profundizan las labores de desarrollo, la velocidad de aire es insuficiente para mantener el ambiente de trabajo en condiciones saludables. En algunos sitios de la bocamina 1 se encuentran velocidades de 0 m/s, inconveniente que ocasiona la recirculación del aire contaminado y el aumento de la temperatura, por lo cual se genera una atmósfera minera con presencia de gases fuera de los Estándares de Calidad Ambiental para el Aire según la normativa peruana (D.S.003 – 2017 –MINAM).

De acuerdo a los estudios realizados en la bocamina 1 de la mina subterránea carbonífera se llegó a una conclusión que el caudal requerido para el número de personas que es: Q =15 m³/min, Producción: 1,7 m³/min, Labor: 9.34 m³/min. Además de ello para que los gases presentes en la bocamina 1 cumplan con los estándares según el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en minería (D.S. N° 024-2016-EM).

Se concluye que la calidad del aire y la ventilación natural es buena, por tanto, no es necesaria la ventilación superficial.

RECOMENDACIONES

Realizar lo más antes posible la apertura de las cámaras para la labor subterránea en la concesión minera.

Implementar instrumentos completos para monitorear periódicamente los gases en las labores.

REFERENCIAS

- Andrade, G., S. (2008), *Servicio Nacional de Geología y Minería Guía Metodológica de Seguridad para Proyectos de Ventilación de Minas*. Chile.
- Claverías, J.S. (2014). *Evaluación y optimización del sistema de ventilación de la compañía Minera Caravelí S.A.C aplicando el software ventsim visual 3. (Tesis de pre-grado)*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.
- Castillo, D.R. (2017). *Evaluación del sistema de ventilación de la mina el roble. (Tesis de pregrado)*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Boyacá, Colombia.
- Carabajo, C.S. (2015). *Diseño del circuito de ventilación de la zona norte de la Mina Cabo de Hornos, ubicada en el distrito aurífero – polimetálico Portovelo – Zaruma. (Tesis de pre- grado)*. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- De la cuadra L. (2014), *Curso de Laboreo de Minas*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. ISBN 8460062546.
- Enrique, Jorge F. (2011). *Evaluación del sistema de ventilación de la Mina San Ignacio de Morococha, aplicando el software Ventsim 3.9*. San Ignacion - Cajamarca

Giménez P. (2012), *Ventilación de Minas Subterráneas y Túneles. Practica Aplicada, Avanzada en Minería Clásica y Minería por Trackles*. Edición III Perú.

Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. (1989), *Manual de Ventilación de minas*. Lima.

Jiménez A. (2011). *Ventilación de Minas Subterráneas y Túneles*.

Mallqui A. (2006), *Proyecto de Optimización del Sistema de Ventilación*. Tesis UNCP. Huancayo. Perú.

Mallqui T., A. *Ventilación de Minas*. Pág. 68. Huancayo. Perú

Naira A., Ángel. V. (2009), *Ventilación del Desarrollo de la Galería de Compañía Minera Ananea Puno*. Perú.

Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional. D.S. N° 024-2016-EM. Lima. Perú.

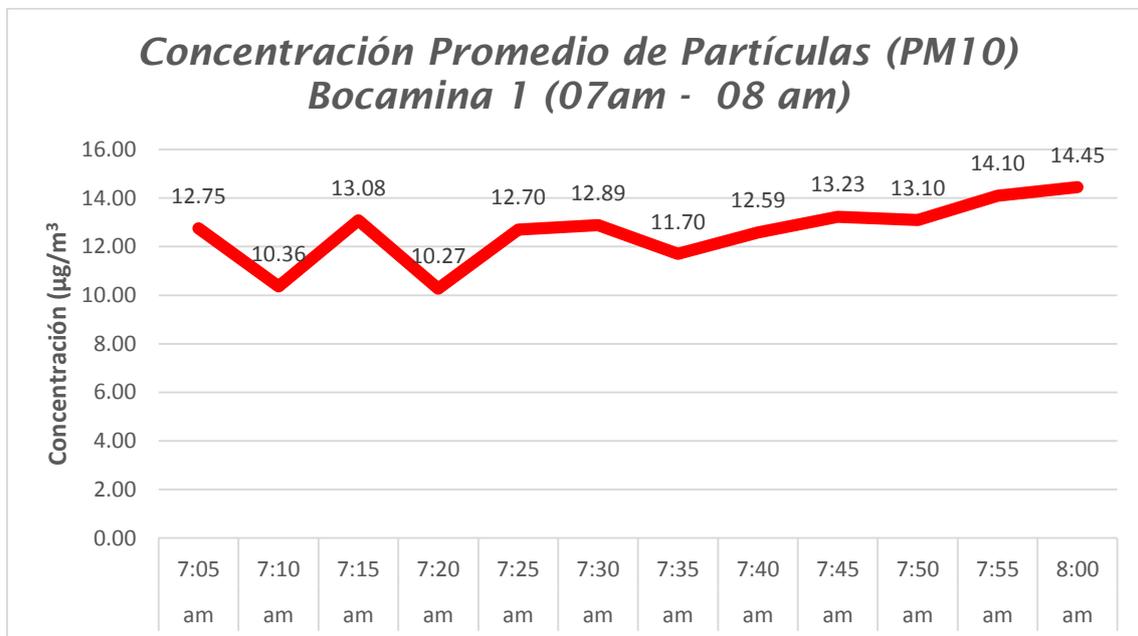
Sutty, J. (2016). *Influencia de la ventilación mecánica, en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 Mina Urano SAC - Puno*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Del Altiplano, Puno, Perú.

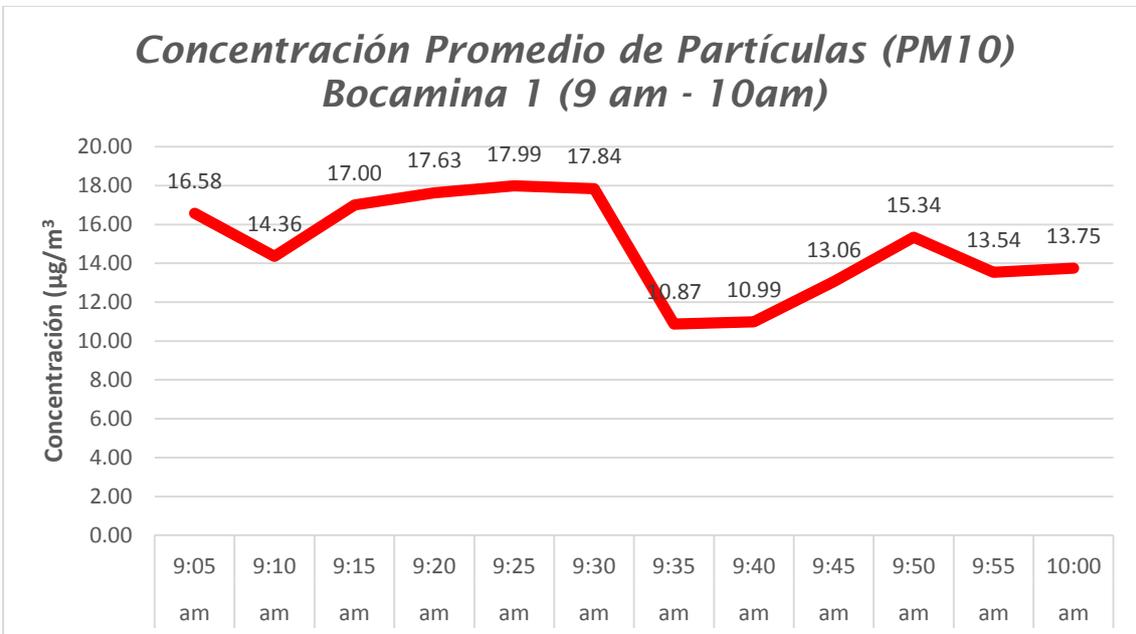
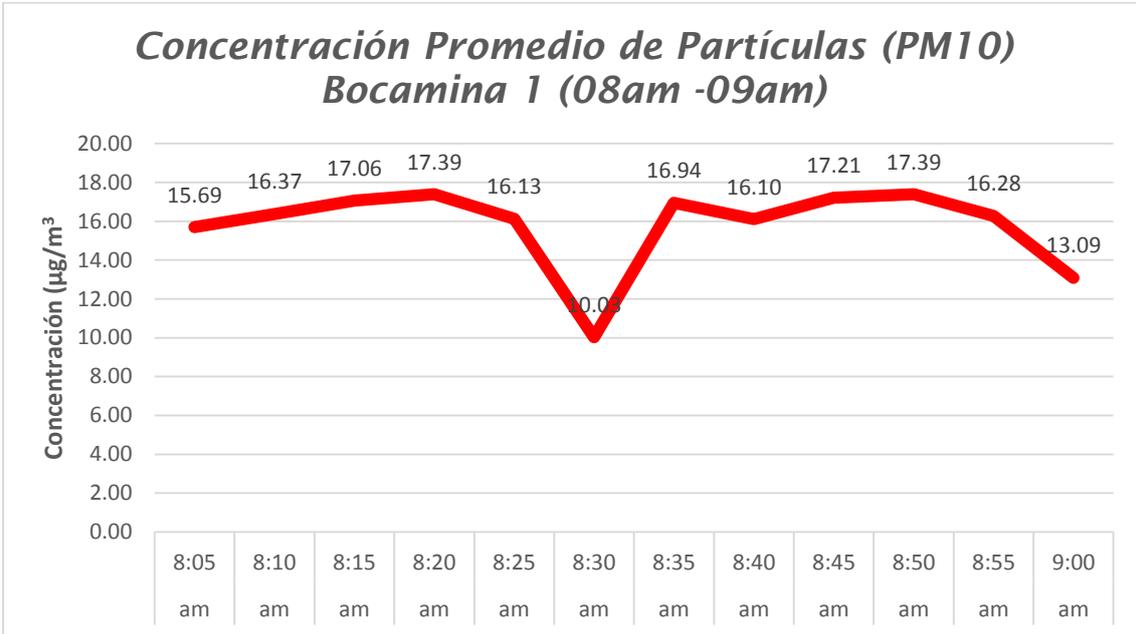
Ramírez J. (2005). *Ventilación de Minas. Módulo de Capacitación Técnico Ambiental*. Chaparra Perú.

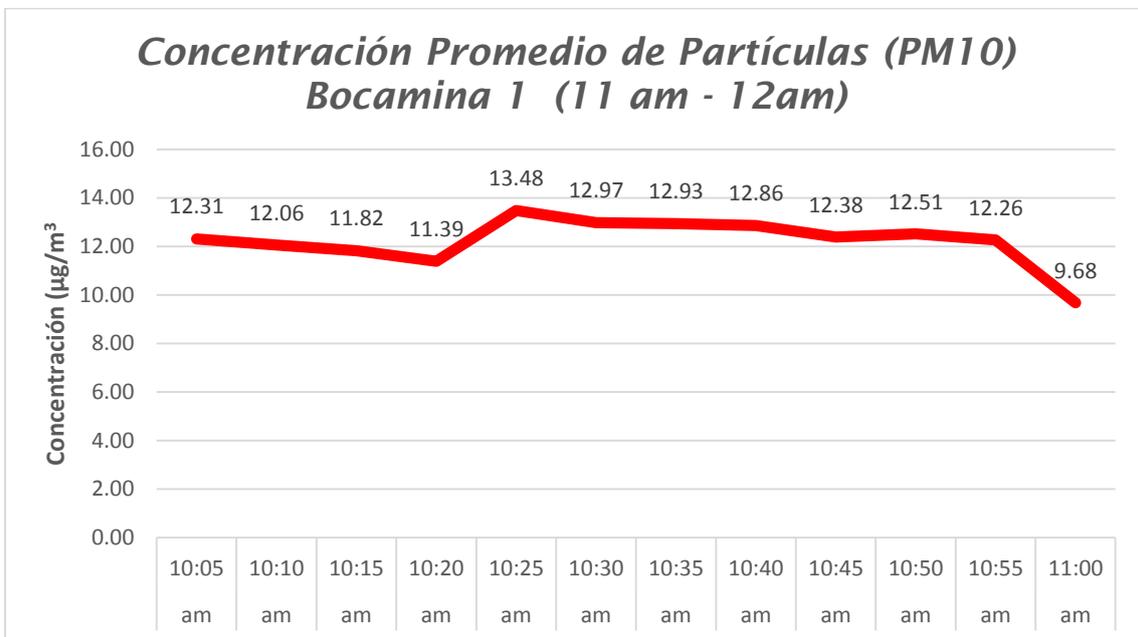
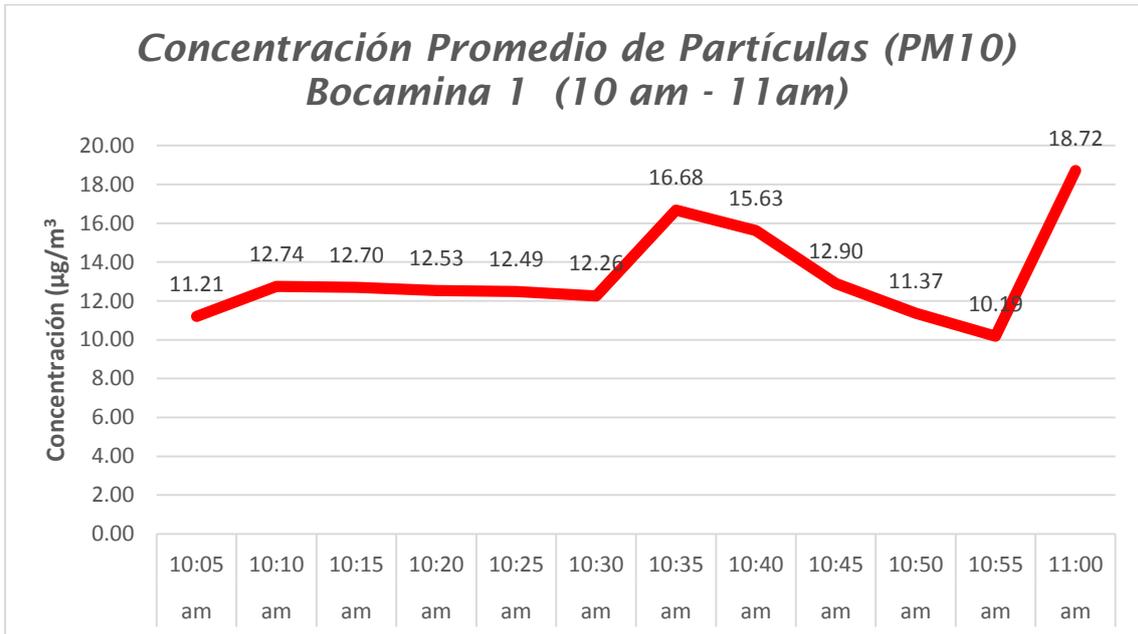
ANEXOS

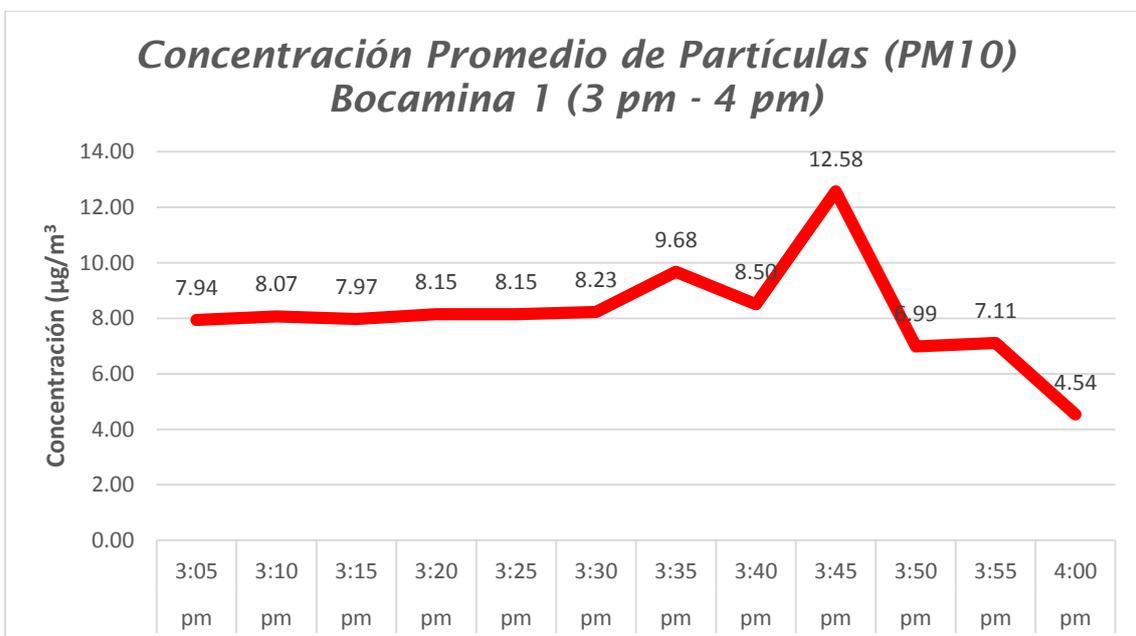
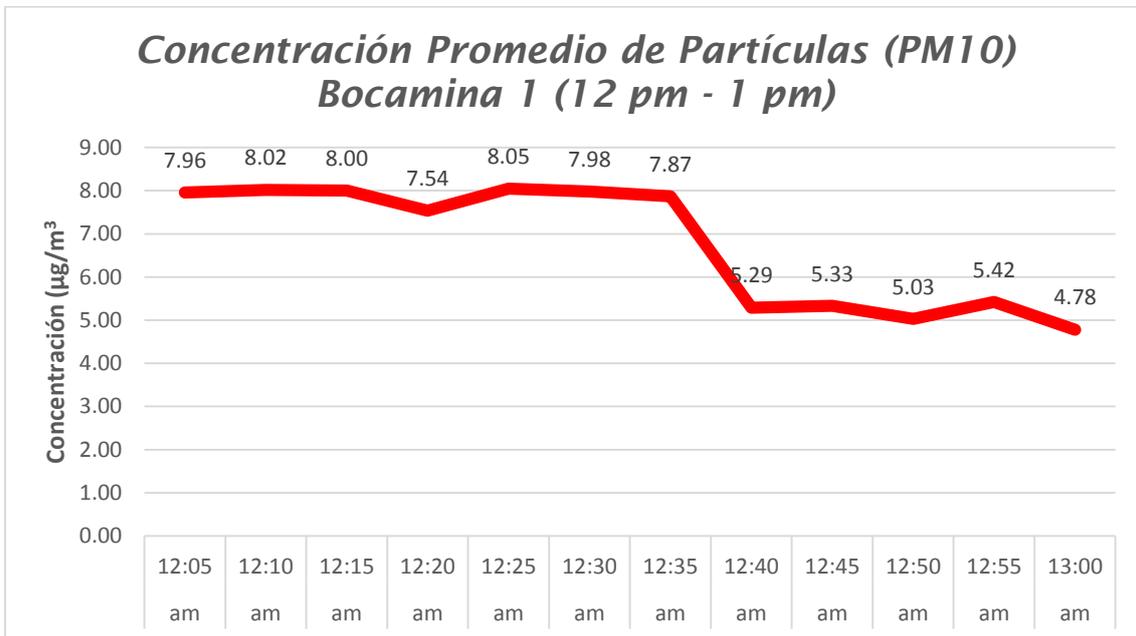
Anexo 1:

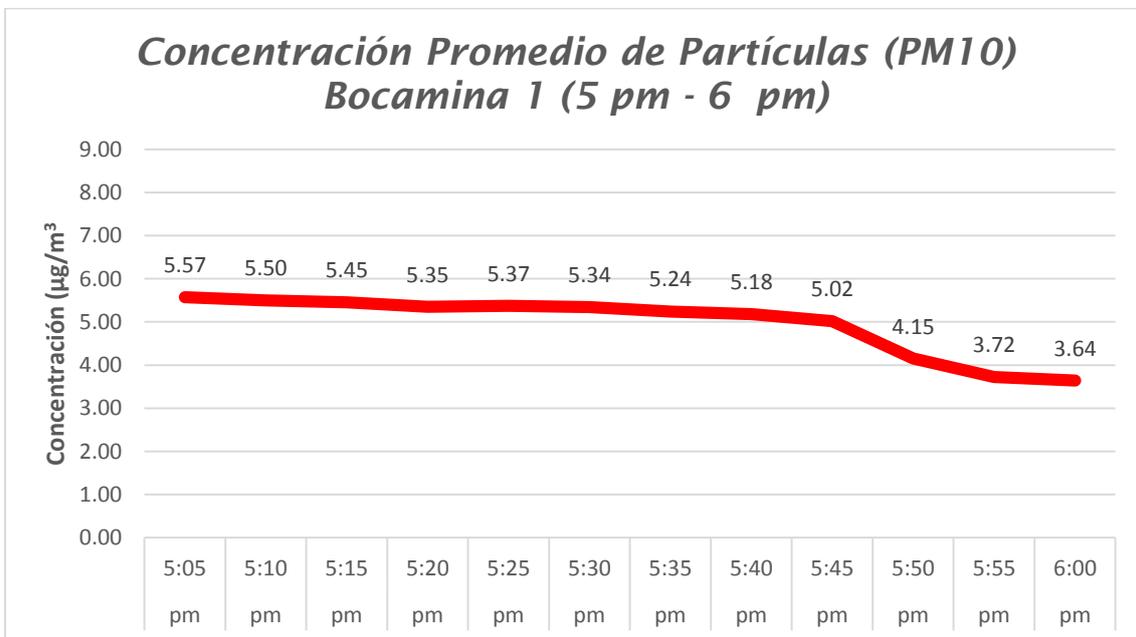
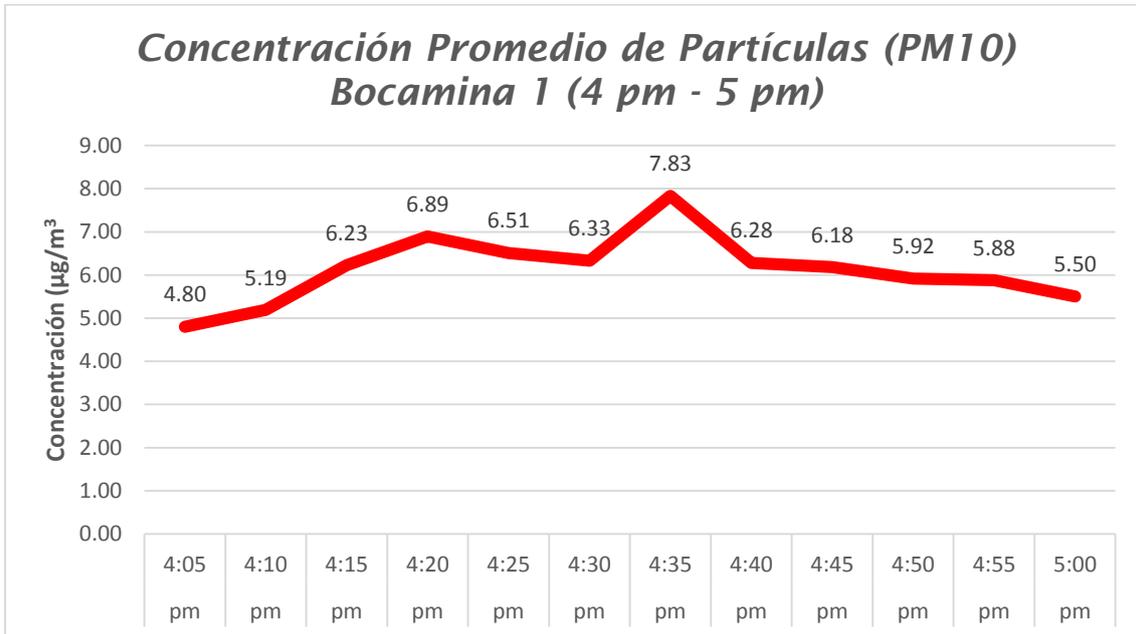
Gráficos de valores tomados en campo de material particulado (PM10), cada cinco minutos.

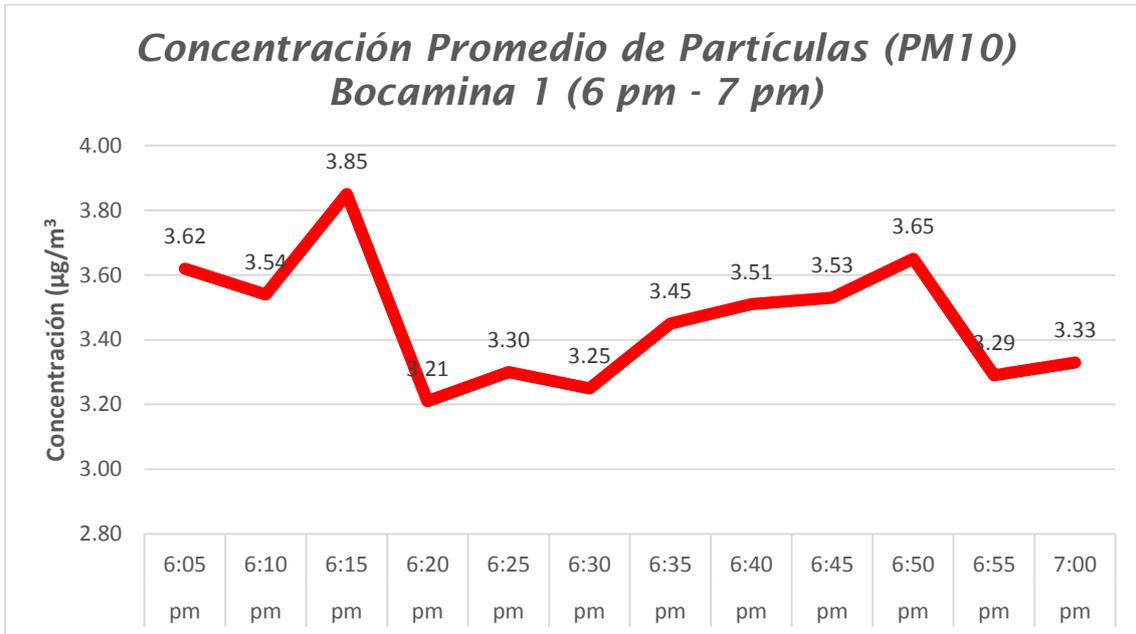






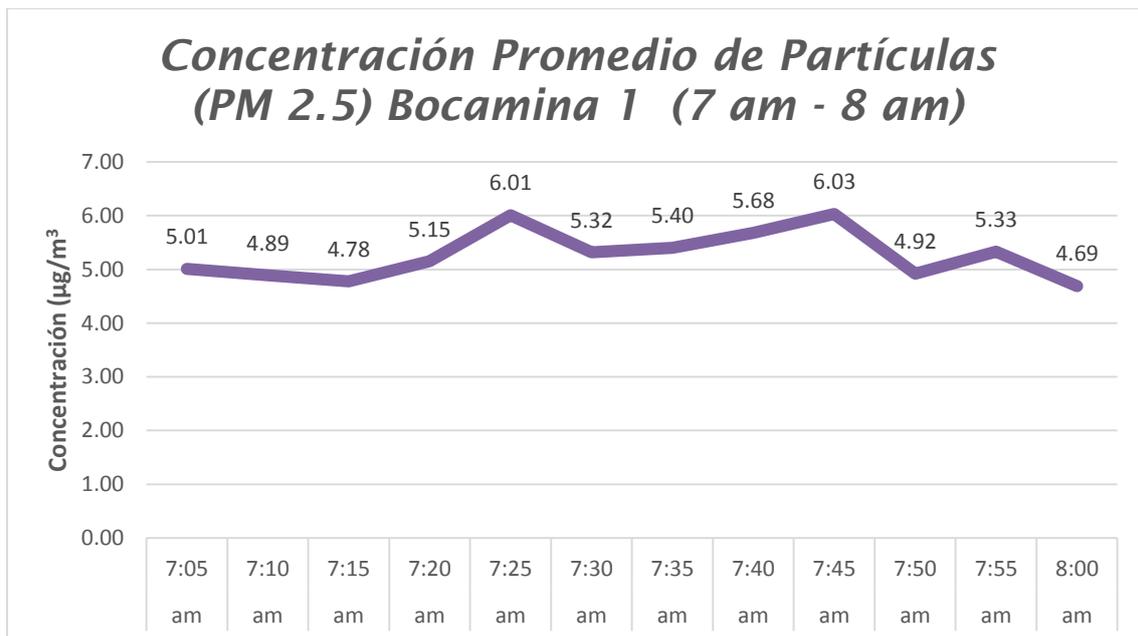


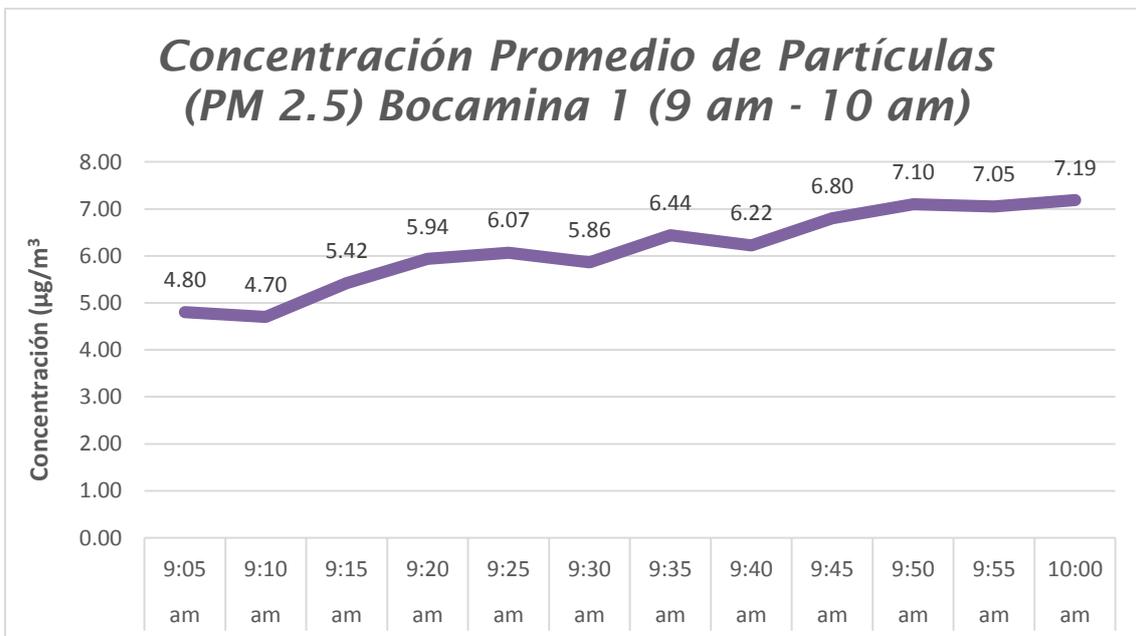
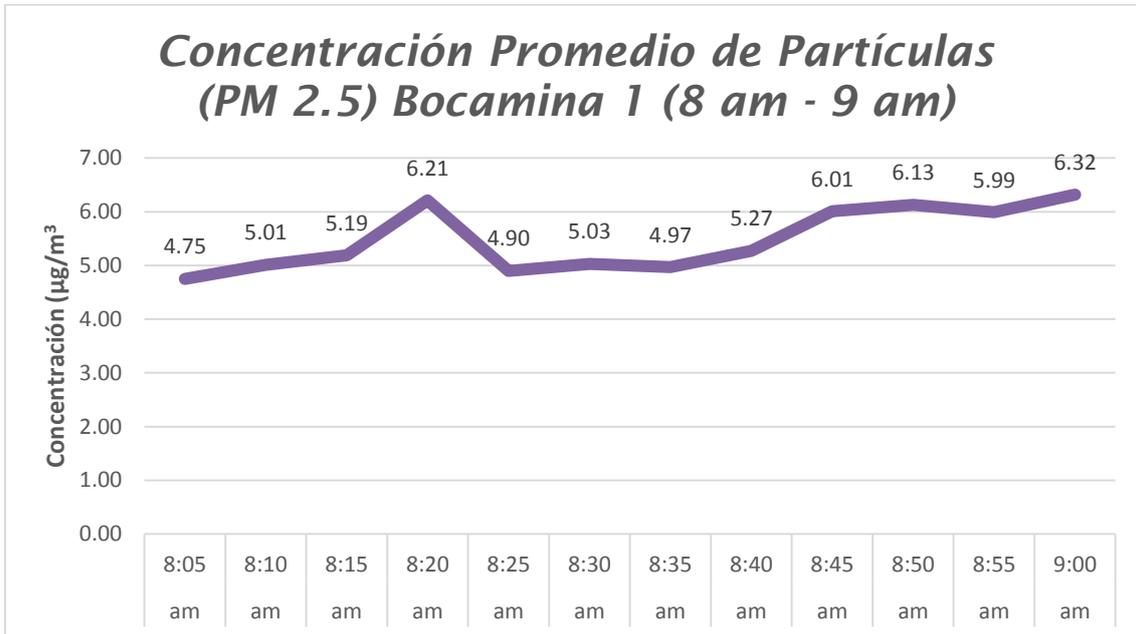


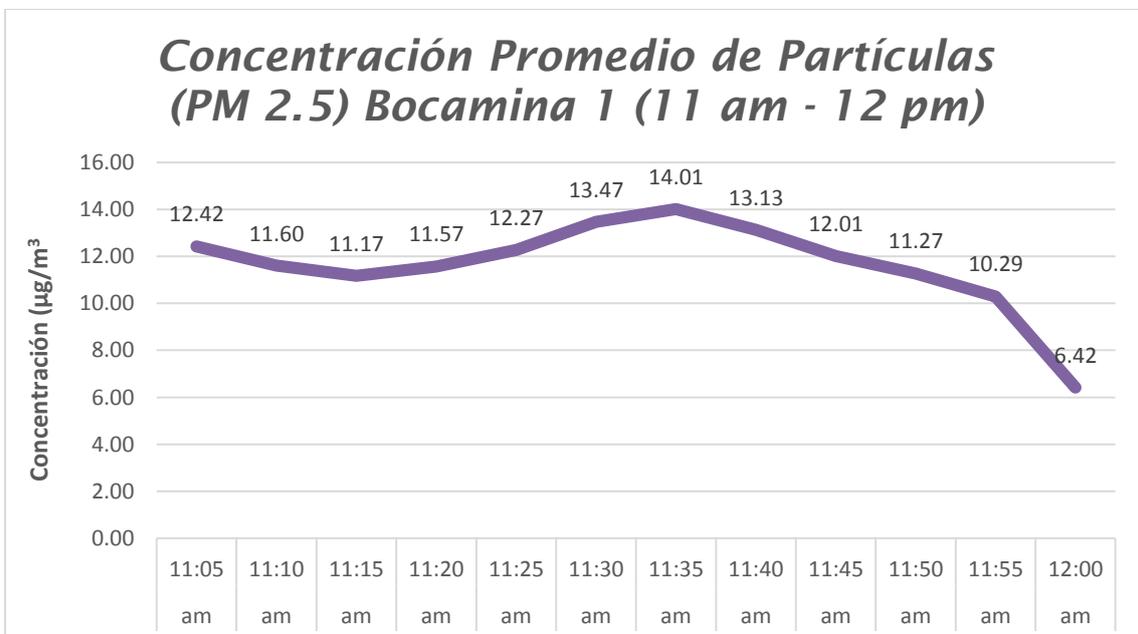
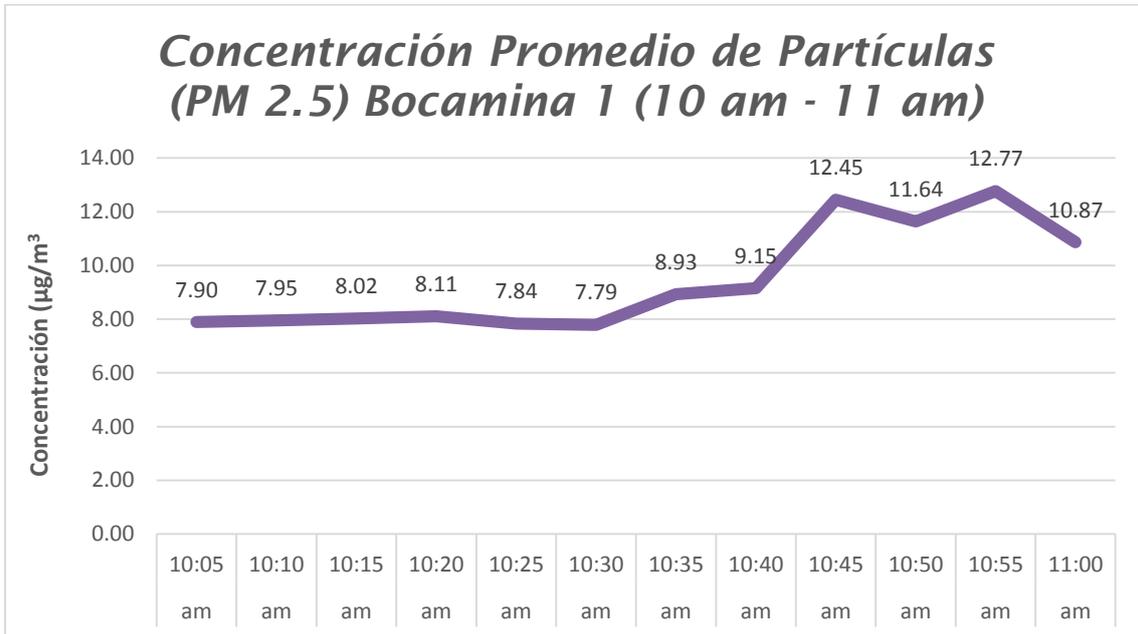


