



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS

“EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN Y PROPUESTA PARA SU OPTIMIZACIÓN EN MINA SUBTERRÁNEA CARBONÍFERA MI GRIMALDINA I - CAJAMARCA - 2016.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Edwin Eduardo García Agama.

Asesor:

Ing. Roberto Gonzales Yana.

Cajamarca – Perú

2016

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **Edwin Eduardo García Agama**, denominada:

“EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN Y PROPUESTA PARA SU OPTIMIZACIÓN EN LA MINA SUBTERRÁNEA CARBONÍFERA MI GRIMALDINA I - CAJAMARCA - 2016”

Ing. Roberto Gonzales Yana.
ASESOR

Ing. José Alfredo Siveroni Morales
JURADO
PRESIDENTE

Ing. Víctor Eduardo Álvarez León
JURADO

Ing. Wilder Chuquiruna Chavez
JURADO

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a todas aquellas personas que son especiales en mi vida; que me supieron alentar para continuar con este gran reto de convertirme en un Ingeniero.

A mis hijos Helaman y Joseph por ese gran amor incondicional ya que siempre fueron mi motor que generó el esfuerzo para seguir adelante; a ti Doriam hijo mío; mi nueva inspiración de vida, mi retoño por quien hoy por hoy lucharé para hacerte sentir orgulloso de tu padre.

A ti Cinthya que crees en mí, aun por mi temperamento supiste entenderme y darme ese soporte que siempre me sirvió para continuar en este gran reto y cumplir con uno de mis objetivos personales; ser un gran profesional.

Y finalmente a mis padres, grandes ejemplos de vida quienes me inculcaron el ser una persona íntegra, con valores y que siempre debo emprender nuevos desafíos.

A todos ustedes les dedico estas líneas.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a mi Alma Mater Universidad Privada del Norte sede Cajamarca quien fue testigo del esfuerzo y dedicación vertidos en este gran reto.

A mi asesor Ing. Roberto Gonzales Yana, por su gran apoyo en el trabajo de investigación y desarrollo de esta tesis.

A mis docentes que con sus grandes enseñanzas lograron encaminarme en esta gran carrera.

A Ud. Ing. Jose Siveroni por su apoyo incondicional y gran profesionalismo que siempre mostro.

A mi amigo Jorge Torres quien siempre supo estar presente en esos momentos esenciales.

A todas las personas con las que compartí experiencias laborales, quienes con sus enseñanzas logran inculcar en mí su profesionalismo, a ustedes; Don Mario Magiantini, Ing. Jhonny Gallo, Don Hellman Bastias, Ing. Luis Garcia Agama, Don Giuliano la Rosa.

A mi familia, amigos y compañeros; gracias totales.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | Pág. |
|---|-------------|
| APROBACIÓN DE LA TESIS..... | ii |
| DEDICATORIA..... | iii |
| AGRADECIMIENTO | iv |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | v |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | viii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | ix |
| ÍNDICE DE FOTOS..... | x |
| RESUMEN..... | xi |
| ABSTRACT | xii |
| CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. Realidad problemática | 1 |
| 1.2. Formulación del problema..... | 1 |
| 1.3. Justificación..... | 1 |
| 1.4. Limitaciones | 2 |
| 1.5. Objetivos | 2 |
| 1.5.1. <i>Objetivo General</i> | 2 |
| 1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i> | 2 |
| CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO..... | 3 |
| 2.1. Antecedentes | 3 |
| 2.2. Bases Teóricas | 3 |
| 2.2.1. <i>Ventilación</i> | 3 |
| 2.2.2. <i>Ventilación Subterránea</i> | 5 |
| 2.2.3. <i>Tipos de Ventilación</i> | 6 |
| 2.2.4. <i>Ventilación Natural</i> | 6 |
| 2.2.5. <i>Ventilación Mecánica</i> | 7 |
| 2.2.6. <i>Requerimientos de Aire</i> | 7 |
| 2.2.6.1. <i>Requerimiento de Aire por el personal</i> | 7 |
| 2.2.6.2. <i>Requerimiento por el polvo en suspensión</i> | 8 |
| 2.2.6.3. <i>Requerimiento por consumo de explosivos</i> | 9 |
| 2.2.6.4. <i>Requerimiento por Temperatura</i> | 9 |
| 2.2.6.5. <i>Requerimiento por diseño de labor</i> | 10 |
| 2.2.7. <i>Sistemas de Ventilación</i> | 15 |
| 2.2.7.1. <i>Ventilación Impelente</i> | 15 |
| 2.2.7.2. <i>Características de la Ventilación Impelente</i> | 16 |
| 2.2.7.3. <i>Ventilación Aspirante</i> | 16 |

| | | |
|---------------------------------------|---|-----------|
| 2.2.7.4. | <i>Características de la Ventilación Aspirante</i> | 17 |
| 2.3. | Definición de términos básicos | 19 |
| 2.3.1. | <i>Antracita:</i> | 19 |
| 2.3.2. | <i>Ventilación:</i> | 20 |
| 2.3.3. | <i>Calidad de aire:</i> | 20 |
| 2.3.4. | <i>Minería Subterránea:</i> | 21 |
| 2.3.5. | <i>Monitoreos ambientales:</i> | 22 |
| 2.3.6. | <i>Optimización:</i> | 22 |
| 2.3.7. | <i>Operaciones mineras:</i> | 23 |
| CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS | | 24 |
| 3.1. | Formulación de la hipótesis | 24 |
| 3.2. | Variables | 24 |
| 3.3. | Operacionalización de variables | 24 |
| CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS | | 26 |
| 4.1. | Tipo de diseño de investigación | 26 |
| 4.1.1. | <i>Método General:</i> | 26 |
| 4.1.2. | <i>Método Específico:</i> | 26 |
| 4.2. | Material | 26 |
| 4.2.1. | <i>Unidad de estudio:</i> | 26 |
| 4.2.2. | <i>Población:</i> | 26 |
| 4.2.3. | <i>Muestra:</i> | 26 |
| 4.3. | Métodos | 26 |
| 4.3.1. | <i>Técnicas de recolección de datos y análisis de datos</i> | 26 |
| 4.3.2. | <i>Instrumentos</i> | 27 |
| 4.3.3. | <i>Procedimientos</i> | 27 |
| 4.3.3.1. | <i>Método de barrido</i> | 28 |
| 4.3.3.2. | <i>Muestreo y Análisis</i> | 28 |
| 4.3.4. | <i>Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos</i> | 29 |
| CAPÍTULO 5. DESARROLLO | | 30 |
| 5.1. | Ubicación del Área de Estudio | 30 |
| 5.1.1. | <i>Ubicación Política:</i> | 30 |
| 5.1.2. | <i>Ubicación Geográfica</i> | 32 |
| 5.2. | Accesibilidad | 33 |
| 5.2.1. | <i>Tramo Cajamarca – Bambamarca:</i> | 33 |
| 5.2.2. | <i>Trocha Carrozable Bambamarca - La Paccha:</i> | 34 |
| 5.3. | Descripción de Bocaminas y personal: | 35 |
| 5.3.1. | <i>Bocaminas:</i> | 35 |
| 5.3.1.1. | <i>Labor 1:</i> | 35 |
| 5.3.1.2. | <i>Labor 2:</i> | 36 |
| 5.3.1.3. | <i>Labor 3:</i> | 36 |
| 5.3.2. | <i>Personal Utilizado en la Actividad:</i> | 37 |
| 5.3.2.1. | <i>Supervisor (1):</i> | 37 |
| 5.3.2.2. | <i>Jefe de Mina (1):</i> | 38 |

| | | |
|-------------------------------------|---|-----------|
| 5.3.2.3. | Obreros (3 por labor):..... | 38 |
| 5.4. | Descripción de Monitoreo | 39 |
| 5.4.1. | Ubicación de los Monitoreos: | 39 |
| 5.4.2. | Partículas en Suspensión Pm10 -12h | 40 |
| 5.4.3. | Partículas en Suspensión Pm2.5 | 45 |
| 5.4.4. | Dióxido de Azufre (So2) | 52 |
| 5.4.5. | Monóxido de Carbono (Co) | 58 |
| 5.4.6. | Dióxido de Nitrógeno (No2)-12h..... | 64 |
| 5.5. | Cálculo de Caudal:..... | 70 |
| 5.5.1. | Caudal requerido por el número de personas:..... | 70 |
| 5.5.2. | Caudal requerido por la producción: | 71 |
| 5.5.2.1. | Para la labor 1:..... | 71 |
| 5.5.2.2. | Para la labor 2:..... | 71 |
| 5.5.2.3. | Para la labor 3:..... | 71 |
| 5.5.3. | Caudal requerido por el polvo en suspensión: | 71 |
| 5.5.4. | Caudal requerido por consumo de explosivo | 72 |
| 5.6. | Presión (caída total) y la Potencia del ventilador..... | 72 |
| 5.6.1. | Dimensiones de la Galería 1: | 72 |
| CAPÍTULO 6. RESULTADOS | | 75 |
| 6.1. | Concentración Promedio de Partículas en Suspensión PM10 | 75 |
| 6.2. | Concentración de Partículas en Suspensión PM2.5 | 77 |
| 6.3. | Concentración de Dióxido de Azufre (SO2)..... | 79 |
| 6.4. | Concentración de Monóxido de Carbono (CO). | 80 |
| 6.5. | Concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO2)-12h | 81 |
| CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN..... | | 84 |
| CONCLUSIONES..... | | 87 |
| RECOMENDACIONES | | 88 |
| REFERENCIAS..... | | 89 |
| ANEXOS | | 90 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1: Características de Ventiladores Axiales..... | 13 |
| Tabla 2: Cuadro comparativo de Ventiladores..... | 14 |
| Tabla 3: Parámetros y Equipos utilizados..... | 27 |
| Tabla 4: Distancias en la ruta de transporte Lima - Piñipata. | 35 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1: Toma de velocidad de flujo. | 28 |
| Figura 2: Ubicación Política de la Concesión Mi Grimaldina I. | 31 |
| Figura 3: Ubicación Geográfica de la Concesión Mi Grimaldina I. | 33 |
| Figura 4: Carretera Cajamarca - Bambamarca..... | 34 |
| Figura 5: Trocha carrozable Bambamarca – Piñipata..... | 34 |
| Figura 6: Ventilación en la labor 1..... | 74 |
| Figura 7: Ventilación en la Labor 2. | 74 |
| Figura 8: Ventilación en la labor 3..... | 75 |

ÍNDICE DE FOTOS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Foto 1: Mangas Y Ventiladores..... | 14 |
| Foto 2: Instalación..... | 15 |
| Foto 3: A la derecha, Equipo de Monitoreo de Partículas de PM10 y PM2.5, y a la izquierda Equipo de Monitoreo de Gases (Monóxido de Carbono, Dióxido de Azufre y Dióxido de Nitrógeno)..... | 27 |
| Foto 4: Bocamina de la Labor 1..... | 35 |
| Foto 5: Bocamina de la Labor 2..... | 36 |
| Foto 7: Bocamina de la Labor 3..... | 37 |
| Foto 63: Ingeniero Supervisor..... | 37 |
| Foto 64: Jefe de Mina..... | 38 |
| Foto 66: Obrero..... | 38 |
| Foto 3: Cámaras y Pilares en Avance dentro de la Labor Minera 1..... | 73 |

RESUMEN

La presente tesis se titula “EVALUACIÓN DE LA VENTILACIÓN NATURAL PARA OPTIMIZAR LAS OPERACIONES MINERAS EN LA MINA SUBTERRÁNEA MI GRIMALDINA I - CAJAMARCA - 2016”, cuyo objetivo fue determinar, evaluar la ventilación natural de las galerías tres galerías subterráneas que se explotan en la concesión Mi Grimaldina I, contemplados bajo el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional, este estudio es importante porque nos permite conocer cuán responsable es la empresa minera “CARBOJHOLAY”, quien explota dicha concesión; porque cada vez más las empresas del sector de la industria minera nacional están comprometidos con la seguridad, es decir están consientes de que sus operaciones tienen impactos, a la salud de los trabajadores, ambientales y sociales y hacer que estas sean positivas y contribuyan al desarrollo sostenido en los trabajadores, población y su entorno, las empresas no fortalecen el sistema de ventilación en proyectos mineros, toda labor minera subterránea deberá estar dotada de aire limpio de acuerdo a las necesidades del personal, las maquinarias, 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, desde sus inicios hasta hoy día, la Ventilación de Minas tiene como objetivo central el suministro de aire fresco para la respiración de las personas y dilución-extracción de polvo y gases producto de las operaciones subterránea (extracción, carga y transporte).

Es verdad que generalmente los requerimientos actuales no se daban en el pasado con tanta intensidad, ya que entonces los ritmos de explotación en las minas no eran como los actuales y por tanto, no podemos perder de vista que los niveles de confort y seguridad adoptados hoy día son mucho más exigentes.

ABSTRACT

This thesis is entitled "EVALUATION OF THE VENTILATION NATURAL TO OPTIMIZE THE MINING OPERATIONS IN THE UNDERGROUND MINE MY GRIMALDINA I - TRUJILLO - 2016", whose objective was to determine, assess the natural ventilation of galleries three underground galleries that are exploited in the concession my Grimaldina I contemplated under the Regulation of Occupational Safety and Health, this study is important because it allows us to know how responsible is, who operates the concession mining company "CARBOJHOLAY"; because more and more companies in the mining industry sector are committed to safety, is are aware that their operations have impacts, health workers, environmental and social and make these are positive and contribute to the development sustained workers, population and environment, companies do not strengthen the ventilation system in mining projects, all underground mining work must be equipped with clean air according to the needs of staff, machinery, to evacuate the gases, fumes and dust suspended that could affect the health of workers, all ventilation system in the mining industry, as it relates to air quality must be maintained within maximum permissible limits, from its beginnings to today, the ventilation of Mines has main objective the supply of fresh air for breathing people and dilution gases and dust extraction product of underground operations (extraction, loading and transportation).

It is true that generally the current requirements were not present in the past with such intensity, since then the rates of exploitation in the mines were not as current and therefore we can not lose sight that the levels of comfort and security adopted today day are much more demanding.

CAPÍTULO 1. 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 Mi Grimaldina I, no se tiene un correcto control de la ventilación, en las labores de operación, y por lo tanto no se sabe si existe aire viciado, y afecten la eficiencia de los trabajadores y equipos, por eso es importante tener esta evaluación con el fin de definir las áreas con deficiencia en su laboreo de la mina y plasmar una propuesta de mejora.

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

Como beneficio directo de la mina al optimizar la ventilación se obtendrá, un mejor desempeño de los trabajadores, equipos, un adecuado plan de ventilación, con programas de mantenimiento y una evaluación desde un punto de vista racional.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de la situación actual de la ventilación de la mina subterránea Mi Grimaldina I, y por qué propondremos la optimización?

1.3. Justificación

El trabajo de investigación sobre la evaluación de la ventilación natural y propuesta para su optimización en las labores subterráneas en Mi Grimaldina I; se justifica en la medida de que se da respuestas al problema de ventilación para los trabajadores que laboran en las galerías, el cual sólo cuenta con ventilación natural y posiblemente contaminado por sustancias gaseosas producto del azufre presente en el carbón antracita, asimismo proponer la optimización para que los trabajadores tengan mejor desempeño en sus tareas y labores encomendadas,

consecuentemente minimizando las enfermedades ocupacionales así mismo brindar mayores resultados en efectividad y productividad de la empresa.

1.4. Limitaciones

- El acceso a la información será difícil ya que no existen estudios que hayan tratado la importancia de los controles de calidad de aire.
- El presupuesto se limita sólo a los monitoreos de calidad de aire sólo en las galerías subterráneas, mas no fuera de éstas.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Evaluar la situación actual del sistema de ventilación y propuesta para su optimización en mina subterránea carbonífera Mi Grimaldina I.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento topográfico de las labores subterráneas.
- Realizar la medición de la calidad del aire teniendo en cuenta PM10, PM2.5, CO, SO2 y NO2.
- Evaluar la construcción de una chimenea de ventilación.
- Evaluar la utilización de ventilación artificial.
- Proponer la optimización del sistema de ventilación.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

A Nivel Internacional:

Alejandro (1962). Ventilación de minas, acondicionamiento del aire, incendios subterráneos y salvamento.

Cuyas consideraciones principales son:

Se considera lo 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.

A Nivel Nacional:

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 autorizado 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.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. 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 Nro. 055-2010-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 metros cúbicos por minuto, en otras altitudes las cantidades de aire será de acuerdo con la siguiente escala:

- ✓ De 1500 a 3000 metros aumentara en 40%, será igual a 4 m³/min.
- ✓ De 3000 a 4000 metros aumentara en 70%, será igual a 5 m³/min.
- ✓ Sobre los 4000 metros aumentara en 100%, será igual a 6 m³/min.

En caso de emplearse equipo diesel, la cantidad de aire circulante no será menor de tres 3 metros cúbicos por minuto por cada HP que desarrollen los equipos, en ningún caso la velocidad del aire será menor de 20 metros por minuto ni superior a 250 metros por minuto 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 metros por minuto. 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 Nro. 055- 2010-EM. Perú).

2.2.2. 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. (1974), Curso de Laboreo de Minas. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. ISBN 8460062546).

Obtenido de "http://es.wikipedia.org/wiki/Ventilaci%C3%B3n_de_minas

Principios de la ventilación es por:

- ✓ Dos puntos de diferente presión ($P_2 > P_1$ a $T_2 < T_1$).
- ✓ Diferencia de temperaturas ($T_2 > T_1$ a $T_2 < T_1$)

Novitzky A. 1962

2.2.3. Tipos de Ventilación

Se pueden clasificar en dos grandes grupos: Ø Ventilación natural Ø 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

2.2.4. 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. 2005.

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, equivale a la altura H.
- ✓ 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 difíciles predecir. Mallqui T., A. 1981.

Ejecución del mapeo de ventilación de una mina para determinación del volumen del aire que circula y la evaluación de la ventilación de la mina, la ejecución consiste en ubicarse en las estaciones de la ventilación pre establecidos y determinar el sentido de avance del aire mediante bombilla de humos,

similarmente como el levantamiento de ventilación para hacer el balance de aire que ingresa al interior mina. Giménez A.

2.2.5. 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. 2005.

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. 1981.

2.2.6. Requerimientos de Aire

Las necesidades de aire en el interior de la mina, se determinara en base al número de personas, polvo en suspensión, aumento de temperatura y consumo de explosivos además de conocer el método de explotación, para determinar el requerimiento de aire total se utilizan los siguientes parámetros operacionales.

2.2.6.1. Requerimiento de Aire por el personal

Los objetivos a cumplir con respecto al personal es proporcionar 4 m³/min, por cada persona, debido a la corrección por altitud de 1950 m.s.n.m., a la que se encuentran la mina.

$$Q_1 = n \times q$$

| Descripción | Cantidad |
|-----------------|----------|
| Jefe de Guardia | 1 |

| | |
|--------------------------|-----------|
| Capataz | 1 |
| Inspectores | 2 |
| Seguridad | 1 |
| Perforistas | 4 |
| Ayudantes de Perforistas | 4 |
| Mecánico | 1 |
| Topógrafo | 2 |
| Electricista | 2 |
| Motorista | 2 |
| Ayudante de Motorista | 2 |
| Bodeguero | 1 |
| Total / Guardia | 23 |

2.2.6.2. Requerimiento por el polvo en suspensión

El criterio más aceptado es hacer pasar una velocidad de aire determinado por las áreas contaminadas y arrastrar el polvo, a zonas donde no cause problemas. De acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional DS. 055-2010-EM en el Art. 236, en el literal (n) nos indica; que la concentración promedio de polvo respirable en la atmosfera de la mina, a la cual el trabajador está expuesto, no será mayor de 3 mg/m³ de aire. Así también la ventilación en los espacios indicados deberá cumplir con el estándar de velocidad del aire de veinte (20) metros por minuto con una cantidad de aire establecido en el literal (e) del artículo 236° del presente reglamento.

En ningún caso la velocidad del aire será menor de veinte (20) metros por minuto ni superior a doscientos cincuenta (250) metros por minuto en las labores de explotación, incluido el desarrollo, preparación y en todo lugar donde haya personal trabajando. Cuando se emplee explosivo ANFO u otros agentes de voladura, la velocidad del aire no será menor de veinticinco (25) metros por minuto.

2.2.6.3. Requerimiento por consumo de explosivos

La fórmula que se conoce para este cálculo puede ser criticado, ya que no toma en cuenta varios factores que se expondrán después de presentarla, al tratarse de minas metálicas, este método es el que más se usa. Toma en cuenta la formación de productos tóxicos por la detonación de explosivos, el tiempo que se estima para despejar las galerías de gases y la cantidad máxima permitida, según normas de seguridad de gases en la atmósfera.

Para el cálculo de este caudal, se emplea la siguiente.

Relación empírica:

$$Q = 100 \times A \times a / d \times t \text{ (m}^3\text{/min.)}$$

Dónde:

Q = Caudal de aire requerido por consumo de explosivo detonado (m³/min.)

A = Cantidad de explosivo detonado, equivalente a dinamita 60% (Kg.)

a = Volumen de gases generados por cada Kg. de explosivo.

a = 0.04 (m³/Kg. de explosivo); valor tomado como norma general.

d = % de dilución de los gases en la atmósfera, deben ser diluidos a no menos de 0.008 % y se aproxima a 0.01 %

t = tiempo de dilución de los gases (minutos); generalmente, este tiempo no es mayor de 30 minutos, cuando se trata de detonaciones corrientes.

Reemplazando en la fórmula tendremos: $Q = (0,04 \times A \times 100) / (30 \times 0,008) \text{ m}^3\text{/min.}$ Entonces, tendríamos finalmente:

$$Q_e = 16,67 \times A \text{ (m}^3\text{/min)}$$

2.2.6.4. Requerimiento por Temperatura

De acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional DS. 055-2010-EM en el Art. 236 nos indica que las labores subterráneas se mantendrán una circulación de aire limpio y fresco en cantidad y calidad suficiente de acuerdo al número de trabajadores. Y el concepto de temperatura efectiva es el resultado de la combinación de

tres factores; temperatura, humedad relativa y velocidad de aire que expresa un solo valor de grado de confort termo ambiental. En la GUIA N° 2 de dicho reglamento obtenemos la Medición de Estrés Térmico (calor) deberá realizarse según el método descrito en la guía mencionada, para la medición de estrés térmico. Ver el Anexo N°8 de los Valores Limites de Referencia para el Estrés Térmico.

2.2.6.5. Requerimiento por diseño de labor

Circuito de ventilación en serie se caracteriza porque la corriente de aire se mueve sin ramificación, por lo que el caudal permanece constante, en este caso todas las galerías se conectan extremo a extremo.

Propiedades:

El caudal que pasa por cada labor es el mismo

$$Q_t = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$$

La caída de presión total es igual a la suma de caídas de presiones parciales:

$$H_t = H_1 + H_2 + \dots + H_n$$

Luego, como $H = R \cdot Q^2$

$$H_t = R_1 \cdot Q_1^2 + R_2 \cdot Q_2^2 + \dots + R_n \cdot Q_n^2$$

$$R_t \cdot Q_t^2 = R_1 \cdot Q_1^2 + R_2 \cdot Q_2^2 + \dots + R_n \cdot Q_n^2$$

Como: $Q_t = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$

Quedará:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Circuito de ventilación en paralelo, las labores se ramifican en un punto, en dos o varios circuitos que se unen en otro punto, la característica básica de las uniones en paralelo, es que las caídas de presión de los ramales que la componen son iguales, independientemente.

$$H_1 = H_2 = H_3 = \dots = H_n$$

El caudal total del sistema de galerías en paralelo, es igual a la suma de los caudales parciales.

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$$

La raíz cuadrada del valor recíproco de la resistencia aerodinámica del circuito, es igual a la suma de las raíces cuadradas de los valores recíprocos de las resistencias aerodinámicas parciales.

$$1/\sqrt{R} = 1/\sqrt{R_1} + 1/\sqrt{R_2} + \dots + 1/\sqrt{R}$$

Compumet ingenieros@yahoo.com;2006

Se considera lo 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 kg./m³; que es el peso de 1 m³ de aire, con la presión de 1 atm. ; Temperatura de 15° y la humedad de 60 %, las resistencias de las labores mineras al movimiento de aire se divide en arbitrariamente en 3 tipos como resistencia de rozamiento de aire contra las paredes de la labor y de las partículas entre sí, resistencias locales y resistencias frontales. Novitzky A. 1962.

La resistencia de un tramo de galería es la pérdida de energía o presión de flujo, al pasar de un punto de galería a otro punto distante de la galería y que está en función de las características de las paredes de la galería. Giménez A., P.

La presión es una propiedad física del aire que interviene en los diferentes procesos de ventilación de la mina. Se define como el empuje que ejerce un fluido sobre las paredes que lo contiene. Una pulgada de mercurio a 32°F de temperatura, pesa 0.49 libras. Una presión barométrica de 30 pulgadas equivaldrá 0.49*30 = 14.7 libras/pulg², con el cambio de la altura sobre el nivel del mar y de la temperatura, la presión (P2) cambia de la manera siguiente:

$$\text{Log. } P_2 = \text{Log. } P_1 - (H)/122.4 \text{ (}^\circ\text{F}+460)$$

Humedad relativa del aire siempre tiene cierta cantidad de agua. Según la ley de DALTON.

$$P_t = P_a + P_v$$

P_t = presión parcial de aire seco

P_a = presión del vapor.

El contenido de vapor de agua en kg. Referido a 1 kg. De parte seca de la mezcla de aire y de vapor, se calcula por la fórmula:

$$D = 622 H Ps./P-H Ps.$$

Dónde:

H = humedad relativa del aire en %

P = presión barométrica en mm. De mercurio

Ps = presión de vapor saturado en mm. De mercurio se saca para tal caso se toma las tablas Psicométricas.

Novitzky A. 1962.

Para hallar la PÉRDIDA DE PRESIÓN en la galería por la siguiente fórmula:

$$H = K*(CL/A^3)*Q^2 . 1Pa = 1N/m^2 = 0.1mm. de H_2O$$

Dónde:

H = Perdida de presión (N/m²)

K = F. fricción = 0.002 – 0.004 Ns² /m⁴

C = Perímetro del ducto (m)

L = Longitud del ducto (m)

A = Sección transversal del ducto (m²)

Instituto de ingenieros de minas del Perú.

Fórmula simplificada efectiva por ATKINSON, es aplicable para toda corriente turbulenta, para el cálculo de la pérdida de presión o depresión del flujo de aire.

$$HL = (K*P*(L+Le)*Q^2)/(5.2*A^3); \text{ pulgada de agua}$$

Dónde:

HL = Perdida de presión

K = Coeficiente o factor de fricción del conducto

P = Perímetro del ducto, en pies

L = Longitud física y equivalente, en pies

A = Área o sección transversal del Ducto, en pies

5.2 = Factor de conversión Lb/pies³ a pulg. De agua

Mallqui T., A. 1981.

Cálculo de potencia para mover el aire se utiliza la siguiente fórmula:

$$HP = (5.2 \cdot HL \cdot Q) / 33000$$

Dónde:

HP = potencia necesaria para el funcionamiento requerido.

HL = pérdida de presión; pulgadas de agua

Q = caudal requerido en CFM.

Mallqui T., A. 1981.

Ventilador se considera ventilador propiamente dicho, la parte activa del conjunto, y está compuesto por carcasa, rodete y motor. Los tipos de ventiladores utilizados son:

- ✓ Axiales o de hélice.
- ✓ Radiales o centrífugos.

El ventilador axial es de diseño aerodinámico. Este tipo de ventilador consiste esencialmente en un rodete alojado en una envolvente cilíndrica o carcasa. La adición de álabes-guía, detrás del rotor, convierte al ventilador turbo-axial en un ventilador axial con aletas guía. Zitron. 2007.

Tabla 1: Características de Ventiladores Axiales.

| R.P.M. | Q(CFM) | HP | PRESION DE TRABAJO Pulg. Agua | DIAMETRO Pulg. |
|--------|--------|-----|----------------------------------|-------------------|
| 3450 | 3000 | 3.5 | | 12 |
| 3450 | 4000 | 7.5 | | 18 |
| 3450 | 8000 | 12 | 9 | 18 |
| 3530 | 20000 | 36 | 7.7 - 11 | 28 |
| 1775 | 70000 | 75 | 11 - 13 | 60 |

Fuente: Mallqui T., A. 1981.

Tabla 2: Cuadro comparativo de Ventiladores.

| CARACTERÍSTICAS | CENTRIFUGO | AXIAL |
|--------------------|--------------|--------------|
| Capacidad | Alta | Alta |
| Eficiencia | 60 a 80 % | 70 a 75 % |
| Velocidad | Alta | Alta |
| Ruido | Menor 100 dB | Mayor 120 Db |
| Costo | Mayor | Menor |
| Tamaño | Mayor | Menor |
| Instalación | Difícil | Fácil |
| Sentido de trabajo | Un solo | Ambos |

Fuente: Mallqui T., A. 1981,



Foto 1: Mangas Y Ventiladores.



Foto 2: Instalación.

2.2.7. Sistemas de Ventilación

2.2.7.1. Ventilación Impelente

El aire entra al frente del fondo de saco a través de la tubería, impulsado por ventiladores, y desplaza la masa de aire viciado hacia la corriente principal de aire, a través de la galería. Este es el sistema predominante usado en la mayoría de las minas.

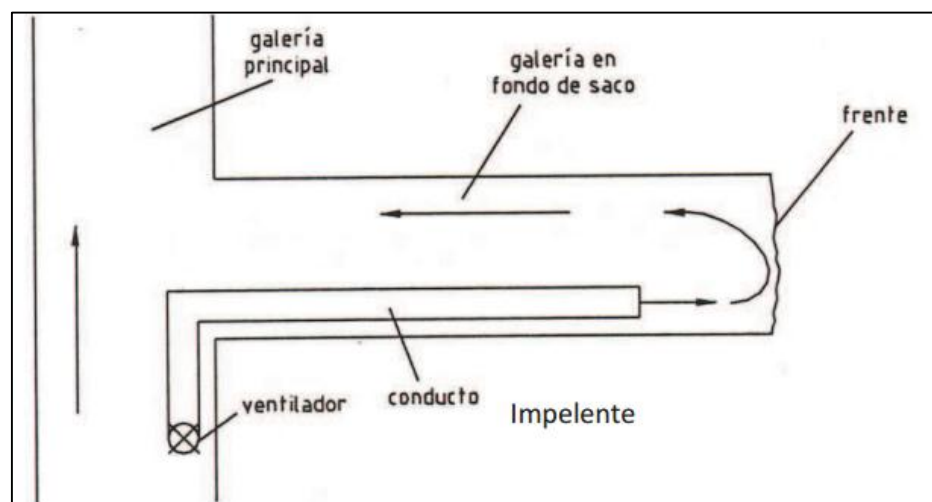


Imagen 1: ventilación impelente.

Fuente: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. 1989.

2.2.7.2. Características de la Ventilación Impelente

Barrido del frente en un sistema impelente la distribución de las líneas de flujo hace que la corriente de aire fresco sea efectiva a mayor distancia desde la salida del conducto que en el sistema aspirante. En frentes con gas, esta corriente causa una mezcla turbulenta con el gas y evita la estratificación de éste.

Ambiente de trabajo y polvo, la velocidad de la corriente de aire incidente produce un efecto refrigerador en el frente. Por otra parte, esta velocidad, da lugar a una suspensión y dispersión del polvo, por lo que en el caso de ambientes muy polvorientos será necesario acoplar un ventilador de refuerzo aspirante. La misión de este ventilador será retirar el polvo del frente y llevarlo a un decantador. Conductos de ventilación del sistema permite el uso de conductos flexibles no reforzados para cumplir con el caudal calculado, que tienen una superficie interior lisa. Estos conductos son más baratos y manejables y presentan una menor resistencia al paso del aire.

2.2.7.3. Ventilación Aspirante

En este método, el aire contaminado del frente es succionado a través del conducto debido a la depresión creada por ventiladores situados en ambos puntos de extremo. Este aire es evacuado en la corriente de ventilación principal, procedente de la cual entra aire limpio a través de la galería o conducto.