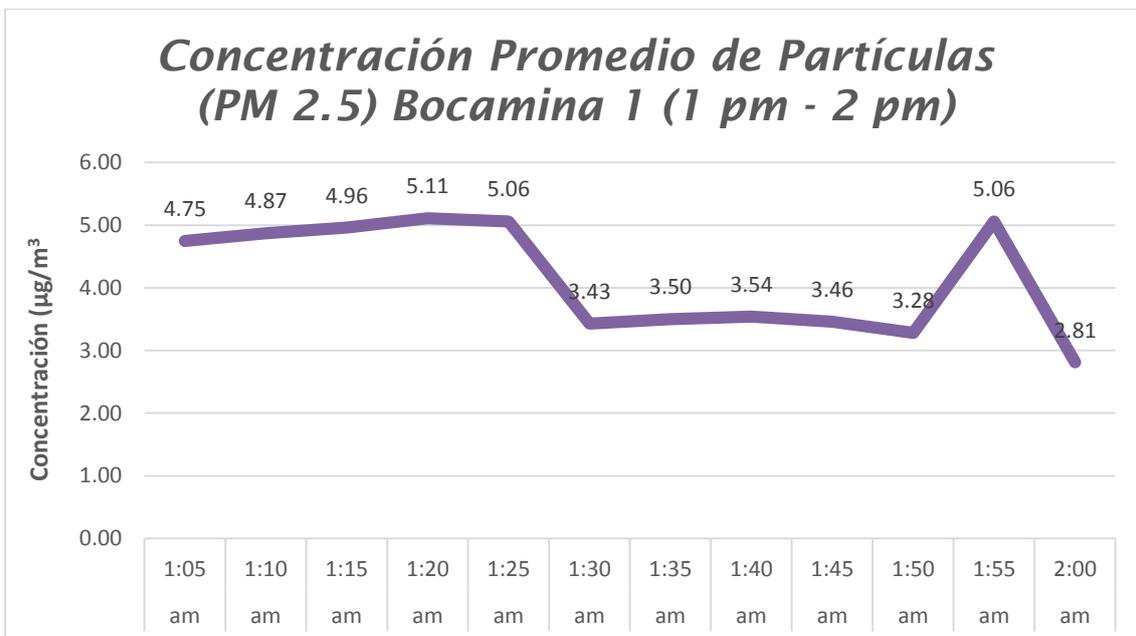
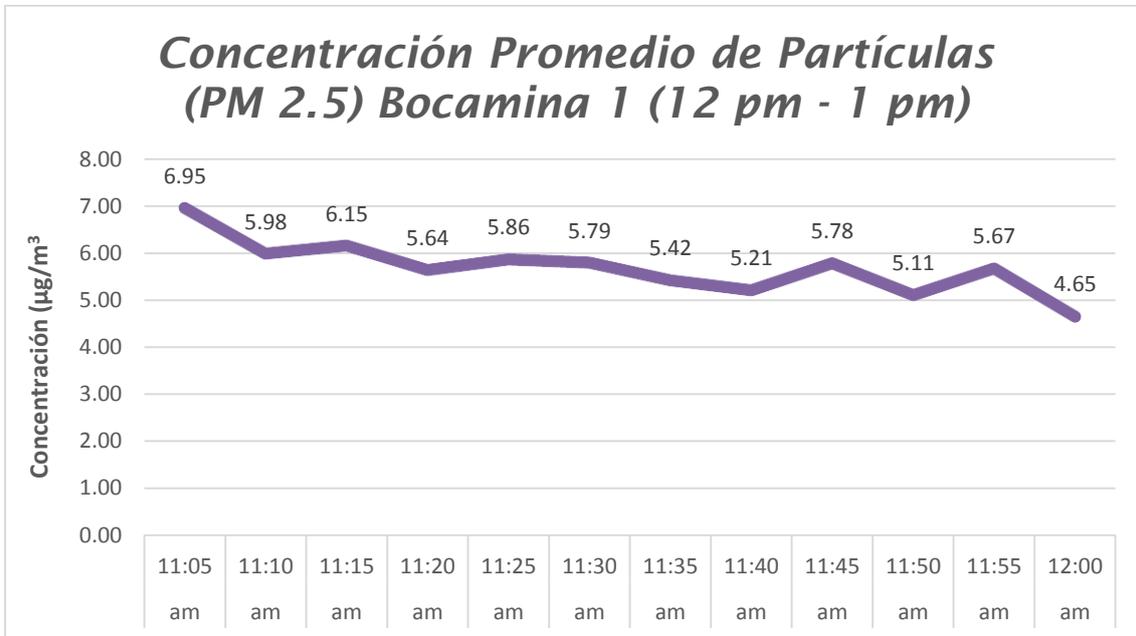
Anexo 2:

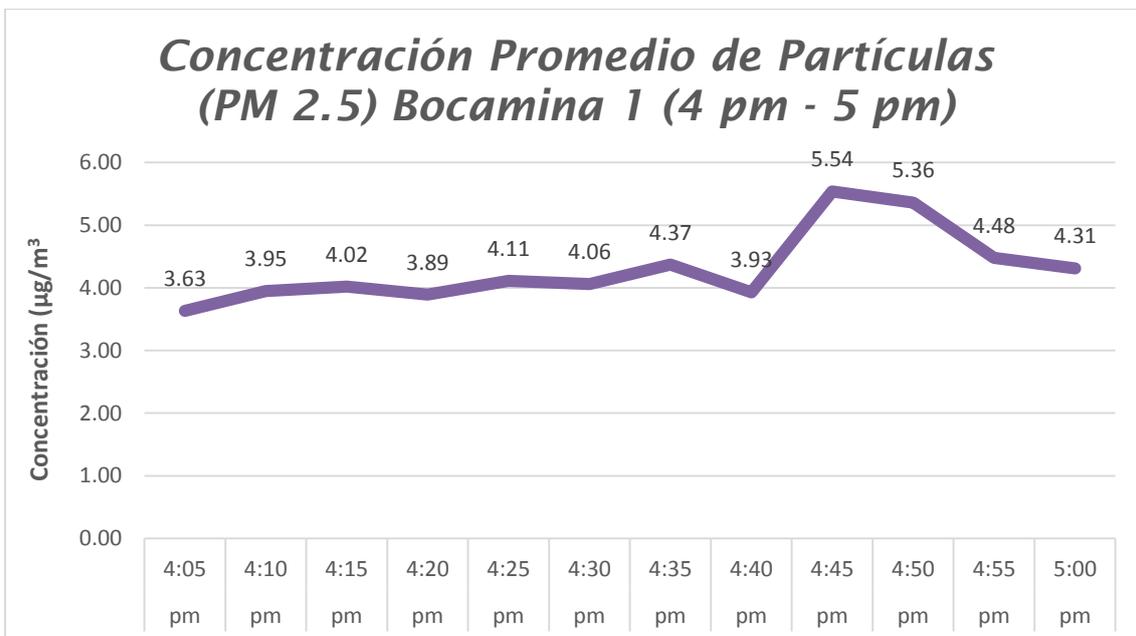
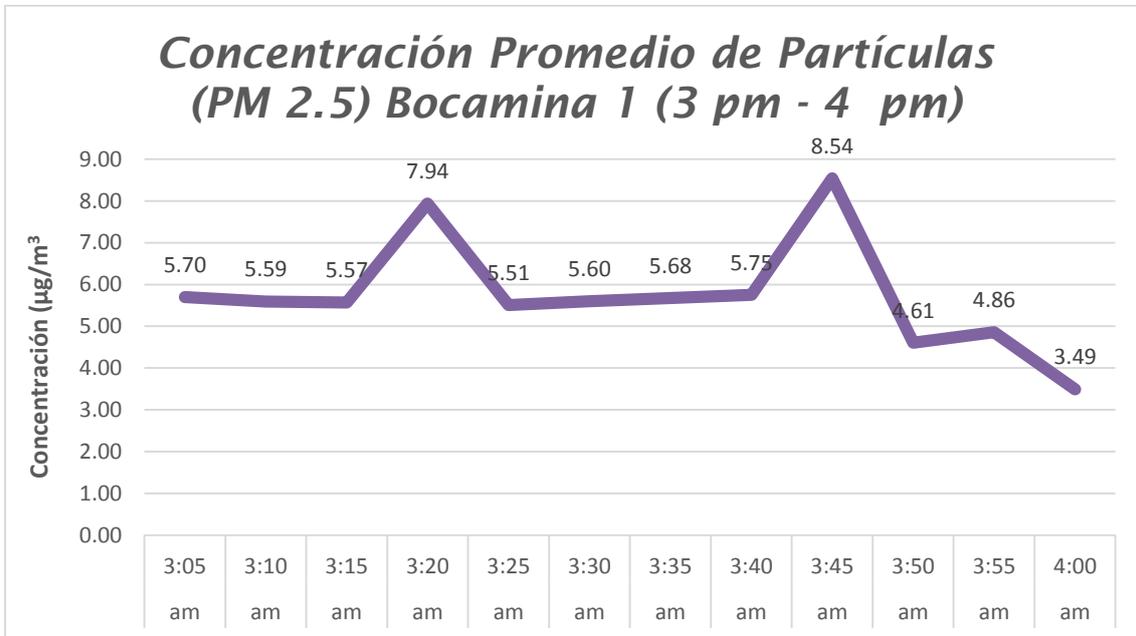
Gráficos de valores tomados en campo de material particulado (PM2.5), cada cinco minutos.

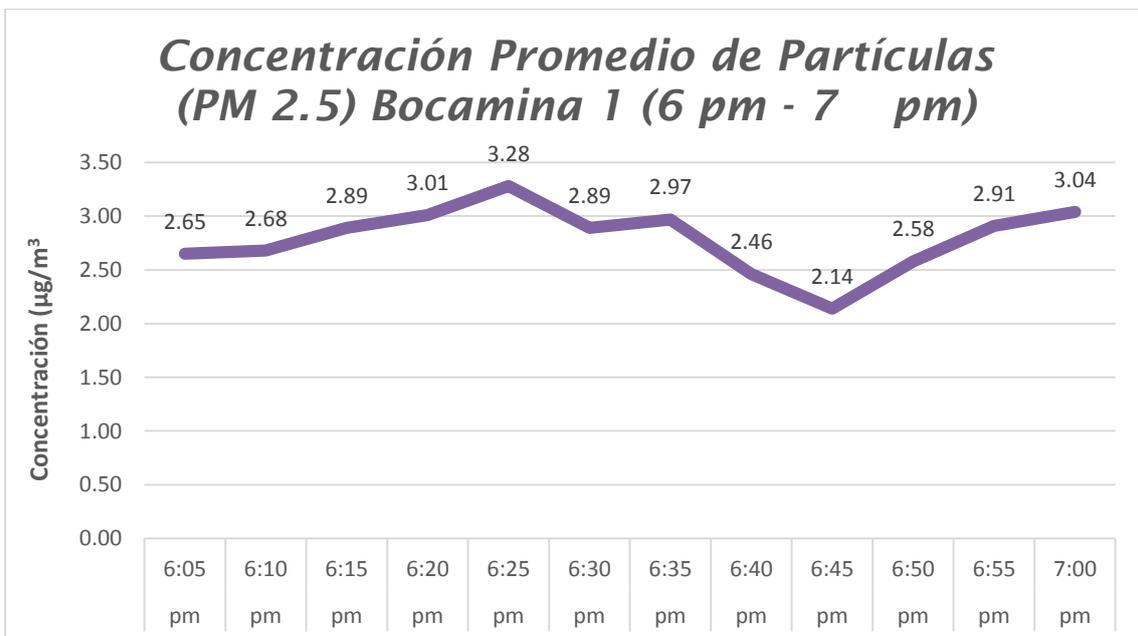
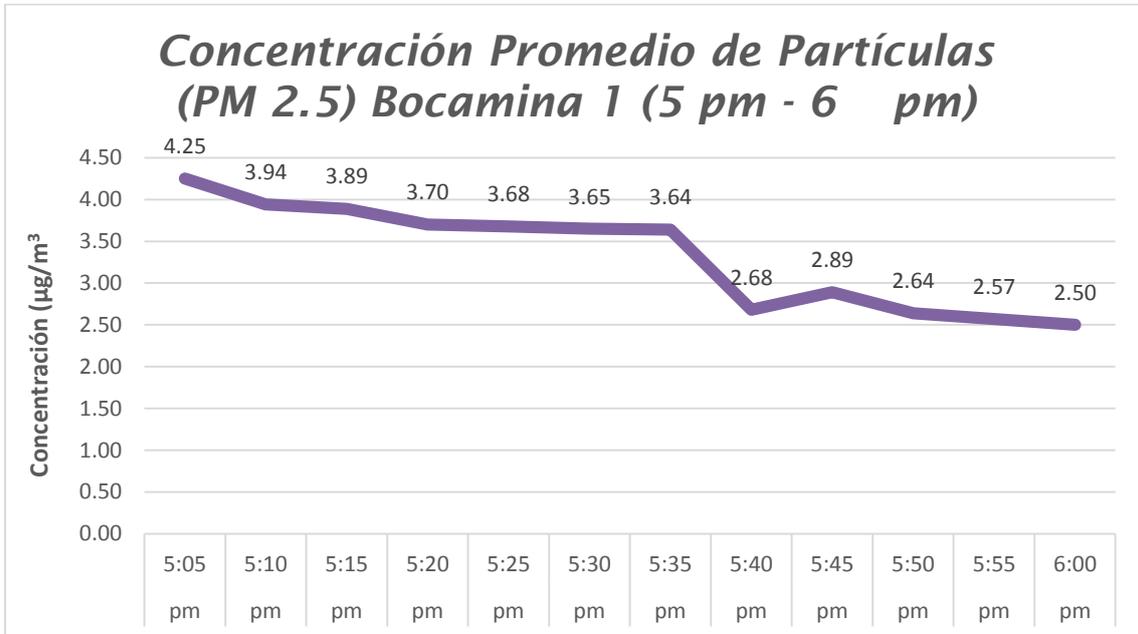






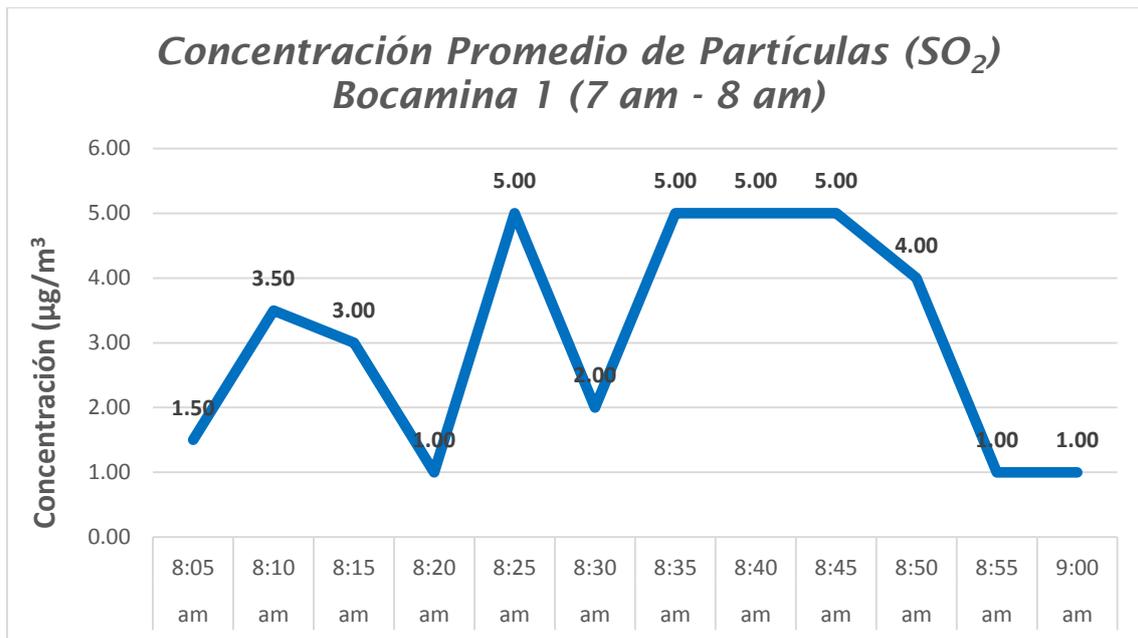


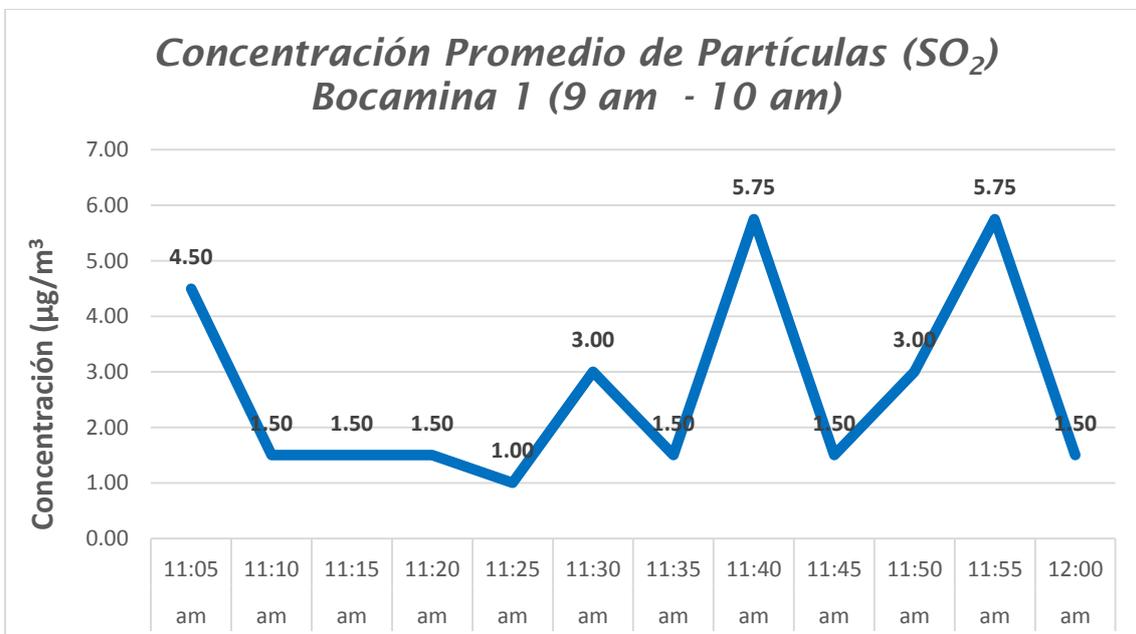
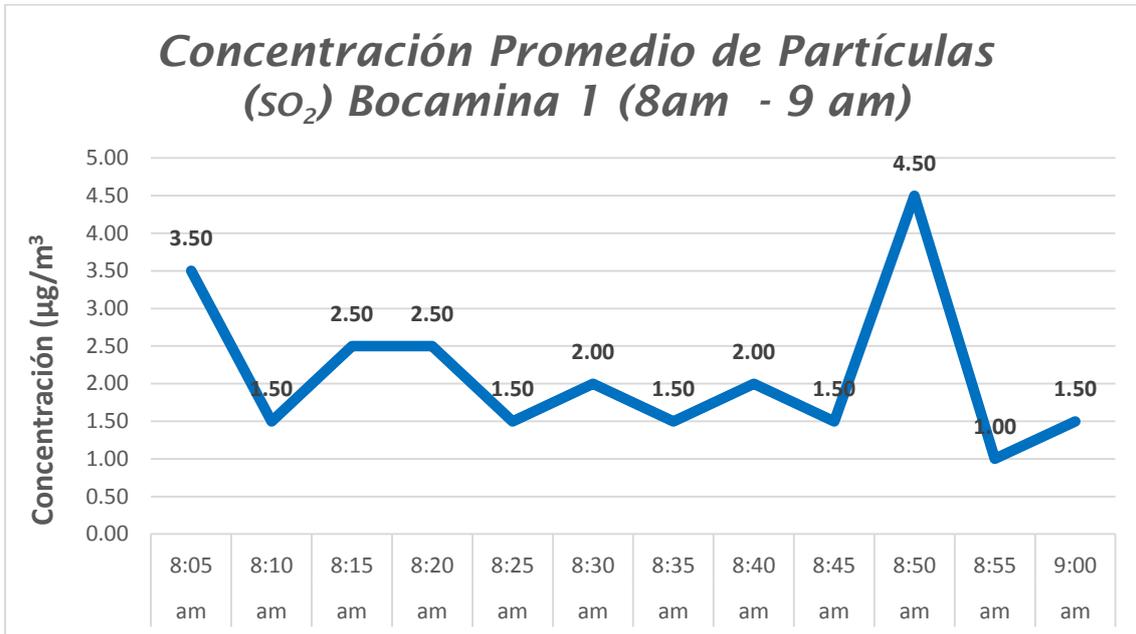