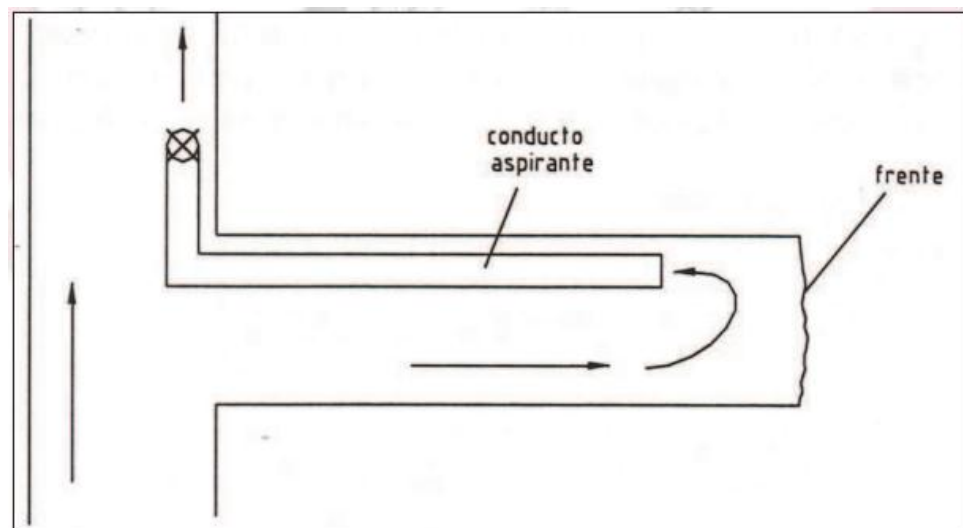


Imagen 2: Ventilación Aspirante.

Fuente: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. 1989.

La boca de aspiración de la tubería debe situarse muy próxima al frente, pero aun así, debido a la distribución de las curvas de velocidades de aire en las zonas próximas a la aspiración, este sistema no efectúa en general un buen barrido del frente, por lo que suele ser necesario el uso de la configuración denominada mixta.

2.2.7.4. Características de la Ventilación Aspirante

El aire fresco entra a través del conducto, de sección reducido que la Galería, luego su velocidad y turbulencia será mucho mayor, y su mezcla con el gas emitido por la galería y el frente mucho más pobre, además según el aire fresco entrante en el sistema aspirante se aproxima a la toma de aire del conducto, el flujo tiende a moverse hacia ella, creando el potencial para la formación de zonas de aire estático en el frente. Por este motivo, un sistema aspirante por sí solo no es capaz, en general, de garantizar un buen barrido del frente, si este es de gran sección o si la tubería de aspiración no está situada en el mismo frente. Por ello, es conveniente adoptar una solución mixta, con un ventilador de refuerzo impelente que cree una turbulencia adecuada para garantizar la dilución del gas. En el ambiente de trabajo la velocidad de la corriente de aire incidente es menor con lo que disminuye el efecto refrigerador en el frente. La suspensión y dispersión del polvo es también menor. Además debe considerarse que este ventilador retira el polvo del frente. El gas generado en el frente circula por la tubería, mientras que por otro conducto circula aire limpio. Este argumento, parece que inclinaría la balanza hacia la ventilación aspirante en el caso de frentes con mucho gas. Pero ha de considerarse que el gas debe circular por la tubería de ventilación y a través de los ventiladores secundarios, el sistema requiere un conducto rígido o un conducto flexible reforzado mediante espiral.

Impelente con apoyo aspirante, forma parte de los sistemas mixtos, también llamado sistema solapado, utiliza un ventilador auxiliar de refuerzo, situado frente a la labor, y con un tramo de conducto de poca longitud. Estos sistemas combinan las ventajas de cada sistema, consiguiendo el mejor efecto de ventilación en situaciones concretas de minería, Son posibles dos configuraciones en función de que la línea

principal sea la aspirante o la impelente, una línea impelente con solape aspirante consta de un sistema impelente principal con una instalación auxiliar aspirante, cuya función por lo general es la de recoger y evacuar el polvo generado del frente.

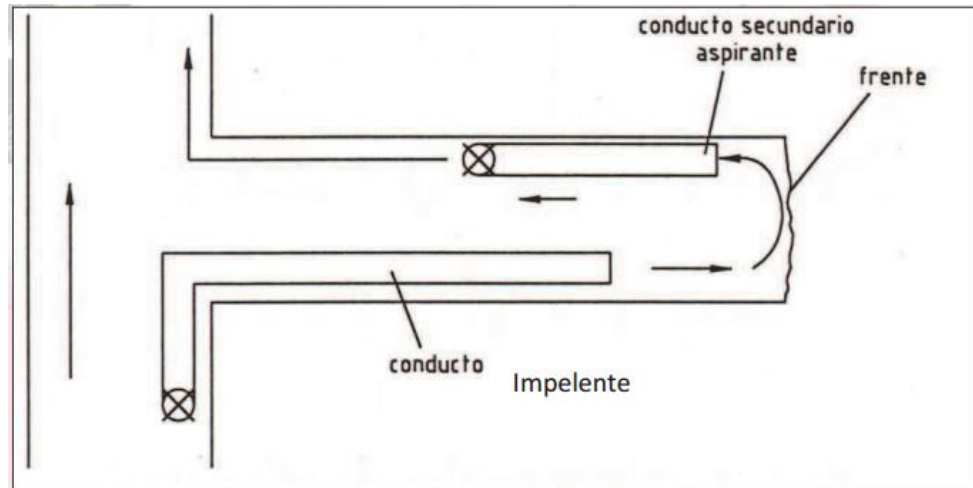


Imagen 3: Ventilación Impelente con apoyo aspirante.

Fuente: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. 1989.

Aspirante con apoyo impelente, un aspirante con solape impelente tendrá el esquema opuesto, y la función del ventilador auxiliar de refuerzo (impelente) es precisamente la de asegurar un buen barrido del frente.

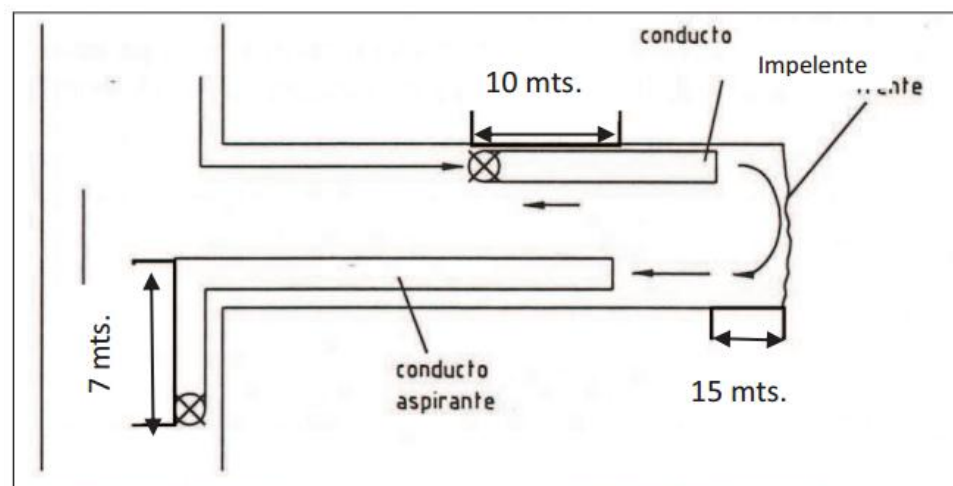


Imagen 4: Ventilación Aspirante con apoyo impelente.

Fuente: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. 1989.

La ventilación aspirante, estará diseñada de forma que tome en dicho fondo de saco, en el frente, unos $\frac{2}{3}$ del caudal que se ha calculado, de forma que el $\frac{1}{3}$ restante regrese por el fondo de saco hacia la corriente de ventilación principal, limpiando o arrastrando a su paso los humos y gases que se generan por el disparo, de esta forma conseguimos aire limpio en el frente ya que el humo y gases del disparo no va hacia los trabajadores, se diluyen de todas formas los humos y con mayor efectividad, se evita, como ocurre en muchas ocasiones que la velocidad del aire en el fondo de saco sea prácticamente nula en zonas alejadas del frente, se disminuye la temperatura, aumentan las condiciones de confort de los trabajadores, aumentando su rendimiento de trabajo.

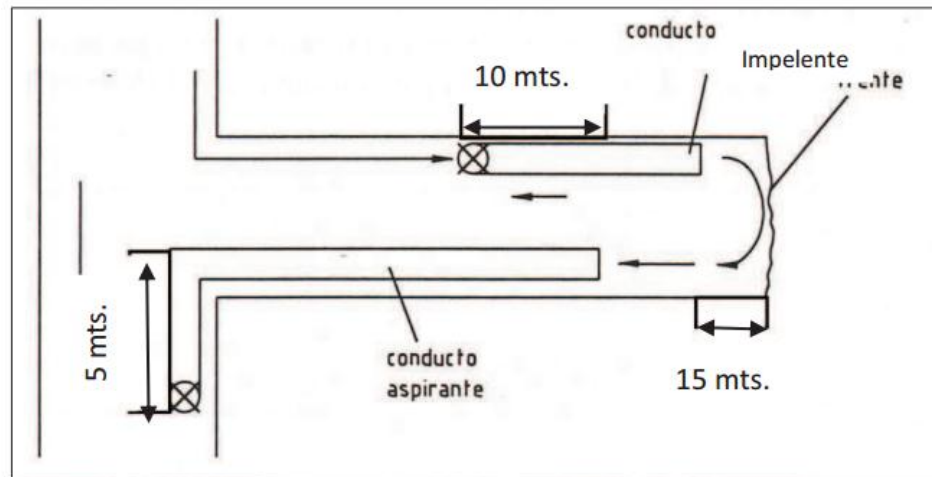


Imagen 5: Ventilación Aspirante con apoyo impelente.

Fuente: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. 1989.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Antracita:

La antracita es el carbón mineral más metamórfico y el que presenta mayor contenido en carbono. Es de color negro a gris acero con un lustre brillante.

Estando seca y sin contar cenizas la masa de la antracita posee 86% o más de carbono y 14% o menos de volátiles. Comparado con otros carbones es poco contaminante y de alto valor calorífico (~35 megajoules por kilogramo). Cabe destacar que no difiere mucho en cuanto a calorías con la mayoría de los carbones bituminosos (hullas). Comparado con estos últimos carbones la

antracita no mancha al ser manipulada. También destaca sobre otros carbones por su bajo contenido de humedad.

La antracita es difícil de prender, se quema lento y requiere mucho oxígeno para su combustión generando en el proceso muy pocas llamas (y de color azul pálido) pero emitiendo mucho calor.

Antiguamente se usaba en plantas de centrales termoeléctricas así como en hogares. Su uso en hogares posee las ventajas de producir poco polvo al manipularse, quemarse lento y producir poco humo. Debido a su alto costo y relativa escasez ha sido desplazado por gas natural y electricidad en cuanto su uso para calefaccionar. La antracita apenas contiene materias volátiles, por lo que no puede hinchar y por lo tanto no se puede obtener coque a partir de una antracita. Se deben usar hullas subbituminosas para producir coque, pero en ningún caso antracita.

2.3.2. Ventilación:

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, etc.

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.

2.3.3. Calidad de aire:

La calidad del aire es una indicación de cuanto el aire esté exento de polución atmosférica, y por lo tanto apto para ser respirado.

Actualmente los controles y la reglamentación se han incrementado y la calidad de los combustibles también se ha mejorado. Sin embargo el tráfico vehicular se ha incrementado exponencialmente, transformándose en la principal fuente

contaminante en las ciudades. A nivel mundial se ha descubierto que las emisiones de anhídrido carbónico derivadas de la combustión del petróleo están participando en forma determinante en el incremento de la temperatura global a causa del efecto invernadero. Las principales fuentes andrógenas de contaminación del aire son:

- ✓ Las fábricas o instalaciones industriales, que no tienen los filtros adecuados para las emisiones aéreas;
- ✓ Centrales termoeléctricas;
- ✓ Vehículos automotores con motor de combustión interna

La calidad del aire puede ser comprometida también por causas naturales como por ejemplo:

- ✓ Erupciones volcánicas;
- ✓ Vientos fuertes con transporte de partículas en suspensión.

La lucha contra la contaminación atmosférica se desarrolla en los siguientes frentes:

- ✓ En el control de las fuentes de contaminación andrógenas y fijación de estándares adecuados para las emisiones; y
- ✓ Monitoreo de la calidad del aire y determinación de estándares mínimos, a partir de los cuales se desencadenan las medidas excepcionales de limitaciones de emisiones.

2.3.4. Minería Subterránea:

Una mina subterránea es aquella explotación de recursos mineros que se desarrolla por debajo de la superficie del terreno.

La explotación de un yacimiento mediante minería subterránea se realiza cuando su extracción a cielo abierto no es posible por motivos económicos, sociales o ambientales.

Para la minería subterránea se hace necesario la realización de túneles, pozos, chimeneas y galerías, así como cámaras. Los métodos más empleados son mediante túneles y pilares, hundimientos, corte y relleno (cut and fill mining), realce por subniveles (Sublevel Stopping) y cámaras-almacén (Shrinkage).

2.3.5. Monitoreos ambientales:

El monitoreo ambiental se realiza a efectos de medir la presencia y concentración de contaminantes en el ambiente, así como el estado de conservación de los recursos naturales.

Esta actividad se efectúa en el marco de la función evaluadora del OEFA con el objetivo último de buscar quién es el responsable de la alteración ambiental identificada. En este sentido, a través de dicha actividad se brinda soporte para las acciones de supervisión, fiscalización y sanción ambiental, en tanto que permite conocer el nivel de afectación ambiental que puede ser atribuido a un potencial responsable.

2.3.6. Optimización:

En minería existen múltiples procesos con innumerable cantidad de variables cada uno. Adicionalmente, frecuentemente estas variables ni siquiera son conocidas con certidumbre. Es por esta razón que la optimización de procesos muchas veces se hace aún más complicada y vuelve necesario el uso de herramientas especializadas.

Actualmente en minería se toman algunas decisiones en forma heurística, gracias a la experiencia de los operadores, profesionales y ejecutivos. Estas decisiones, aunque en su mayoría convergen al óptimo o a algo muy cercano a éste, muchas veces se enfocan en un ámbito local y no consideran toda la cadena de valor de la compañía.

El primer paso para cualquier tipo de optimización es detectar espacios de mejora. Esto puede hacerse de diferentes formas, desde la aparición de ideas dentro del propio equipo como a través del uso de agentes externos que detecten posibles brechas. El próximo paso corresponde a la modelación del problema de optimización para así, a través de la herramienta elegida, encontrar la estrategia óptima. El tercer paso es la implementación, cuyos resultados deben ser evaluados y en el caso de ser necesario ajustar los modelos para iterar y llegar a los resultados esperados.

Debido a la complejidad de la optimización de procesos en minería, muchas veces es necesario separar el problema en partes. La optimización aislada de cada uno de estos procesos se conoce como optimización local. Por otro lado, es posible

identificar ciertas variables que pueden ser modeladas de una manera sistémica, es decir, considerando todo el sistema o cadena de valor. Este tipo de variables pueden ser optimizadas de una manera global, tomando en cuenta las interacciones entre cada subproceso. Utilizando este tipo de optimización es posible asegurar que la estrategia encontrada corresponde a un óptimo global.

2.3.7. Operaciones mineras:

Conjunto de labores necesarias para explotar un yacimiento y, en algunos casos, las plantas necesarias para el tratamiento del mineral extraído. Las minas también reciben el nombre de explotaciones mineras, o, simplemente, explotaciones. Los minerales se originan por procesos geológicos tanto internos (tectonismo y vulcanismo) que son extraídos del subterráneo, como externos (sedimentación) son sacados de algunas cuevas o cavernas, etc.

Las operaciones básicas en cualquier tipo de mina son tres: arranque (tumbe), carga (rezagado) y transporte (acarreo).

En la minería a cielo abierto o a tajo abierto los costes de arranque, excavación y transporte son menores, debido a la posibilidad de emplear maquinaria de mayor tamaño; permite mayor recuperación de las capas, venas o filones; no es necesaria la ventilación, ni el alumbrado, ni el sostenimiento artificial; permite utilizar explosivos de cualquier tipo y las condiciones de seguridad e higiene en el trabajo son mucho mejores.

Por el contrario, requiere una mayor inversión inicial en equipamiento y maquinaria; es necesario ocupar grandes extensiones de terreno y las condiciones de trabajo son a la intemperie. Además produce un importante impacto visual y medioambiental (polvo, ruido, etc.) en la zona en la que se desarrolla, lo cual lleva a un importante rechazo social a su implantación e incluso al cierre de las existentes.

CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

3.1. Formulación de la hipótesis

Evaluando la situación actual del sistema de ventilación es posible proponer su optimización en mina subterránea Mi Grimaldina I.

3.2. Variables

- ❖ Independientes:
 - Evaluación de la situación actual de ventilación.
 - Calidad de Aire: PM10, PM2.5, CO, SO2, NO2.
- ❖ Dependientes:
 - Propuesta de optimización de ventilación
 - Ventilación artificial

3.3. Operacionalización de variables

| VARIABLE | TIPO DE VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DIMENSIONES | INDICADOR |
|--|------------------|--|--------------|---------------------|
| EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE VENTILACIÓN | Independiente | 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. | Presión | KPa |
| | | | Temperatura | °C |
| CALIDAD DE AIRE | Independiente | Es una indicación de cuanto el aire esté exento de polución atmosférica, y por lo tanto apto para ser respirado. | PM10 y PM2.5 | µg/m ³ |
| | | | CO, SO2, NO2 | µg/m ³ |
| OPTIMIZACIÓN | Dependiente | Se adoptan las | Chimeneas | m ³ /min |

| | | | | |
|---------------------------|-------------|---|--------------------------|--------------------------|
| DE VENTILACIÓN | | diferentes estrategias que permitan mejorar la ventilación del sistema. | Mangas de Ventilación | |
| VENTILACIÓN ARTIFICIAL | Dependiente | El objetivo principal de la ventilación artificial, o "secundaria", es "Garantizar aire fresco y limpio a los mineros. Para ello se aprovechan las condiciones naturales, empleando equipos y sistemas auxiliares". | Ventiladores | Cantidad de ventiladores |
| | | | Ventiladores centrífugos | Cantidad de ventiladores |

CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Tipo de diseño de investigación.

El diseño de la investigación es cuasi experimental para evaluar la ventilación en la mina Mi Grimaldina I.

4.1.1. Método General:

El método de la investigación es aplicada. Ya que estamos usando los límites máximos permisibles como información básica. Con esta tesis se resolverá el problema de la ventilación en las labores mineras de Mi Grimaldina I, y este conocimiento puede utilizarse en el futuro.

4.1.2. Método Específico:

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.

4.2. Material.

4.2.1. Unidad de estudio.

Sistema de ventilación en las 3 labores subterráneas.

4.2.2. Población.

Concesión Minera Mi Grimaldina I.

4.2.3. Muestra.

Las 3 labores subterráneas en el carbón de la Mina Mi Grimaldina I.

4.3. Técnicas de recolección de datos y análisis de datos

4.3.1. Técnicas

- ✓ La observación directa relacionada con cada una de las variables investigadas.

- ✓ Medición de partículas en suspensión.
- ✓ Medición de gases.

4.3.2. Instrumentos

Los equipos utilizados para los parámetros de monitoreo han sido los siguientes:

Tabla 3: Parámetros y Equipos utilizados.

| PARÁMETROS | EQUIPOS |
|---|---|
| Material Particulado (PM ₁₀), y(PM _{2.5}) | Contador de partículas HANDHELD 3016 |
| Monóxido de carbono (CO) Dióxido de azufre(SO ₂) y dióxido de nitrógeno(NO ₂) | Medidor de Gases modelo S200 |



Foto 3: A la derecha, Equipo de Monitoreo de Partículas de PM10 y PM2.5, y a la izquierda Equipo de Monitoreo de Gases (Monóxido de Carbono, Dióxido de Azufre y Dióxido de Nitrógeno).

4.3.3. Procedimientos

Los datos recolectados que se ha obtenido del campo, se tomó muestras de las 3 labores subterráneas existentes en Mi Grimaldina I, los cuales aplicando el promedio para la muestra representativa de oxígeno, temperatura y otros variables según:

4.3.3.1. Método de barrido

Consiste en circular el aparato a lo largo de la sección, efectuando un barrido lo más amplio y completo posible. Una variante de este método es lo que actualmente se está empleando en la mina, pero realmente no se están haciendo las cosas correctamente debido a que los puntos escogidos para la toma de muestras están mayoritariamente en zonas de baja velocidad, cosa que no se pondera en la fórmula de cálculo de velocidad media. Por otra parte, el citado anemómetro actualmente en uso no es integrador. Para tener en cuenta la diferente velocidad que presenta la corriente de aire entre el centro de la galería y la periferia de la misma, se puede tomar como una buena aproximación a la velocidad media real el siguiente método.

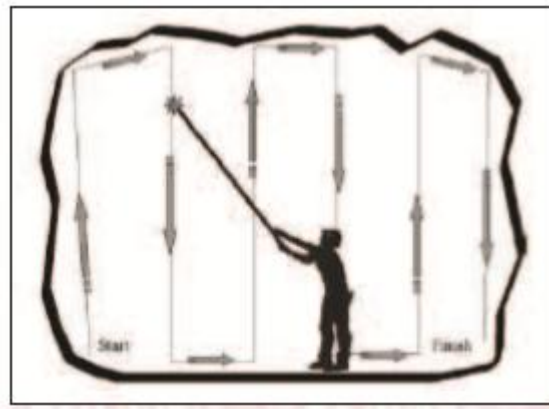


Figura 1: Toma de velocidad de flujo.

4.3.3.2. Muestreo y Análisis

La metodología de muestreo y análisis se realizó teniendo en cuenta el “Protocolo de Monitoreo de calidad de aire y gestión de datos” elaborado por la DIGESA donde establece la metodología para el muestreo.

Material Particulado:

El monitoreo se realizó durante las 12 horas por el transcurso de un día. Se empleó un contador de partículas (0.3, 0.5, 1, 2.5, 5, y 10 μm) con un flujo de 0.1 CFM y una interfaz “pantalla táctil”. El instrumento usa una fuente de luz diodo láser para conteo de partículas, y el número de partículas es mostrado en pantalla.

Gases:

Para el monitoreo de Dióxido De Azufre (SO₂), Monóxido de Carbono (CO) y Dióxido de Nitrógeno(NO₂), se utilizó un medidor de gases modelo S200, ha sido específicamente diseñado para mediciones precisas, en ambientes donde exista presencia de algún tipo de gas.

Los componentes principales de este modelo son el equipo medidor y el cabezal o sensor de gas.

4.3.4. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Se utilizó diferentes programas de la minería para calcular los siguientes cálculos:

- Hojas de Calculo
- Bases de dato
- Graficadores estadísticos.

CAPÍTULO 5. DESARROLLO

5.1. Ubicación del Área de Estudio

5.1.1. Ubicación Política:

| | |
|---------------------|-----------------|
| Continente | América del Sur |
| País | Perú |
| Región | Cajamarca |
| Departamento | Cajamarca |
| Provincia | Hualgayoc |
| Distrito | Bambamarca |
| Caserío | Piñipata |

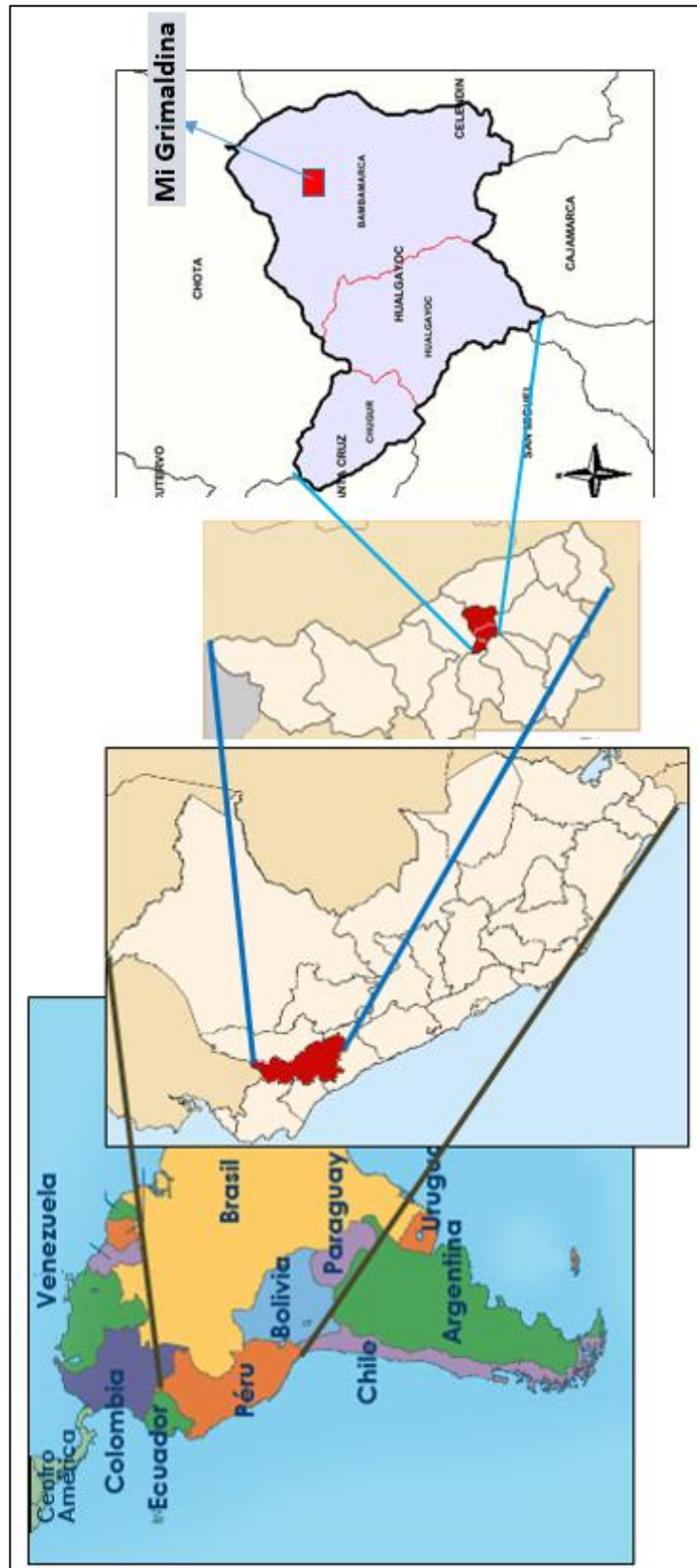


Figura 2: Ubicación Política de la Concesión Mi Grimaldina I.

5.1.2. Ubicación Geográfica

La concesión se ubica en el departamento de Cajamarca la cual se localiza en el norte del país, presenta una superficie aproximada de 33,317.5 km². Cajamarca limita por el Norte, con la República de Ecuador; por el Este, con el departamento de Amazonas; por el Sur, con el departamento de La Libertad y por el Oeste, con los departamentos de Piura y Lambayeque.

Asimismo en un ámbito más específico la concesión está dentro del distrito de Bambamarca, la cual tiene las siguientes características geográficas:

Altitud: 2580 msnm

Latitud: 06°40'43" Sur.

Longitud: 78°31'27" Oeste.

Superficie: 451.38 Km²

El área de la concesión Mi Grimaldina I es de 28.02 hectáreas y está delimitada entre las siguientes coordenadas UTM (PSAD 56 - 17S):

| VÉRTICE | NORTE | ESTE |
|---------|--------------|------------|
| VNE | 9 272 341.14 | 781 924.58 |
| VSE | 9 270 953.48 | 781 736.28 |
| VSW | 9 270 980.38 | 781 538.04 |
| VNW | 9 272 368.04 | 781 726.34 |

Estas coordenadas pertenecen al cuadrángulo de Celendín Hoja 14 - g.

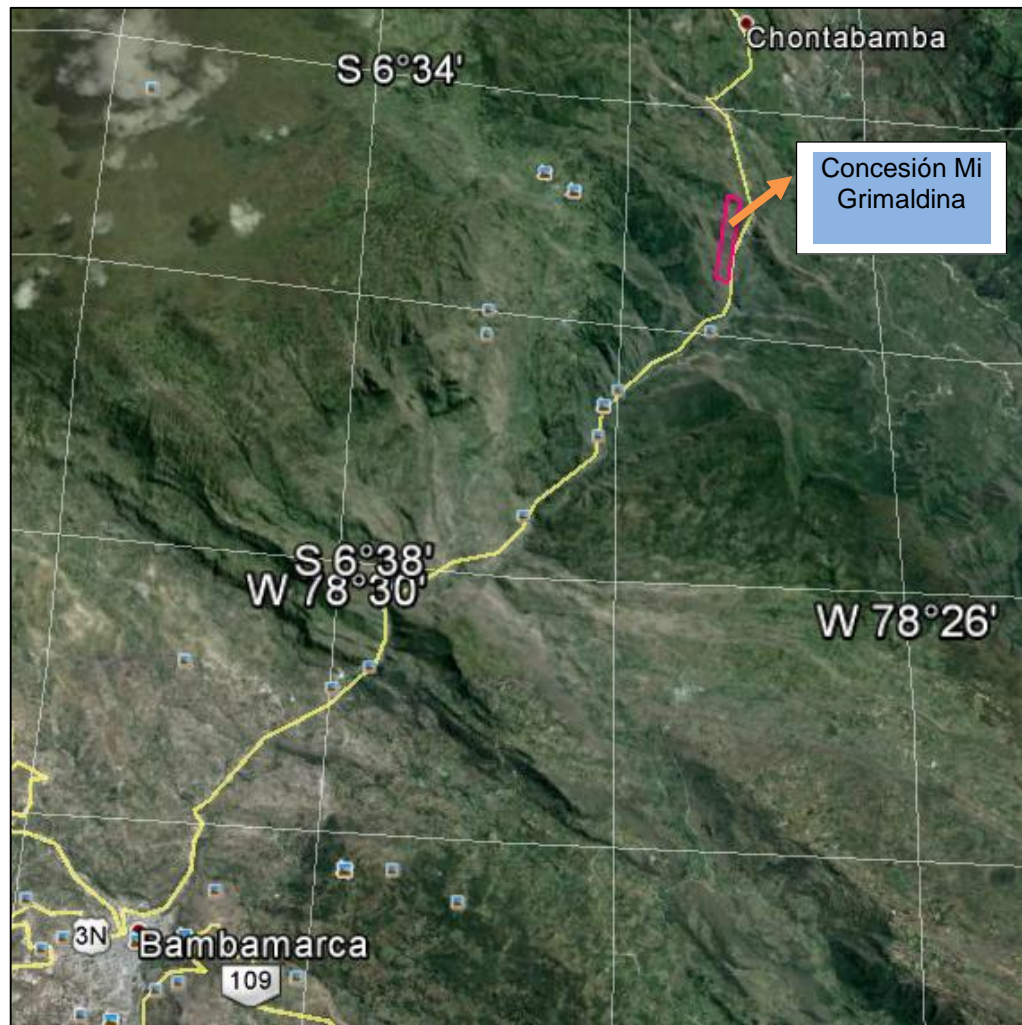


Figura 3: Ubicación Geográfica de la Concesión Mi Grimaldina I.

5.2. Accesibilidad

Para llegar a la concesión Mi Grimaldina I lo hacemos mediante tramos; el primer tramo inicia en la ciudad de Lima hasta la ciudad de Cajamarca.

5.2.1. Tramo Cajamarca – Bambamarca:

Por la carretera Cajamarca – Bambamarca, la cual es asfaltada y afirmada cada cierto tramo; tiene 100 Km de longitud y el viaje dura 1 hora 44 minutos.

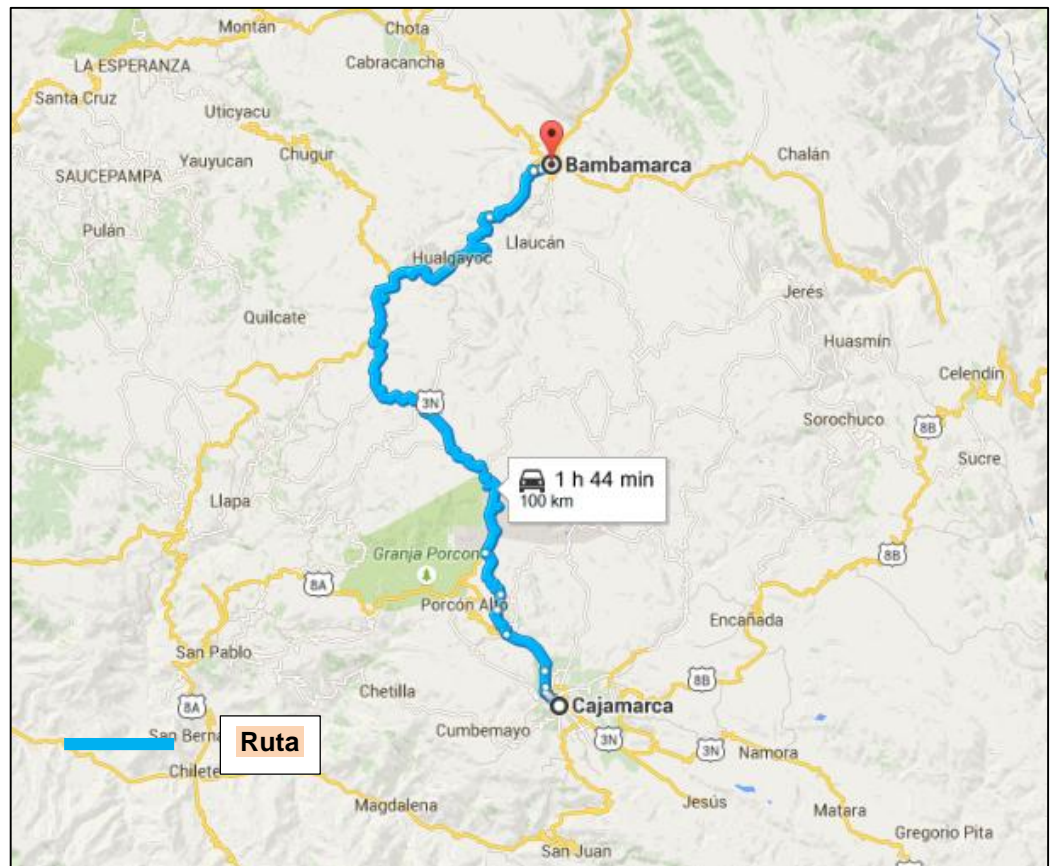


Figura 4: Carretera Cajamarca - Bambamarca.

5.2.2. Trocha Carrozable Bambamarca - La Paccha:

Hasta el km. 15 Caserío Piñipata.



Figura 5: Trocha carrozable Bambamarca – Piñipata.

Tabla 4: Distancias en la ruta de transporte Lima - Piñipata.

| Ruta | Distancias (Km) | Vías Terrestres | Tiempos |
|------------------------|-----------------|--------------------------------|---------------------------|
| Cajamarca - Bambamarca | 100 | Carretera asfaltada y Afirmada | 1 hora 44 minutos |
| Bambamarca-Piñipata | 16 | Trocha Carrozable | 1 hora |
| Total | 116 | | 2 horas 44 minutos |

Fuente: Elaboración Propia.

5.3. Descripción de Bocaminas y personal:

Sirve como ingreso a la labor, en Mi Grimaldina I existen tres labores, se ha extraído la parte superficial (depósito coluvial) hasta llegar al manto:

5.3.1. Bocaminas:

5.3.1.1. Labor 1:

Desde la plataforma 1 se ha excavado 5 metros hasta llegar al manto de carbón.

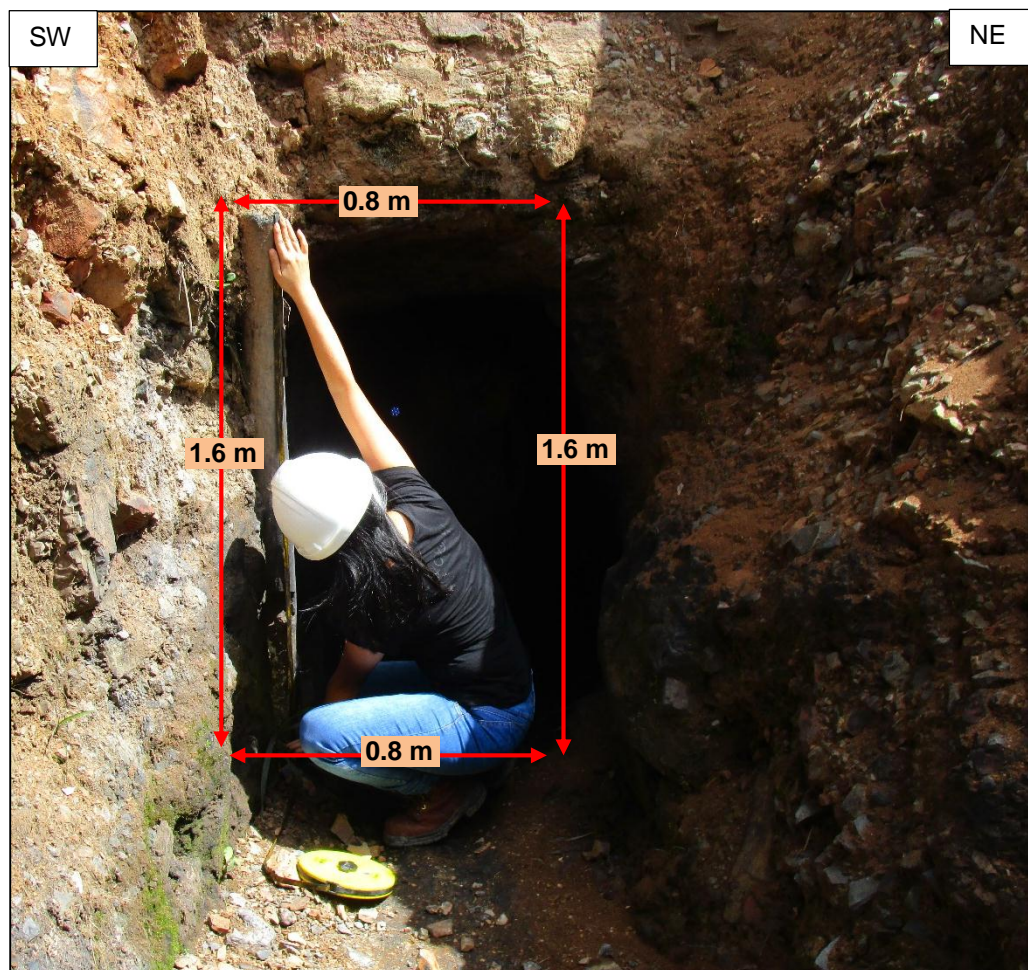


Foto 4: Bocamina de la Labor 1.

Área = 0.8 m x 1.6 m = 1.28 metros cuadrados

5.3.1.2. Labor 2:

Desde la plataforma 2 se ha excavado 8 metros hasta encontrar el manto de carbón.



Foto 5: Bocamina de la Labor 2.

Área = 1.7 m X 1 m = 1.7 metros cuadrados

5.3.1.3. Labor 3:

Esta bocamina se encuentra más superficial, la excavación tiene 3 metros, no se cuenta con plataforma (está alejada) sólo con un camino de acceso hacia ella.

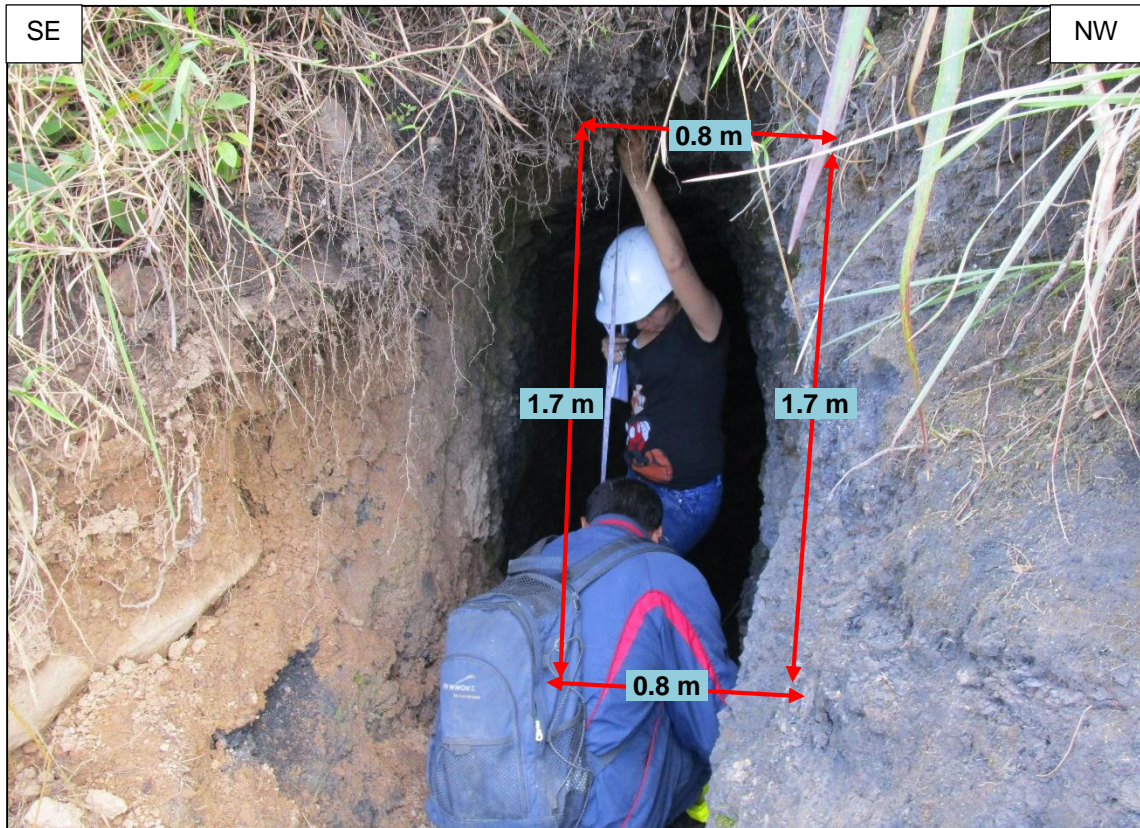


Foto 6: Bocamina de la Labor 3.

Área = 1.7 m X 0.8 m = **1.36** metros cuadrados

5.3.2. Personal Utilizado en la Actividad.

5.3.2.1. Supervisor (1):

Está encargado de los pagos a los trabajadores, realizar un diseño de seguridad, y de verificar la calidad del carbón (sin presencia de pizarras).



Foto 7: Ingeniero Supervisor.

5.3.2.2. Jefe de Mina (1):

Este cargo se le ha asignado al dueño del terreno superficial, como parte de la responsabilidad social, su responsabilidad es brindarles las herramientas necesarias y verificar sus horas de trabajo. También opera el Cable carril.



Foto 8: Jefe de Mina.

5.3.2.3. Obreros (3 por labor):

No pertenecen al caserío Piñipata, son de caseríos más alejados. Se encargan de picar, chancar el carbón, luego llenarlo en costales y llevarlos a la plataforma.



Foto 9: Obrero.

5.4. Descripción de Monitoreo

5.4.1. Ubicación de los Monitoreos:

| UBICACION | ESTE | NORTE |
|------------|------|-------|
| BOCAMINA 1 | | |
| BOCAMINA 2 | | |
| BOCAMINA 3 | | |

El Monitoreo se realizó en las Bocaminas 1, 2 y 3 (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 PM_{2.5}.



Foto 10: Equipo de análisis de gases.

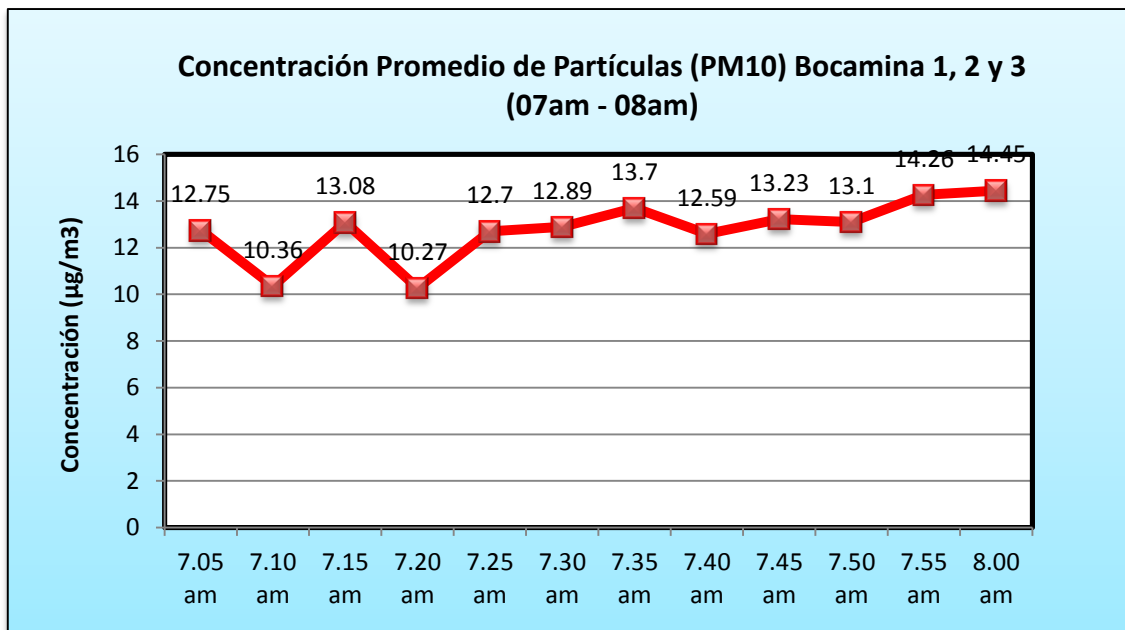


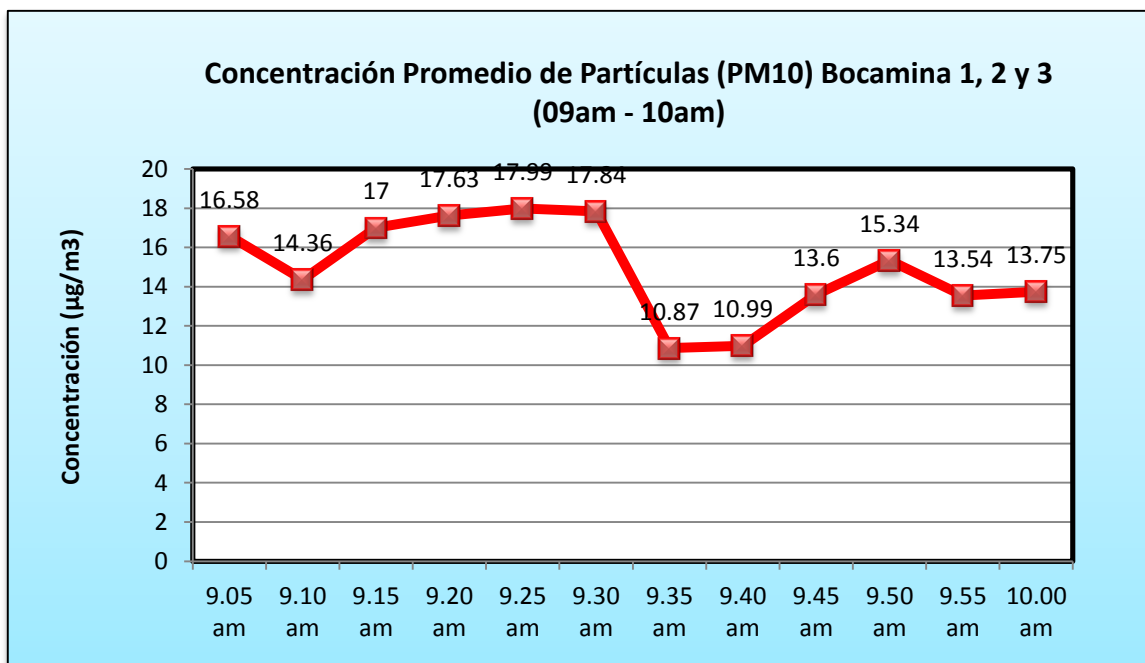
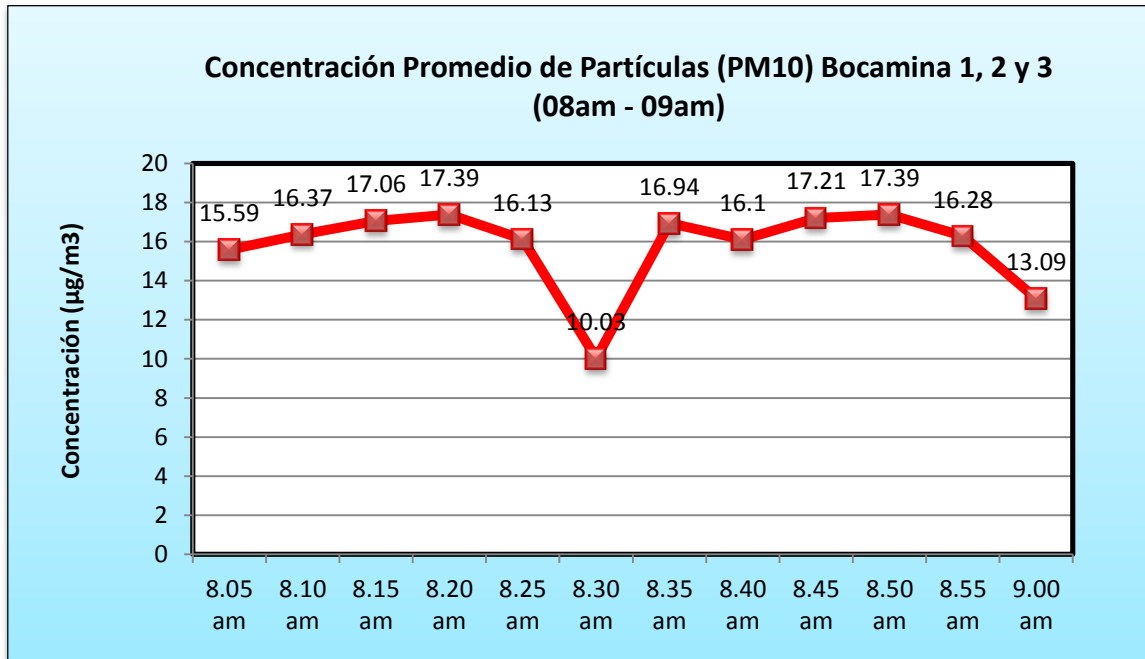
Foto 11: Equipo contador de partículas.

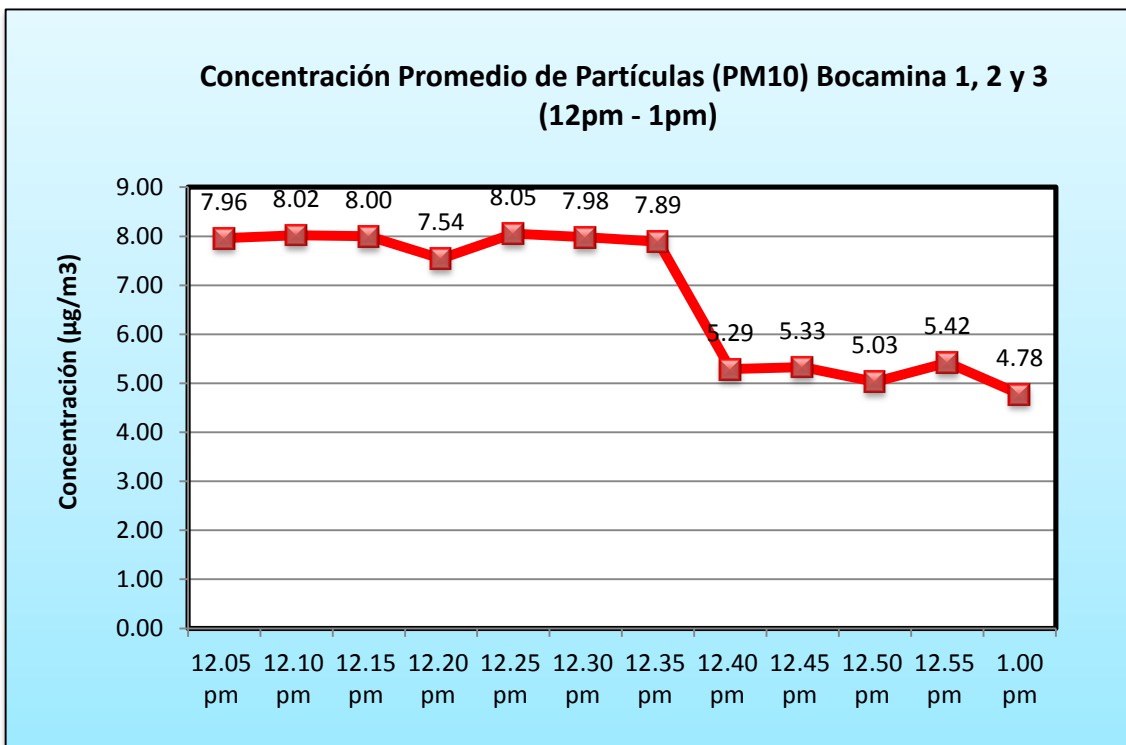
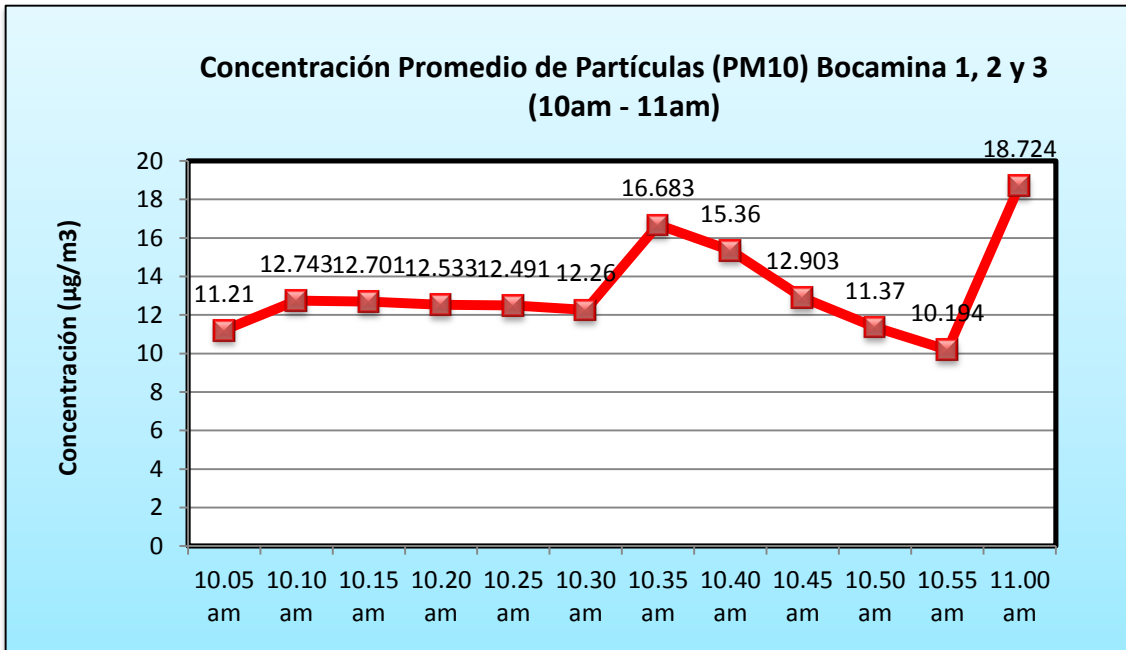
5.4.2. Partículas en Suspensión Pm10 -12h

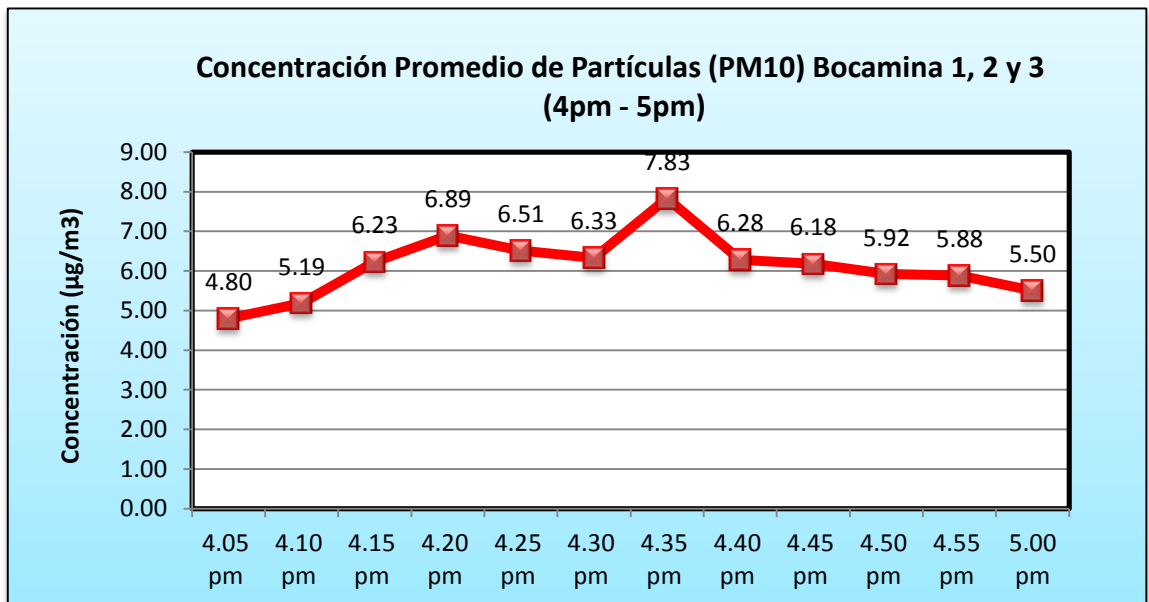
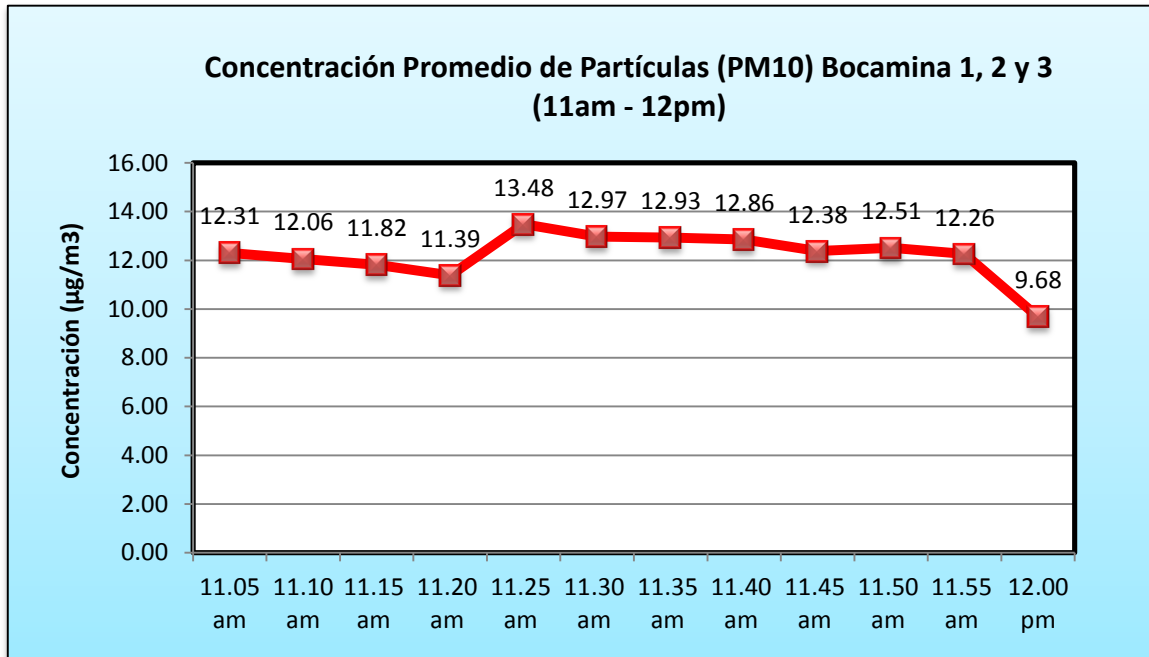
Al realizar la determinación de las partículas PM10 por el Equipo contador de partículas HANDHELD 3016 IAQ.

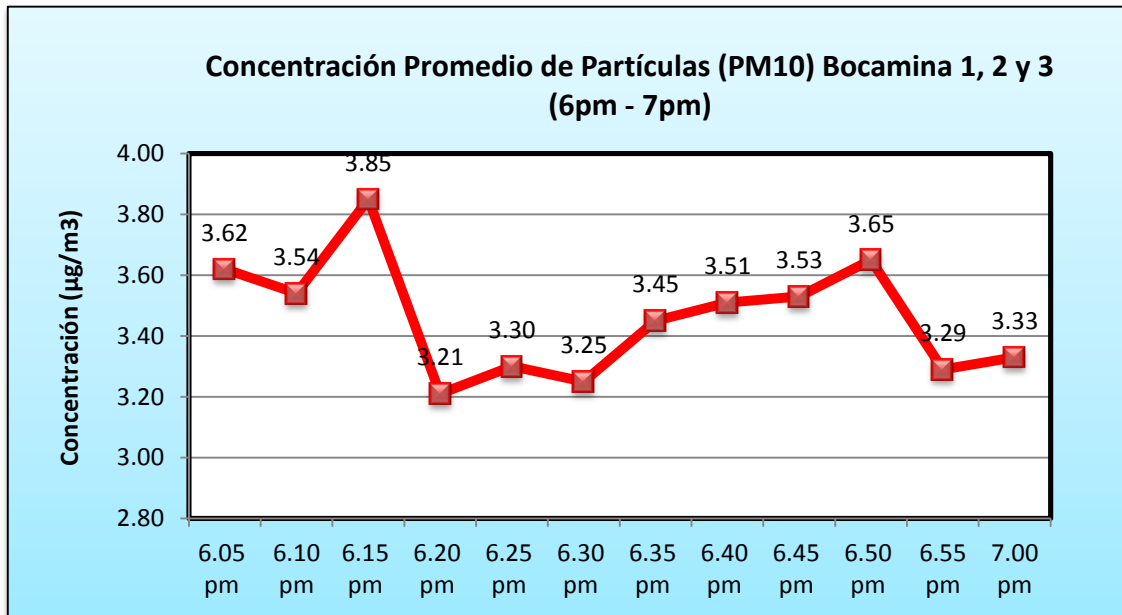
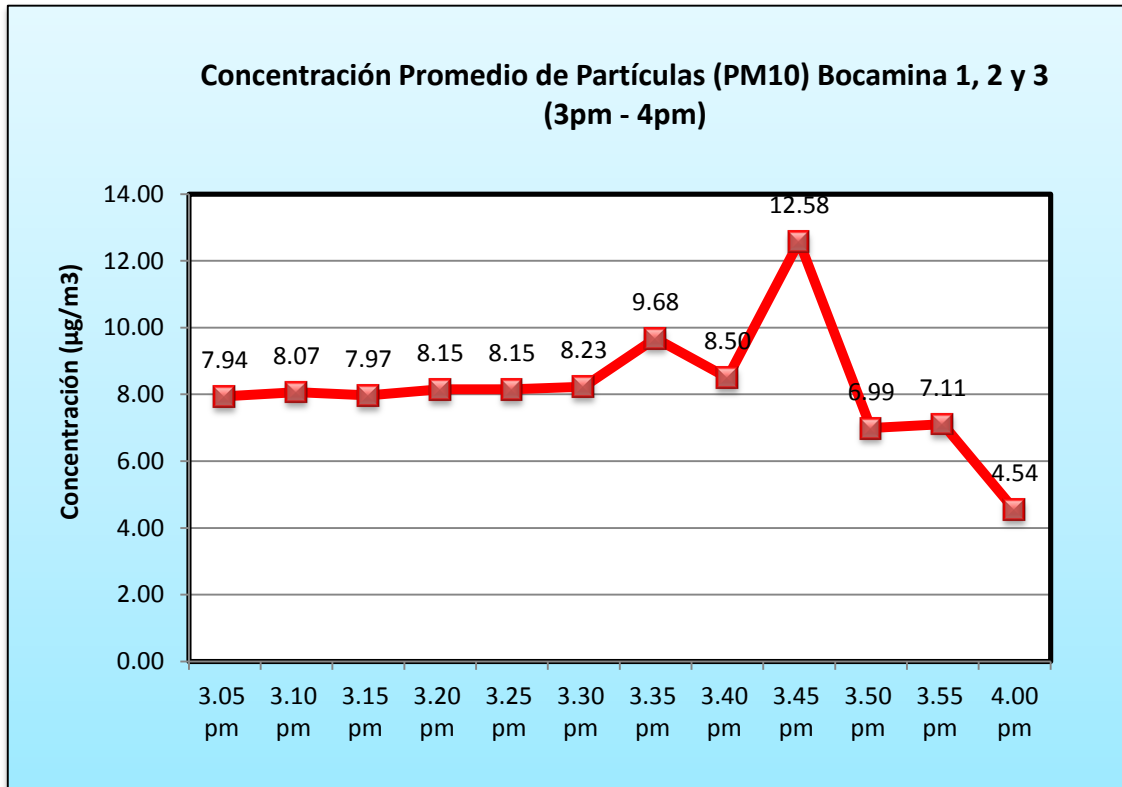
Gráfica de valores de Material Particulado (PM₁₀), cada cinco minutos.