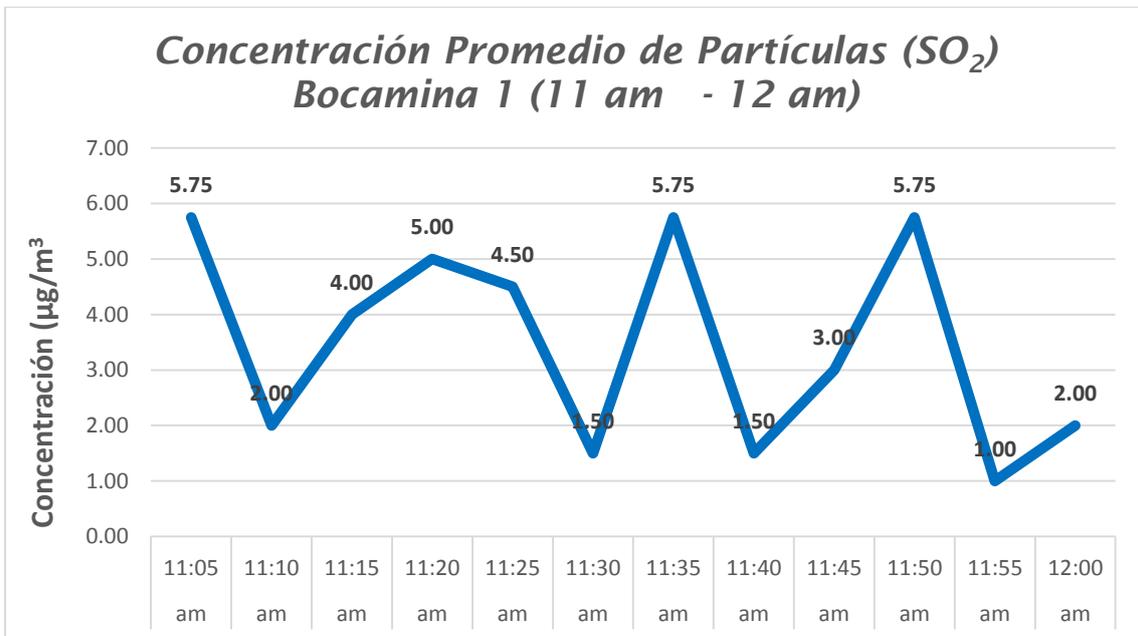
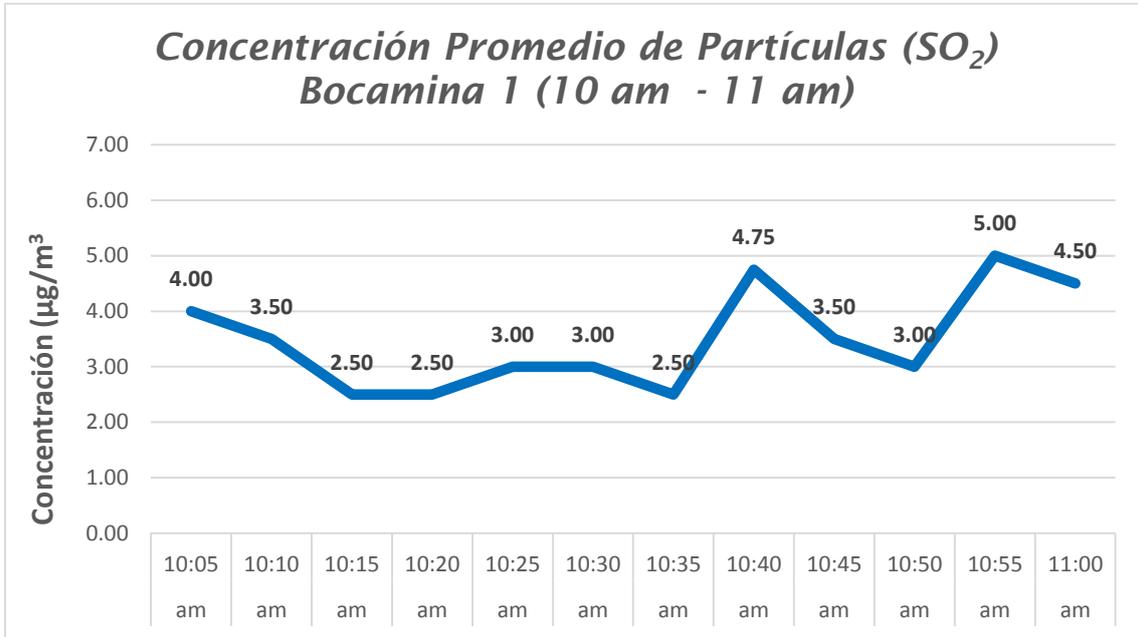


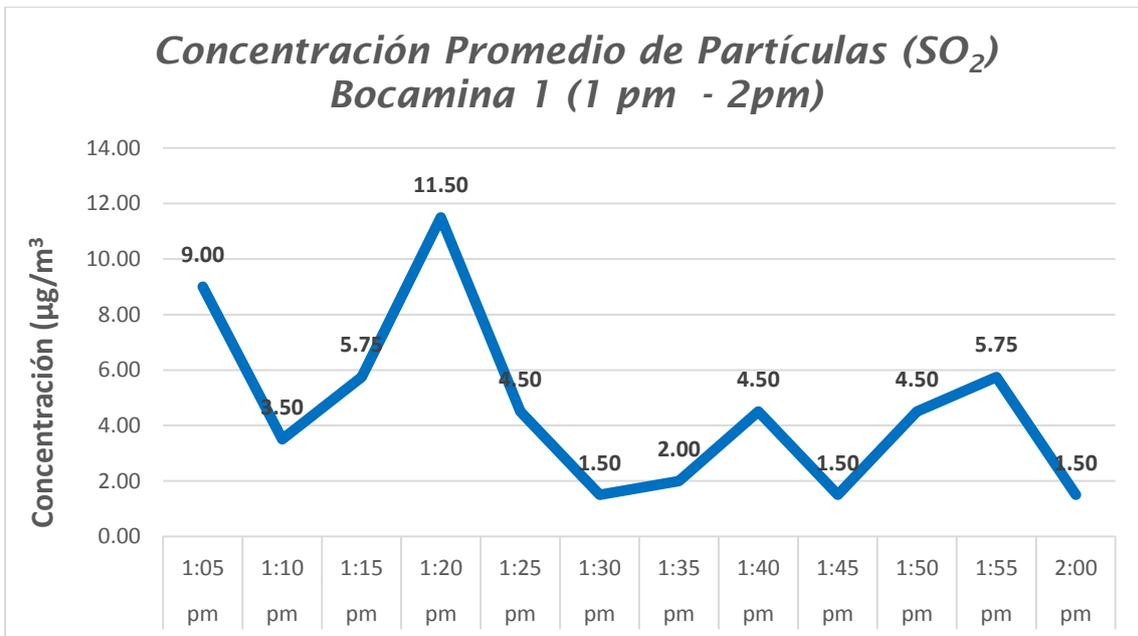
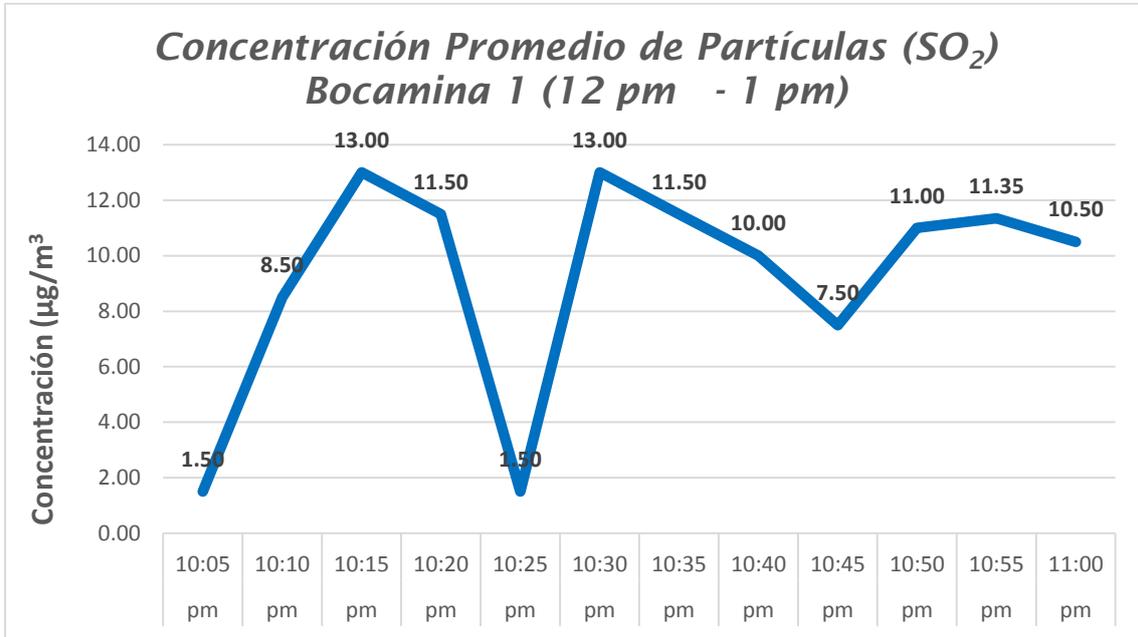
Anexo 3:

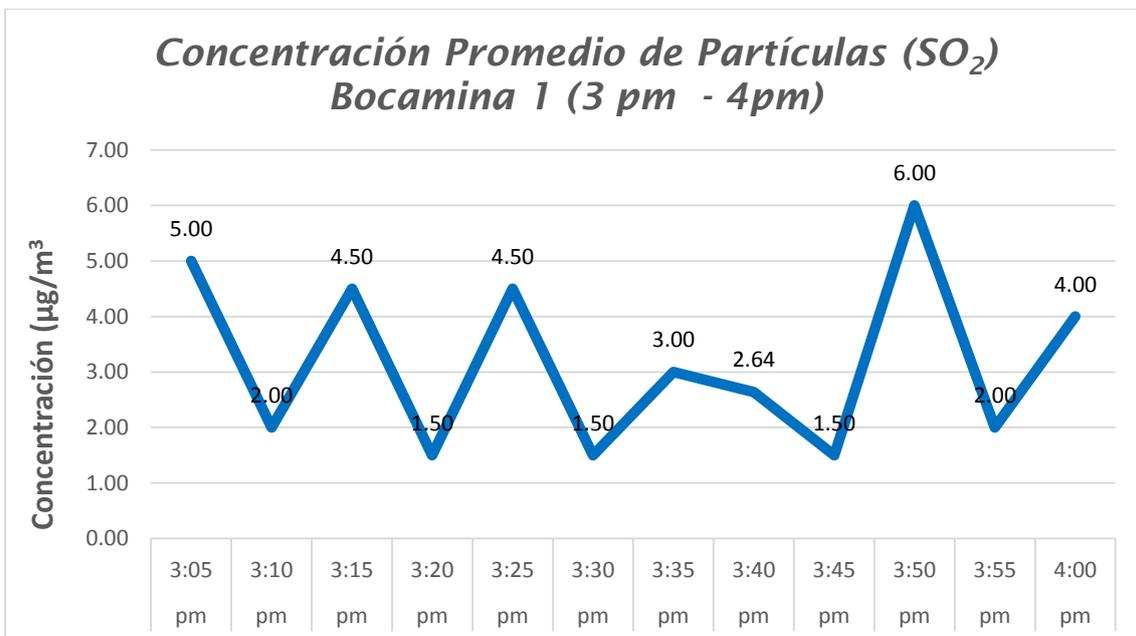
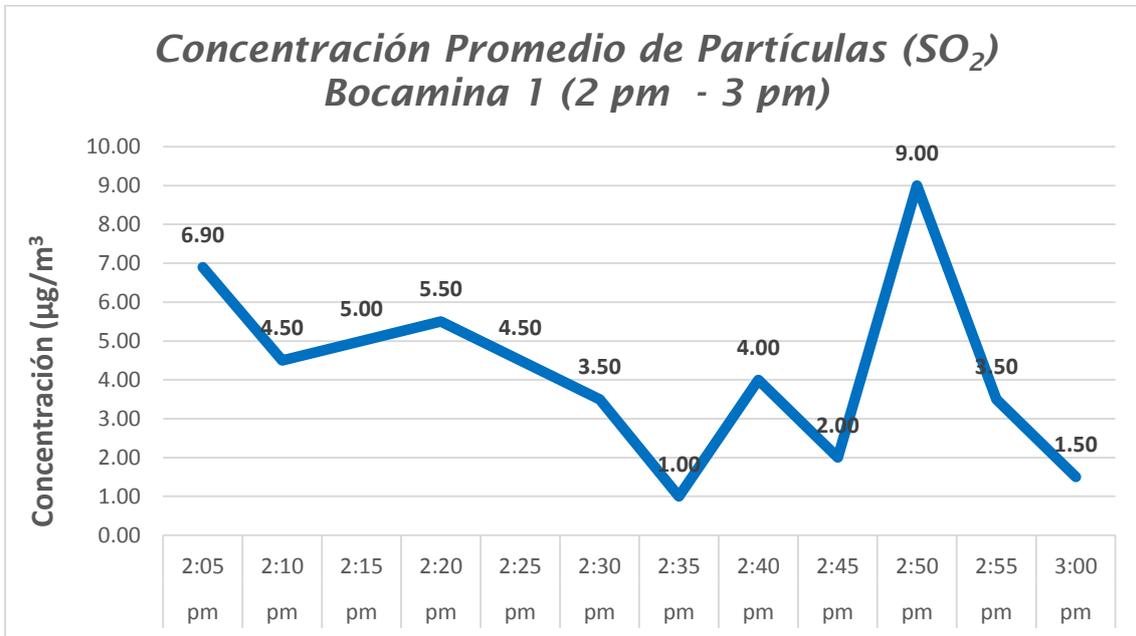
Gráficos de valores tomados en campo de material particulado (SO₂), cada cinco minutos.

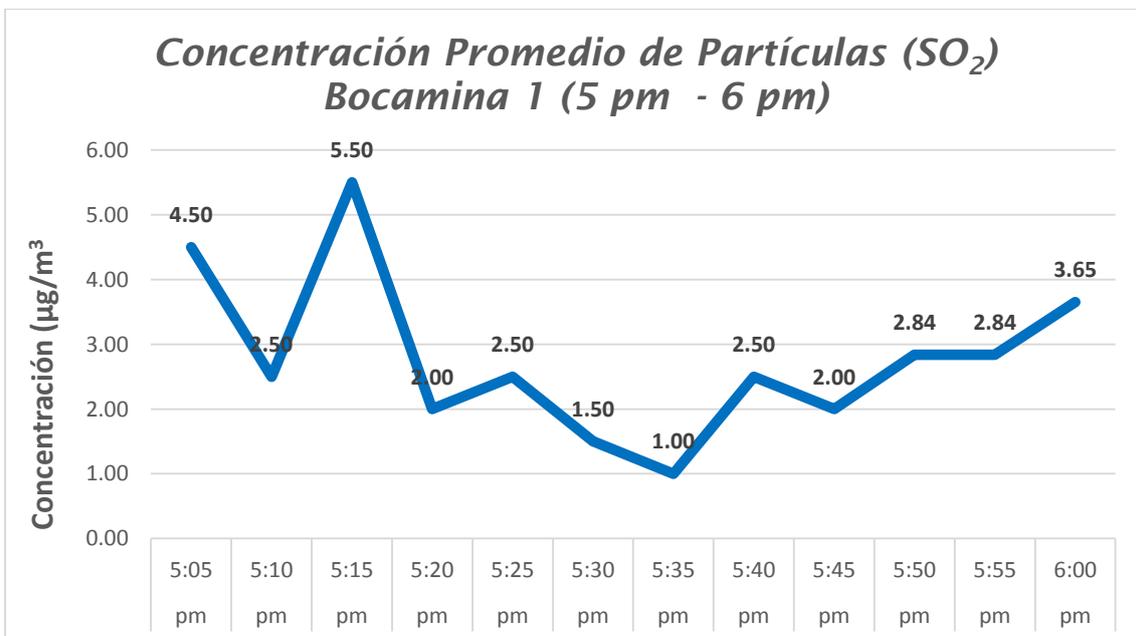
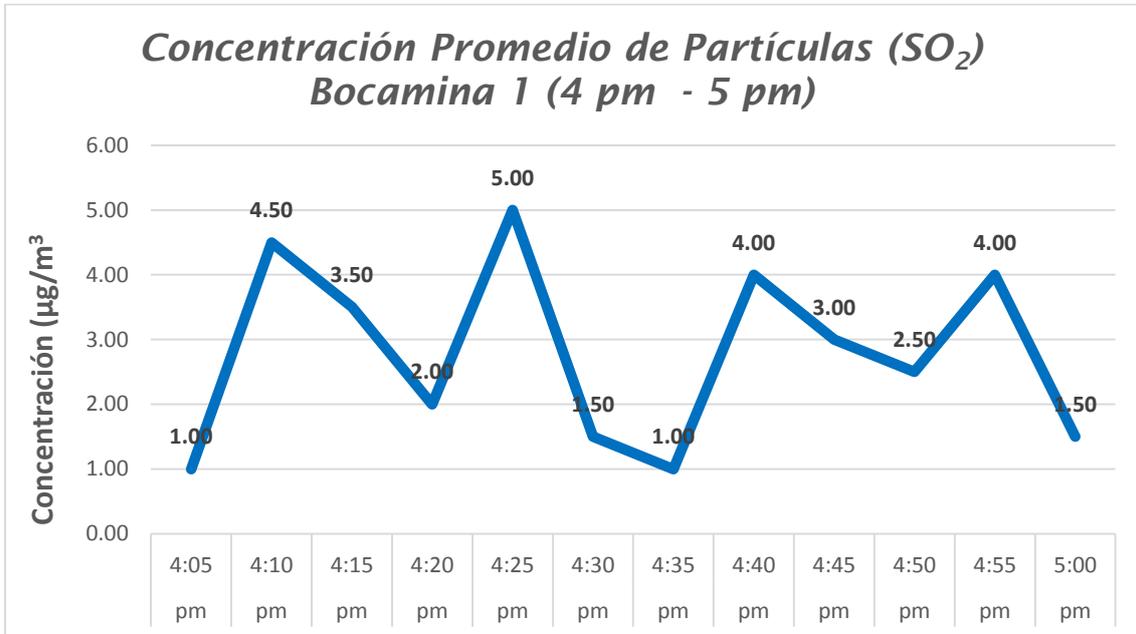