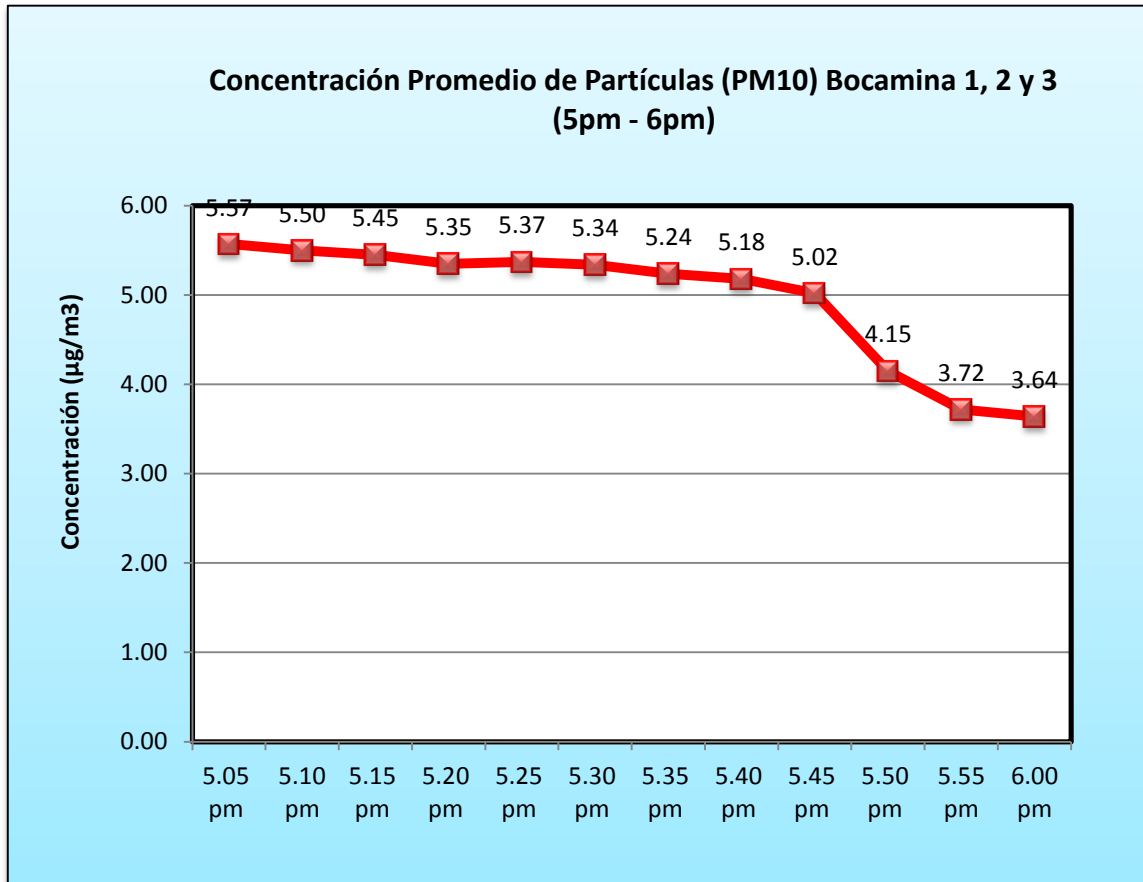








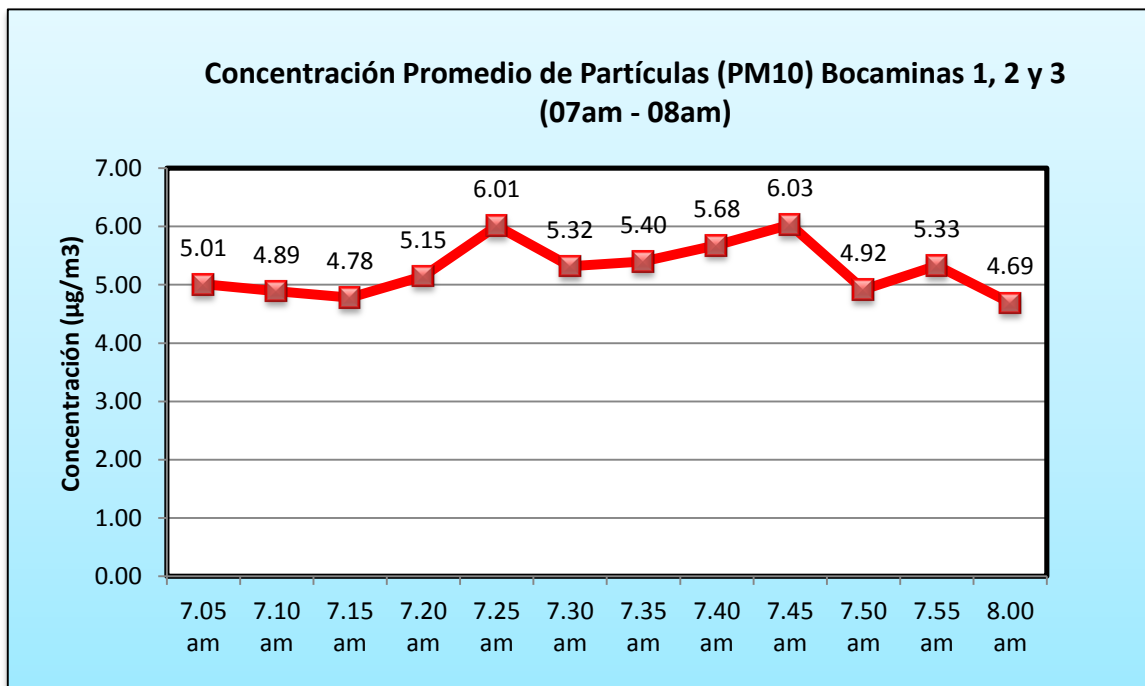
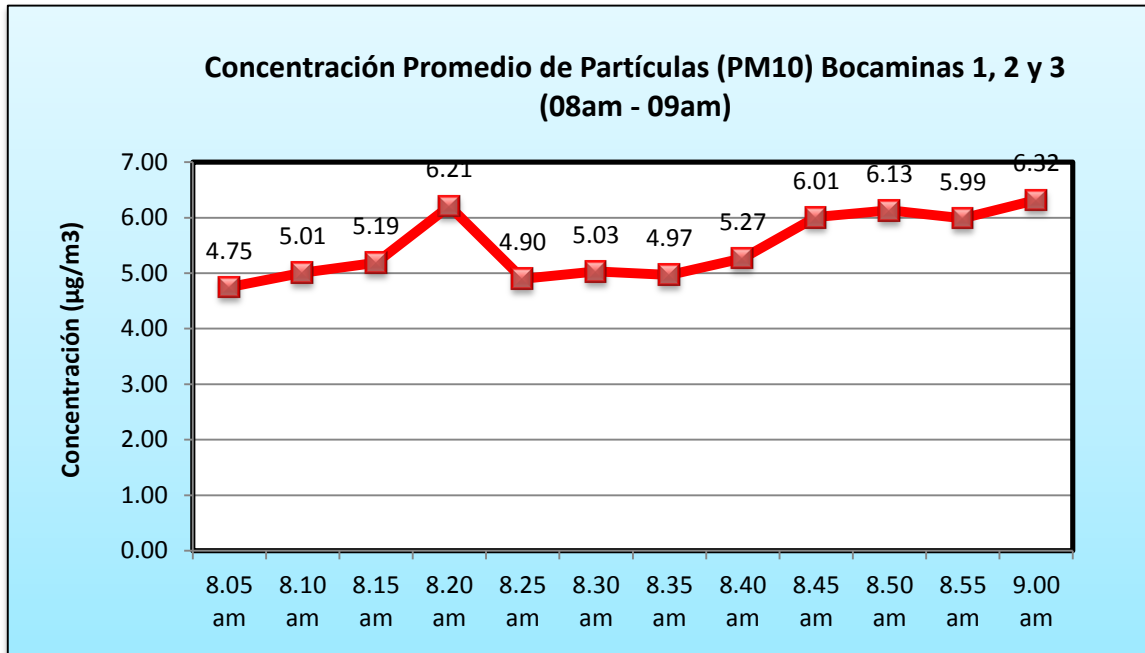


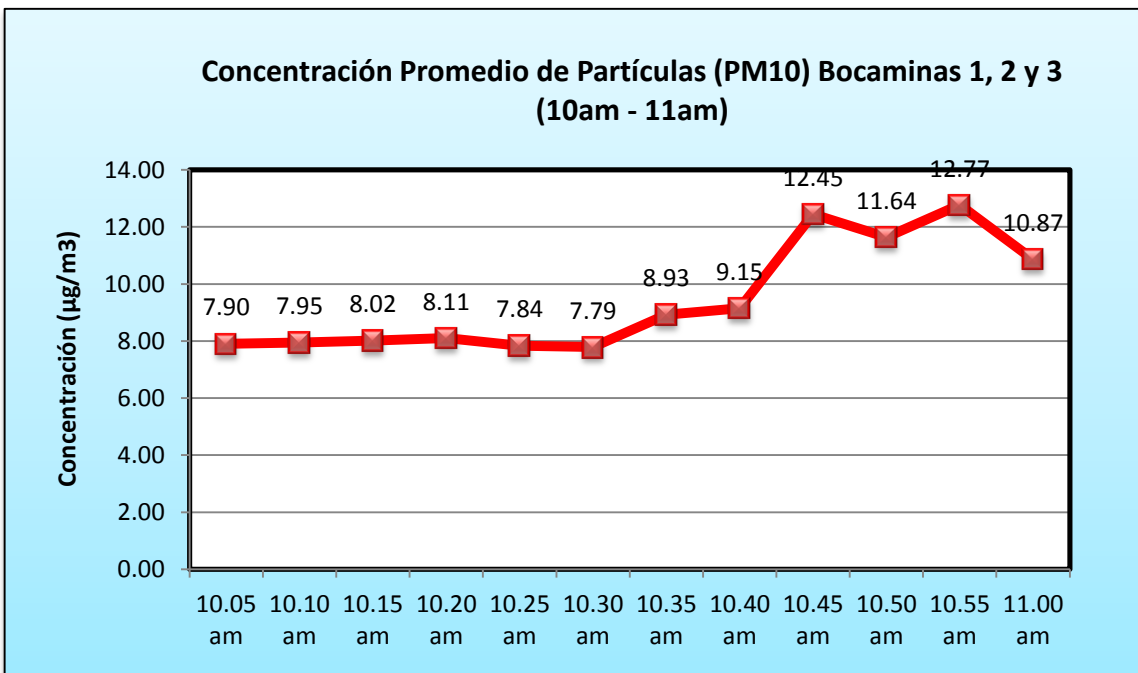
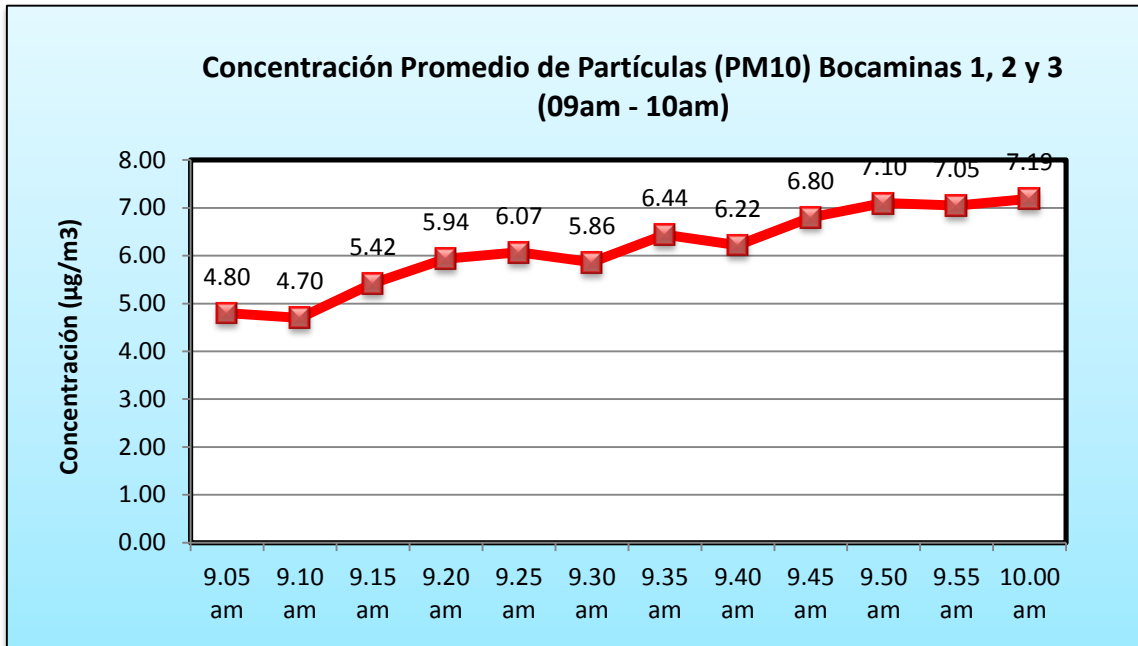


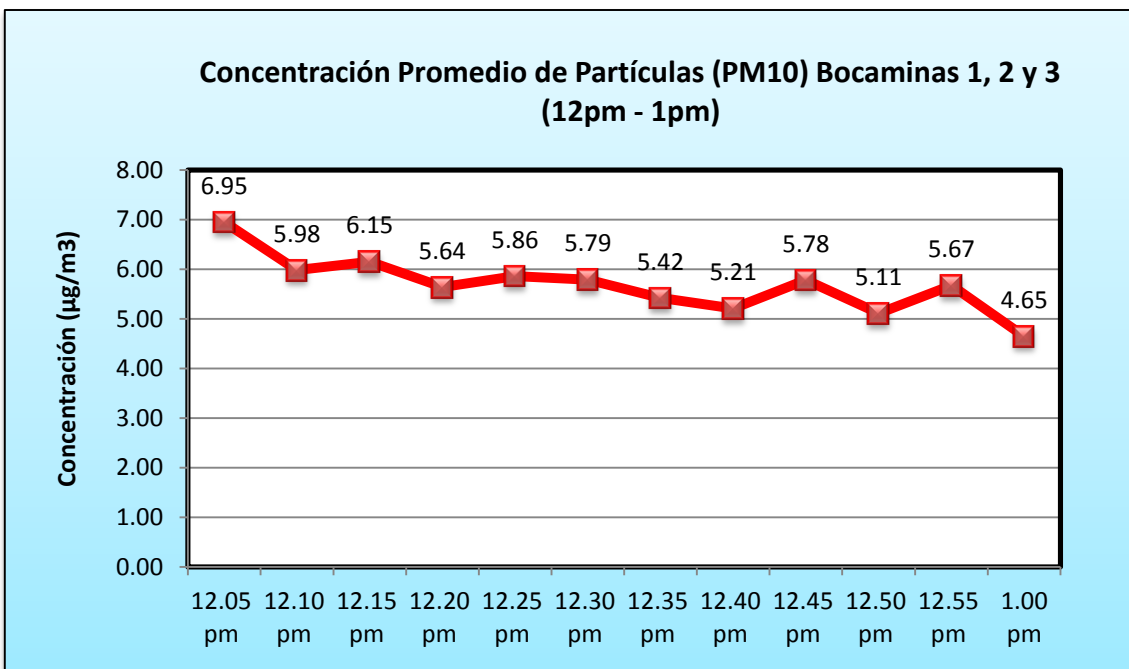
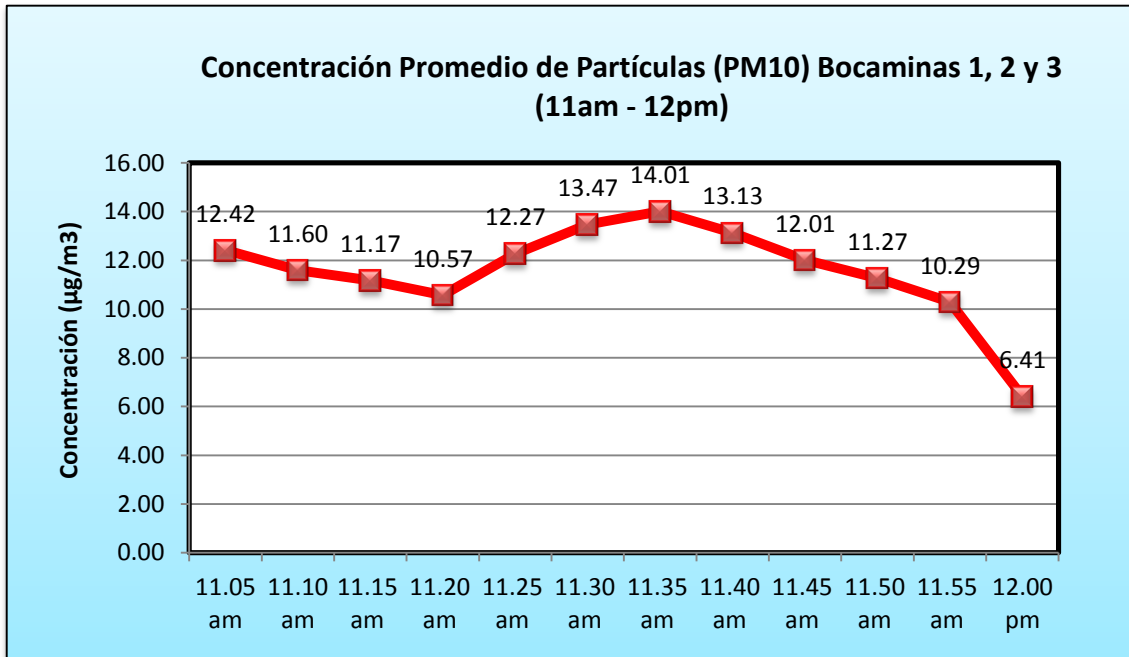
5.4.3. Partículas en Suspensión Pm2.5

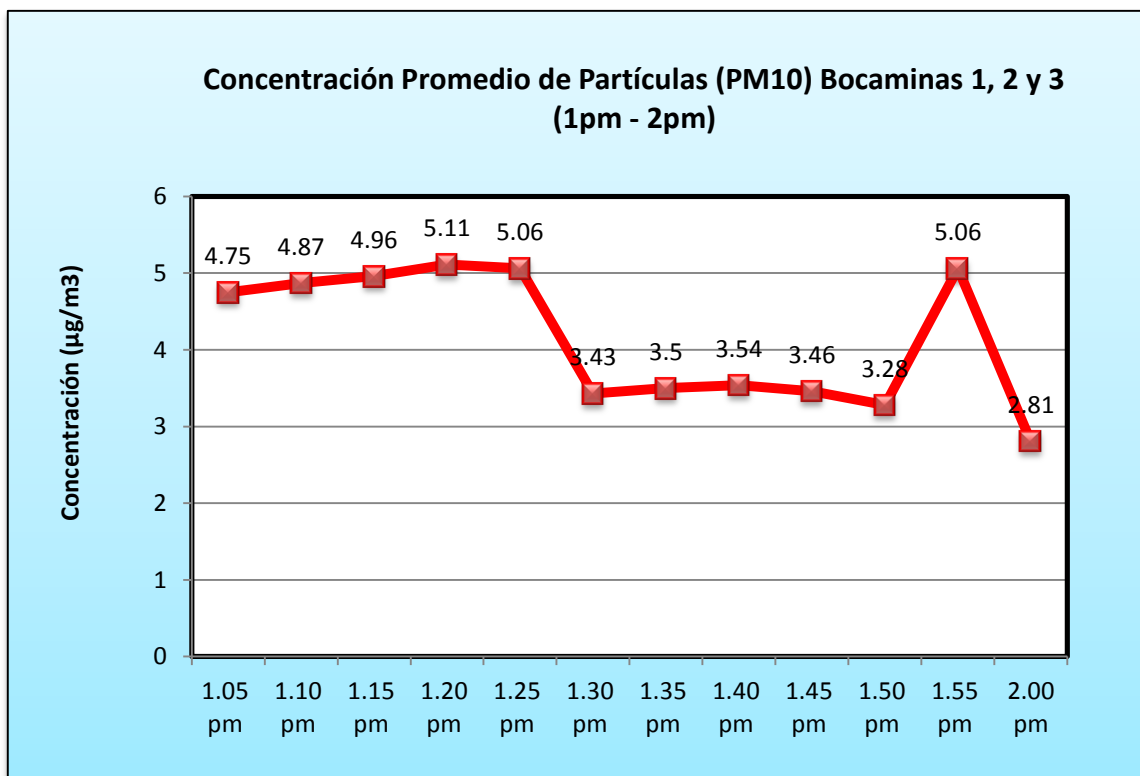
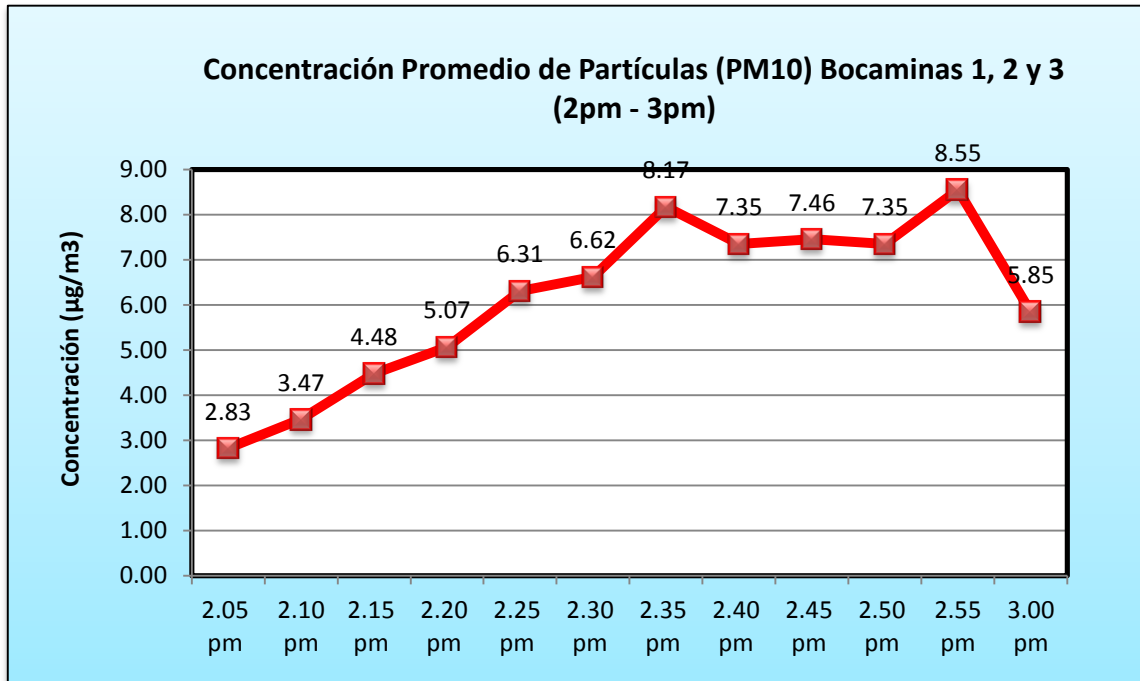
Al determinar las partículas PM2.5 por el Equipo sensor remoto HANDHELD 3016 IAQ, que están fundamentados en el uso de técnicas espectroscópicas de larga trayectoria para medir las concentraciones de varios contaminantes en tiempo real. Se ha demostrado que el movimiento de partículas es moderadamente lento, pero que estas no superan los límites de calidad de aire.

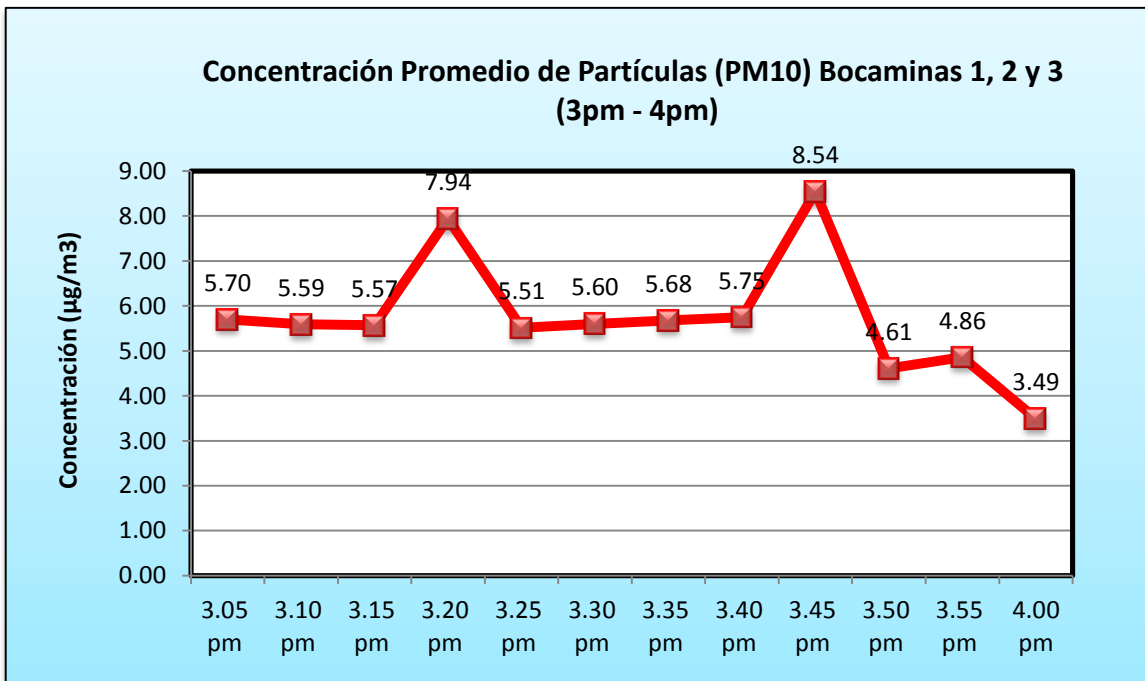
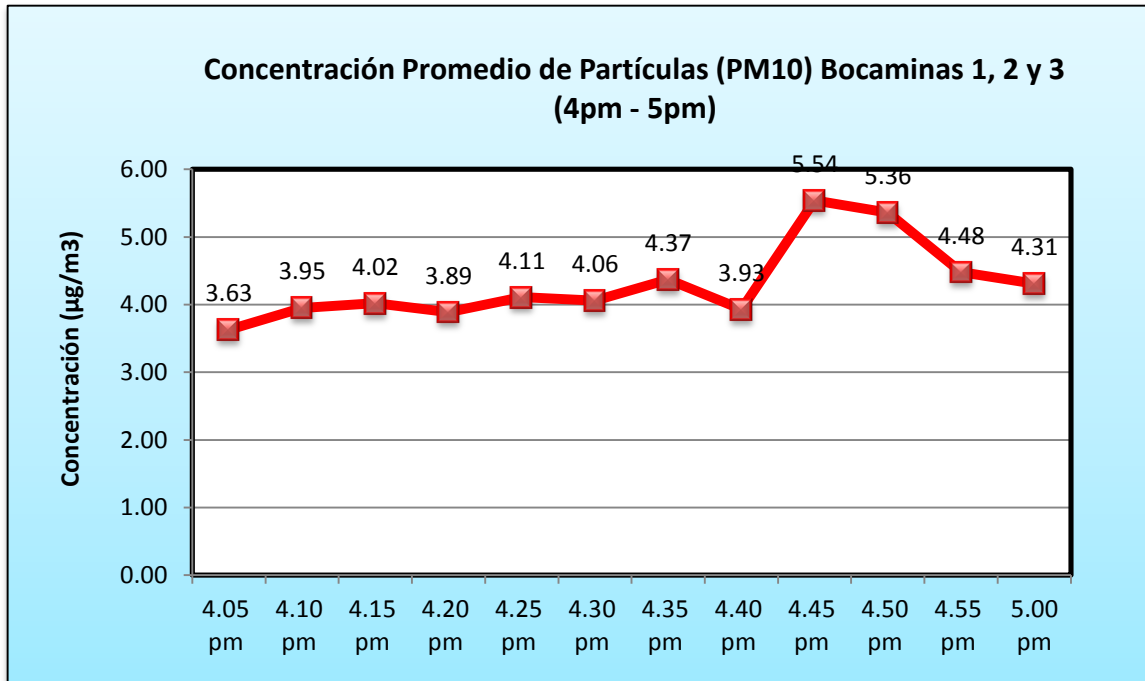
Gráfica de valores de Material Particulado (PM_{2.5}), cada cinco minutos.