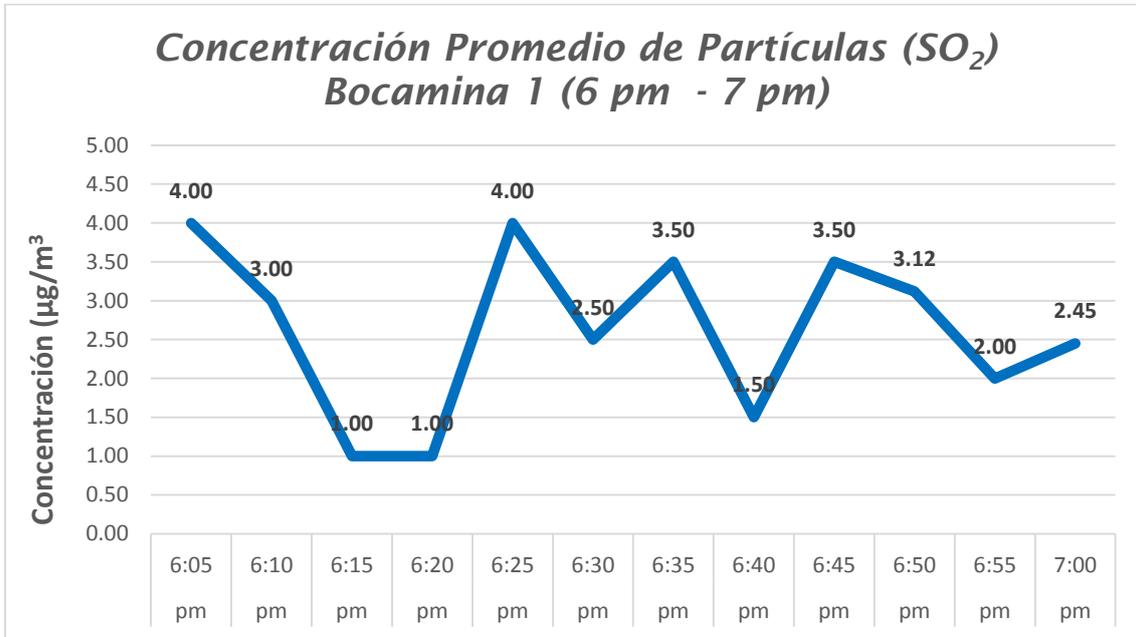






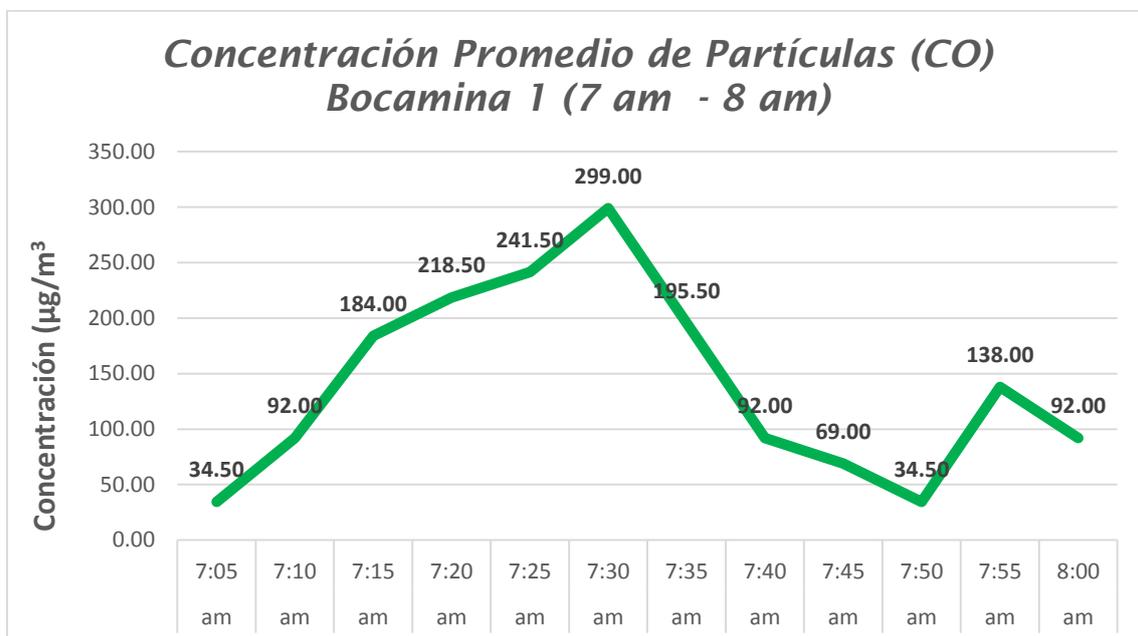


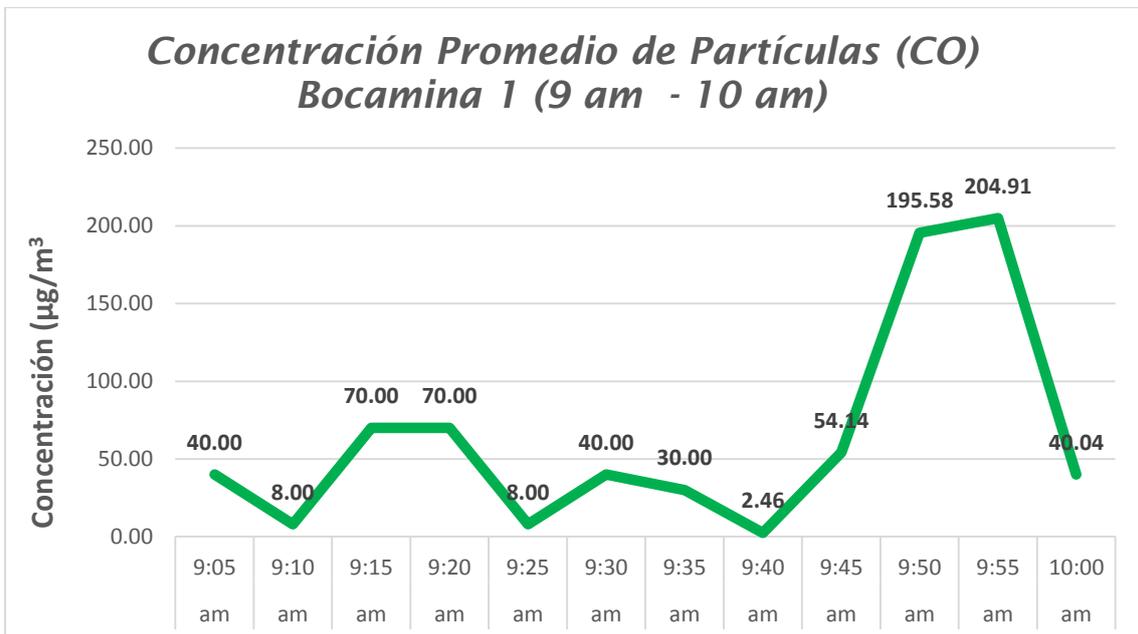
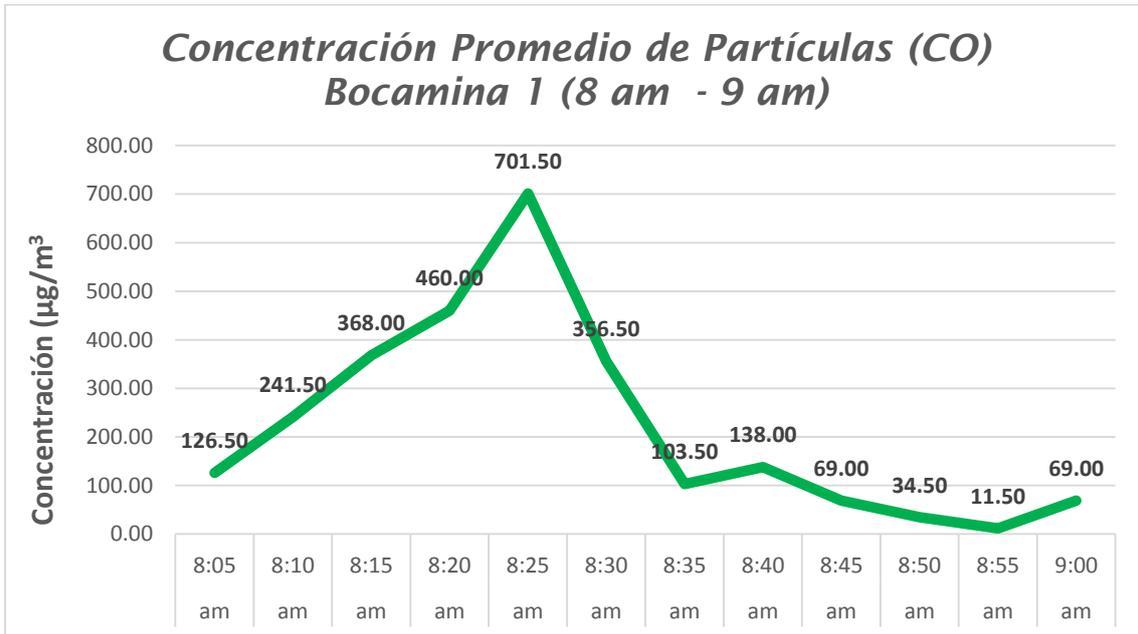


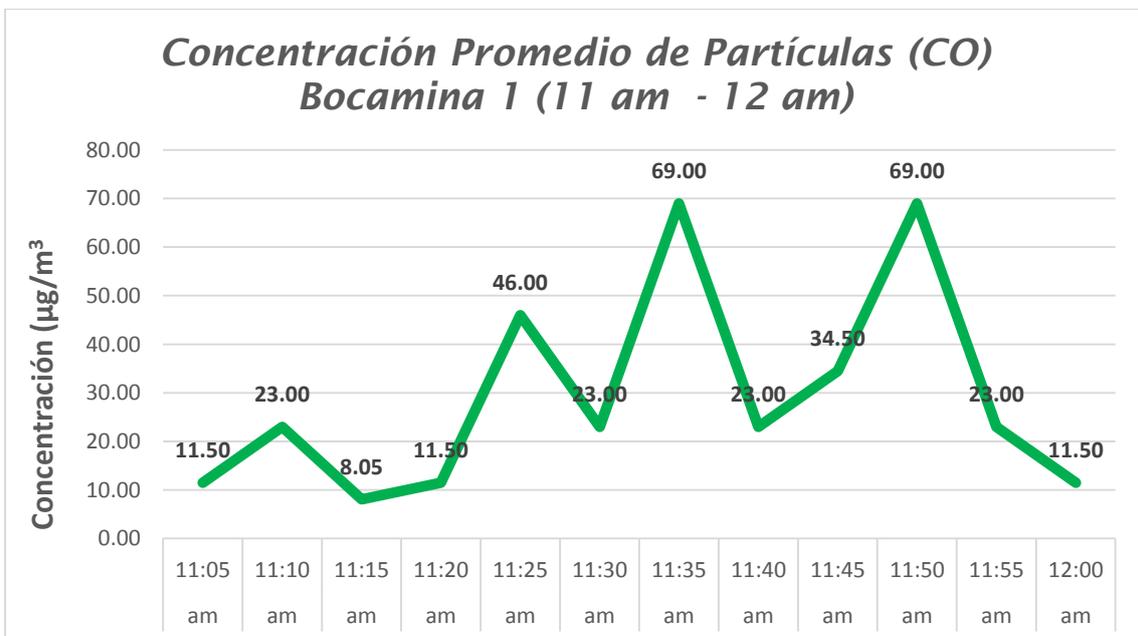
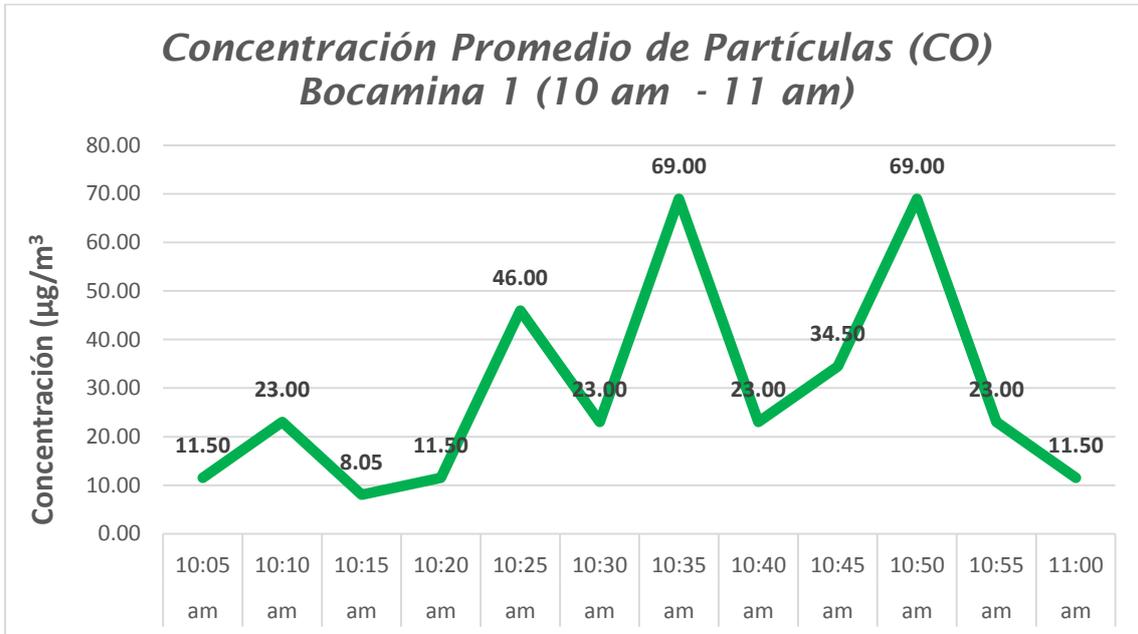


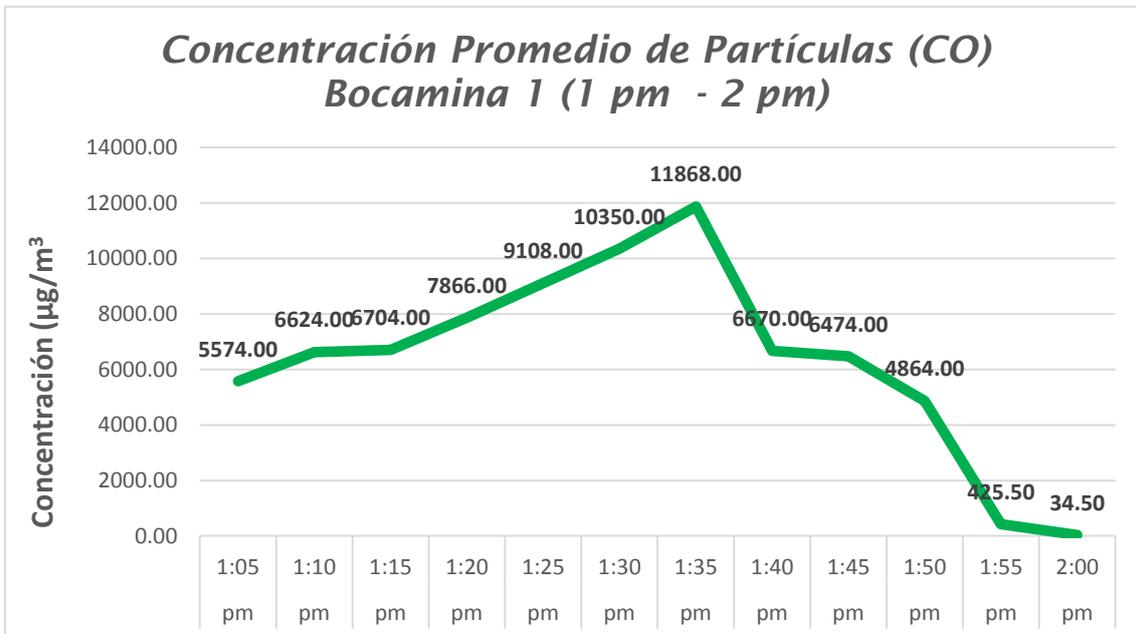
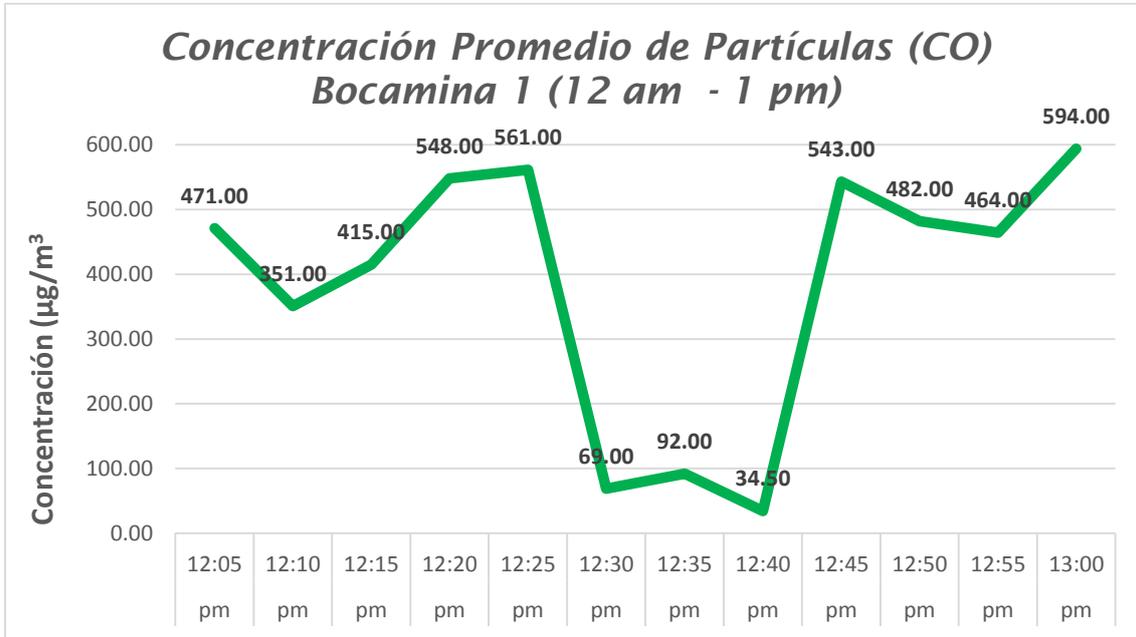
Anexo 4:

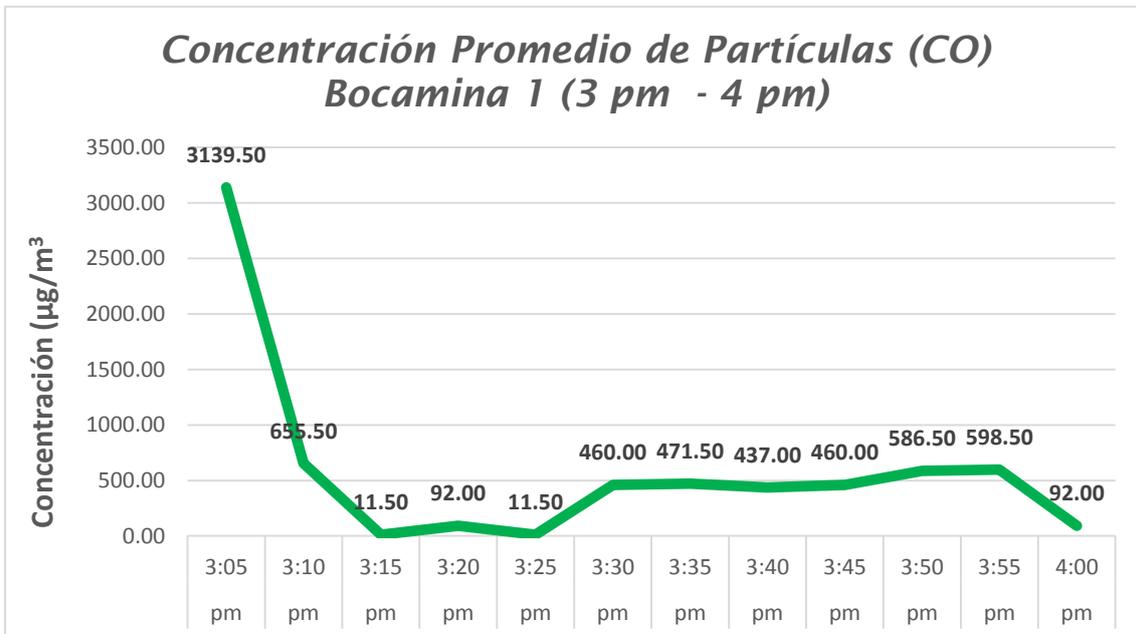
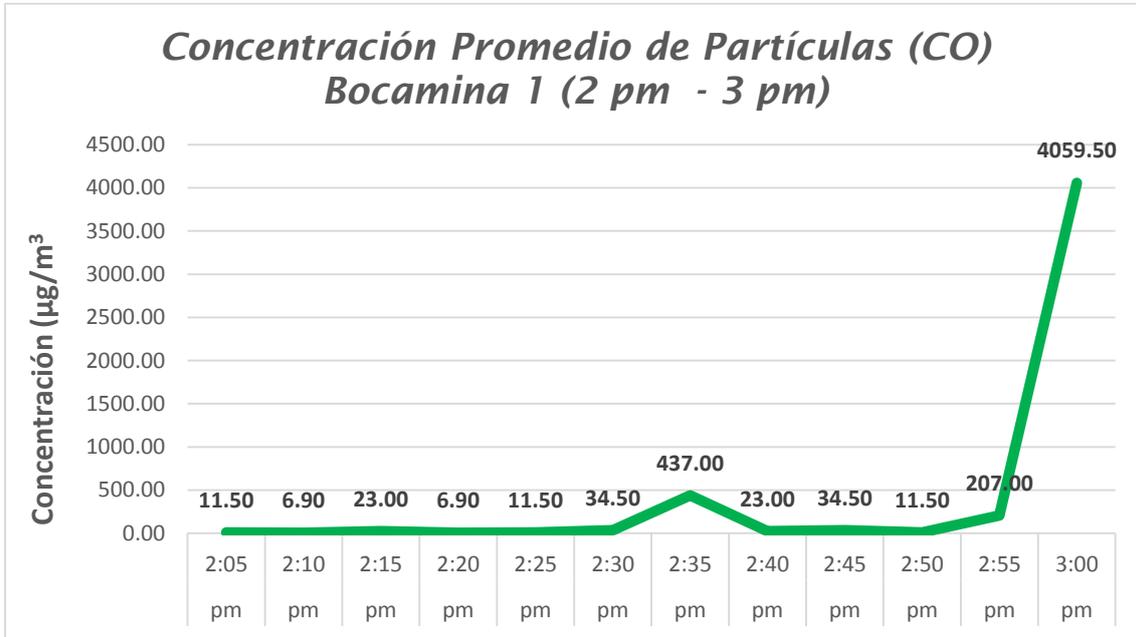
Gráficos de valores tomados en campo de material particulado (CO), cada cinco minutos.

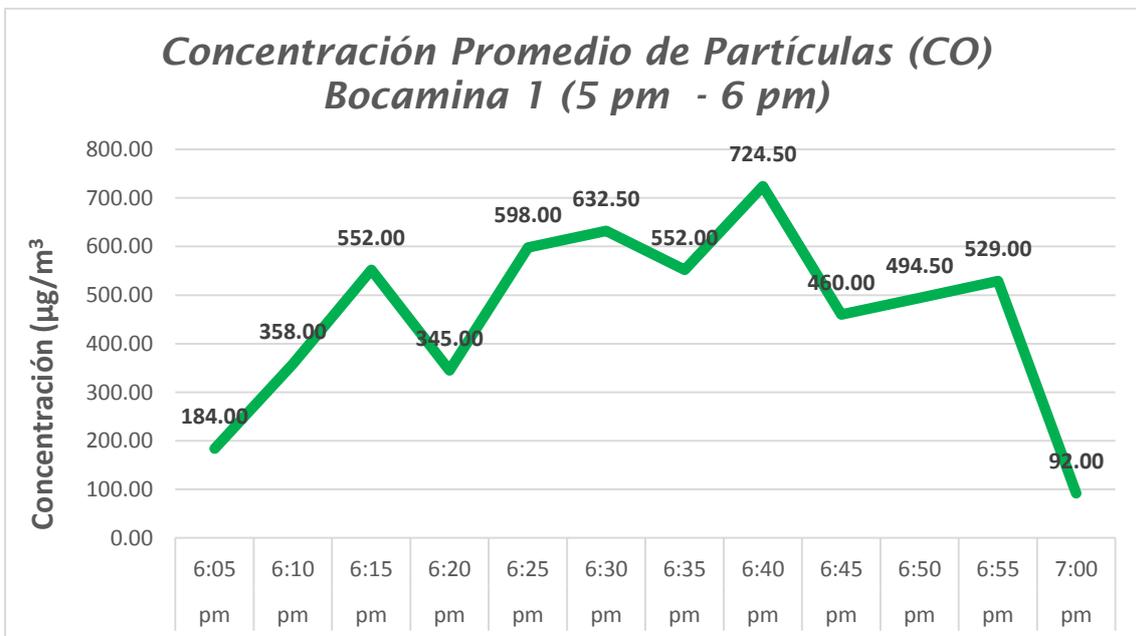
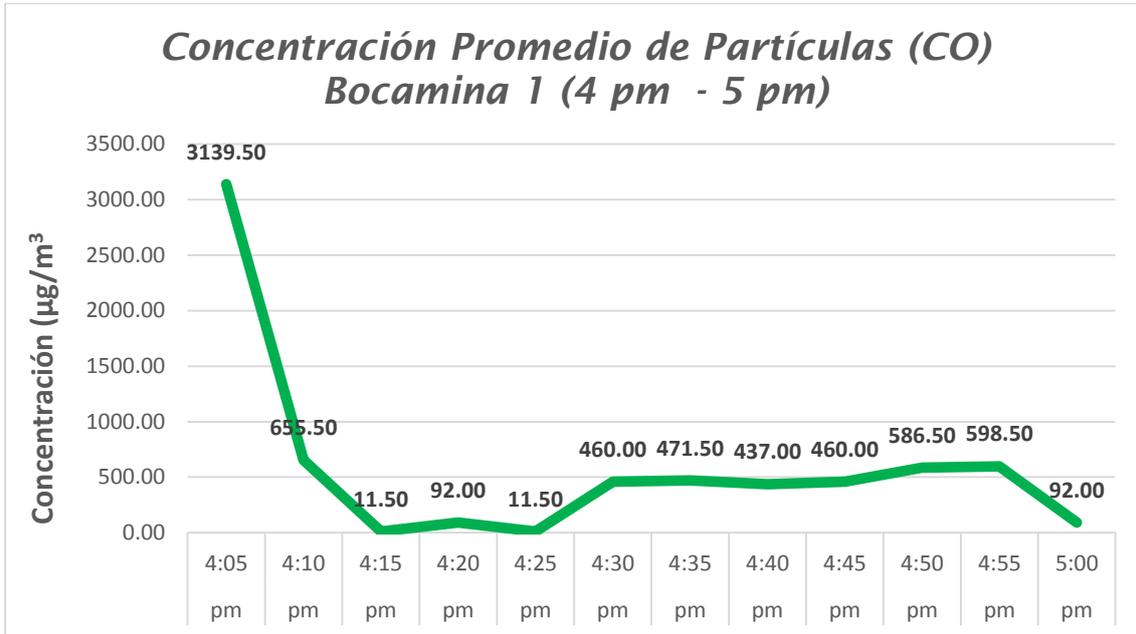


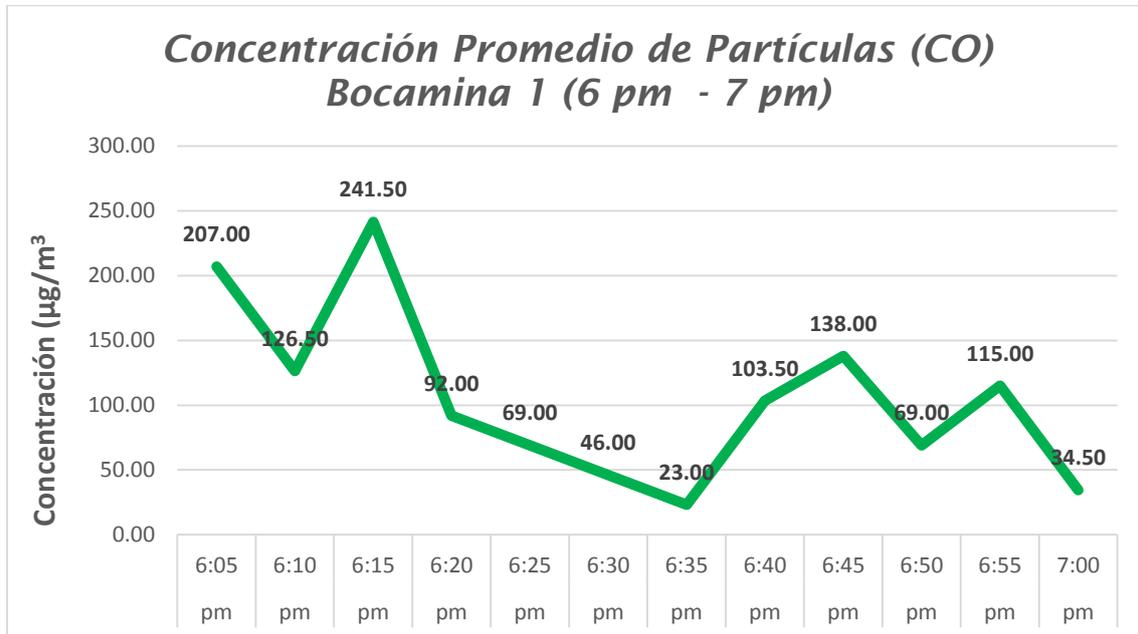






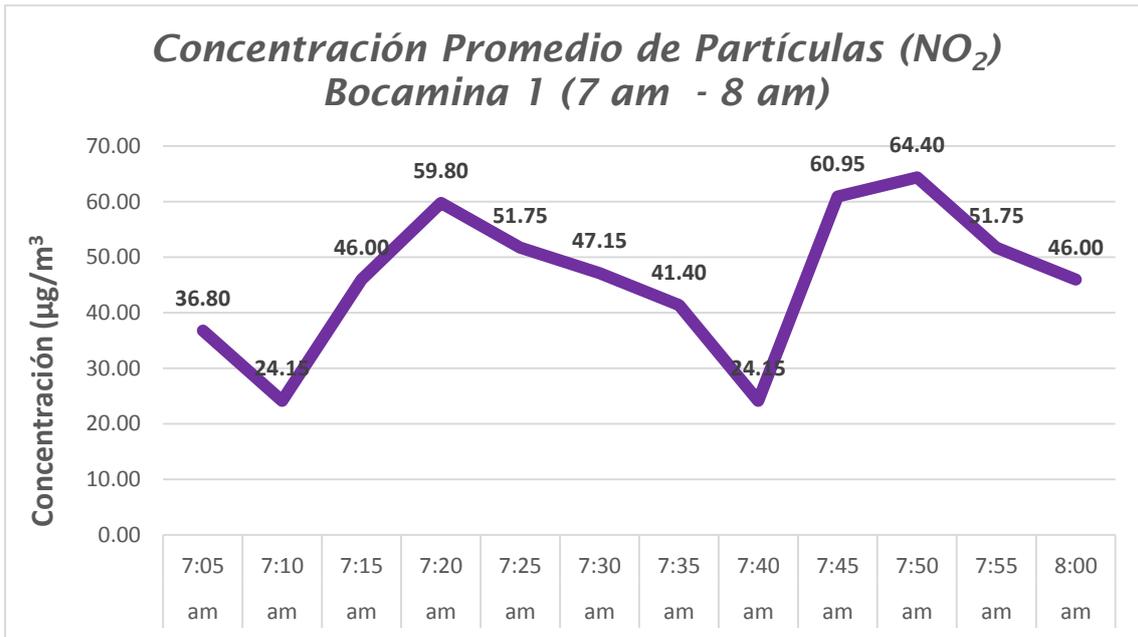


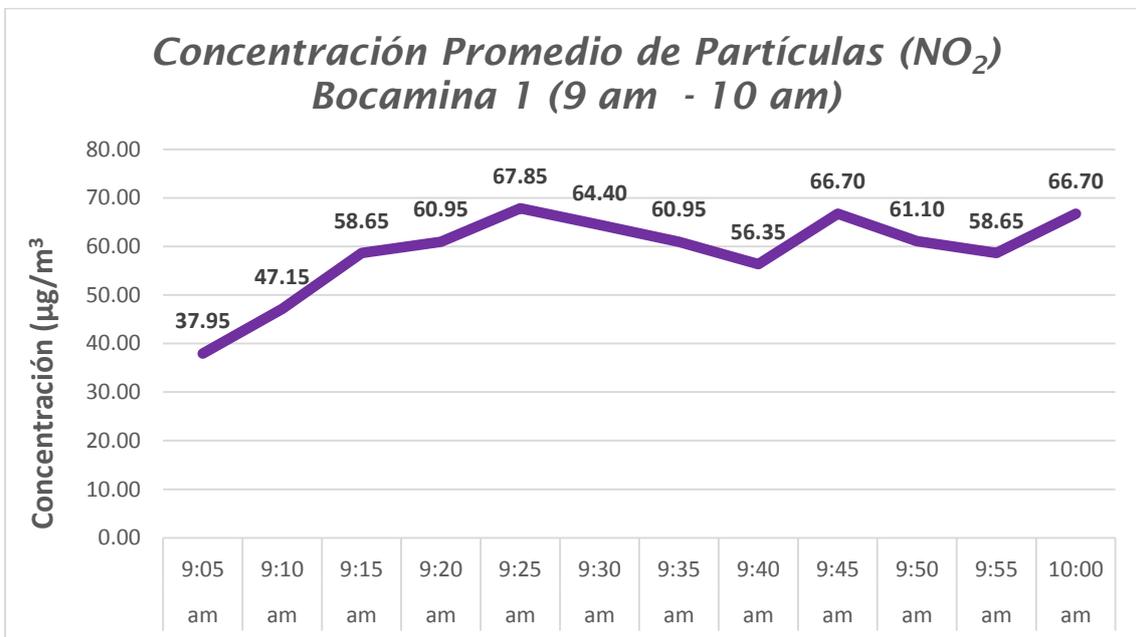
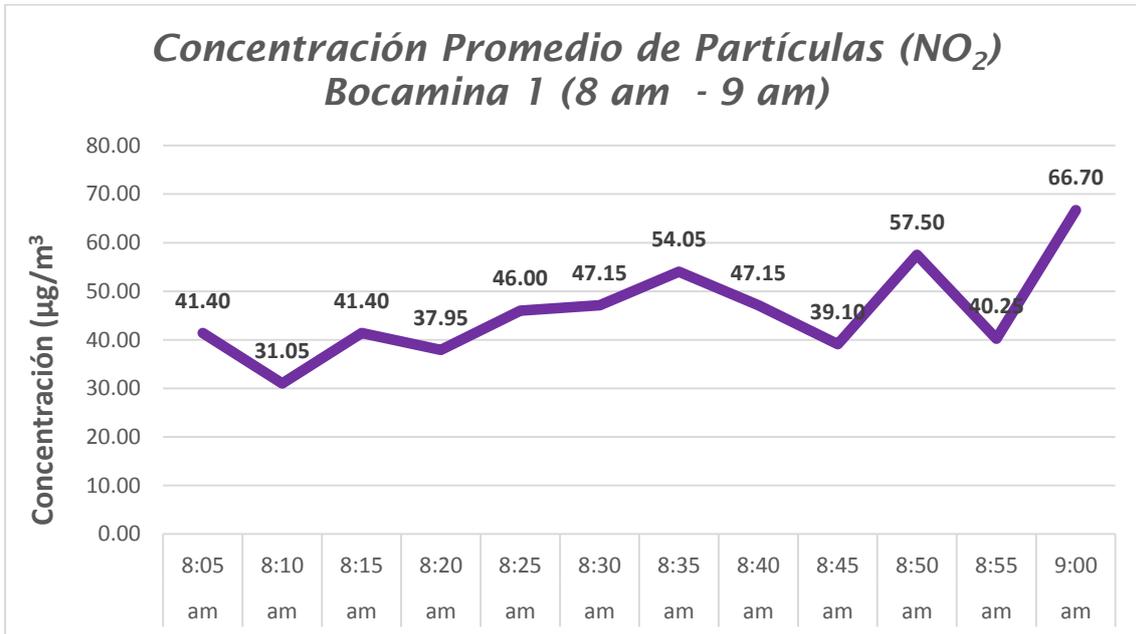