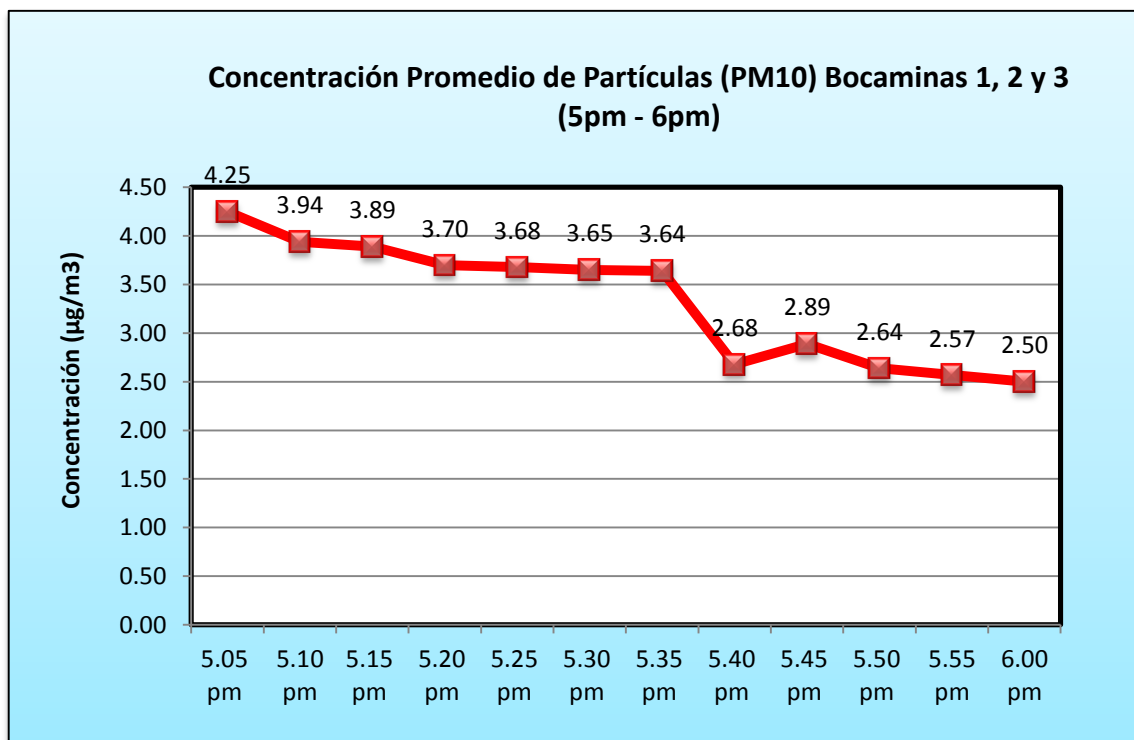
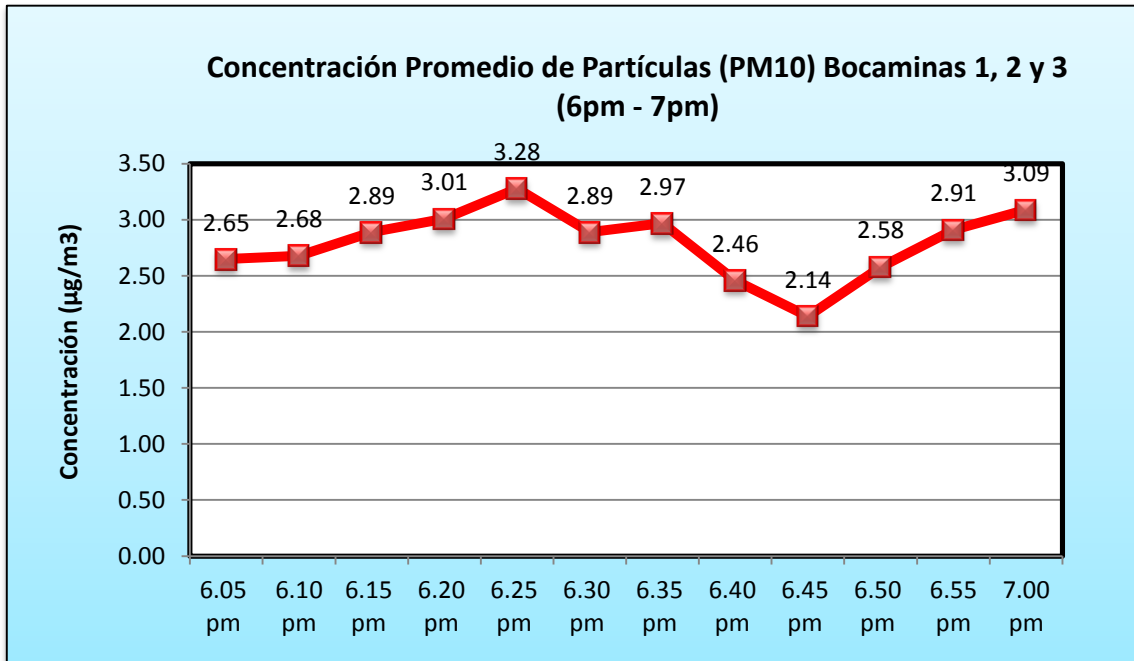








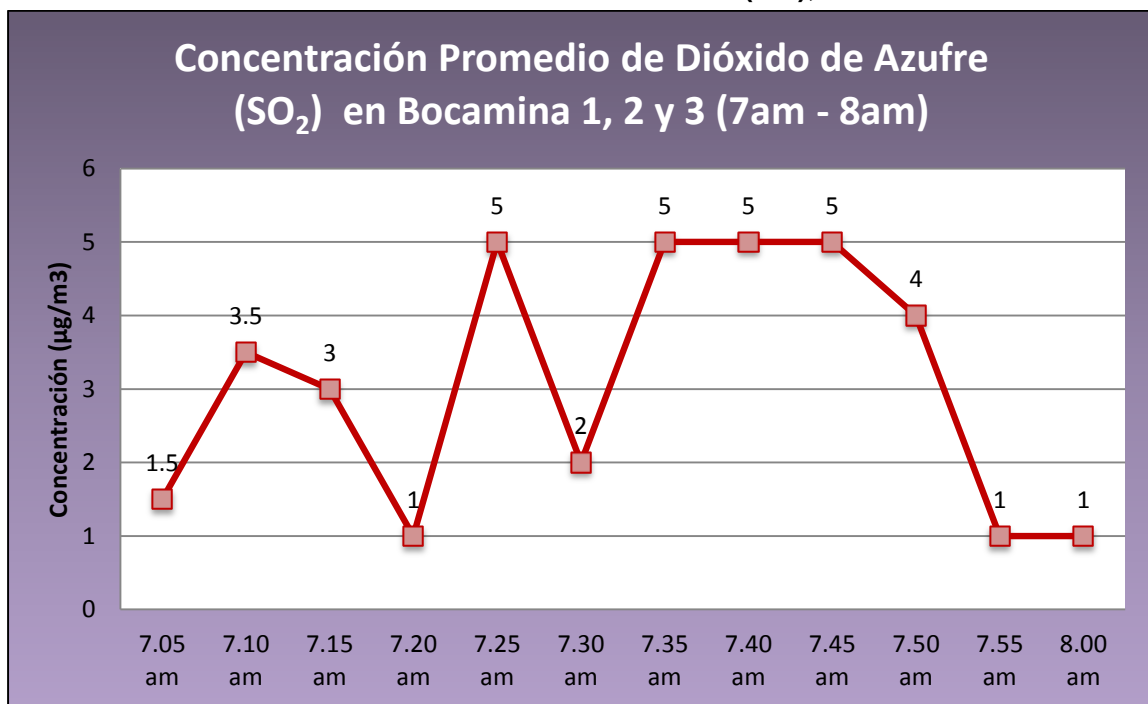


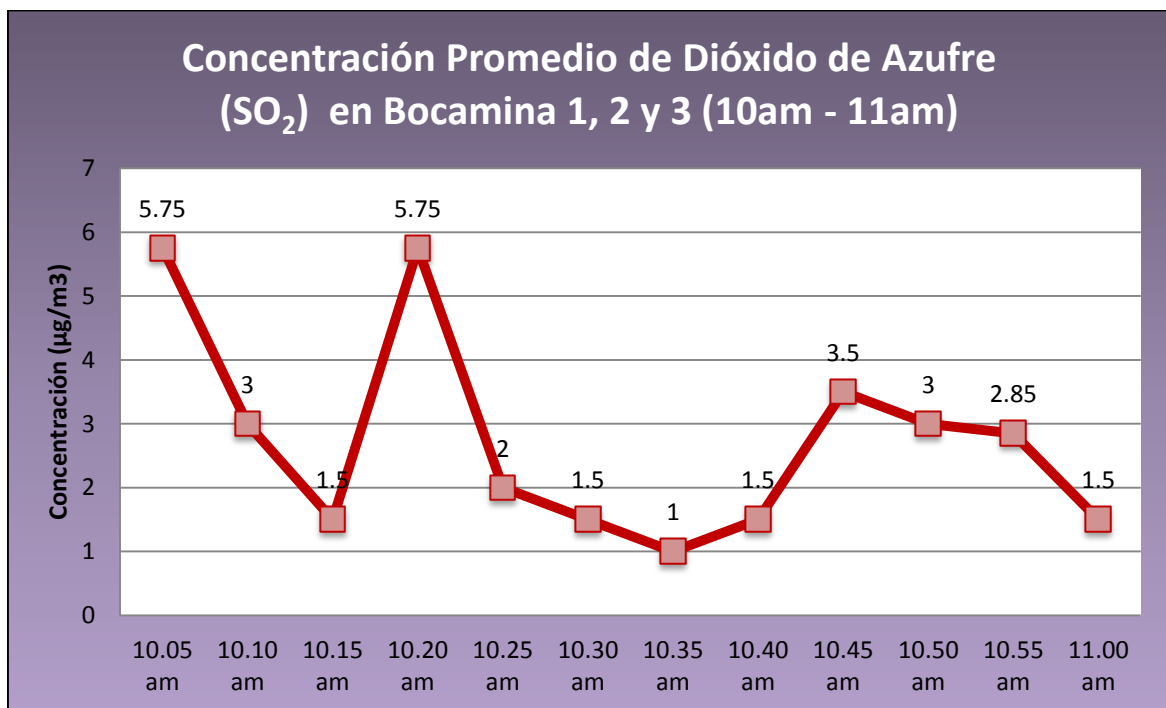
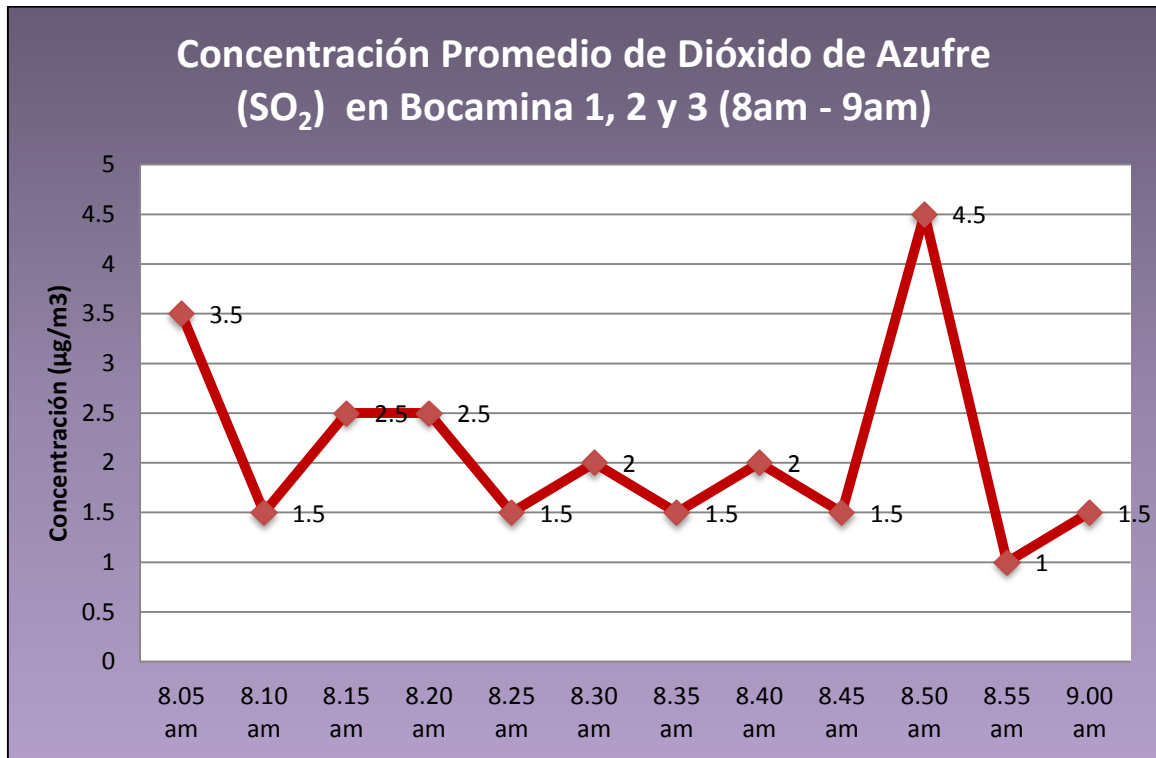


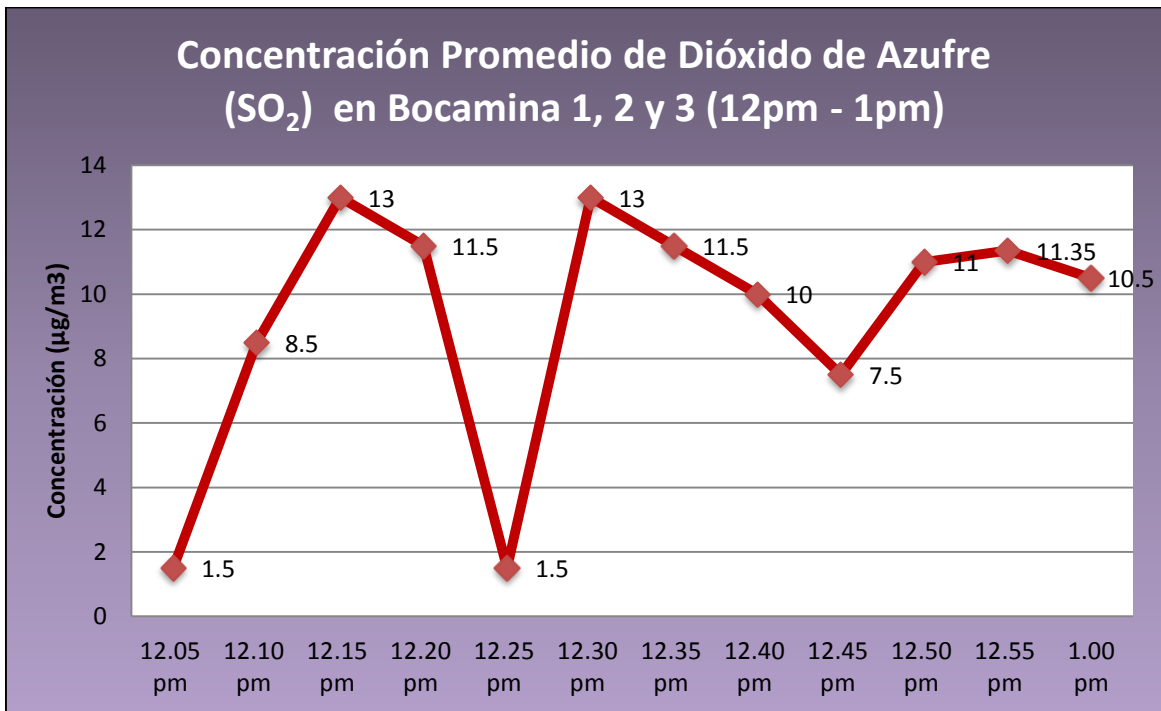
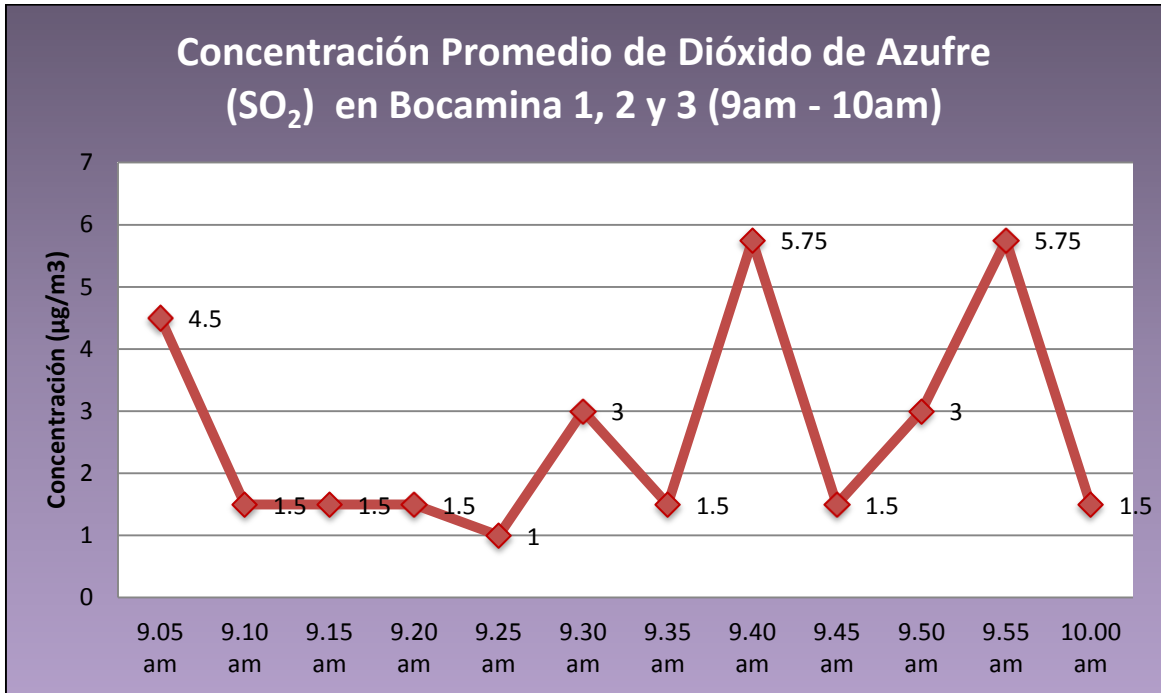
5.4.4. Dióxido de Azufre (So₂)

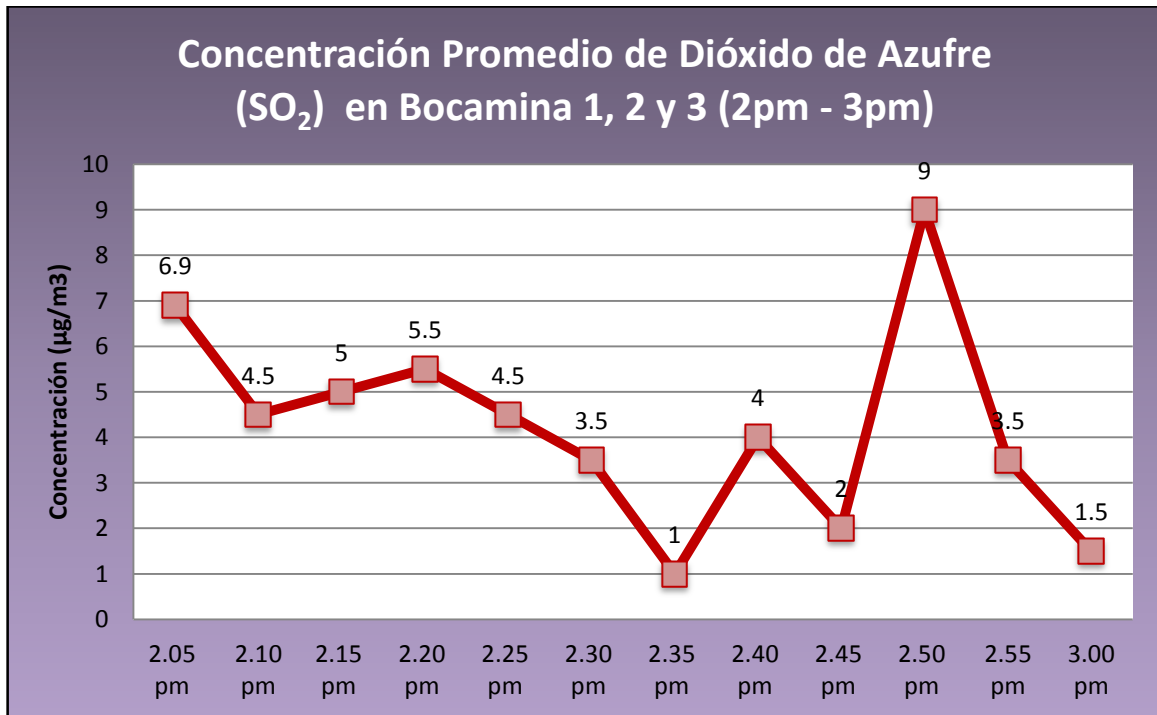
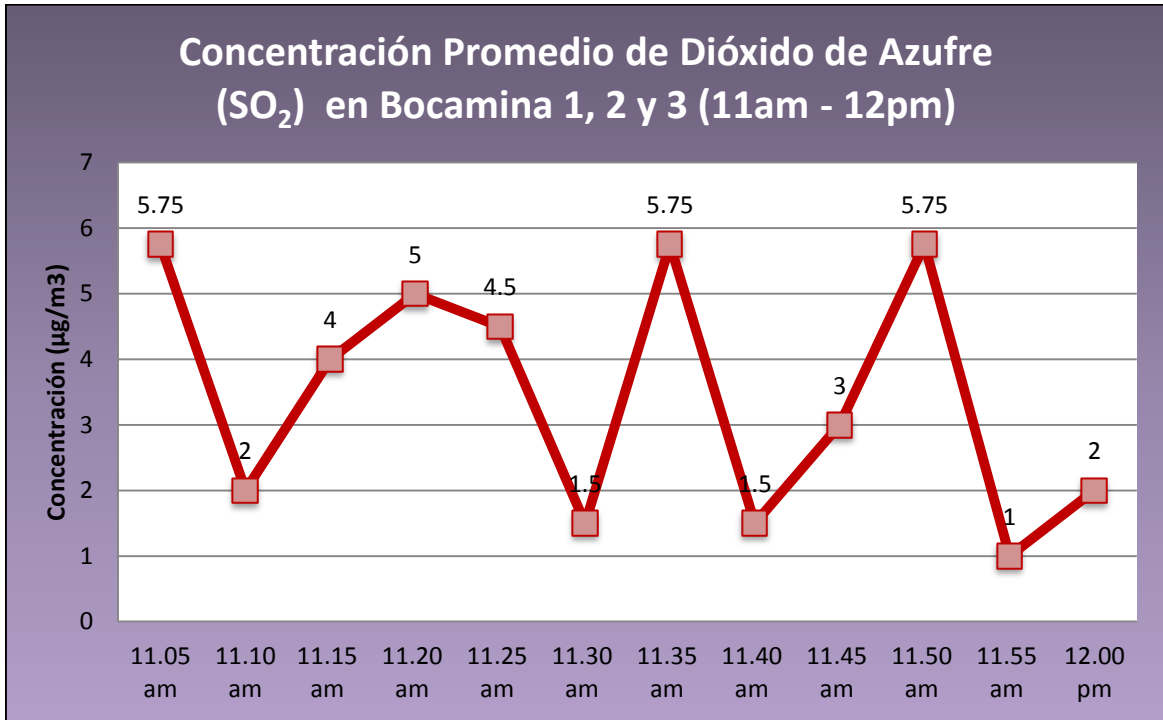
Al realizar la determinación de este gas con el detector se comprueba que el resultado obtenido es mínimo, porque no existen componentes azufrados que generen la formación de gases. El cual se debe a que no existe material o minerales para obtener dosis o concentraciones mucho más altas.

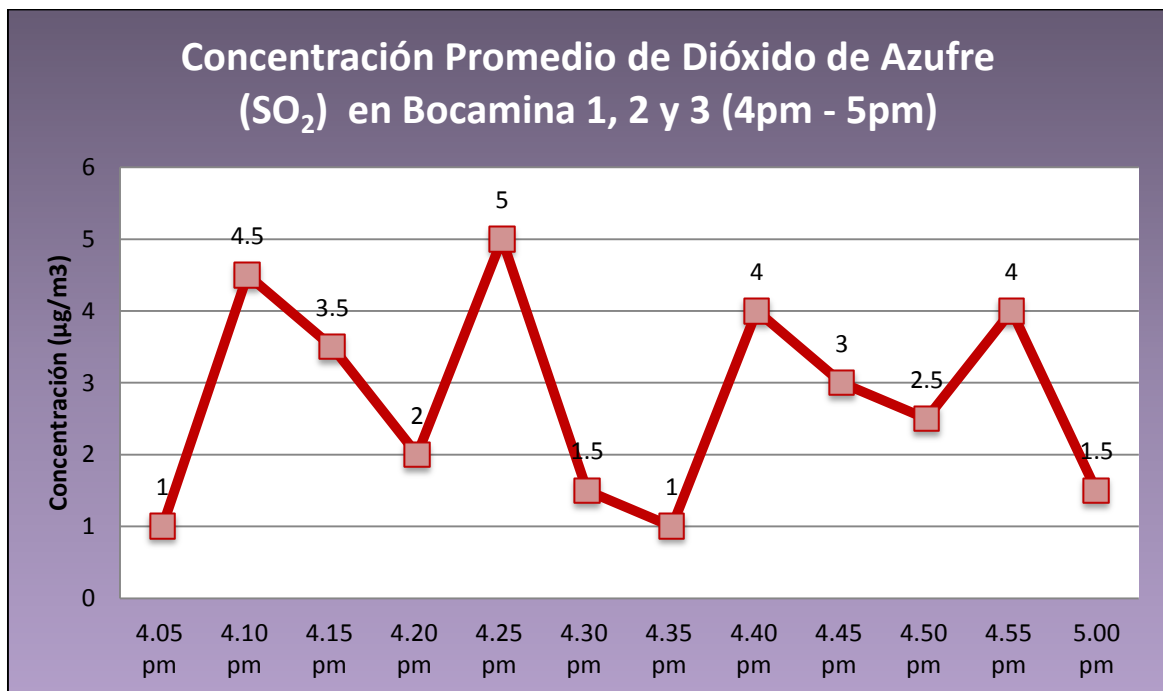
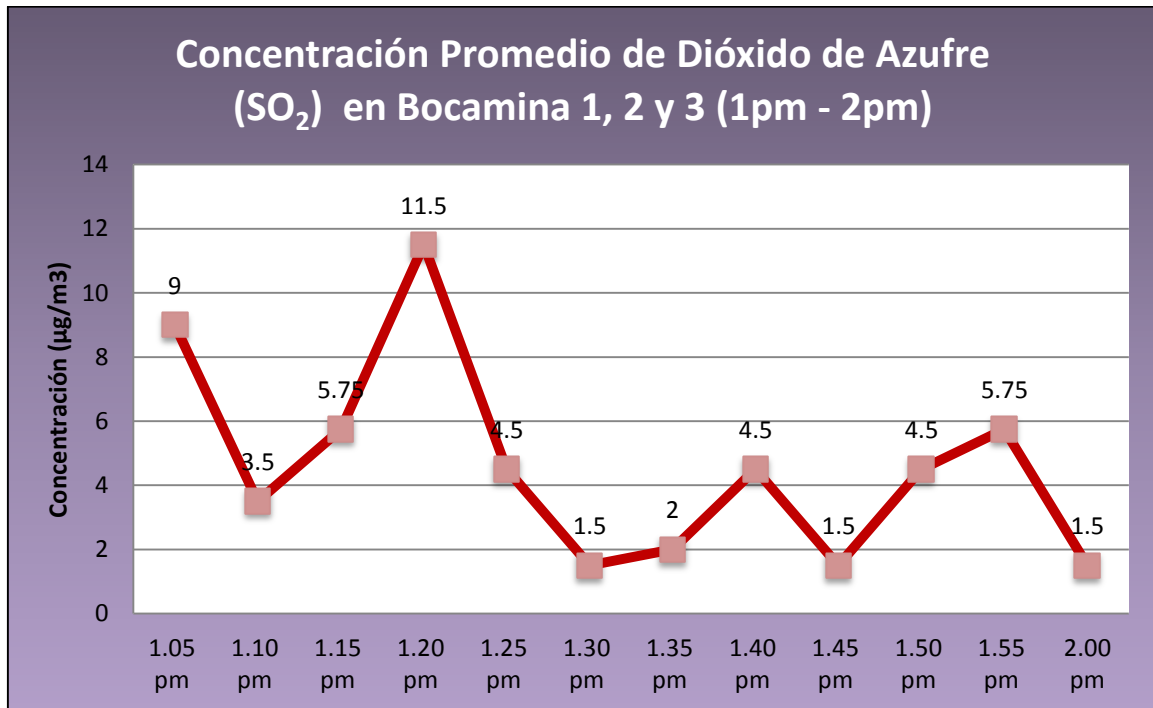
Gráfica de valores obtenidos de dióxido de azufre (so₂), cada cinco minutos.

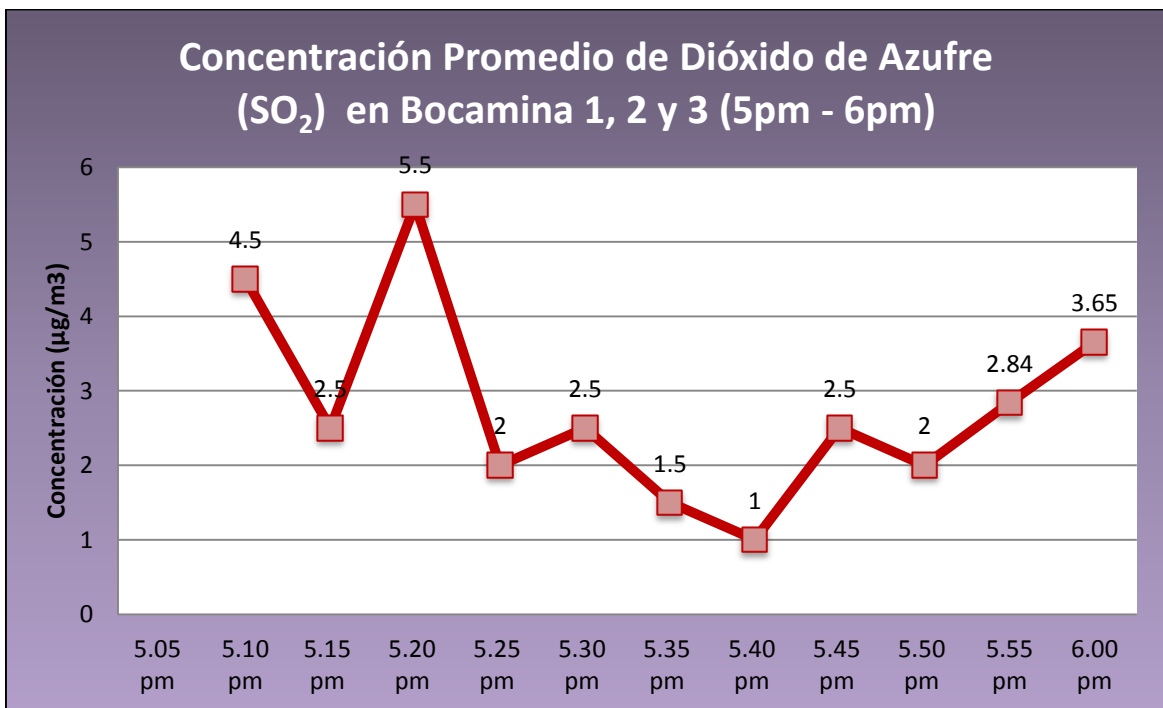
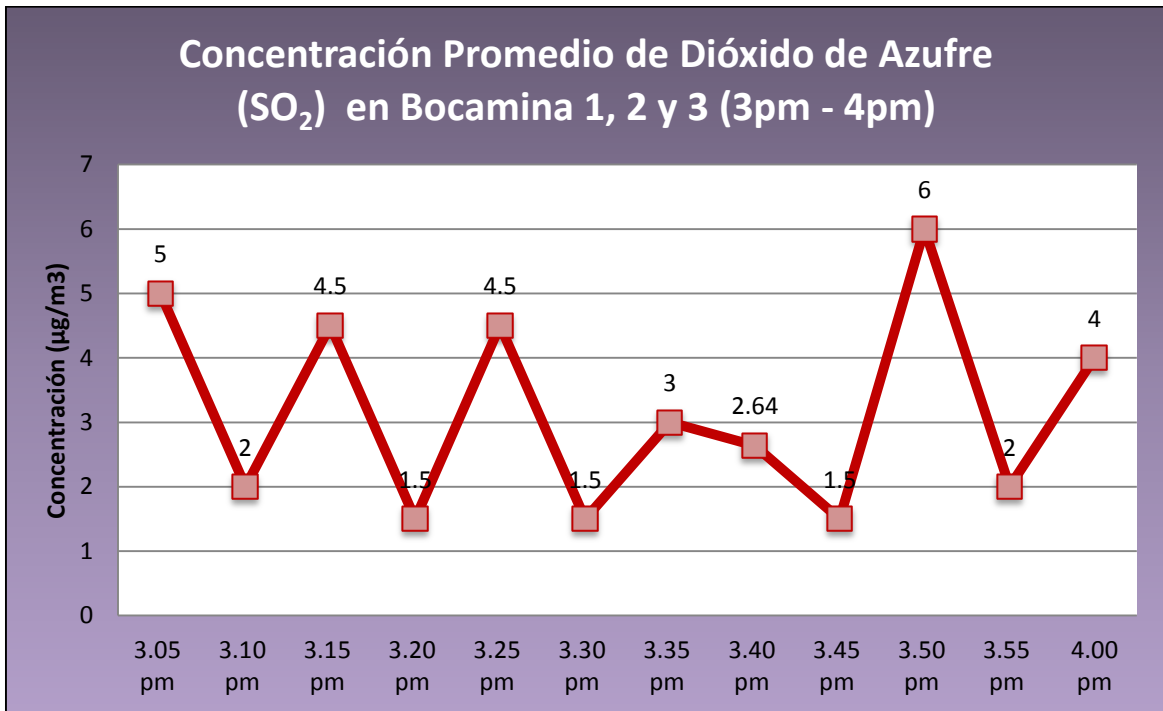


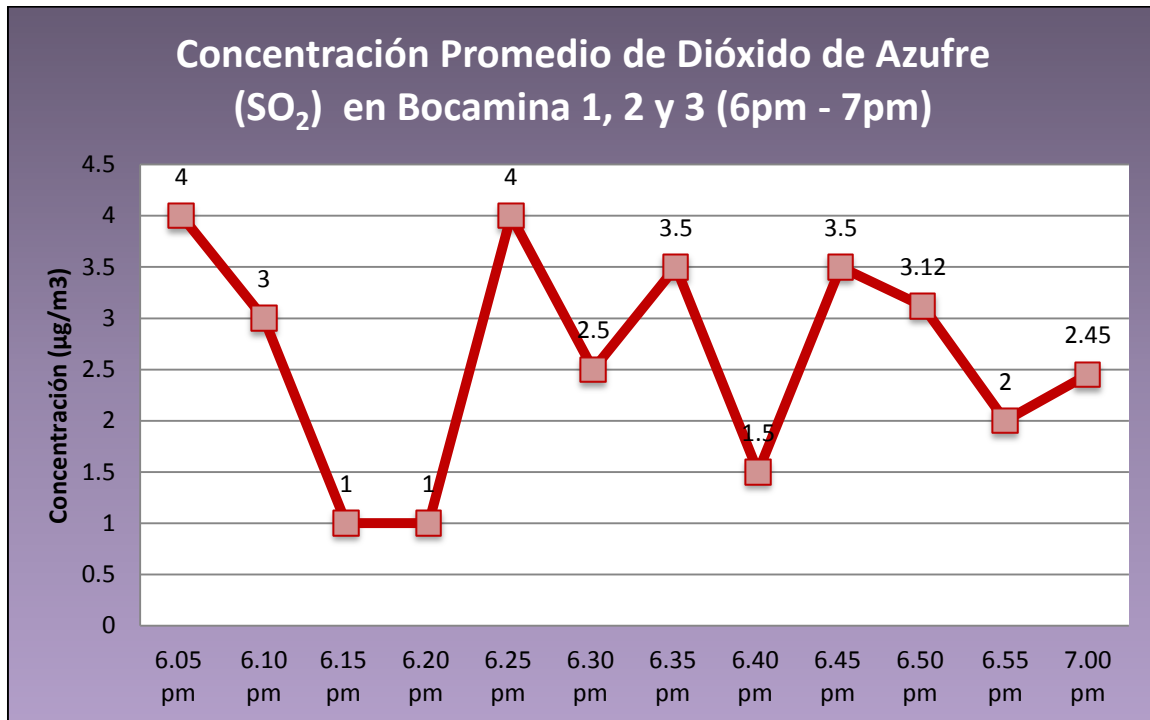








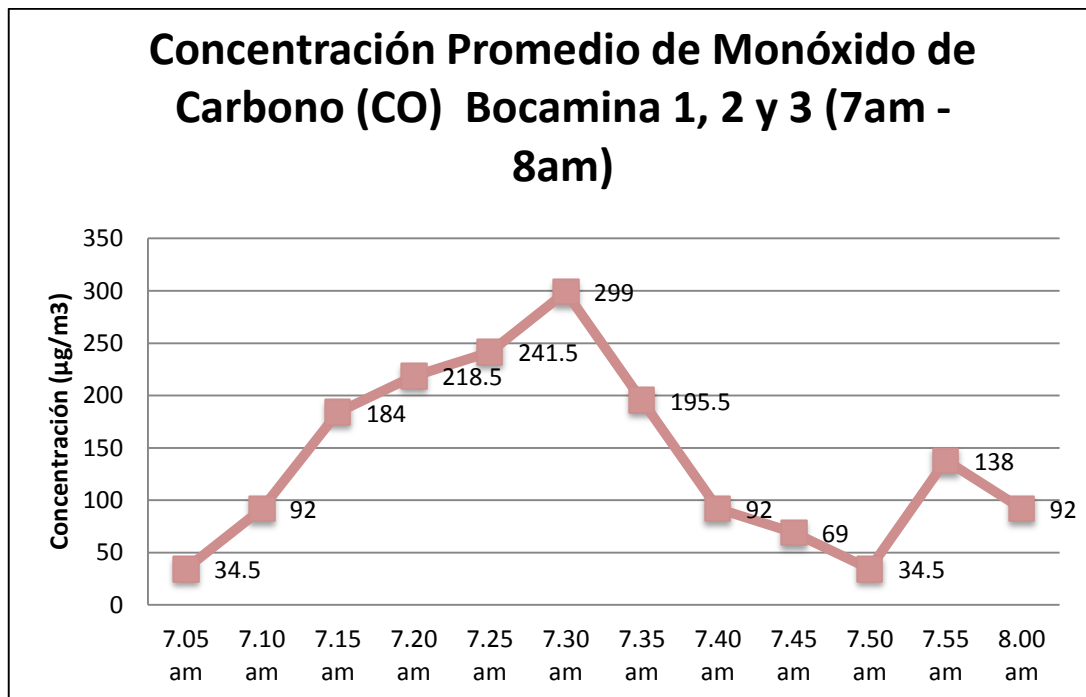
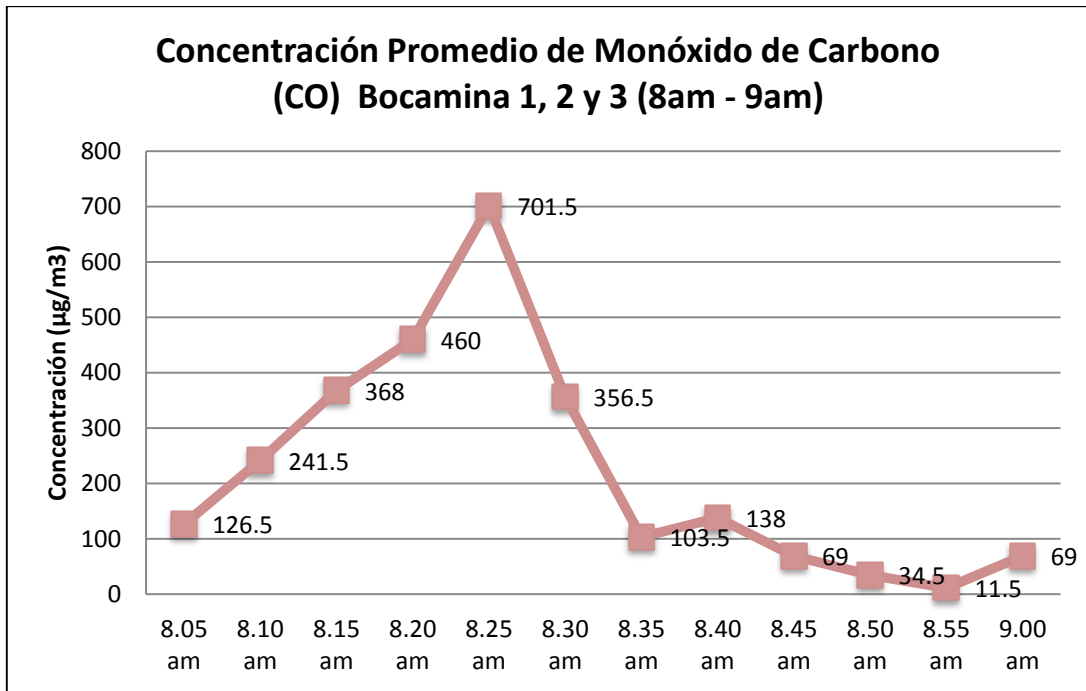


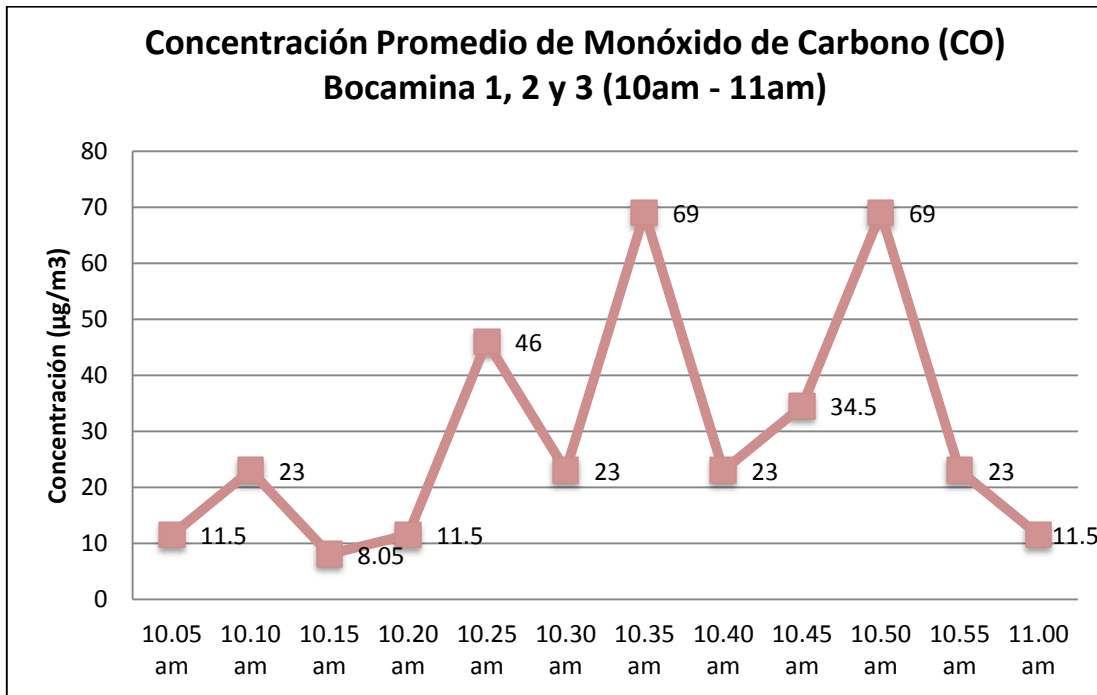
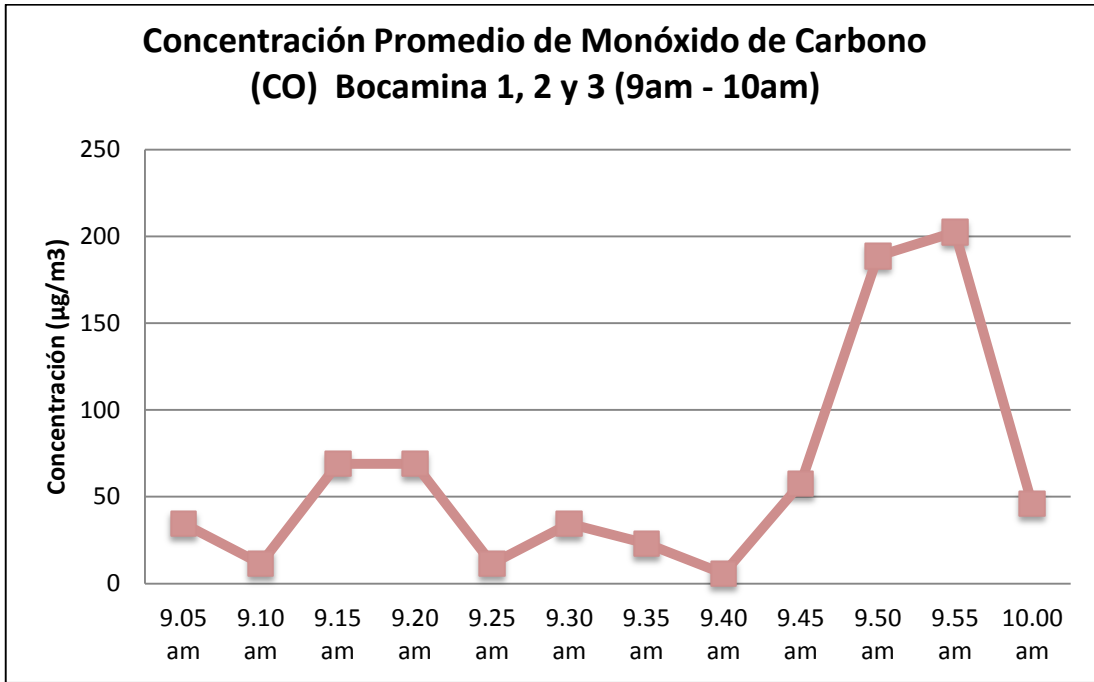


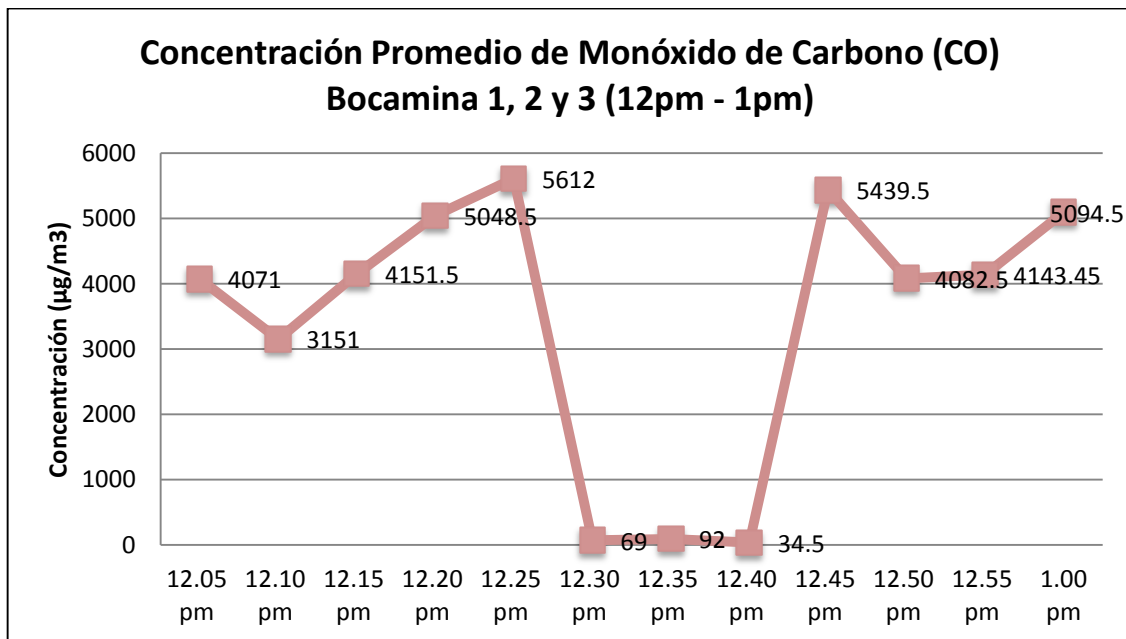
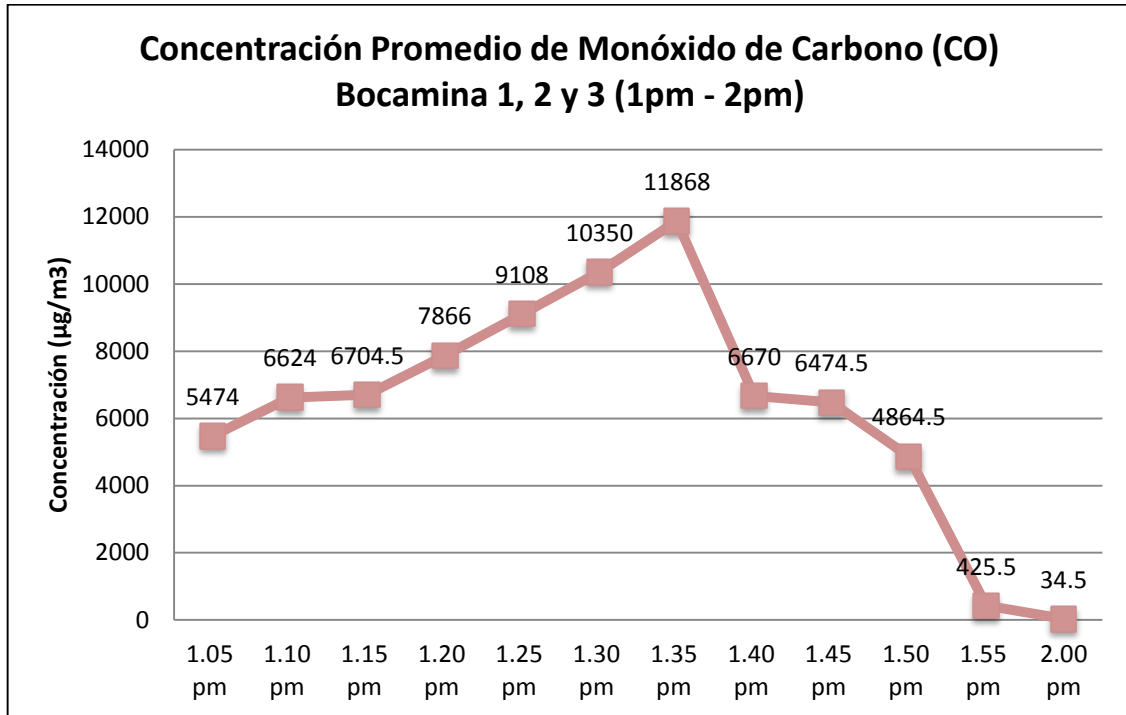
5.4.5. Monóxido de Carbono (Co)

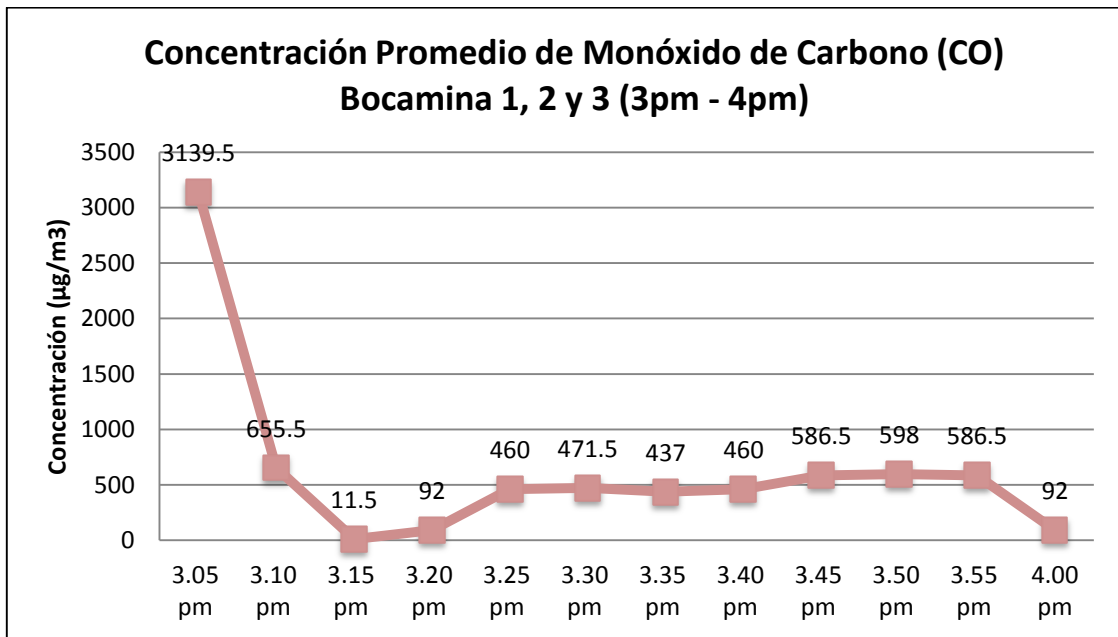
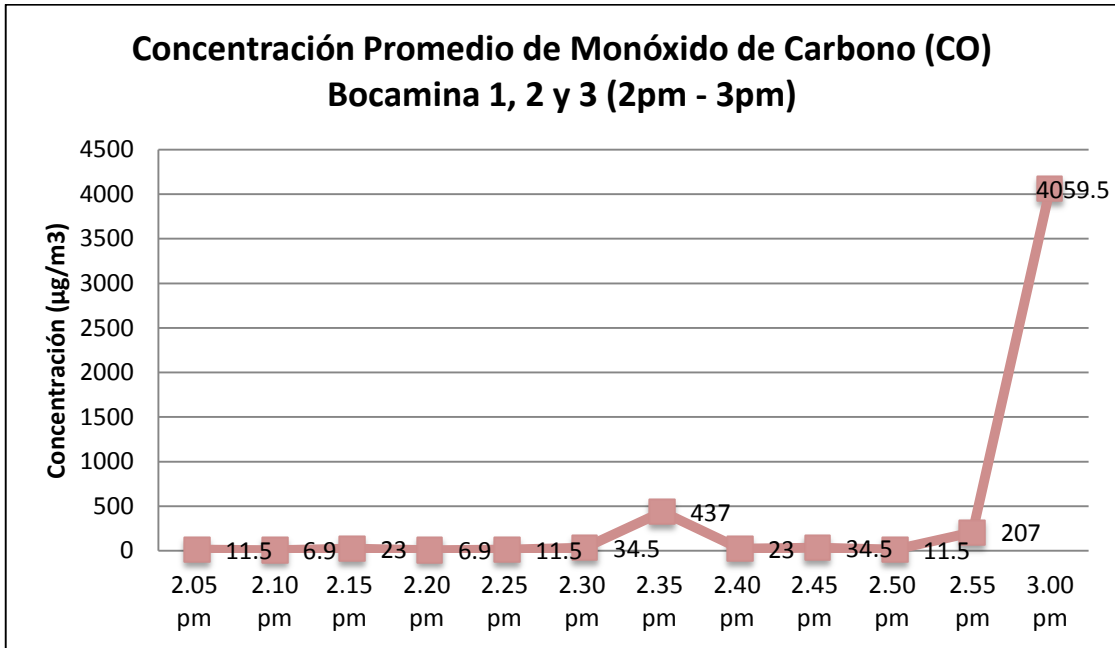
La concentración de Monóxido de Carbono (CO) en esta zona es baja, debido a que este gas es de baja densidad, el cual es dispersado por los vientos y no se puede concentrar, por ello el sensor de gases arroja resultados muy bajos.

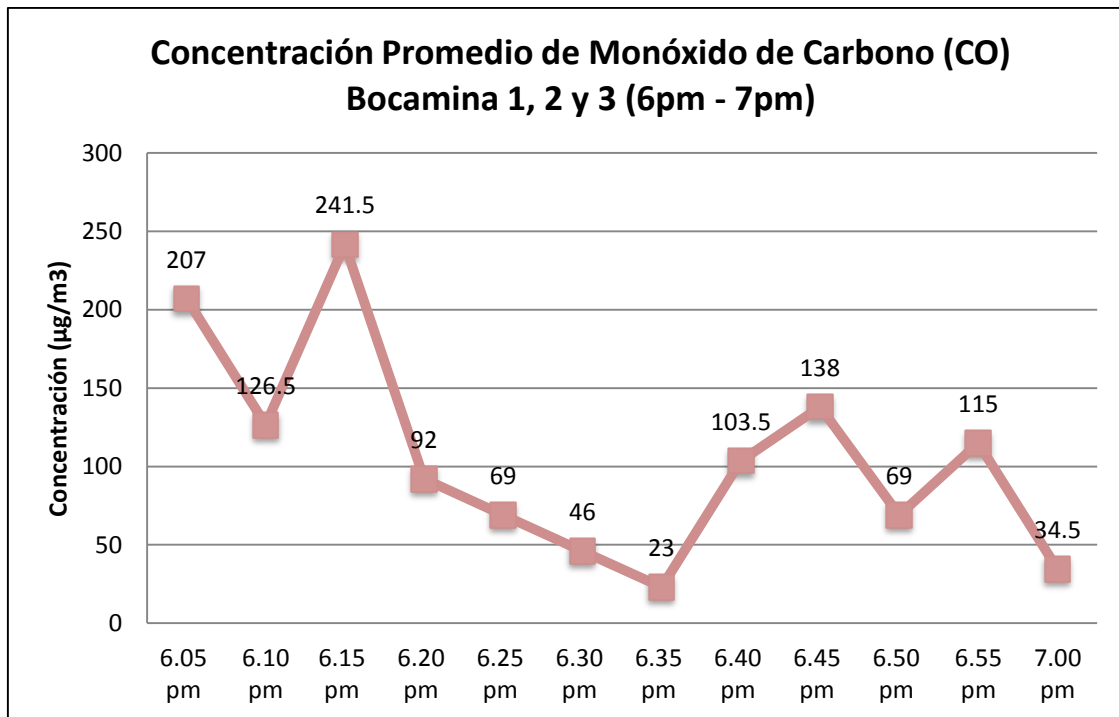
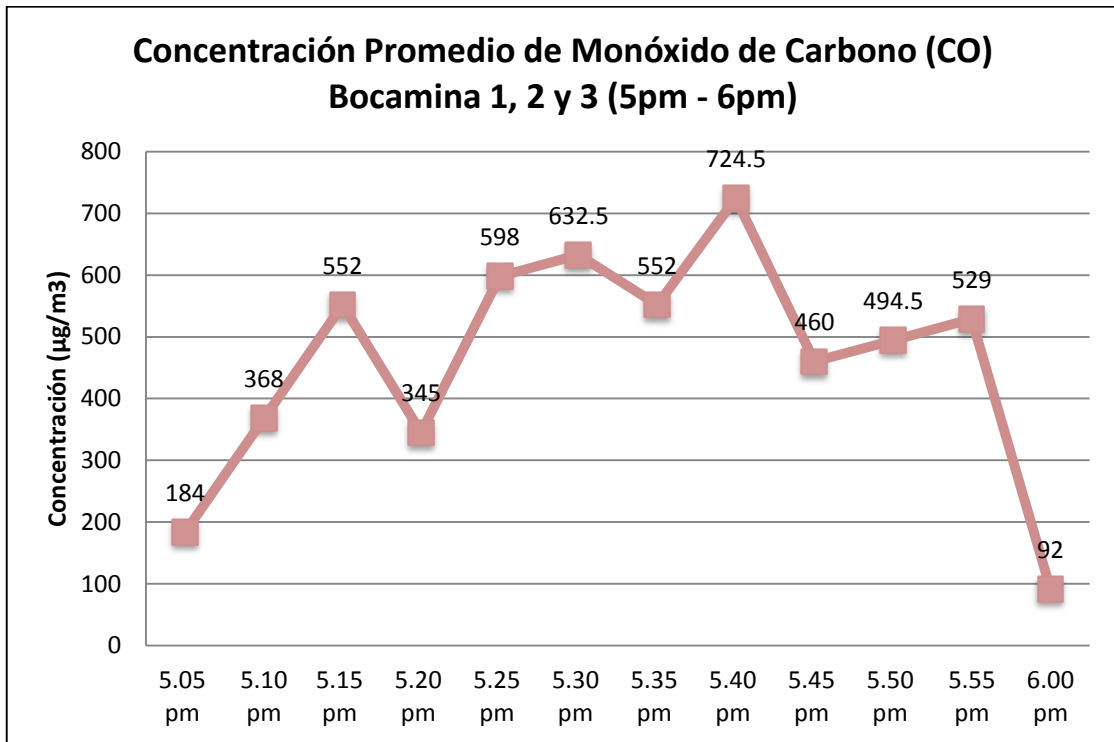
Gráfica de valores del monóxido de carbono existente en las inmediaciones de las bocaminas 1, 2 y 3, cada cinco minutos.







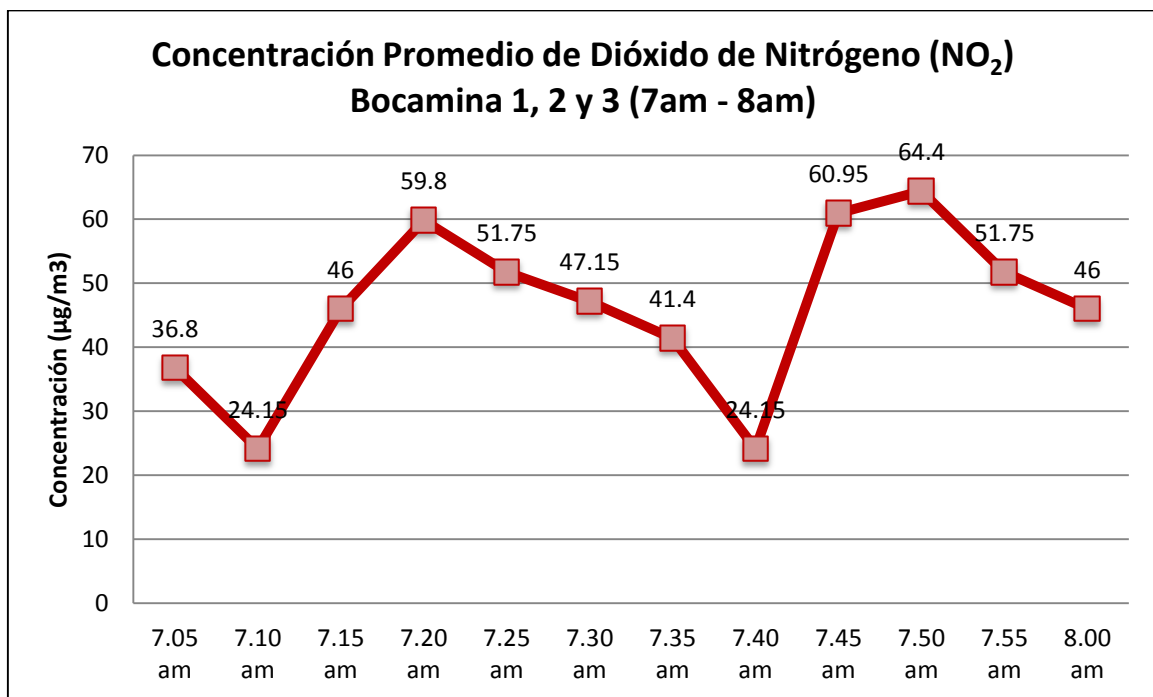


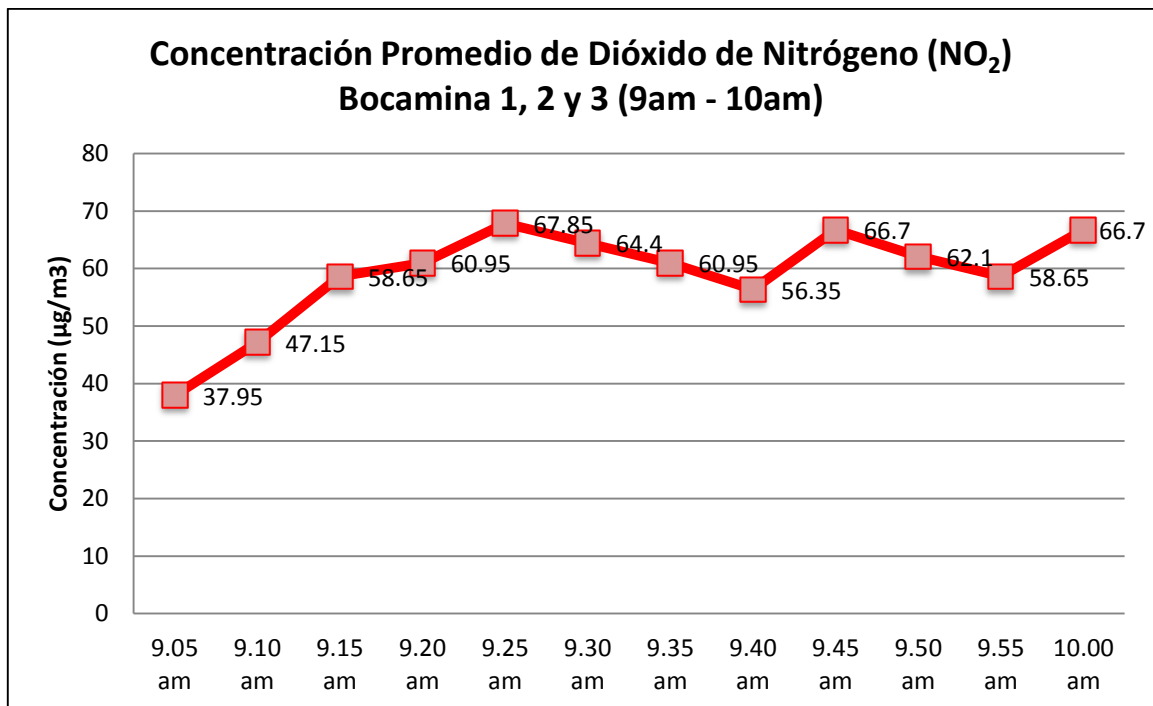
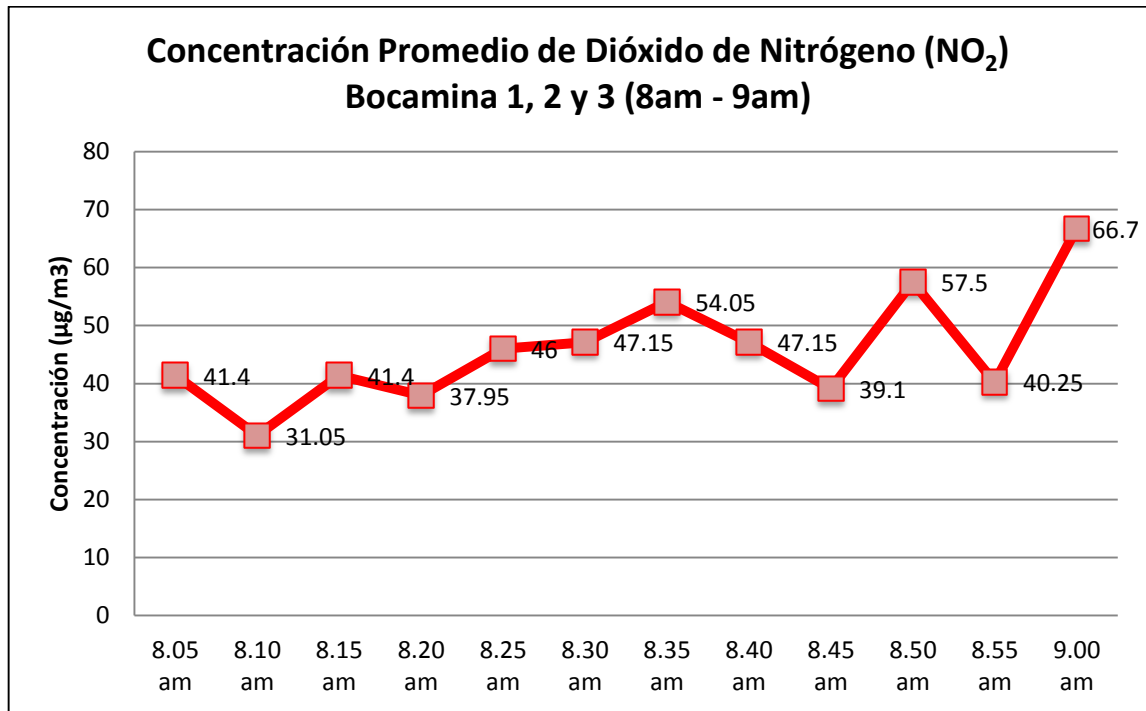