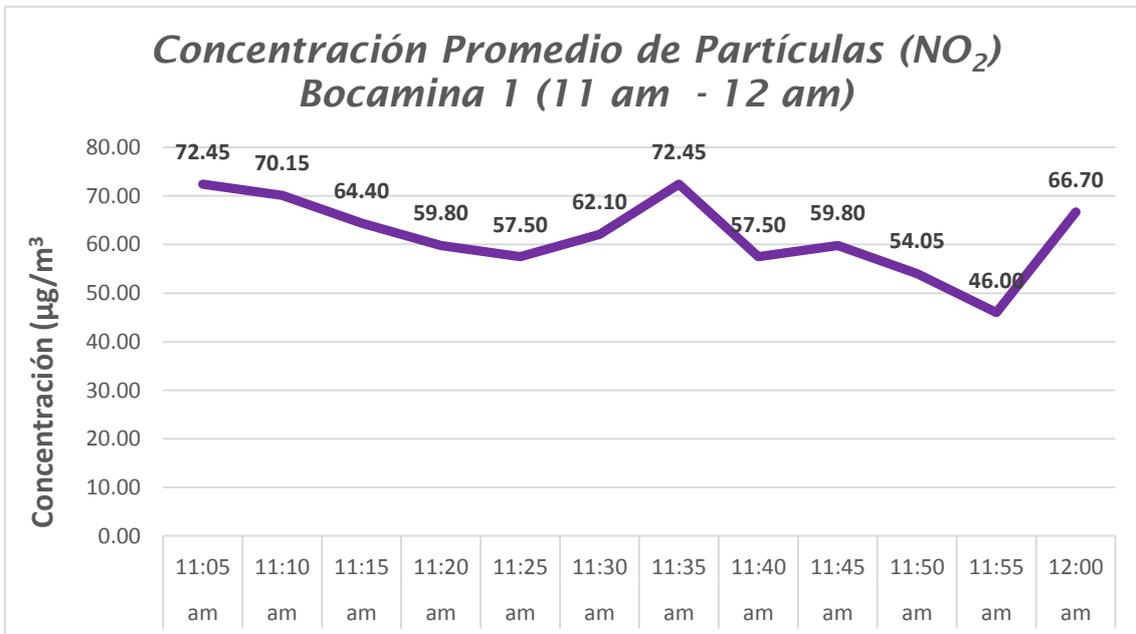
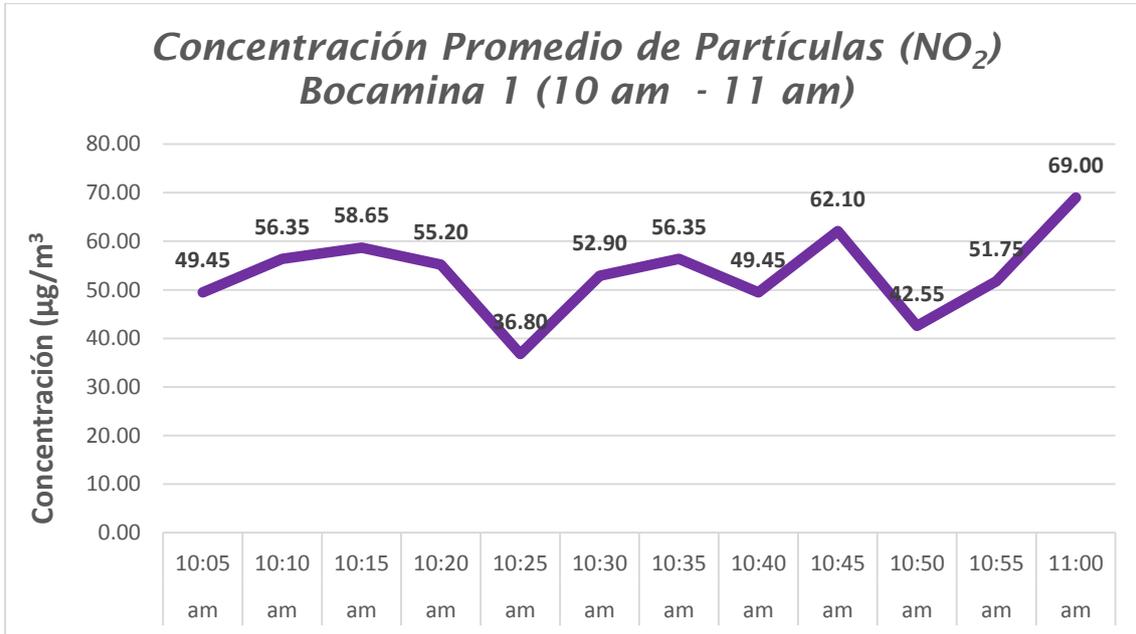


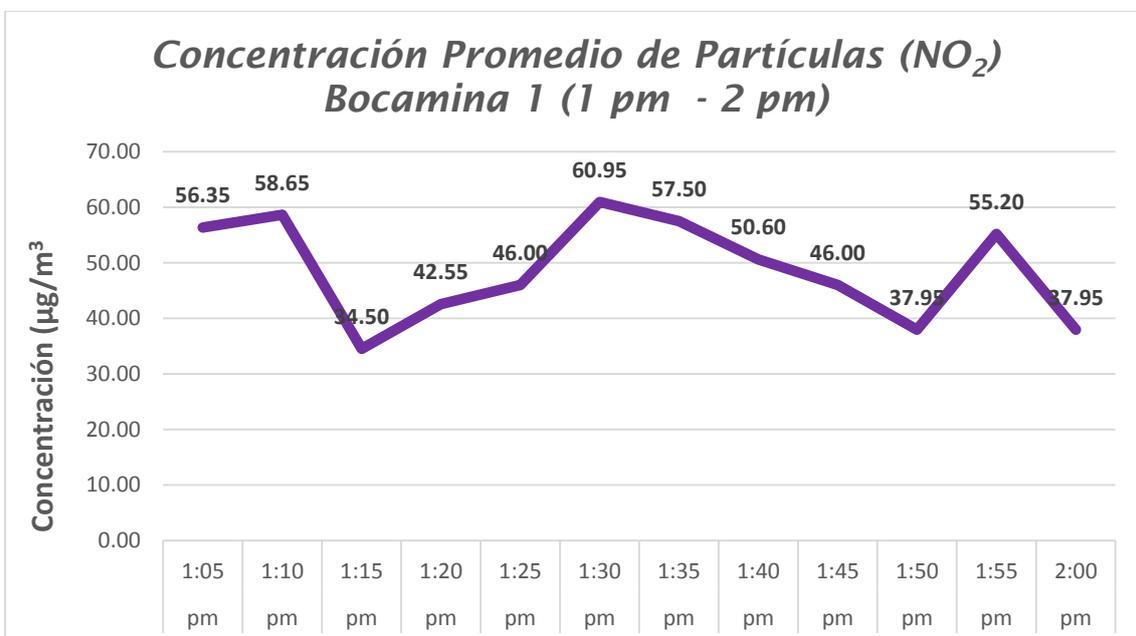
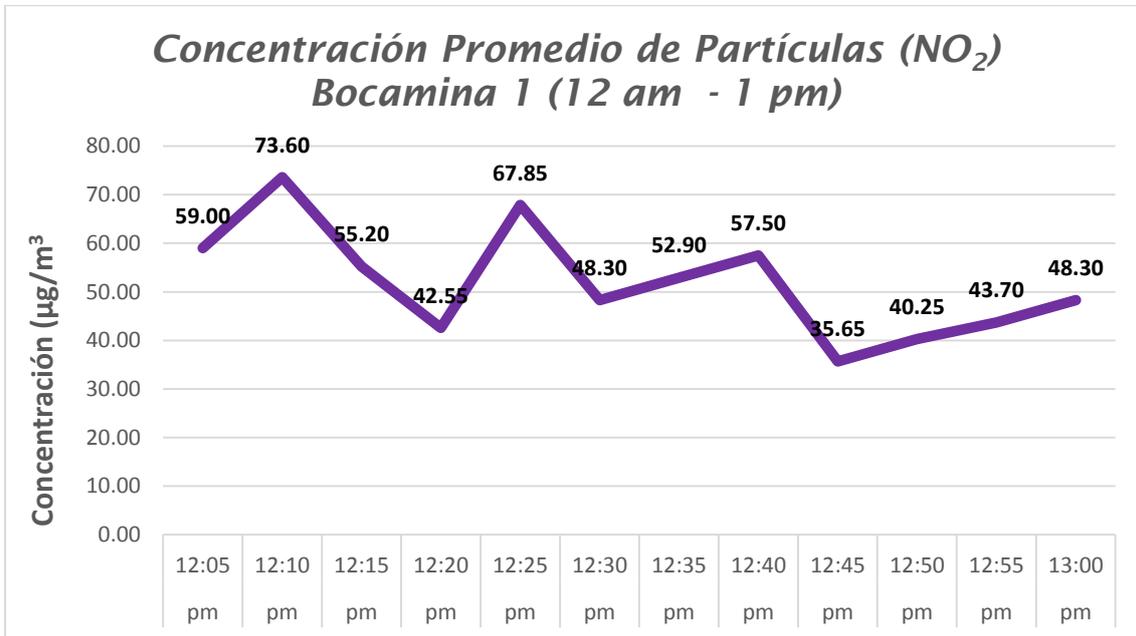
Anexo 5:

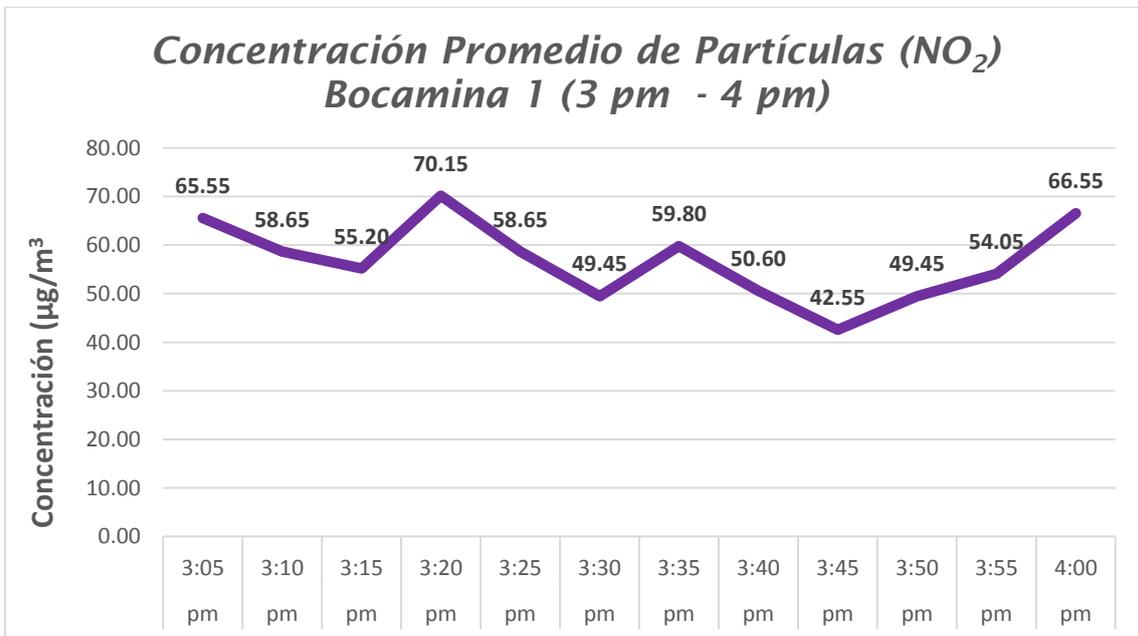
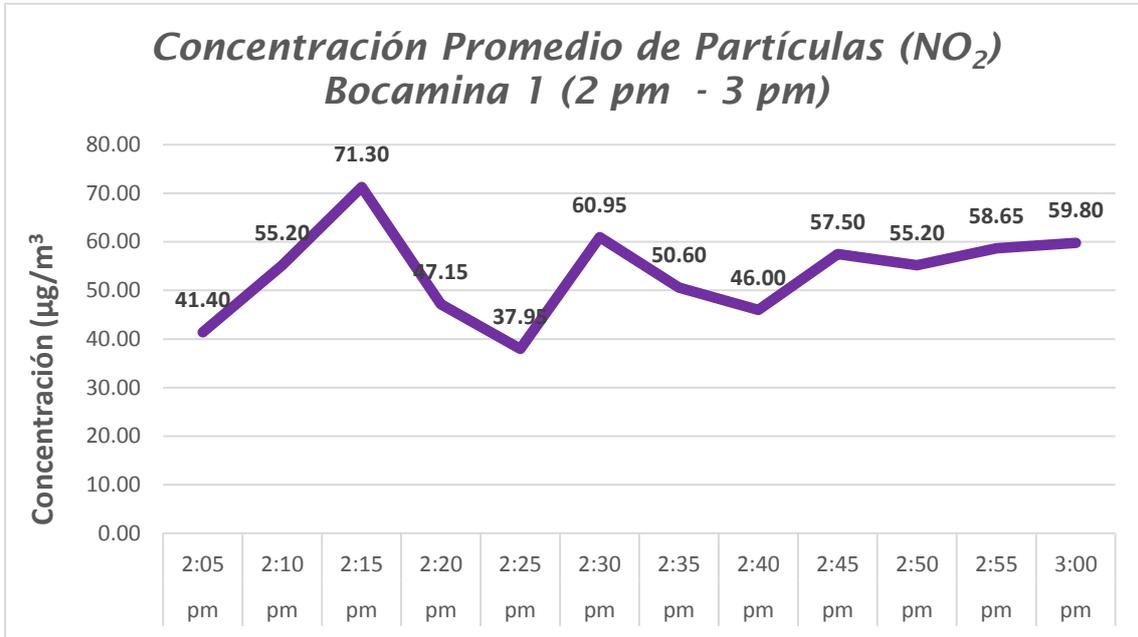
Gráficos de valores tomados en campo de material particulado (NO₂), cada cinco minutos.

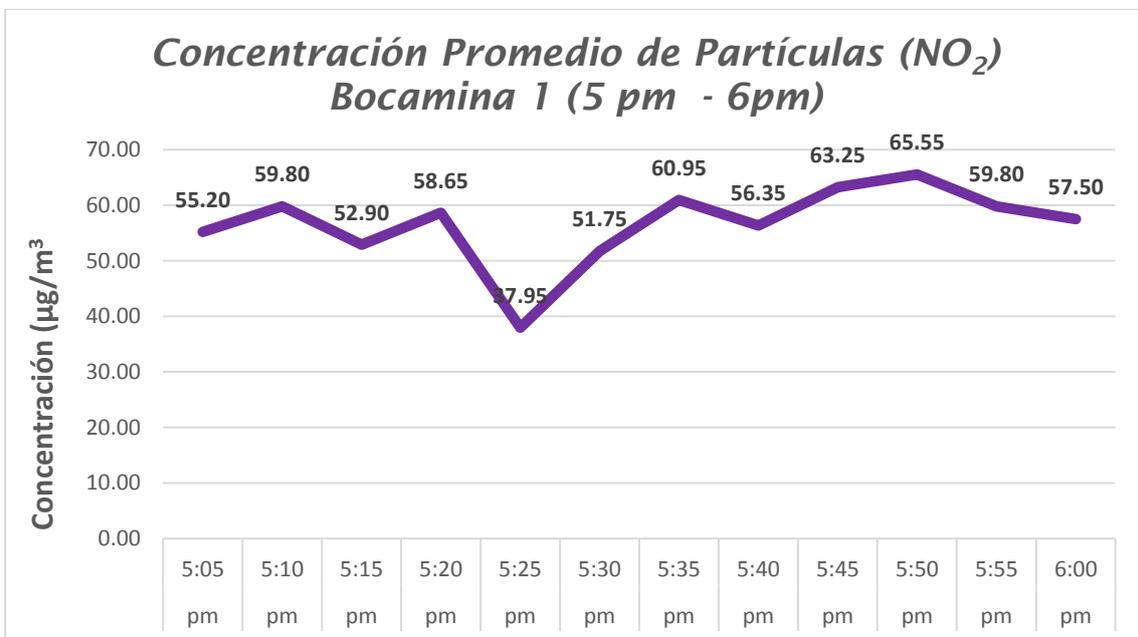
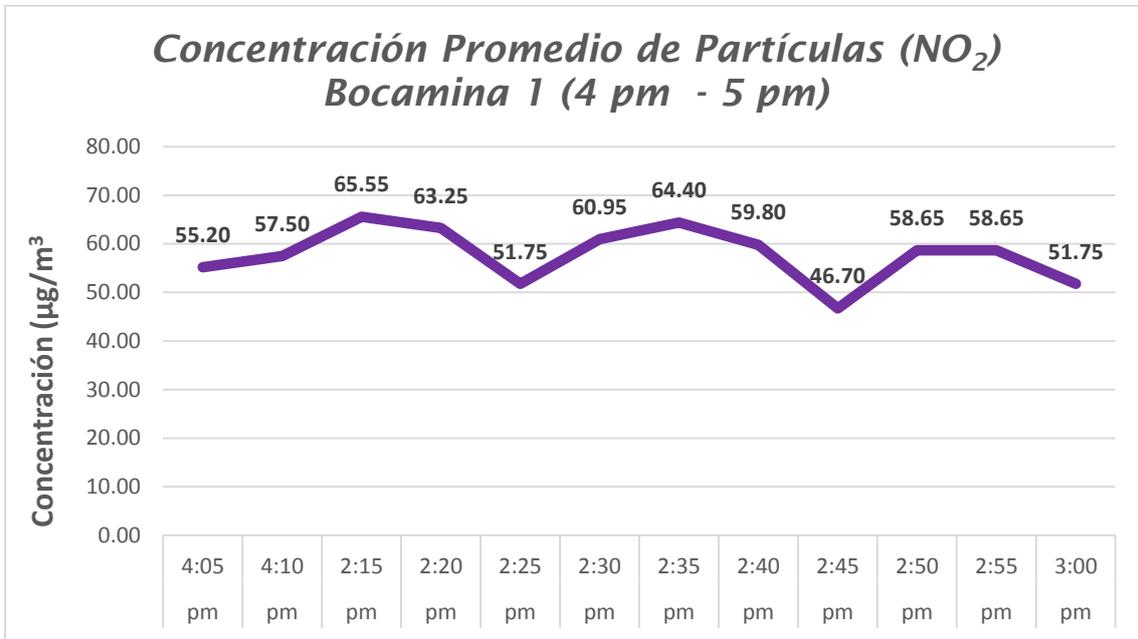


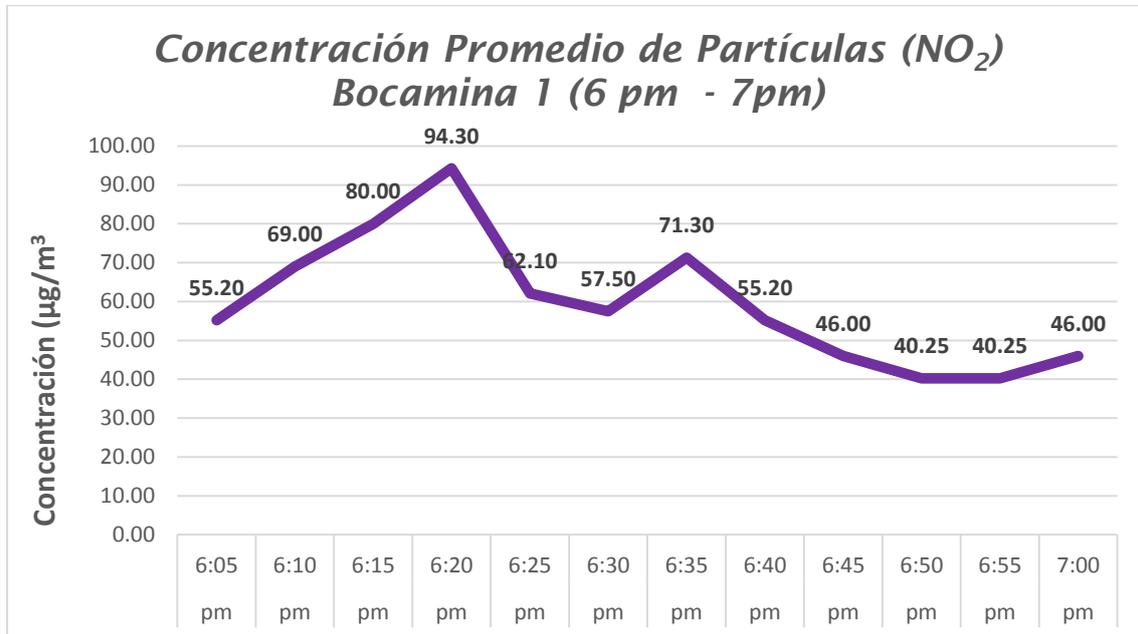












Anexo 6:

Especificaciones técnicas del equipo HANDHELD 3016 IAQ.