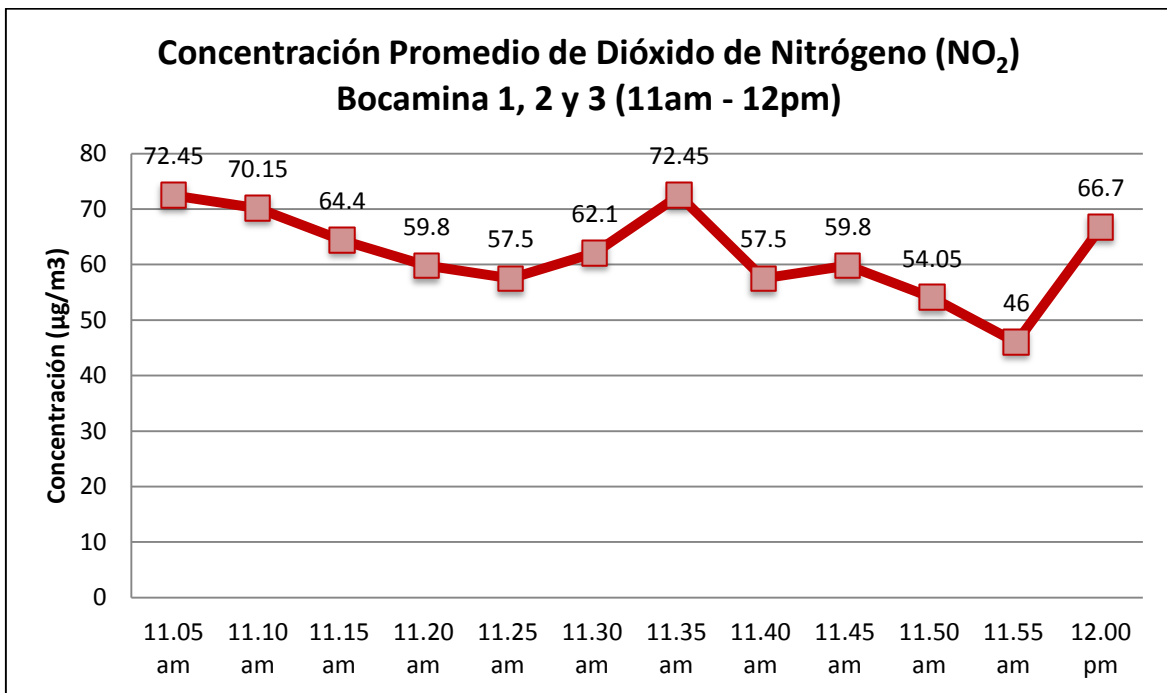
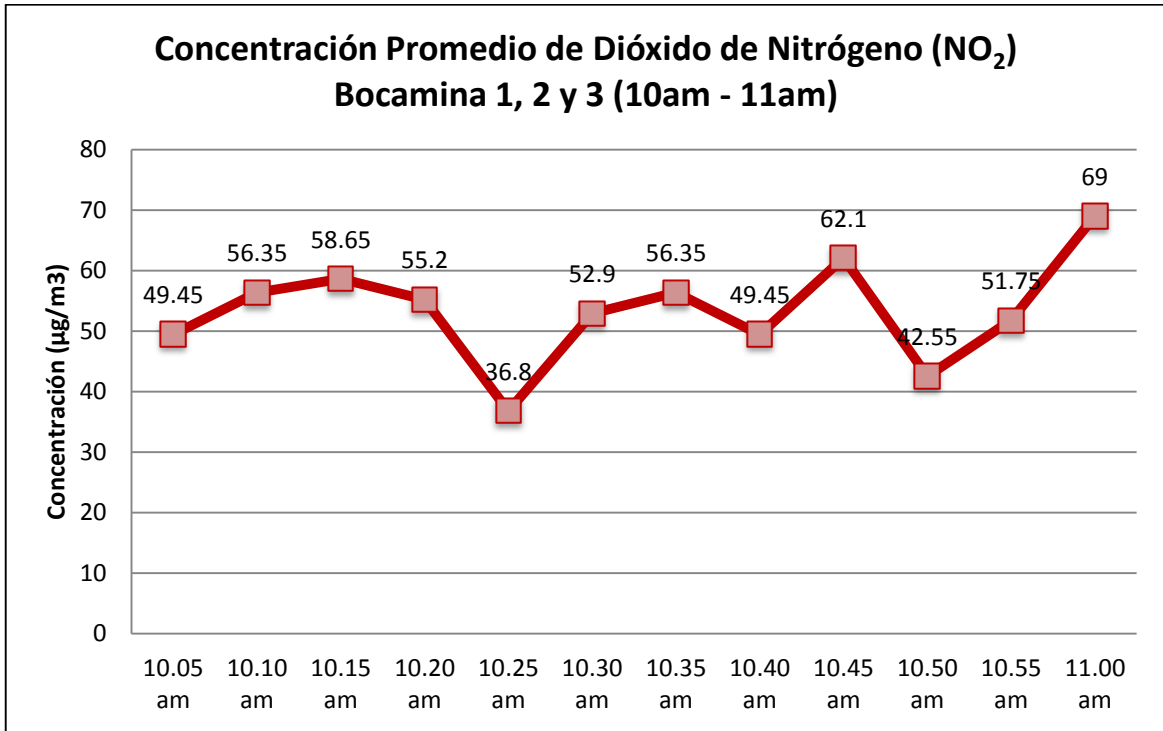
5.4.6. Dióxido de Nitrógeno (No₂)-12h

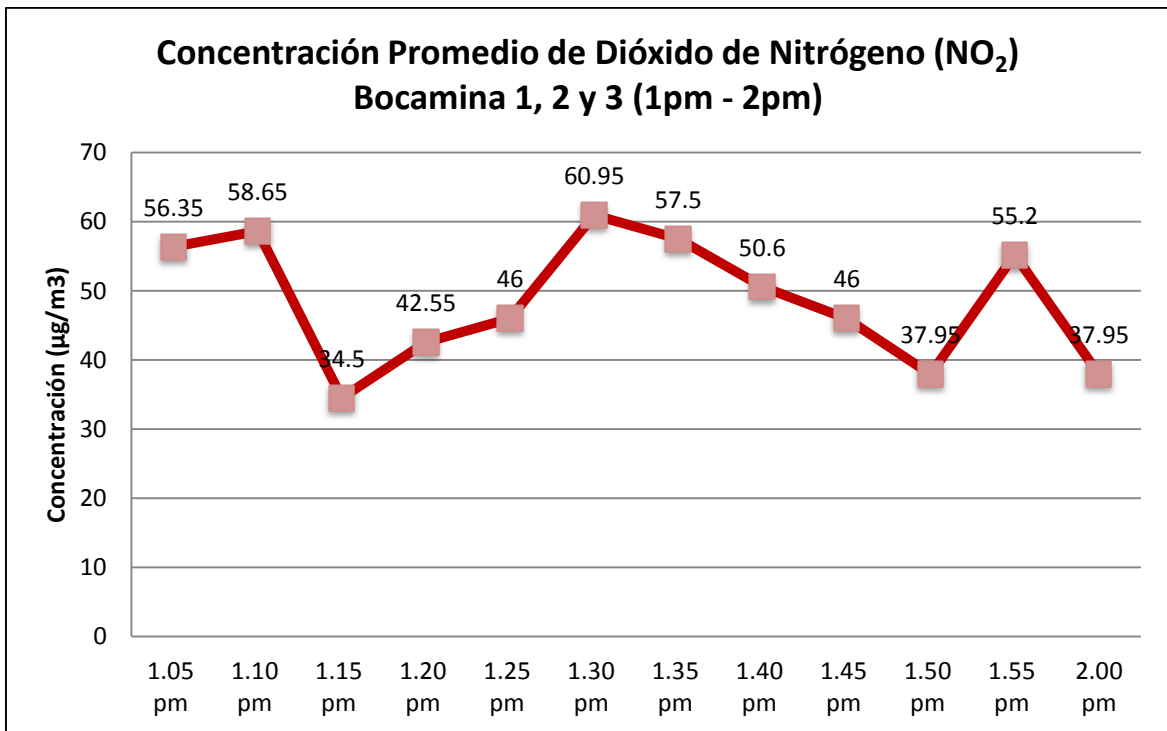
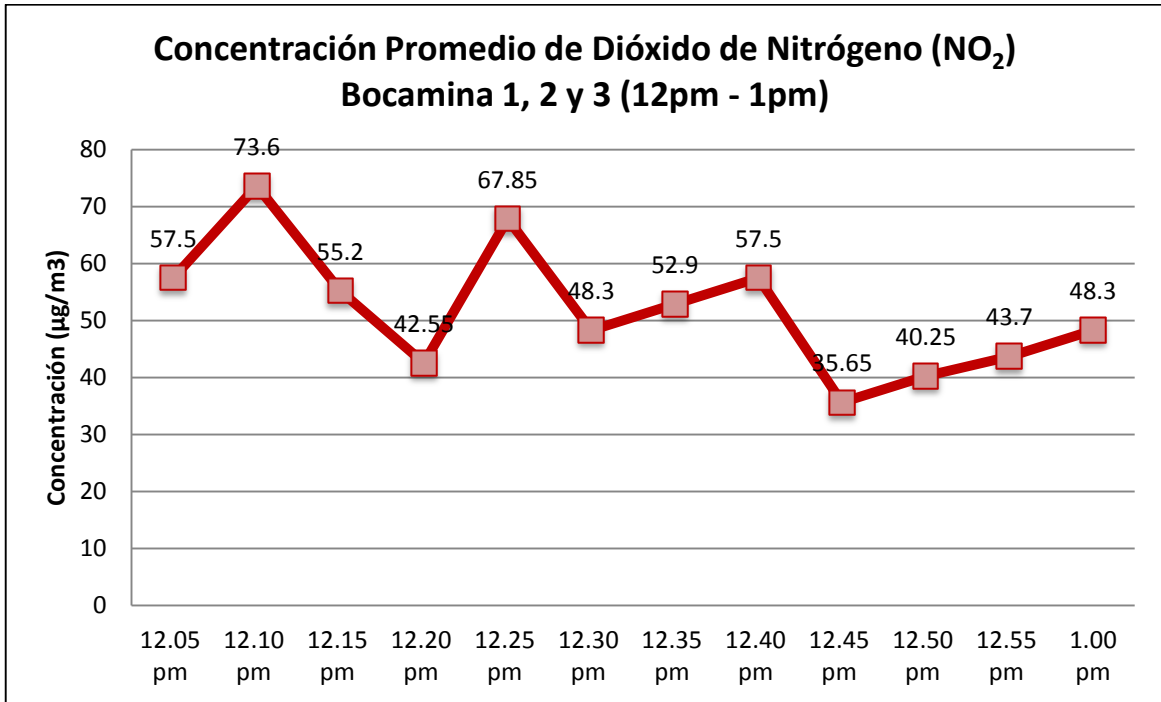
El dióxido de Nitrógeno en esta zona es mínimo debido a que en la zona ocurren movimientos de masas de aire grandes, esto permite que este gas se disperse y no se produzca una concentración mayor al estándar nacional de calidad ambiental del aire que es 200 µg/m³.

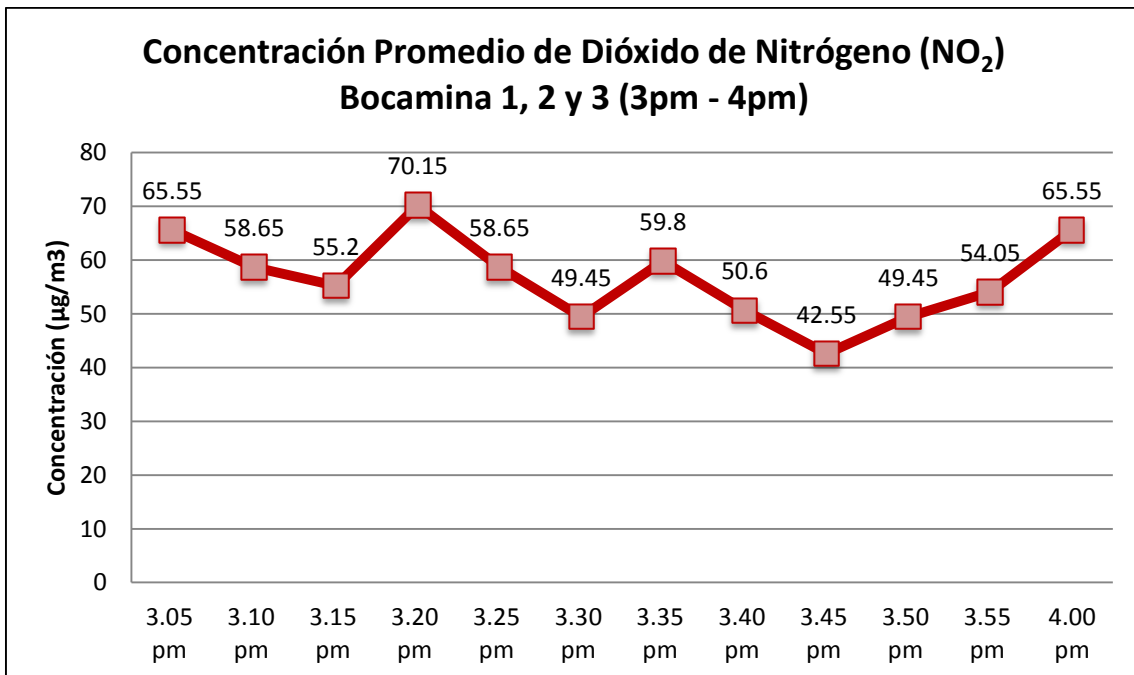
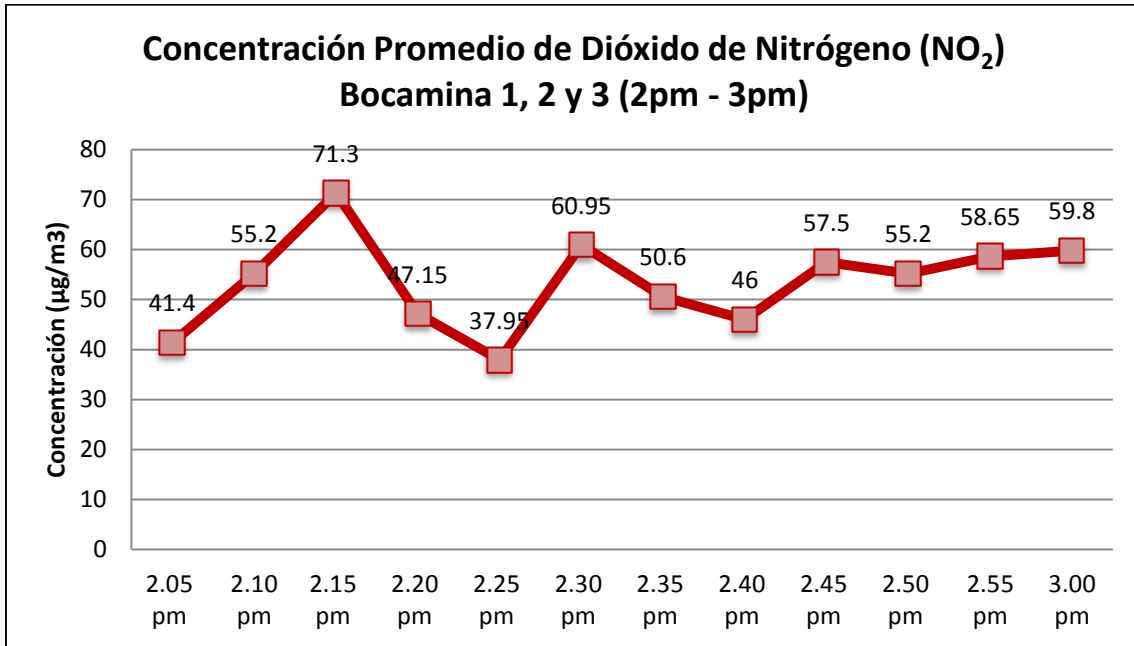
Gráfica de valores obtenidos de dióxido de nitrógeno (no₂), cada cinco minutos.

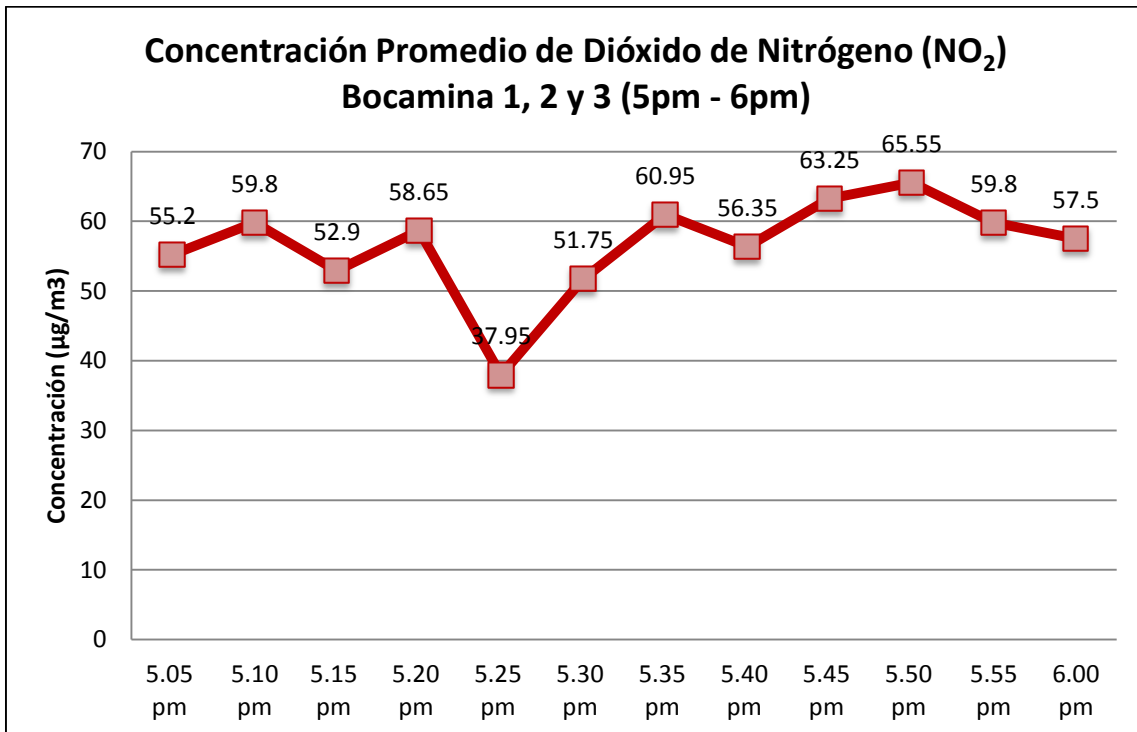
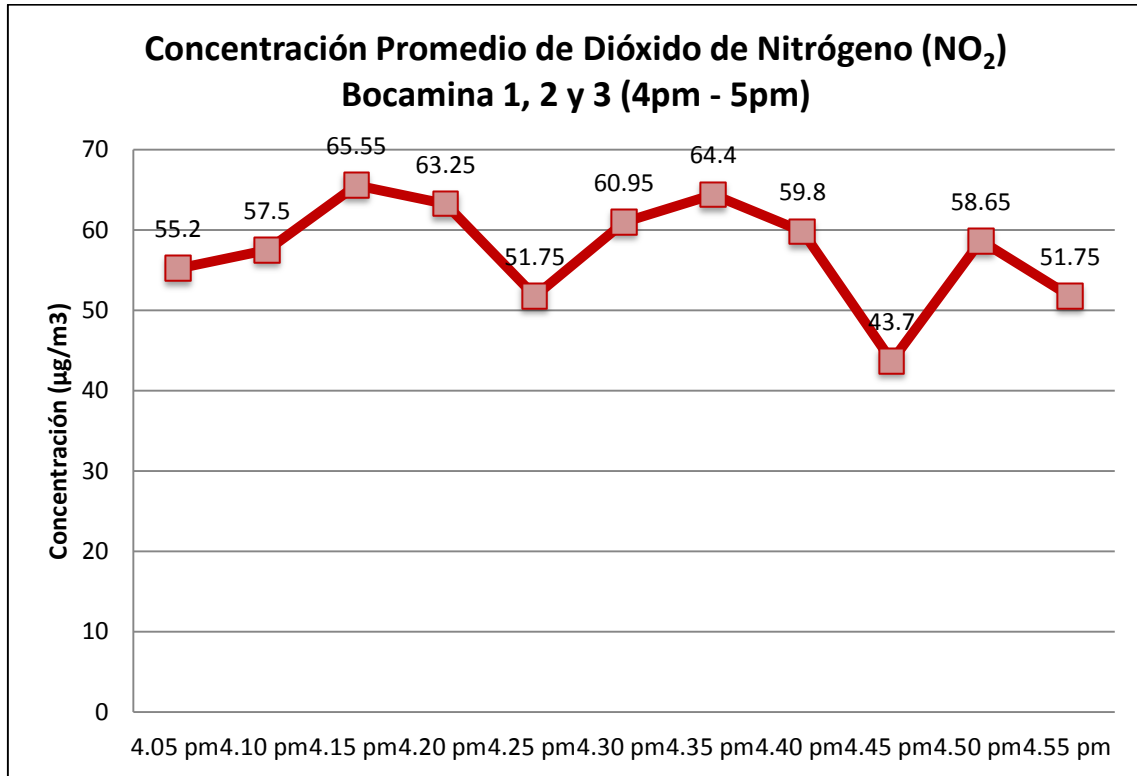


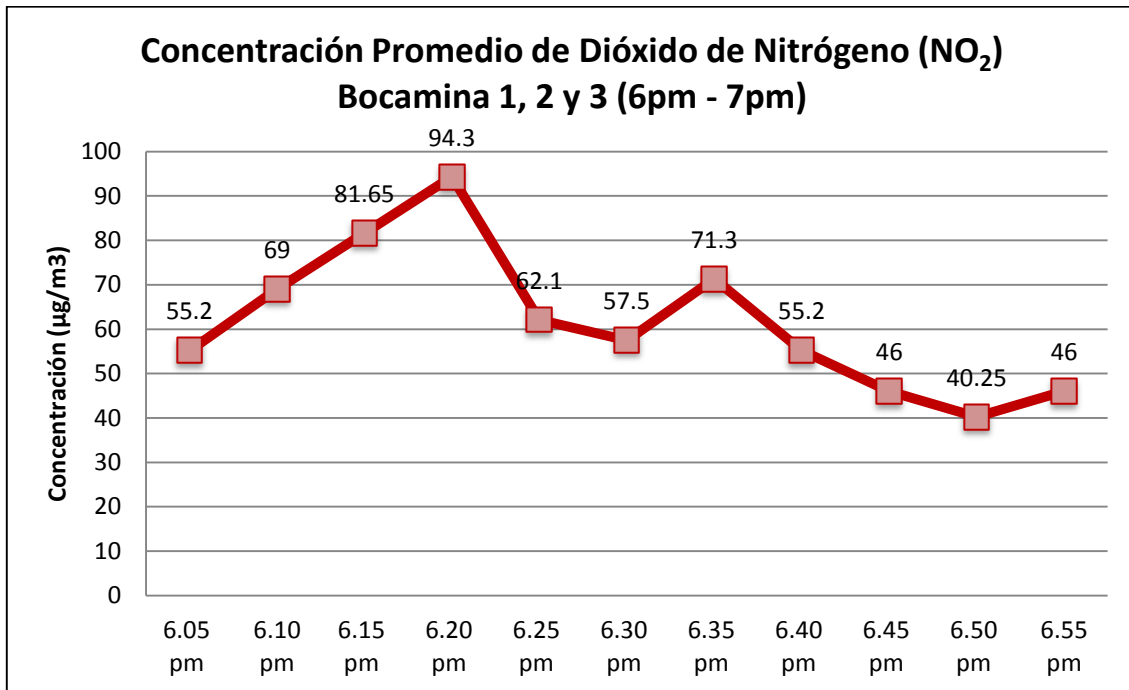












5.5. Cálculo de Caudal:

5.5.1. Caudal requerido por el número de personas:

Se requiere una corriente de aire fresco de no menos de tres metros cúbicos por minuto (3 m³/ 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 (m³/ min.)

F = Caudal mínimo por persona (3 m³/ 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 supervicor, 1 jefe de mina, y los 3 obreros por labor; calculamos 5 personas por labor.

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

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

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

5.5.2. Caudal requerido por 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

5.5.2.1. Para la labor 1:

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

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

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

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

5.5.2.2. Para la labor 2:

Produce 84 Toneladas al mes, por tanto al día produce 2.8 ton.

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

$$Q = 2.8 \times 1.35 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q = 3.78 \text{ m}^3/\text{min}$$

5.5.2.3. Para la labor 3:

Produce 84 Toneladas al mes, por tanto al día produce 2.8 ton.

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

$$Q = 2.8 \times 1.35 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q = 3.78 \text{ m}^3/\text{min}$$

5.5.3. 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 cuando el límite máximo permisible es 150.

Para PM 2.5 tenemos un promedio de 5.84, cuando el límite máximo permisible es 50

Considerando la baja presencia de partículas asignamos velocidades suficientes entre 20 a 30 metro por minuto para mantener áreas despejadas.

5.5.4. Caudal requerido por consumo de explosivo

Este caudal no es necesario calcular ya que no se usa explosivos en esta unidad minera.

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

En las galerías de Mi Grimaldina I, no se está usando realizando perforación ni voladura.

La galería tiene las siguientes dimensiones:

5.6.1. Dimensiones de las Galerías:

Alto = 1.5 Metros = 4,92 Pies,

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

Longitud = 110 Metros = 360,89 Pies

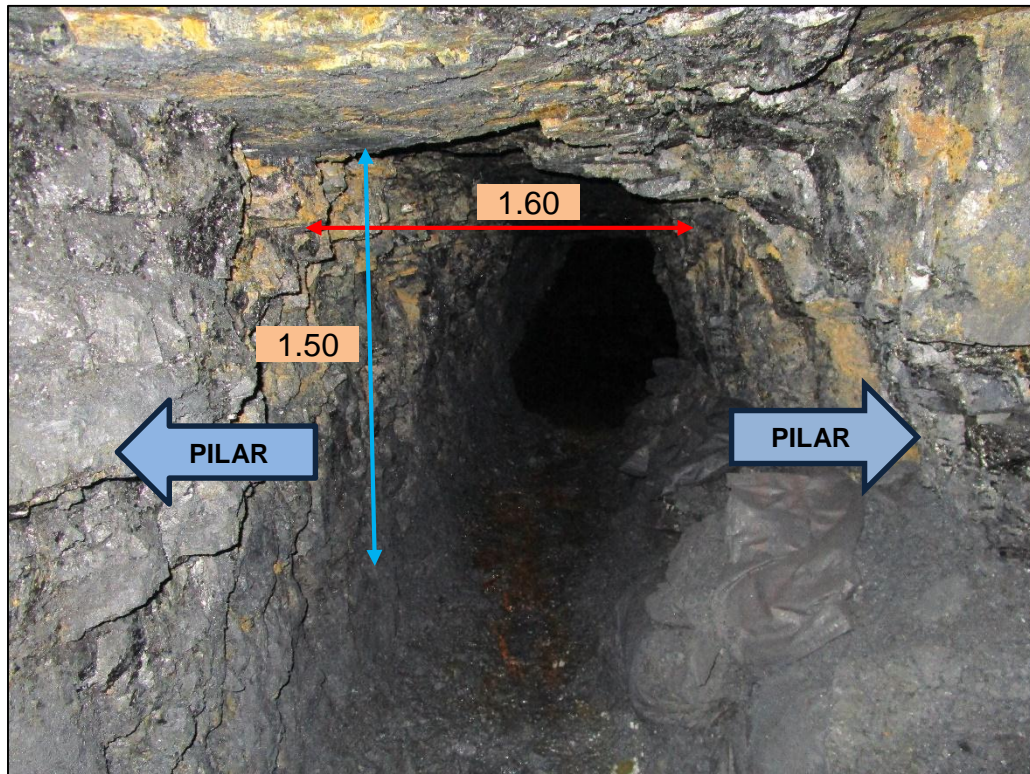


Foto 12: Cámaras y Pilares en Avance dentro de la Labor Minera 1.

El caudal requerido es 529,72 pie³/min

Por tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos, llegamos a la conclusión de que no se necesita ventilación artificial, sólo se necesita mejorar la ventilación natural.

A continuación mostramos el diseño de las 3 labores mineras:

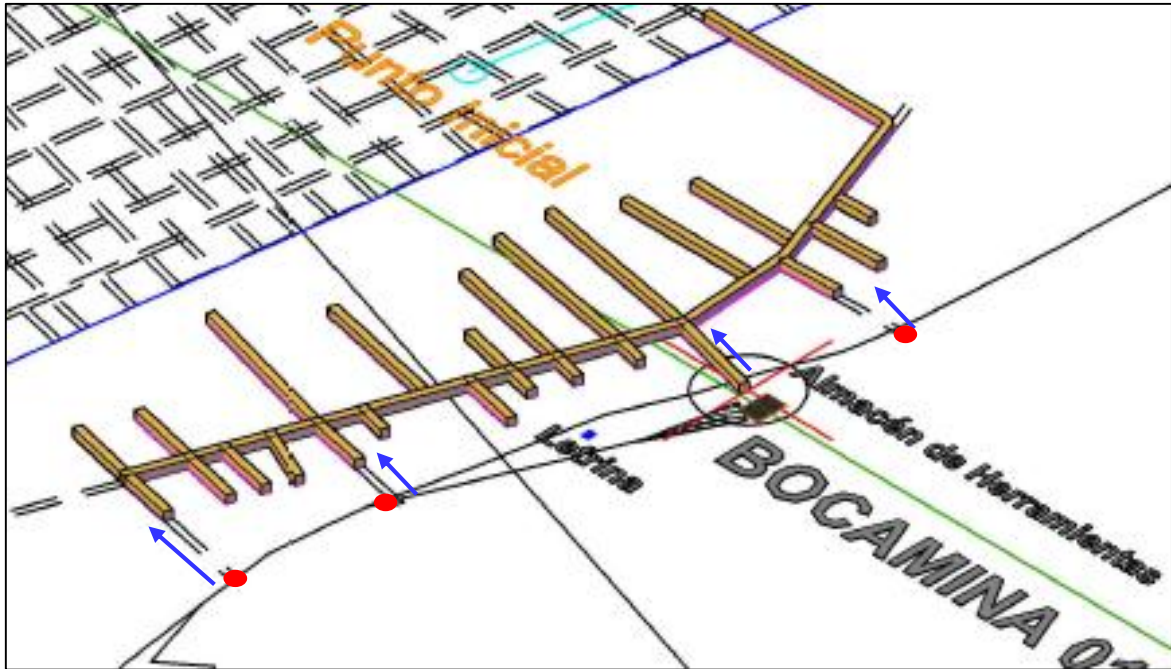


Figura 6: Ventilación en la labor 1.

- Estos puntos son las cámaras que se deben de abrir hasta la superficie para mayor circulación de aire.
- ← Las flechas indican la entrada y salida de aire.

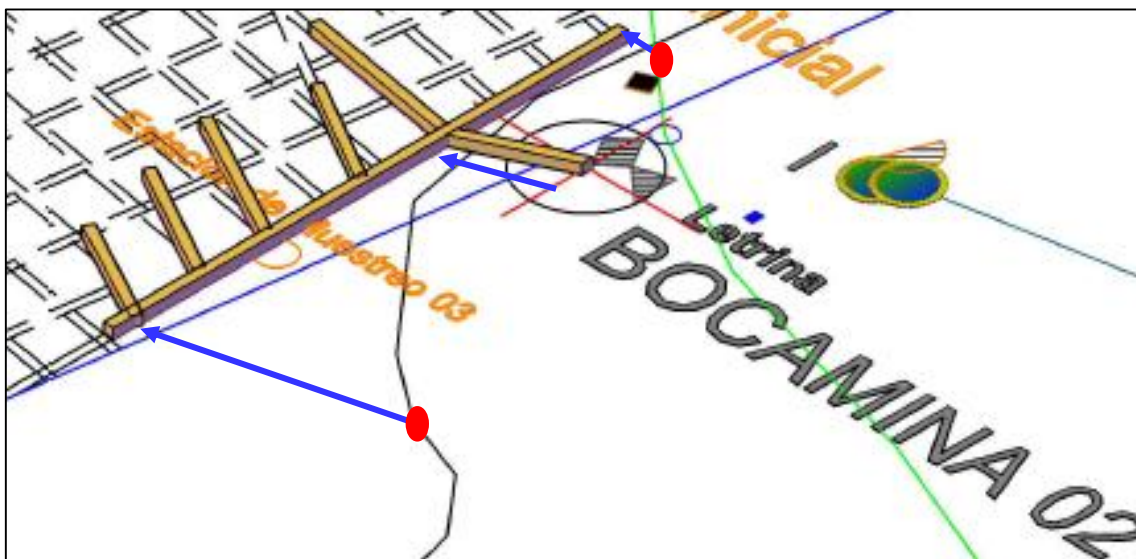


Figura 7: Ventilación en la Labor 2.

- Estos puntos son las cámaras que se deben de abrir hasta la superficie para mayor circulación de aire.

← Las flechas indican la entrada y salida de aire.

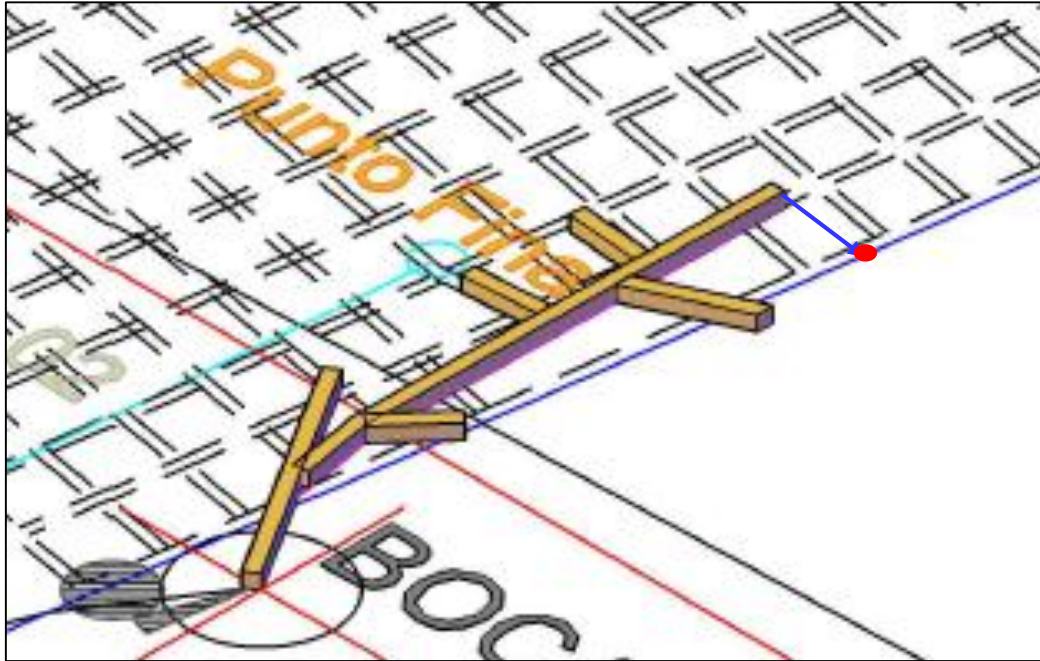


Figura 8: Ventilación en la labor 3.

● Estos puntos son las cámaras que se deben de abrir hasta la superficie para mayor circulación de aire.

← Las flechas indican la entrada y salida de aire.

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

6.1. Concentración Promedio de Partículas en Suspensión PM10

Cabe mencionar que mostraremos el promedio de las 3 bocaminas para hacer menos extensa el informe.

El cuadro siguiente muestra las concentraciones de partículas PM10 medidos en el punto de control (Bocamina 1, 2 y 3), y son comparados con el Valor Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire.

| Hora de Control | Ubicación | Fecha de monitoreo | Promedio de las Concentraciones de PM ₁₀ (µg/m ³) |
|-----------------|-------------------|--------------------|--|
| 07:00 a.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 12,78 |
| 08:00 a.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 15,80 |

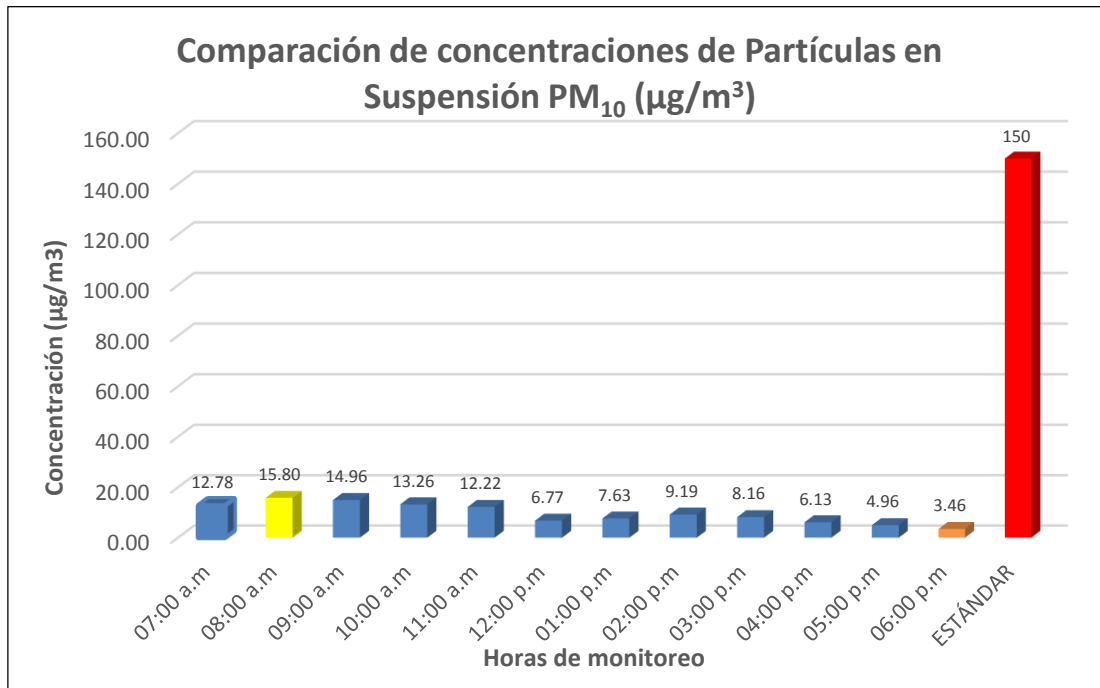
| | | | |
|-----------|-------------------|----------|-------|
| 09:00 a.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 14,96 |
| 10:00 a.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 13,26 |
| 11:00 a.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 12,22 |
| 12:00 a.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 6,77 |
| 01:00 p.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 7,63 |
| 02:00 p.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 9,19 |
| 03:00 p.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 8,16 |
| 04:00 p.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 6,13 |
| 05:00 p.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 4,96 |
| 06:00 p.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 3,46 |

| | |
|--|-----------------------------|
| PROMEDIO ARITMÉTICO DE CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS PM ₁₀ (12 HORAS) | 9.61 µG/M ³ |
| ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM ₁₀ | 150 µg/m³ |

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 150 µg/m³ según la norma 074-2001-pcm-ECA para aire.

La máxima concentración (15.80 µg/m³) 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 µg/m³) por la influencia de factores climáticos.

La figura siguiente muestra las concentraciones de partículas obtenidas en las horas de control.



6.2. Concentración de Partículas en Suspensión PM_{2.5}

La presencia de partículas está muy por debajo del límite máximo permisible lo cual se verifica en el cuadro siguiente de PM_{2.5}.

| Hora de Control | Ubicación | Fecha de monitoreo | Concentraciones de PM _{2.5} (µg/m ³) |
|-----------------|-------------------|--------------------|---|
| 07:00 a.m. | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 5,27 |
| 08:00 a.m. | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 5,48 |
| 09:00 a.m. | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 6,13 |
| 10:00 a.m. | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 9,45 |
| 11:00 a.m. | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 11,55 |
| 12:00 a.m. | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 5,68 |
| 01:00 p.m. | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 4,15 |
| 02:00 p.m. | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 6,13 |
| 03:00 p.m. | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 5,74 |
| 04:00 p.m. | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 4,30 |
| 05:00 p.m. | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 3,34 |
| 06:00 p.m. | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 2,80 |

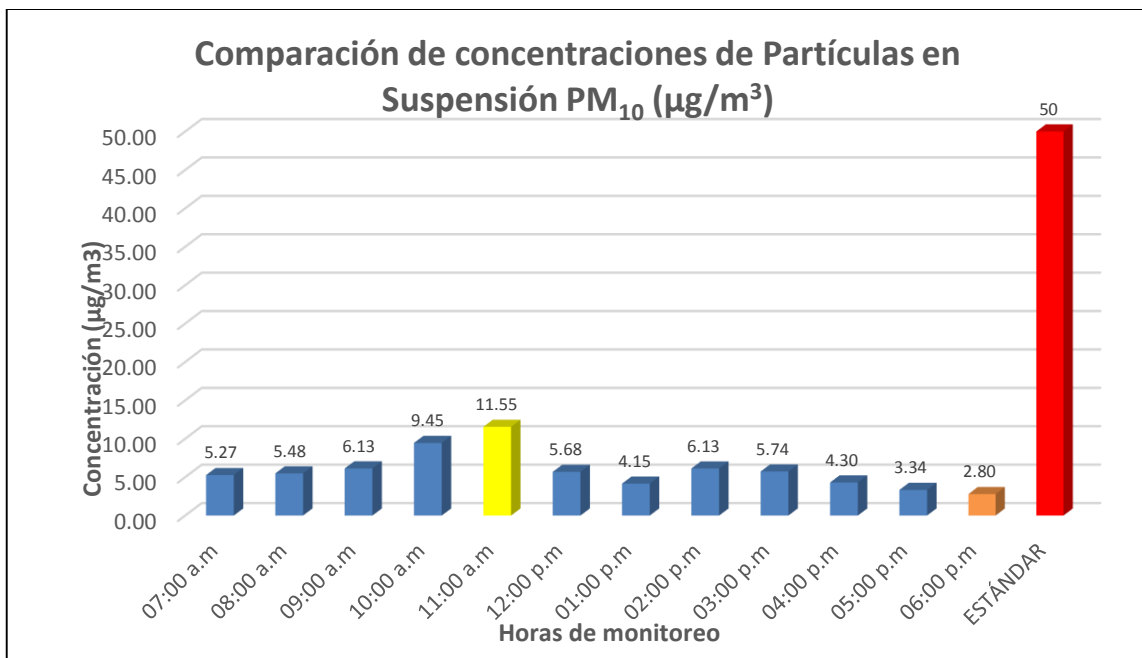
| | |
|--|------------------------------|
| PROMEDIO ARITMÉTICO CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS PM_{2.5} (12 HORAS) | 5.84 µg/m³ |
|--|------------------------------|

| | |
|---|----------------------------|
| ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PM_{2.5} | 50 µg/m³ |
|---|----------------------------|

Las concentraciones de partículas PM_{2.5} medidas en las horas de 7:00 p.m. a 6:00 a.m. Están por debajo del valor establecido por el Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire para PM_{2.5} fijado en 50 µg/m³, estipulado en el DS – 003- 2008 MINAM.

La máxima concentración (11.55 µg/m³) se obtuvo a las 11:00 a.m., mientras que la mínima concentración (2.80 µg/m³) se obtuvo a las 6:00 p.m.

La figura siguiente muestra la concentración de partículas obtenidas en las horas de control.



6.3. Concentración de Dióxido de Azufre (SO₂)

El cuadro siguiente muestra las concentraciones de Dióxido de Carbono (SO₂)(g) 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.

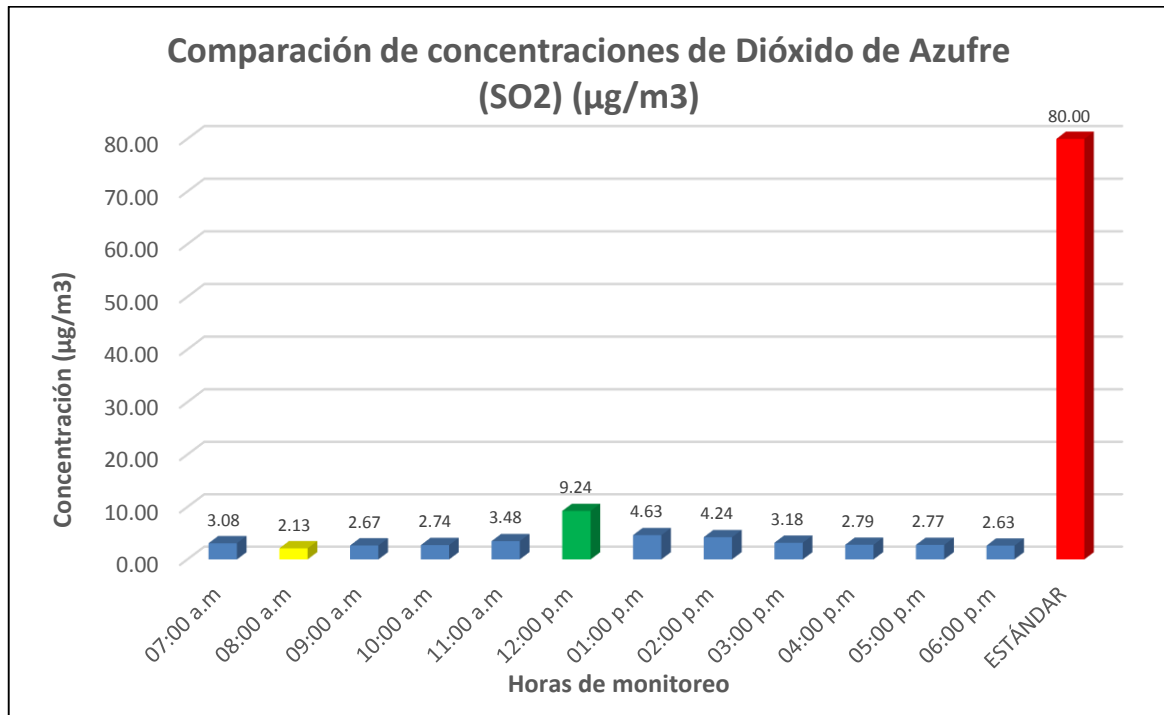
| Hora de Control | Ubicación | Fecha de monitoreo | Concentraciones de SO ₂ (µg/m ³) |
|-----------------|-------------------|--------------------|---|
| 07:00 p.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 3,08 |
| 08:00 p.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 2,13 |
| 09:00 p.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 2,67 |
| 10:00 p.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 2,74 |
| 11:00 p.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 3,48 |
| 12:00 p.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 9,24 |
| 01:00 a.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 4,63 |
| 02:00 a.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 4,24 |
| 03:00 a.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 3,18 |
| 04:00 a.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 2,79 |
| 05:00 a.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 2,77 |
| 06:00 a.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 2,63 |

| | |
|--|------------------------------|
| PROMEDIO ARIMETICO DE CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE AZUFRE SO₂ | 3.63 µg/m³ |
| ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE SO₂ | 80 µg/m³ |

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 80 µg/m³ según DS-003-2008-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.

La figura siguiente muestra la concentración de partículas obtenidas en las horas de control.



6.4. 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 074-2001-pcm-ECA para aire.

| Hora de Control | Ubicación | Fecha de monitoreo | Concentraciones de CO (µg/m ³) |
|-----------------|-------------------|--------------------|--|
| 07:00 a.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 140,88 |
| 08:00 a.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 223,29 |
| 09:00 a.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 62,77 |
| 10:00 a.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 29,42 |
| 11:00 a.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 89,89 |
| 12:00 a.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 3415,79 |
| 01:00 p.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 6371,96 |
| 02:00 p.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 405,57 |
| 03.00 p.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 632,50 |
| 04:00 p.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 357,46 |
| 05:00 p.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 460,96 |
| 06:00 p.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 01/08/15 | 105,42 |

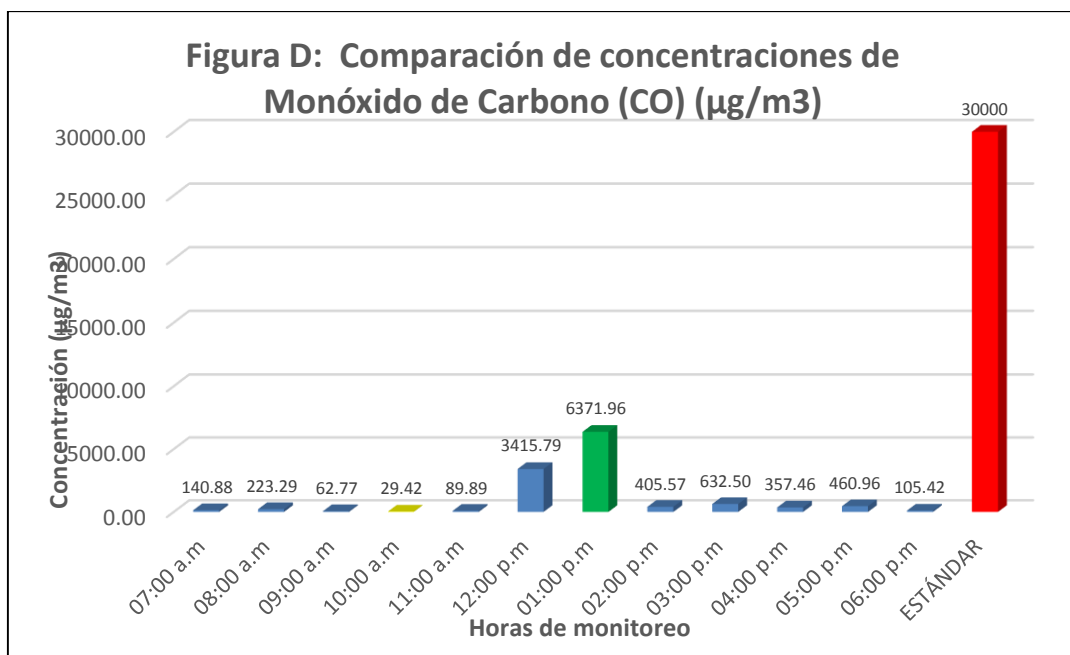
| | |
|--|---------------------------------|
| PROMEDIO ARITMÉTICO DE CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE | 1024.66 µg/m³ |
|--|---------------------------------|

| | |
|---|--------------------------------|
| OXIGENO CO (12 HORAS) | |
| ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE CO | 30 000 µg/m³ |

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 µg/m³, según la norma 074-2001-pcm-ECA para el aire.

La máxima concentración (6371.96 µg/m³) se obtuvo a las 1:00 p.m. mientras que la mínima concentración (29.42 µg/m³) se obtuvo en el punto a las 10:00 a.m.

La figura siguiente muestra la concentración de partículas obtenidas en las horas de control.



6.5. Concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO₂)-12h

El cuadro siguiente 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 | Ubicación | Fecha de | Concentraciones |
|---------|-----------|----------|-----------------|
|---------|-----------|----------|-----------------|

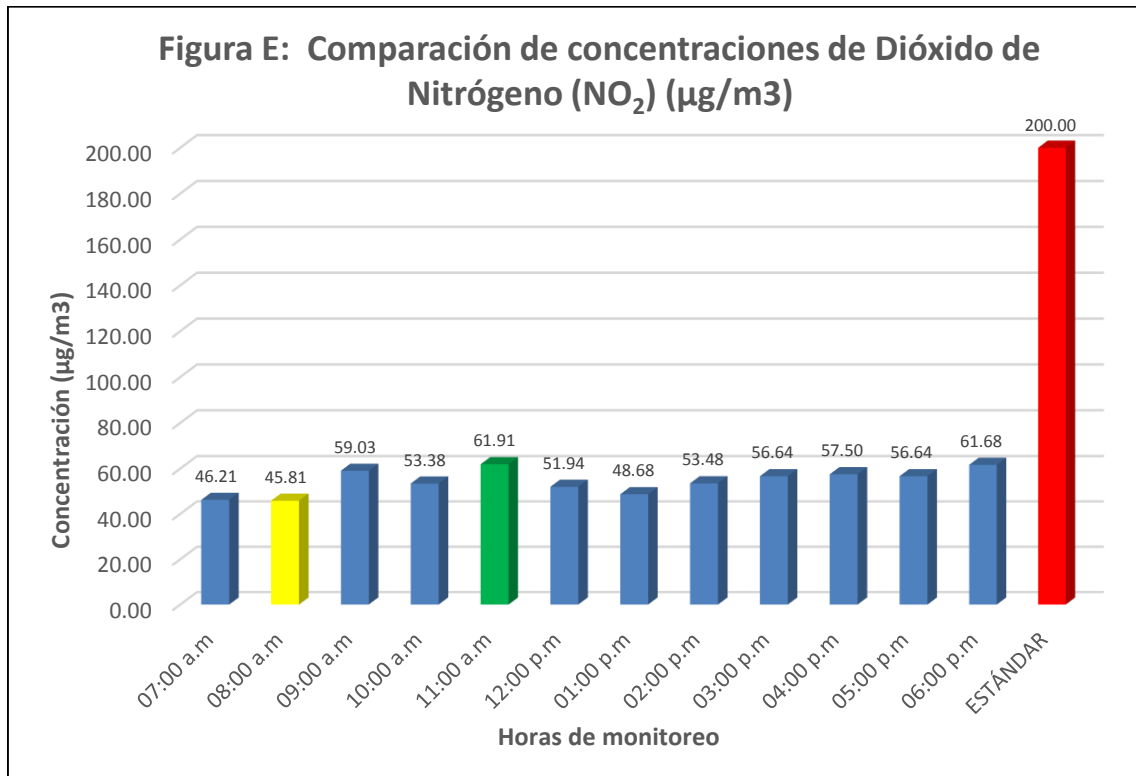
| Control | | monitoreo | deNO ₂ (µg/m ³) |
|-----------|-------------------|-----------|--|
| 07:00 a.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 11/07/15 | 46,21 |
| 08:00 a.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 11/07/15 | 45,81 |
| 09:00 a.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 11/07/15 | 59,03 |
| 10:00 a.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 11/07/15 | 53,38 |
| 11:00 a.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 11/07/15 | 61,91 |
| 12:00 a.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 11/07/15 | 51,94 |
| 01:00 p.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 11/07/15 | 48,68 |
| 02:00 p.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 11/07/15 | 53,48 |
| 03:00 p.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 11/07/15 | 56,64 |
| 04:00 p.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 11/07/15 | 57,50 |
| 05:00 p.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 11/07/15 | 56,64 |
| 06:00 p.m | Bocamina 1, 2 y 3 | 11/07/15 | 61,68 |

| | |
|---|-----------------------------|
| PROMEDIO ARITMETICO DE CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO NO₂ (12 HORAS) | 54.41 µG/M3 |
| ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE NO₂ | 200 µg/m³ |

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 074-2001-pcm-ECA para aire.

La máxima concentración (61.91 µg/m³) se obtuvo a las 11:00 a.m., mientras que la mínima concentración (45.81 µg/m³) se obtuvo en el punto de 8:00 a.m.

La figura siguiente muestra la concentración de partículas obtenidas en las horas de control.



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

CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

7.1. Levantamiento Topográfico:

De acuerdo a este levantamiento y proyección de extracción actualmente se cuenta con sólo con el acceso como ventilación en la labor 1, de acuerdo al caudal calculado se sugiere abrir tres cámaras de ventilación (puntos rojos) para mejorar la ventilación.



Imagen 6: Ventilación en la labor 1.

En la labor 2, igualmente se cuenta sólo el acceso como ventilación, pero se sugiere abrir dos cámaras de ventilación más.

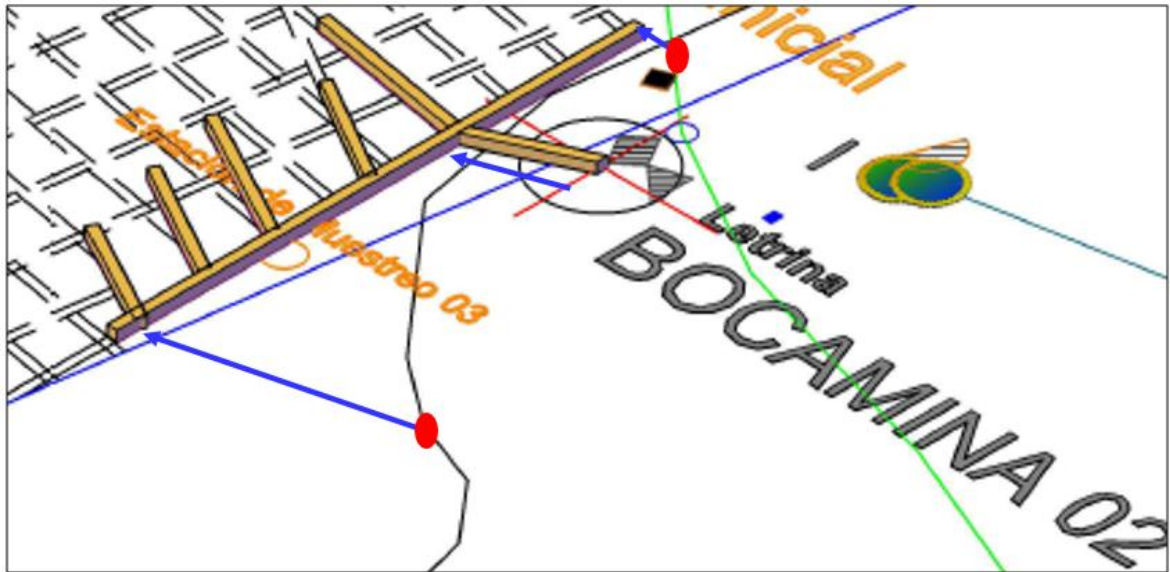


Imagen 7: ventilación en la labor 2.

En la labor tres la ventilación se da mediante el acceso además dos cámaras de extracción se usan como ventilación, pero se sugiere abrir una cámara más.

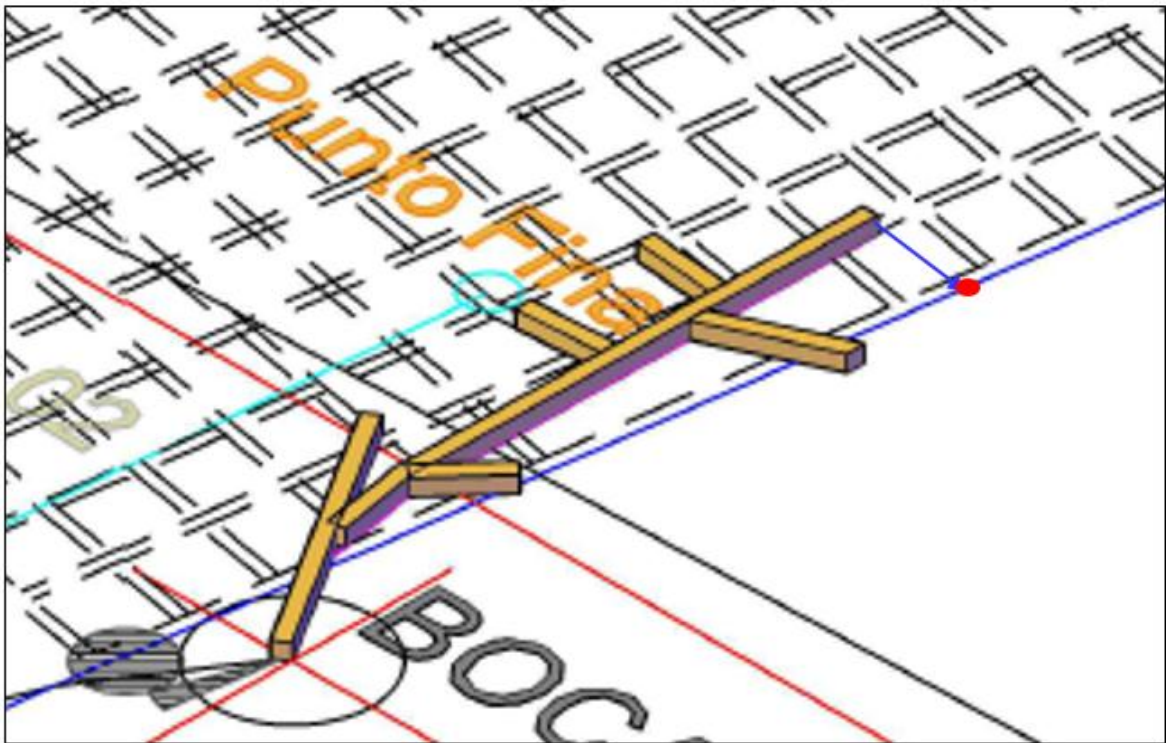


Imagen 8: Ventilación de la labor 3.

7.2. Medición de la calidad de aire:

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

7.3. Chimeneas de ventilación:

En las tres labores se requiere optimizar la ventilación, en la labor 1 se abrirán 3 cámaras para ventilación, en la labor 2 se abrirá 2 cámaras y en la labor 3 se abrirá una cámara de ventilación.

7.4. Ventilación Superficial y Optimización:

En la concesión Mi Grimaldina I, se presentan 3 labores subterráneas para la explotación de carbón, mediante cámaras y pilares.

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:

| LABOR | CAUDAL POR PRODUCCIÓN |
|-----------------|-------------------------------|
| 1 | 9.34 m ³ /min |
| 2 | 3.78 m ³ /min |
| 3 | 3.78 m ³ /min |
| PROMEDIO | 5.63 m³/min |

De acuerdo a estos resultados no se necesita ventilación artificial, sólo mejorar la ventilación natural, es decir realizar apertura de cámaras para que la ventilación tenga mejor circulación.

CONCLUSIONES

- De acuerdo a la topografía subterránea los pilares son de 10m por 10m con un acceso promedio de 1.75 metros, la pendiente es menor 5%.
- La empresa INGECONSULT E.I.R.L. ha realizado los monitoreos de gases concerniente en partículas en suspensión PM10 y PM2.5; Monóxido de Carbono, Dióxido de Azufre, Dióxido de Nitrógeno. Los cuales no pasan los límites máximos permisibles.
- No se construirán nuevas chimeneas sólo se avanzará las cámaras de explotación hasta la superficie, convirtiéndola en una chimenea de ventilación.
- La calidad del aire en la ventilación natural es buena, pero es necesario mejorarla mediante más cámaras que lleguen a la superficie, por tanto no es necesaria la ventilación superficial.
- La optimización del sistema de ventilación de acuerdo a la topografía, a los monitoreos y al caudal será abrir más cámaras a la superficie ya que la explotación se considera en avance.

RECOMENDACIONES

- Realizar lo más antes posible la apertura de las cámaras indicadas en cada labor subterránea en la mina Mi Grimaldina I.
- 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.
- De la cuadra I., L. (1974), Curso de Laboreo de Minas. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. ISBN 8460062546.
- Giménez A., P. 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. Perú.
- Mallqui T., A. (1980), Proyecto de Optimización del Sistema de Ventilación. Tesis UNCP. Huancayo. Perú.
- Mallqui T., A. Ventilación de Minas. Pág. 68. Huancayo Perú.
- Novitzky, A. (1962), Ventilación de Minas, Buenos Aires. Argentina.
- Naira A., Ángel. V. (1999), Ventilación del Desarrollo de la Galería de Compañía Minera Ananea Puno. Perú.
- Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional. D.S.Nº 055-2010-EM. Lima. Perú.
- Ramírez H., J. (2005), Ventilación de Minas. Módulo de Capacitación Técnico Ambiental. Chaparra Perú).
- Sc Ingeniería S.R.L. (2011), Levantamiento de Ventilación de Mina Calpa Perú.
- Zitron. (2007), Conferencia de Ventilación de Minas. Lima. Perú.
- Oseda, D. (2008) Metodología de la Investigación. Ed Pirámide. pp.117
- Oseda, Gonzalez, Ramirez, Gave (2011) ¿Cómo Aprender y enseñar Investigación Científica? Ed. UNH pp. 219

ANEXOS