Gama del tamaño:	0,3 a 10,0 micras
Tamaños canal:	Estándar: 0,3 0,5 1,0 2,5 5,0 10,0
Caudal:	0.1 CFM (2.83 LPM)
Contando eficiencia:	50% @ 0,3 m; 100% para partículas > 0,45 micras (por JIS)
Laser fuente:	Vida extrema láser con > 20 años MTTF
Nivel cero de visitas:	
Límites de concentración:	4000000 partículas / ft3 @ 5% perdida coincidencia
Calibración:	Cumple con la norma ISO 21501-4 calibración con referencia NIST PSL esferas, DMA y contador de partículas de condensación
Modos de conteo:	Automático, manual, beep concentración, acumulado / diferencial, concentración de masa
Almacenamiento de datos:	3.000 registros de muestras, Rotating Buffer (incluye datos de partículas y ambientales, además de la ubicación y el tiempo)
Modos de comunicación:	RS-232 a través de RJ-45 a PC o impresora
Software de apoyo:	LMS XChange; LMS expreso RT; LMS Pharma; estándar LMS; CRQWin
Sensores ambientales:	Temperatura / humedad relativa sonda: (0-50 ° C) + 1 ° F (0.5 ° C) 32-122 ° C, 15-90% + 2% de humedad relativa
Toque de pantalla:	3,5 "(8.89 cm), color TFT
Alarmas:	Alarma ajustable timbre interno. Alarmas en condes, batería baja, fallo del sensor
Entrada de la muestra:	Sonda de muestreo isocinético
Ejemplo de salida:	Internamente se filtró para Normas HEPA (> 99,97% @ 0,3m)
Fuente de vacío:	Bomba interna, control automático de flujo
Caja:	Inyección de alto impacto plástico moldeado
Potencia:	100-240 V, 50-60 Hz
Batería:	Li-ion, extraíble y recargable
Dimensiones:	8.75 "(l) × 5.0" (w) × 2.5 "(h) [22.23 × 12.7 × 6.35 cm]
Peso:	2,2 libras (1 kg)



Anexo 7:

Determinación de las partículas PM10 por el Equipo contador de partículas HANDHELD 3016 IAQ en campo.



Anexo 8: Certificado de calibración

Manufacturer's
Calibration Certificate



LIGHTHOUSE
WORLDWIDE SOLUTIONS
Technology That Counts!

REPORT OF CALIBRATION

Model: H3016 IAQ
 Serial Number: 130144015
 Sensor ID: 130102-045
 TRH Probe: 126257

LWS Location: 1221 Disk Drive, Medford OR 97501

This certifies the above named instrument conforms to the original specifications in effect at date of manufacture and test.

Calibration has been accomplished by comparison with standards maintained by LIGHTHOUSE WORLDWIDE SOLUTIONS and the size calibration is accomplished in accordance with the ISO 21501-4 standard. The accuracy and stability of standards maintained by LIGHTHOUSE WORLDWIDE SOLUTIONS are traceable to the National Institute of Standards and Technology, or have been derived from acceptable values of natural physical constants. A record of all work performed is maintained by LIGHTHOUSE WORLDWIDE SOLUTIONS, INC.

The combined standard uncertainty of the size calibration for the above instrument is: 2.5%
 The combined standard uncertainty of the size calibration is calculated using Root Sum Square method (RSS).

Test Equipment:

Flow Meter	119494	Calibration Due: June 14, 2013
DMM	22520443	Calibration Due: December 5, 2013
MCA	2207	Calibration Due: October 11, 2013
TRH STD 2	0573	Calibration Due: October 13, 2013
GOLD	111244010	Calibration Due: January 28, 2014

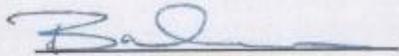
Calibration was performed under the following controlled conditions:

Temperature: 73.4 °F	Relative Humidity: 35.0 %	Flow Rate: 0.100 CFM
UUT: 73.3 °F	UUT: 35.1 %	

Final Test Date: January 31, 2013

Threshold Voltage Settings:

Particle Size: 0.30 µm	Lot # 39644	Channel 1 Threshold Voltage: 45 mV
Particle Size: 0.50 µm	Lot # 40270	Channel 2 Threshold Voltage: 340 mV
Particle Size: 1.00 µm	Lot # 40060	Channel 3 Threshold Voltage: 896 mV
Particle Size: 2.50 µm	Lot # 39697	Channel 4 Threshold Voltage: 1490 mV
Particle Size: 5.00 µm	Lot # 40421	Channel 5 Threshold Voltage: 3188 mV
Particle Size: 10.00 µm	Lot # 40284	Channel 6 Threshold Voltage: 3788 mV

Signature:  Certification Date: January 31, 2013
 Quality Assurance

Next calibration on this instrument is due: January 31, 2014

LIGHTHOUSE WORLDWIDE SOLUTIONS

422348905-1 RB16 47300 Kato Road . Fremont, CA . 94538 (510) 438-0500 / (510) 438-3840 fax

Anexo 9: Decreto Supremo 003-2017-MINAM

6

NORMAS LEGALES

Miércoles 7 de junio de 2017 /  **El Peruano**

AMBIENTE

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias

**DECRETO SUPREMO
N° 003-2017-MINAM**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante

la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la citada Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley, establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas y es un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, de acuerdo con lo señalado en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;

Que, en virtud de lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 074-2001-PCM se aprueba el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, el cual tiene por objetivo establecer los ECA para Aire y los lineamientos de estrategia para alcanzarlos progresivamente;

Que, a través del Decreto Supremo N° 069-2003-PCM, se adiciona el valor anual de concentración de Plomo a los ECA para Aire establecidos en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, aprobado por Decreto Supremo N° 074-2001-PCM;

Que, mediante Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM, se aprueban nuevos parámetros y valores en los ECA para Aire y se modifica, entre otros, el valor del Dióxido de Azufre;

Que, mediante Decreto Supremo N° 006-2013-MINAM, se aprueban las disposiciones complementarias para la aplicación del ECA de Aire para el Dióxido de Azufre;

Que, a través de la Resolución Ministerial N° 205-2013-MINAM se establecen las cuencas atmosféricas a las cuales les será aplicable los numerales 2.2 y 2.3 del artículo 2 del Decreto Supremo N° 006-2013-MINAM;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;

Que, en mérito del análisis técnico realizado por el citado Grupo de Trabajo se ha identificado la necesidad de actualizar y unificar la normatividad vigente que regula los ECA para Aire;

Que, por otro lado, mediante Resolución Suprema N° 768-98-PCM, modificada por Resolución Suprema N° 588-99-PCM y Resolución Suprema N° 007-2004-VIVIENDA, se creó el Comité de Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao, con la finalidad de proponer mecanismos de coordinación interinstitucional y los cambios normativos orientados a la mejora de la calidad del aire de Lima y Callao;

Que, resulta necesario que el referido Comité se enmarque dentro de lo dispuesto en el numeral 3 del artículo 36 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo, que establece que las Comisiones Multisectoriales de

naturaleza permanente son creadas con fines específicos para cumplir funciones de seguimiento, fiscalización, o emisión de informes técnicos. Se crean formalmente mediante decreto supremo refrendado por el Presidente del Consejo de Ministros y los titulares de los Sectores involucrados. Cuentan con Reglamento Interno aprobado por Resolución Ministerial del Sector al cual están adscritas;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 094-2017-MINAM, el Ministerio del Ambiente dispuso la prepublicación del proyecto de Decreto Supremo que aprueba los ECA para aire y establece disposiciones complementarias, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad, publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Aire

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 2.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Aire como referente obligatorio

2.1 Los ECA para Aire son un referente obligatorio para el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, a cargo de los titulares de actividades productivas, extractivas y de servicios.

2.2 Los ECA para Aire, como referente obligatorio, son aplicables para aquellos parámetros que caracterizan las emisiones de las actividades productivas, extractivas y de servicios.

Artículo 3.- Financiamiento

El financiamiento para la aplicación de lo dispuesto en la presente norma, se realizará con cargo al presupuesto institucional de los pliegos involucrados, sin demandar recursos adicionales al Tesoro Público.

Artículo 4.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por la Ministra del Ambiente, la Ministra de Salud, el Ministro de Transportes y Comunicaciones, el Ministro de Energía y Minas, el Ministro de la Producción y el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Aplicación de los ECA para Aire en los instrumentos de gestión ambiental aprobados

La aplicación de los ECA para Aire en los instrumentos de gestión ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, se realiza en la actualización o modificación de los mismos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). En el caso de instrumentos correctivos, la aplicación de los ECA para Aire se realiza conforme a la normativa ambiental sectorial.

Segunda.- Monitoreo de la calidad del aire

Mediante Decreto Supremo, a propuesta del Ministerio del Ambiente, en coordinación con las autoridades competentes, se aprobará el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, en un plazo máximo de ciento ochenta (180) días calendario, contados desde la entrada en vigencia del presente dispositivo.

En tanto se apruebe el citado Protocolo Nacional, el monitoreo de la calidad del aire se realizará conforme a la normativa vigente.

Tercera.- Grupos de Estudio Técnico Ambiental de Calidad del Aire

El Ministerio del Ambiente, mediante resolución ministerial, en el plazo máximo de noventa (90) días calendario, contados desde la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, aprobará los lineamientos para fortalecer e incorporar a los Grupos de Estudio Técnico Ambiental de la Calidad del Aire en las Comisiones Ambientales Municipales (CAM) Provinciales, en el marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.

En tanto se apruebe los citados lineamientos, los Grupos de Estudio Técnico Ambiental de la Calidad del Aire continuarán ejerciendo las siguientes funciones: a) Supervisar los diagnósticos de línea base; b) Formular los planes de acción para el mejoramiento de la calidad del aire; y c) Proponer las medidas inmediatas que deban realizarse en los estados de alerta nacionales para contaminantes del aire.

Cuarta.- Zonas de Atención Prioritaria

Las Zonas de Atención Prioritaria son aquellos centros poblados que cuenten con actividades económicas que planteen real o potencial afectación en la calidad del aire, que posean actividad vehicular ambientalmente relevante, o que cuenten con una dinámica urbana que implique un potencial incremento de emisiones atmosféricas.

El Ministerio del Ambiente, mediante resolución ministerial, desarrollará los lineamientos para la determinación de las Zonas de Atención Prioritaria en un plazo máximo de ciento veinte (120) días calendario, contados desde la entrada en vigencia del presente decreto supremo. Asimismo, el Ministerio del Ambiente, mediante resolución ministerial, establecerá las Zonas de Atención Prioritaria, en coordinación con las autoridades competentes, Las Zonas de Atención Prioritaria creadas con anterioridad mantienen su vigencia.

Quinta.- Planes de Acción para el Mejoramiento de la Calidad del Aire

Los Planes de Acción para el Mejoramiento de la Calidad del Aire de las provincias conurbadas de Lima y el Callao, son formulados por la Comisión Multisectorial de Gestión de la Iniciativa de Aire Limpio para Lima y Callao, y aprobados por el Ministerio del Ambiente.

Los Planes de Acción para el Mejoramiento de la Calidad del Aire de las demás provincias serán aprobados mediante Ordenanza Municipal del Gobierno Local competente. En tanto se aprueben los lineamientos a los que se hacen referencia en la tercera disposición complementaria final, los Planes de Acción aprobados con anterioridad, deberán continuar con su implementación.

La Dirección General de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente realizará el seguimiento de la implementación de los Planes de Acción.

Sexta.- Estados de Alerta Nacionales para contaminantes del aire

El Ministerio de Salud es la autoridad competente para declarar los Estados de Alerta Nacionales para contaminantes del aire que tengan por objeto activar, en forma inmediata, un conjunto de medidas destinadas a prevenir el riesgo a la salud y evitar la exposición excesiva de la población a los contaminantes del aire, durante episodios de contaminación aguda.

El Ministerio de Salud, en coordinación con el Ministerio del Ambiente, establece los niveles de Estados de Alerta.

Séptima.- Estándar de Calidad Ambiental para Aire de Mercurio Gaseoso Total

El ECA para Aire del parámetro Mercurio Gaseoso Total, aprobado mediante el presente Decreto Supremo, entrará en vigencia al día siguiente de la publicación del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

Única.- Instrumento de gestión ambiental en trámite ante la Autoridad Competente

Los titulares que antes de la fecha de entrada en vigencia de la norma, hayan iniciado un procedimiento

administrativo para aprobación del instrumento de gestión ambiental ante la autoridad competente, tomarán en consideración los ECA para Aire vigentes a la fecha de inicio del procedimiento.

Luego de aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los titulares deberán considerar lo establecido en la Primera Disposición Complementaria Final, a efectos de aplicar los ECA para Aire aprobados mediante el presente Decreto Supremo.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS MODIFICATORIAS

Primera.- Adecuación del Comité de Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao a Comisión Multisectorial de naturaleza permanente

Modifícase el artículo 1 de la Resolución Suprema N° 768-98-PCM, modificada por las Resoluciones Supremas N° 588-99-PCM y N° 007-2004-VIVIENDA, así como los artículos 2, 3 y 4 de la Resolución Suprema N° 007-2004-VIVIENDA, e incorporase el artículo 5 en la Resolución Suprema N° 007-2004-VIVIENDA, los mismos que quedan redactados conforme al siguiente texto:

“Artículo 1.- Constituir la Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao, la cual está adscrita al Ministerio del Ambiente e integrado por:

- El/La Viceministro (a) de Gestión Ambiental del Ministerio del Ambiente, quien lo presidirá.
- El/La Directora(a) General de Asuntos Ambientales de Industria del Ministerio de la Producción.
- El/La Director(a) General de Asuntos Ambientales Pesqueros y Acuícolas del Ministerio de la Producción.
- El/La Director(a) General de Asuntos Ambientales Energéticos del Ministerio de Energía y Minas.
- El/La Director(a) General de la Dirección General de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente.
- El/La Director(a) General de la Dirección General de Asuntos Ambientales del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- El/La Director(a) General de la Dirección General de Transporte Terrestre del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- El/La Director(a) General de la Dirección General de Asuntos Socio-Ambientales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- El/La Director(a) General de la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria del Ministerio de Salud.
- El/La Presidente(a) Ejecutivo(a) del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI.
- Dos representantes de la Municipalidad Metropolitana de Lima.
- Dos representantes de la Municipalidad Provincial del Callao.
- Dos representantes de la Confederación Nacional de Instituciones Empresariales Privadas - CONFIEP.
- Un representante de la Asociación Peruana de Consumidores y Usuarios - ASPEC.

Los representantes podrán acreditar ante la Secretaría Técnica a sus representantes alternos.

La Comisión podrá convocar, a personas naturales o jurídicas de derecho privado o público, a participar en sus reuniones, de acuerdo a la materia a ser tratada”.

“Artículo 2.- Creación de la Secretaría Técnica

Créase la Secretaría Técnica de la Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao, la cual dependerá del Viceministerio de Gestión Ambiental.”

“Artículo 3.- Reglamento Interno

La Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao, formulará su Reglamento Interno, el cual será aprobado mediante

Resolución Ministerial expedida por el Ministerio del Ambiente.”

“Artículo 4.- Finalidad

La Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao emitirá los informes técnicos que contengan las propuestas de mecanismos de coordinación interinstitucional y las modificaciones normativas orientadas a mejorar la calidad del aire de Lima y Callao.”

“Artículo 5.- Financiamiento

El cumplimiento de las funciones de la Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao se financia con cargo al presupuesto institucional del Ministerio del Ambiente, sin demandar recursos adicionales al Tesoro Público. Asimismo, los gastos que pueda involucrar la participación de los representantes de la citada Comisión Multisectorial se financian con cargo al presupuesto de las entidades a las cuales pertenecen”.

Segunda.- Modificación del Reglamento Interno de la Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao

Mediante Resolución Ministerial emitida por el Ministerio del Ambiente, en el plazo máximo de treinta (30) días hábiles contados desde la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, la Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao modificará su Reglamento Interno, aprobado por Resolución Ministerial N° 229-2013-VIVIENDA.

**DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA
DEROGATORIA**

Única.- Derogación de normas referidas al ECA para Aire

Derógase el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, el Decreto Supremo N° 069-2003-PCM, el Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM y el Decreto Supremo N° 006-2013-MINAM.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los seis días del mes de junio del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

GONZALO TAMAYO FLORES
Ministro de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ CALDERÓN
Ministro de la Producción

PATRICIA J. GARCÍA FUNEGRA
Ministra de Salud

BRUNO GIUFFRA MONTEVERDE
Ministro de Transportes y Comunicaciones

EDMER TRUJILLO MORI
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento