



UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS

“PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE CARBÓN EN LA CONCESIÓN MINERA LOS CHANCAS V – CHOTA, 2017”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS

Presentado por el Bachiller:
LLAMO GOICOCHEA, JOB

Cajamarca - Perú

2017

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a dios, por haberme dado la vida y por permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser el pilar más importante en mi formación desde el inicio hasta culminar este primer proyecto en mi vida. A mis hijos y a la mujer que amo por ser el motivo de soñar y cumplirlo cada uno de mis sueños. A mi hermano, por estar dispuesto ayudarme cuando más lo necesitaba. A mis tíos y abuelos por apoyarme en mi niñez cuando perdí a mi padre.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en mis momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de experiencias y sobre todo felicidad.

A la universidad **ALAS PERUANAS** y a todos los docentes que me compartieron sus experiencias y conocimientos para lograr mi formación profesional en especial: Alejandro Claudio Lagos Manrique, Chuquiruna Chávez Wilder, Andrés cárdenas Córdova, Roberto Severino Gonzales Yana, Rafael Napoleón Ocas Boñon, José Alfredo Siveroni Morales, y Víctor Eduardo Alvares León.

Le doy gracias a mi madre Susana Goicochea Vásquez, por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación y sobre todo por ser el mejor ejemplo que tuve que seguir.

A mi hermano Daniel Llamo Goicochea, por ser parte importante de mi vida y por ser el ejemplo que me ayudo para cumplir esta meta.

A mis tíos Fermín, Samuel, Dagoberto, Epifanio y a mis tías Juana Llamo, Juana Goicochea y Elena Bances por apoyarme de una forma incondicional y mostrarme el camino que me hizo alcanzar este sueño.

A mis abuelos Casimiro Goicochea y Arcadio Llamo por cada uno de sus consejos.

RECONOCIMIENTO

A la universidad **ALAS PERUANAS** y a la concesión minera LOS CHANCAS V, ya que si no fuera por esta concesión no se hubiera podido realizar este estudio. También a la empresa INGECONSULT E.I.R.L. que ha realizado los monitoreos de gases y polvo para este trabajo.

A mi madre por el apoyo incondicional que solo una madre lo puede dar el que hoy me hace celebrar dos metas cumplidas, la de mi obra literaria que por nombre lleva “mi perol de oro” y la de haber llegado hasta este momento de mi formación profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Reconocimiento	iv
Índice de contenido	v
Índice de tablas.....	ix
Índice de figuras.....	x
Resumen.....	xiii
Abstract.....	xiv
Introducción.....	xv
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	1
1.1. Descripción de la realidad problemática	1
1.2. Delimitación de la investigación	2
1.2.1. Delimitación espacial.....	2
1.2.2. Delimitación social.....	2
1.2.3. Delimitación temporal	3
1.2.4. Delimitación conceptual.....	3
1.3. Problemas de investigación	4
1.3.1. Problema principal.....	4
1.3.2. Problemas secundarios	4
1.4. Objetivos de la investigación.....	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. Hipótesis y variables de la investigación.....	6
1.5.1. Hipótesis general.....	6
1.5.2. Hipótesis secundarias	6

	Pág.
1.5.3. Variables	6
1.6. Metodología de la investigación.....	8
1.6.1. Tipo y nivel de investigación.....	8
1.6.2. Método y diseño de la investigación.....	8
1.6.3. Población y muestra de la investigación.....	9
1.6.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	9
1.6.5. Justificación, importancia y limitaciones de la investigación.....	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	12
2.1. Antecedentes de la investigación.....	12
2.1.1. A nivel internacional	12
2.1.2. A nivel nacional	14
2.1.3. A nivel local	16
2.2. Bases teóricas	17
2.2.1. Sistema de ventilación.....	17
2.2.2. Ventilación subterránea.....	19
2.2.3. Tipos de ventilación.....	21
2.2.4. Requerimiento de caudal de aire.....	24
2.2.5. La caída de presión:	30
2.2.6. Composición del aire atmosférico.....	32
2.2.7. Ventiladores	34
2.2.8. Controles y monitoreo continuo	43
2.3. Definición de términos básicos	44
CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	47
3.1. Confiabilidad y validación del instrumento	47
3.1.1. Tipo de diseño de investigación	47

	Pág.
3.1.2. Método general.....	47
3.1.3. Método específico:	47
3.2. Procedimientos	48
3.2.1. Método de barrido	48
3.2.2. Muestreo y análisis.....	48
3.2.3. Material particulado	48
3.2.4. Gases	49
3.3. Ubicación del área de estudio	49
3.4. Descripción de monitoreo	51
3.4.1. Ubicación de los monitoreos:	51
3.4.2. Partículas en suspensión Pm ₁₀ -12h	52
3.4.3. Partículas en suspensión Pm _{2.5}	58
3.4.4. Dióxido de azufre (So ₂)	64
3.4.5. Monóxido de carbono (Co)	70
3.4.6. Dióxido de nitrógeno (No ₂)-12h.....	76
3.5. Cálculo de caudal de aire para el personal	83
3.6. Calculo de caudal de aire para la producción de carbón	83
3.7. Calculo de la pérdida de presión en una galería	84
3.7.1. Pérdidas por choque	84
3.8. Diseño de las mangas de ventilación.....	85
3.8.1. Calculamos el caudal del aire.....	87
3.8.2. Dimensionamiento de la tubería por caída de presión	87
3.8.3. Dimensionamiento de tubería por velocidad	87
3.8.4. Velocidad del aire en tubería.....	88
3.8.5. Rango de flujo de aire a través de la tubería.....	88
3.9. Diseño de ventilador	89

	Pág.
3.9.1. Punto de operación del sistema	89
3.9.2. Potencia del motor:.....	90
3.9.3. Leyes del ventilador:.....	91
CAPÍTULO IV: PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS	92
4.1. Prueba de hipótesis general	92
4.2. Prueba de hipótesis específica	92
4.2.1. Concentración promedio de partículas en suspensión PM ₁₀	93
4.2.2. Concentración de partículas en suspensión PM _{2.5}	94
4.2.3. Concentración de dióxido de azufre (SO ₂)	95
4.2.4. Concentración de monóxido de carbono (CO).	97
4.2.5. Concentración de dióxido de nitrógeno (NO ₂)-12h	99
CONCLUSIONES	101
RECOMENDACIONES	102
FUENTES DE INFORMACIÓN	103
ANEXOS	106
Anexo 1: Matriz de consistencia.....	107
Anexo 2: Fotos de las galerías en la concesión minera los chancas v.	108

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Operacionalización de variables.....	7
Tabla 2: Calidad del aire.....	18
Tabla 3: Requerimiento de personal.....	25
Tabla 4: Ventiladores axiales.....	37
Tabla 5: Ventiladores centrífugos.....	38
Tabla 6: Uvicacion de area de estudios.....	49
Tabla 7: Coordenadas UTM.	49
Tabla 8: Ubicación de los monitoreos.....	51
Tabla 9: Coeficientes de fricción de mangas de ventilación.....	86
Tabla 10: Concentraciones de partículas (PM ₁₀).....	93
Tabla 11: Promedio aritmético de concentración de (PM ₁₀).....	93
Tabla 12: Concentraciones de partículas(PM _{2.5})	94
Tabla 13: Promedio aritmético de concentración de (PM _{2.5}).....	95
Tabla 14: Concentraciones de dióxido de azufre (SO ₂).....	96
Tabla 15: Promedio arimético de concentración de (SO ₂).....	96
Tabla 16: Concentraciones de monóxido de carbono (CO).....	97
Tabla 17: Promedio aritmético de concentración de (CO).....	98
Tabla 18: Concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO ₂).....	99
Tabla 19: Promedio aritmético de concentración de (NO ₂).....	99
Tabla 20: matriz de consistencia	107

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Ventilación impelente.....	41
Figura 2: Ventilación aspirante.....	42
Figura 3: Ventilación mixta.....	43
Figura 4: Ubicación de la concesión Los Chancas v.....	50
Figura 5: Equipo de análisis de gases portátil S200	51
Figura 6: Equipo contador de partículas HANDHELD 3016 IAQ	52
Figura 7: Grafica de valores de PM ₁₀ de (7a.m – 8a.m).....	52
Figura 8: Grafica de valores de PM ₁₀ de (8a.m – 9a.m).....	53
Figura 9: Grafica de valores de PM ₁₀ de (9a.m – 10a.m).....	53
Figura 10: Grafica de valores de PM ₁₀ de (10a.m – 11a.m).....	54
Figura 11: Grafica de valores de PM ₁₀ de (11a.m – 12p.m).....	54
Figura 12: Grafica de valores de PM ₁₀ de (12p.m – 1p.m).....	55
Figura 13: Grafica de valores de PM ₁₀ de (1p.m – 2p.m).....	55
Figura 14: Grafica de valores de PM ₁₀ de (2p.m – 3p.m).....	56
Figura 15: Grafica de valores de PM ₁₀ de (3p.m – 4p.m).....	56
Figura 16: Grafica de valores de PM ₁₀ de (4p.m – 5p.m).....	57
Figura 17: Grafica de valores de PM ₁₀ de (5p.m – 6p.m).....	57
Figura 18: Grafica de valores de PM ₁₀ de (6p.m – 7p.m).....	58
Figura 19: Grafica de valores de PM _{2.5} de (7a.m – 8a.m).....	58
Figura 20: Grafica de valores de PM _{2.5} de (8a.m – 9a.m).....	59
Figura 21: Grafica de valores de PM _{2.5} de (9a.m – 10a.m).....	59
Figura 22: Grafica de valores de PM _{2.5} de (10a.m – 11a.m).....	60
Figura 23: Grafica de valores de PM _{2.5} de (11a.m – 12p.m).....	60
Figura 24: Grafica de valores de PM _{2.5} de (12p.m – 1p.m).....	61
Figura 25: Grafica de valores de PM _{2.5} de (1p.m – 2p.m).....	61
Figura 26: Grafica de valores de PM _{2.5} de (2p.m – 3p.m).....	62
Figura 27: Grafica de valores de PM _{2.5} de (3p.m – 4p.m).....	62
Figura 28: Grafica de valores de PM _{2.5} de (4p.m – 5p.m).....	63
Figura 29: Grafica de valores de PM _{2.5} de (5p.m – 6p.m).....	63
Figura 30: Grafica de valores de PM _{2.5} de (6p.m – 7p.m).....	64
Figura 31: Grafica de valores de SO ₂ de (7a.m – 8a.m).....	64

	Pág.
Figura 32: Grafica de valores de SO ₂ de (8a.m – 9a.m).	65
Figura 33: Grafica de valores de SO ₂ de (9a.m – 10a.m).	65
Figura 34: Grafica de valores de SO ₂ de (10a.m – 11a.m).	66
Figura 35: Grafica de valores de SO ₂ de (11a.m – 12p.m).	66
Figura 36: Grafica de valores de SO ₂ de (12p.m – 1p.m).	67
Figura 37: Grafica de valores de SO ₂ de (1p.m – 2p.m).	67
Figura 38: Grafica de valores de SO ₂ de (2p.m – 3p.m).	68
Figura 39: Grafica de valores de SO ₂ de (3p.m – 4p.m).	68
Figura 40: Grafica de valores de SO ₂ de (4p.m – 5p.m).	69
Figura 41: Grafica de valores de SO ₂ de (5p.m – 6p.m).	69
Figura 42: Grafica de valores de SO ₂ de (6p.m – 7p.m).	70
Figura 43: Grafica de valores de CO de (7a.m – 8a.m).	70
Figura 44: Grafica de valores de CO de (8a.m – 9a.m).	71
Figura 45: Grafica de valores de CO de (9a.m – 10a.m).	71
Figura 46: Grafica de valores de CO de (10a.m – 11a.m).	72
Figura 47: Grafica de valores de CO de (11a.m – 12p.m).	72
Figura 48: Grafica de valores de CO de (12p.m – 1p.m).	73
Figura 49: Grafica de valores de CO de (1p.m – 2p.m).	73
Figura 50: Grafica de valores de CO de (2p.m – 3p.m).	74
Figura 51: Grafica de valores de CO de (3p.m – 4p.m).	74
Figura 52: Grafica de valores de CO de (4p.m – 5p.m).	75
Figura 53: Grafica de valores de CO de (5p.m – 6p.m).	75
Figura 54: Grafica de valores de CO de (6p.m – 7p.m).	76
Figura 55: Grafica de valores de NO ₂ de (7a.m – 8a.m).	76
Figura 56: Grafica de valores de NO ₂ de (8a.m – 9a.m).	77
Figura 57: Grafica de valores de NO ₂ de (9a.m – 10a.m).	77
Figura 58: Grafica de valores de NO ₂ de (10a.m – 11a.m).	78
Figura 59: Grafica de valores de NO ₂ de (11a.m – 12p.m).	78
Figura 60: Grafica de valores de NO ₂ de (12p.m – 1p.m).	79
Figura 61: Grafica de valores de NO ₂ de (1p.m – 2p.m).	79
Figura 62: Grafica de valores de NO ₂ de (2p.m – 3p.m).	80

	Pág.
Figura 63: Grafica de valores de NO ₂ de (3p.m – 4p.m).	80
Figura 64: Grafica de valores de NO ₂ de (4p.m – 5p.m)..	81
Figura 65: Grafica de valores de NO ₂ de (5p.m – 6p.m).	81
Figura 66: Grafica de valores de NO ₂ de (6p.m – 7p.m).	82
Figura 67: Material requerido.	85
Figura 68: Perdida de potencia del motor de ventilación.	90
Figura 69: Comparación de concentración de partículas en suspensión.	94
Figura 70: Comparación de concentración de partículas en suspensión.	95
Figura 71: Comparación de concentrado de dióxido de azufre.	97
Figura 72: Comparación de concentrado de monoxido de carbono.	98
Figura 73: Comparación de concentrado de dióxido de nitrogeno.	100
Figura 74: Acarreo de carbón.	108
Figura 75: Medidas de la galeria uno.	108
Figura 76: Medidas de la galeria dos.	109
Figura 77: Materiales de extracción y acareo.	109
Figura 78: Medidas de la galeria tres.	110
Figura 79: Produccion semanal.	110

RESUMEN

La presente tesis tiene por objetivo principal Implementar un sistema de ventilación que proporcione un flujo de aire continuo en la concesión minera Los Chancas V, distrito de Chalamarca, provincia de Chota y departamento de Cajamarca durante el año 2017. Ya que es un requerimiento fundamental contar con el diseño, calculo y dimensionamiento de un sistema de ventilación en esta mina para contribuir con las exigencias de las normas nacionales y con el bienestar de sus trabajadores. 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 sobrepasan los límites máximos permisibles. El trabajo se desarrolló teniendo en cuenta los requerimientos exigidos según el D.S. 023-2017 EM y las buenas prácticas de programación, para que de forma correcta y precisa se calculen los parámetros determinantes para el diseño de un circuito de ventilación para la mina, en donde posteriormente se hace la escogencia del ventilador según la información arrojada del algoritmo diseñado. El cálculo de caudal de aire para el personal que es de $110\text{m}^3/\text{min}$, para la producción de carbón es de $25.5 (\text{m}^3/\text{min.})$ y las mangas de ventilación deben tener un diámetro de 26 cm para transportar el aire a una velocidad del aire en tubería de $45.001(\text{m/s})$.

Palabras Clave: Ventilación, calidad de aire, gases, partículas en suspensión, ruido.

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to implement a ventilation system that provides a continuous air flow in the Los Chancas V mining concession, Chalamarca district, Chota province and department of Cajamarca during the year 2017. Since it is a fundamental requirement to have with the design, calculation and sizing of a ventilation system in this mine to contribute to the requirements of national standards and the welfare of its workers. The company INGECONSULT E.I.R.L. has carried out the monitoring of gases concerning PM10 and PM2.5 suspended particles; Carbon Monoxide, Sulfur Dioxide, Nitrogen Dioxide. Which do not exceed the maximum permissible limits. The work was developed taking into account the requirements demanded according to the D.S. 023-2017 EM and the good practices of programming, so that correctly and accurately calculate the determining parameters for the design of a ventilation circuit for the mine, where later the choice of the fan is made according to the information thrown from the algorithm designed. The calculation of air flow for personnel that is $110\text{m}^3 / \text{min}$, for the production of coal is $25.5 (\text{m}^3 / \text{min.})$ And the ventilation sleeves must have a diameter of 26 cm to transport the air at a speed of air in a pipe of $45.001 (\text{m} / \text{s})$.

Keywords: Ventilation, air quality, gases, particles in suspension, noise.

INTRODUCCIÓN

La propuesta de un sistema de ventilación en la concesión minera no metálica LOS CHANCAS V, es para que se lleve a cabo el proceso de hacer pasar un flujo de aire considerable para crear las condiciones necesarias y que los trabajadores se encuentren en una atmósfera agradable. Este proceso se realizará mediante la creación de un circuito de ventilación con el objetivo de que en todas las áreas de trabajo se lleve a cabo de igual manera, para esto es necesario que la mina cuente con un flujo constante de aire.

La propuesta de este sistema de ventilación es necesario para aquellos espacios donde solo hay un acceso por lo cual se deben colocar tubos de ventilación cuya longitud debe de abarcar la puerta de entrada hasta la puerta de la salida, ya que la ventilación de esta mina subterránea es muy importante para preservar la vida de los trabajadores.

Se tomó en cuenta las causas por la cual se necesita de la ventilación ya que se desea obtener la cantidad necesaria de oxígeno dentro de la mina porque es que en muchas ocasiones el carbón que se está explotando puede contener gases tóxicos además de generación de polvo en el ambiente de trabajo. Hay que considerar que mientras más profunda es una mina la temperatura tiende a aumentar por lo que es necesaria la climatización adecuada del ambiente.

La propuesta del sistema de ventilación en las operaciones de esta mina subterránea es un proceso de vital importancia para asegurar una atmósfera respirable y segura en beneficio de los trabajadores y para un óptimo desarrollo de sus funciones. Con el fin de lograr este objetivo será necesario garantizar la dotación de aire fresco y limpio tanto en los frentes de trabajo como en las galerías de acceso a estos, aprovechando las condiciones naturales de la mina y empleando medios auxiliares como la ventilación mecánica.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. Descripción de la realidad problemática

La concesión minera LOS CHANCAS V, donde se está haciendo la extracción de carbón de piedra, no cuenta con un sistema de ventilación ya que para seguir extrayendo el carbón de piedra se necesita de un continuo flujo de aire que mantenga el área de trabajo con la cantidad de oxígeno requerido y se realice la dilución y disipación correcta de los gases de mina y el polvo del ambiente.

El método de explotación empleado con cámaras y pilares, es uno de los requerimientos centrales del proyecto. En este método de explotación subterránea, es de mucha importancia tener la relación con el diseño, cálculo y dimensionamiento del Sistema de Ventilación Principal que deberá implementarse para atender las diversas operaciones minero-subterráneas, para ingresar aire limpio y expulsar el aire viciado de la mina.

El carbón de piedra constituye uno de los recursos más importantes por la generación de recursos económicos al contribuir de manera significativa a la obtención de divisas como consecuencia de un proceso sostenido de inversiones nacionales. Así mismo las actividades mineras ponen a los trabajadores en condiciones de alto riesgo de contraer enfermedades ocupacionales. Esta calificación puede ser consecuencia de los

ambientes contaminados a los que están expuestos los trabajadores, las características geológicas en el que se ubican los yacimientos, los modos operativos en que se planifica y ejecuta el trabajo (tales como la duración y forma en que se organizan las jornadas o los turnos laborales), Por unas u otras razones, la vida, la salud de los mineros requiere de medidas preventivas especiales destinadas a protegerlos.

En la actualidad, una organización minera que no ha implementado una herramienta de ventilación enfrentará deficiencias en cuanto a los incidentes, enfermedades, ineficiencias en la plataforma de las comunicaciones y auditorias de control, incumplimiento de objetivos, escaso conocimiento del manejo de la Salud Ocupacional.

La concesión minera Los Chancas V, no cuenta con un sistema de ventilación, por lo que es indispensable su implementación a pesar que hasta el momento no han tenido enfermedades ocupacionales.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

La investigación se llevó a cabo en la Región Cajamarca, Provincia Chota, Distrito de Chalamarca y en el Centro Poblado la Colpa, en la concesión minera Los Chancas V, una empresa privada de origen peruano; orientada a la extracción de carbón de piedra.

1.2.2. Delimitación social

En la investigación se trabajó con los veintidós trabajadores que laboran en la concesión minera Los Chancas V, para lograr la implementación del Sistema de ventilación.

1.2.3. Delimitación temporal

El estudio se llevó a cabo durante el año 2017, inició el 28 de septiembre y finalizó el 30 de diciembre, en la cual se realizó la propuesta para la implementación del Sistema de ventilación en la concesión minera Los Chancas V.

1.2.4. Delimitación conceptual

La ventilación en una mina subterránea es el proceso mediante el cual se hace circular por el interior de la mina el aire necesario para asegurar una atmósfera respirable y segura para el desarrollo de los trabajos de interior mina. Garantizar una dotación de aire fresco y limpio tanto a los frentes de trabajo. Aprovechando las condiciones naturales y empleando medios auxiliares mediante una ventilación mecanizada. El método más común para cumplir esta función, es hacer circular aire fresco y limpio en forma continua.

La ventilación de una mina es muy importante para evitar patologías o afecciones adquiridas por causa del trabajo, cuando un trabajador se expone a factores de riesgos en el medio ambiente de trabajo. Por lo tanto, las enfermedades que se originan de la exposición a factores de riesgos en las actividades laborales se consideran de origen ocupacional, esta enfermedad se complementa y se puede descartar mediante una investigación, incluyendo todos los aspectos del medio ambiente de trabajo y agentes directos e indirectos que pudieran afectar la salud del trabajador objeto de estudio. Es importante saber que dichas enfermedades podrían afectar el funcionamiento de los órganos y sistemas del cuerpo, además pueden ser de carácter enzimático, hormonal, psicológico, parenteral entre otros. (Niño, 2014).

El diseño de un sistema de ventilación de mina puede considerarse en dos partes:

Primera

- El planeamiento de las necesidades de aire en las labores subterráneas.
- El planeamiento de la distribución del flujo de aire a fin de satisfacer dichas necesidades.

Segunda

- La ubicación, dimensionamiento y determinación de las propiedades aerodinámicas de los conductores de aire.
- La ubicación y dimensionamiento de las características que deberán tener los ventiladores.
- La ubicación y determinación de las propiedades que deberán tener los reguladores y las puertas de ventilación.

1.3. Problemas de investigación

1.3.1. Problema principal

¿Cuál debe ser el diseño de un sistema de ventilación que proporcione un flujo de aire constante y adecuado para la concesión minera Los Chancas V, en el centro poblado la Colpa, distrito de Chalamarca, provincia de Chota y departamento de Cajamarca durante el año 2017?

1.3.2. Problemas secundarios

1. ¿Cuál es la propuesta del sistema de ventilación en la concesión minera Los Chancas V, en el centro poblado la Colpa, distrito de Chalamarca, provincia de Chota y departamento de Cajamarca durante el año 2017?

2. ¿Cuál debe ser caudal necesario para obtener la cantidad de oxígeno adecuada en la mina que genere un ambiente de trabajo limpio y seguro para los trabajadores?
3. ¿Cuál debe ser el circuito de ventilación óptimo que elimine el aire viciado del interior de la mina, mediante la supervisión y el control permanente de profesionales dentro de la mina?

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Proponer un diseño para la implementación de sistema de ventilación que proporcione un flujo de aire continuo en la concesión minera Los Chancas V, en el centro poblado la Colpa, distrito de Chalamarca, provincia de Chota y departamento de Cajamarca durante el año 2017.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Optimizar de la ventilación para asegurar una atmósfera respirable para el personal de la mina Los Chancas V, en el centro poblado la Colpa, distrito de Chalamarca, provincia de Chota y departamento de Cajamarca durante el año 2017.
2. Proponer un circuito de ventilación que nos permita explotar reservas que se encuentran a longitudes mayores a sesenta metros lineales y expulsar el aire viciado generado por los trabajadores y máquinas de todas las galerías de extracción del carbón.
3. Calcular la cantidad de aire para realizar la dilución de los gases y extraer el polvo proveniente de las labores de la mina.

1.5. Hipótesis y variables de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

Las condiciones de trabajo mejoraran mediante la instalación del sistema de ventilación en serie en la mina, ya que se dispondrá con un flujo continuo de 135.74 (m³/min) de aire a una velocidad de 45.001 m/s, para diluir los gases de mina y el polvo generado en el interior de la mina como consecuencia del movimiento del carbón.

1.5.2. Hipótesis secundarias

1. La optimización del sistema de ventilación se desarrolla mediante la evaluación de la cobertura de aire tanto en el frente de avance como en los accesos de la mina.
2. El circuito de ventilación será en serie para que sea más corto y evitar pérdidas de presión con una potencia de motor de 24 hp en un diámetro de tubería de 25 cm.
3. El caudal de aire será de 135.74 (m³/min) para mantener el área de trabajo limpio y hacer la dilución de los gases y la extracción del polvo del ambiente.

1.5.3. Variables

1.5.3.1. Variable independiente

- Sistema de ventilación.
- Ventilación artificial.

1.5.3.2. Variable dependiente

- Ventilación óptima.
- Calidad del aire.

1.5.3.3. Operacionalización de las variables

Tabla 1
Operacionalización de variables.

Variable	Tipo de Variable	Definición Conceptual	Dimensión	Subdimensión	Indicador
Sistema de Ventilación	Independiente	La ventilación se realiza estableciendo un circuito para la circulación del aire a través de todas las labores mineras.	Ventilación	Caudal de aire	M ³ /min.
			Presión	Estática	KPa
				Dinámica	KPa
Ventilación mecánica	Independiente	El objetivo de la ventilación es mantener las galerías en desarrollo y frentes de explotación, con un ambiente adecuado para el buen desempeño de hombres y máquinas.	Ventiladores centrífugos	Eficiencia del ventilador	%
			Ventiladores auxiliares	Eficiencia del ventilador	%
Ventilación Óptima	Dependiente	La optimización del sistema de ventilación se debe al flujo, presión y velocidad del aire.	Mangas de ventilación	Diámetro	Cm
Calidad del Aire	Dependiente	La calidad del aire es una indicación de que el aire está apto para ser respirado.	Partículas en suspensión	PM10 y PM2.5	µg/m ³
			Gases	CO, SO ₂ , NO ₂	µg/m ³

Fuente: Elaboración propia, (2017).

1.6. Metodología de la investigación

1.6.1. Tipo y nivel de investigación

a) Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo aplicativa no experimental, sobre una propuesta para la implementación de un sistema de ventilación en la concesión minera Los Chancas V (Sampieri, 2006).

b) Nivel de investigación

La presente investigación es de carácter descriptivo, ya que consiste en el estudio de un sistema de ventilación en la concesión minera Los Chancas V, a través de la descripción objetiva de las actividades, procesos, personas y herramientas. La meta de esta investigación no se limita a la recolección de datos, sino a la identificación de las relaciones que existen entre las variables (García, 2016).

1.6.2. Método y diseño de la investigación

a) Método de investigación

En lo referente al método es el Modelo científico porque se describe, mejora y se aplica una propuesta a un hecho real (Garro, 2009).

b) Diseño de investigación

Esta investigación es transversal y correlacional porque ha sido diseñada con la información de cada proyecto minero que haga el uso de la ventilación mecánica y con cumplimiento de las normas nacionales e internacionales (Garro, 2009).

1.6.3. Población y muestra de la investigación

a) Población

Las tres galerías donde se realizan la extracción del carbón de piedra en la concesión minera Los Chancas V.

b) Muestra

Una de las galerías donde se está realizando trabajos de extracción de carbón de piedra en la concesión minera Los Chancas V.

1.6.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

a) Técnicas

- **Técnica geológica**

- **Observación directa**

Se recolectan datos propios de la concesión tales como las coordenadas de los principales componentes mineros, número de trabajadores, especificaciones en el tipo de explotación, principales actividades en las operaciones mineras, entre otras.

- **Análisis documental**

Se recopiló y analizó toda información concerniente al tema y aplicarlo en el marco teórico de esta investigación.

- **Cálculo de caudal de Aire**

A través de equipos sofisticados de monitoreo para lograr evaluar la calidad de aire y además el cálculo del flujo.

- **Análisis de resultados del monitoreo**

Se usará los datos numéricos del monitoreo por hora, para luego analizarlos mediante cuadros estadísticos, y compararlos con los límites máximos permisibles para trabajo en minería subterránea.

b) Instrumentos

Los instrumentos a emplearse para la elaboración del presente trabajo de investigación serán:

- Ficha de Recolección de datos de Campo – Monitoreo de activos.
- Encuestas.

1.6.5. Justificación, importancia y limitaciones de la investigación

a) Justificación

Se propone la implementación de un sistema de ventilación en la concesión minera LOS CHANCAS V, para la ampliación y la continuación de extracción de carbón en las galerías 1, 2 y 3.

La propuesta de sistema de ventilación en esta mina de carbón se hace con el propósito de acondicionar la atmósfera del ambiente de trabajo de todas las galerías, proporcionando un clima seguro, saludable, y en lo posible cómodo para los mineros.

La propuesta del sistema de ventilación es para suplir la necesidad de aire limpio en las galerías 1, 2 y 3 de la concesión minera los chancas v, además de la disipación de los gases y polvo del ambiente de trabajo.

La ventilación en la concesión minera Los Chancas V, es para seguir explotando las galerías 1, 2 y 3 que tienen longitudes mayores a 60 metros y de esa forma cumplir con las normas de

salud y seguridad en el trabajo y de crear un ambiente limpio para los trabajadores.

Este medio se justifica con la necesidad de garantizar una dotación de aire fresco y limpio tanto en los frentes de trabajo como en las galerías de acceso a estos, aprovechando las condiciones naturales de la mina y empleando medios auxiliares como la ventilación mecánica, beneficiando a los veintidós trabajadores de la concesión minera Los Chancas V.

b) Importancia

Permitirá tener un ambiente más limpio en donde los trabajadores puedan desarrollar mejor sus labores y así evitar las enfermedades ocupacionales que se genera a través de los gases peligrosos y el polvo.

Empleando este sistema los trabajadores serán más eficientes y productivos ya que no abra elementos que perjudiquen su salud significa una optimización del recurso humano y por tanto un activo menos caro para una organización.

Este sistema de ventilación servirá para dar respuesta a las necesidades de un mercado competitivo y cada vez más exigente, de forma rentable, manteniendo el bienestar laboral y social, controlando los impactos ambientales generados de la operación, retribuyendo al medio ambiente y a la comunidad, con base en los lineamientos legales de cada país.

c) Limitaciones

- La empresa exige discreción en cuanto al manejo de información a utilizar.
- Debido a la ausencia de personal especializado en el área de extracción dentro de la concesión los lineamientos para el desarrollo del programa deben ser obtenidos de manera externa.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. A nivel internacional

- Campillos (2015), presentó su Tesis para obtener título de ingeniero de minas titulada: “optimización y modelización del circuito de ventilación de una mina subterránea” al departamento de ingeniería geológica y minera nacional de España, Madrid. En la cual describió que para generar una corriente de aire se tiene que tener una entrada de aire, una salida de aire y una diferencia de presión ya que la corriente de aire va hacia donde la presión es menor.
Concluyó que para hacer un diagnóstico de un circuito de ventilación se ha de sustentar en una serie de mediciones que permita conocer las condiciones presentes de la ventilación, tanto principal como secundaria. Y de allí determinar las futuras posibles correcciones necesarias.
- Calisaya (2012), presento su investigación en el simposio titulado: “Estandarización del proceso de ventilación en minas de carbón - Caso Carbones del Caribe S.A.S. Colombia” en la universidad de Utah Colombia, Medellín. En la cual describió que el proceso de implementación de sistemas de ventilación

en las minas de carbón es delicado, debido a la cantidad de variables que este tipo de sistemas involucra, como, dilución de metano y otros gases, velocidades de flujo relacionadas con el levantamiento de polvo de carbón, circulación de aire limpio, tiempos de evacuación de aire viciado, cantidades de aire en puntos críticos, condiciones ambientales (temperaturas y humedad) y requerimientos de ventiladores.

Concluyó que para mejorar o diseñar un sistema de ventilación se debe iniciar con un estudio detallado de las condiciones de operación de cada mina y la evaluación de todos los componentes que influyen sobre él sistema.

- Suarez (2013), presentó su investigación en la conferencia titulada: “El gas grisú, un peligro letal para los mineros” en España, Madrid. En el cual describió que el gas grisú, cuyo componente principal es el gas metano, provoca un desplazamiento del oxígeno y puede acabar provocando la muerte por asfixia. En este sentido, explicó que cuando en una galería el nivel de grisú en la atmósfera alcanza el 2,5 por ciento se procede al desalojo de la misma. Además, comentó que la única vía de salvación de los mineros en caso de un escape de grisú de consideración son los denominados equipos autorrescatadores, una especie de mascarillas de oxígeno que los mineros llevan adosados en la cintura de su traje.

Concluyó que las medidas de seguridad habituales en las explotaciones mineras e indicó que, además de los sistemas de ventilación que renuevan el aire, también están instalando dispositivos que de forma continua miden los niveles de oxígeno, metano y monóxido de carbono, medidas similares a las que realizan los vigilantes de forma permanente. Además, previamente al inicio de la explotación, también se realizan sondeos para detectar bolsas de gas y galería de reconocimiento. Aunque ay una forma artesanal de detectar el

grisú, un gas inodoro, es las lámparas de llama. Cuando la llama pierde fuerza o se apagaba, es señal de que podía haber grisú, por lo que tienen que salir de la zona.

2.1.2. A nivel nacional

- Suty (2016), presentó su Tesis para obtener el título de ingeniería de minas titulada: “influencia de la ventilación mecánica, en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 mina Urano SAC – Puno” a la universidad nacional del altiplano de Perú, Puno. En la cual describió que la mayor efectividad en la dilución de los gases tóxicos queda determinada por la distancia que está comprendida entre el extremo de la tubería/manga y el frente de trabajo, la que no debe ser muy grande para que te tenga las características de turbulencia de chorro libre.

Concluyó que si la tubería de extracción se coloca distante al frente de trabajo una gran proporción de aire puro de la galería será absorbido sin llegar al frente de trabajo, dejando sin remover los gases y el polvo, en instalaciones para este tipo de ventilación debe usarse tubería de acero, ya que los de lona se chupan, a menos que estas se refuercen, considerando no recomendables.

- Agüero (2012), presentó su tesis para obtener su título de ingeniería de minas titulada: “influencia de la ventilación natural y mecánica en el diseño del sistema de ventilación de las galerías - del nivel 1950 mina calpa - Arequipa” a la universidad nacional de Huancavelica de Perú, Huancavelica. en la cual describieron que la ventilación de minas tiene por objeto suministrar a las labores en operación suficiente aire fresco en función a las necesidades de la persona, equipo diésel autorizado y dilución de contaminantes, de modo que la

atmosfera en dichas zonas mantenga sus condiciones termo ambientales en compatibilidad con la seguridad, la salud y el rendimiento del personal.

Concluyó diciendo que se debe desarrollar técnicas de acorde a la reglamentación vigente, producto de una variada recopilación de obras de la especialidad y de conocimientos y experiencia adquiridos en el ejercicio de la profesión en diferentes empresas mineras que implementen sistemas de ventilación y las universidades.

- Jiménez (2015), presentó el libro titulado: “ventilación de minas subterráneas y túneles” Un adelanto del contenido de este libro, que fue publicado en la revista del Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, lima. en la cual describen que cada circuito de ventilación es distinto uno de otro entre una mina y otra ya que está condicionado por diversos factores ambientales que son únicos de cada zona. Estos factores son: humedad, temperatura, altura, zona climática, entre otros. También influye la disposición de cada mina, el tipo de minería que se lleva a cabo con ella y la dificultad que presenta la conexión entre galerías y túneles para el paso del flujo de aire fresco y el flujo de aire viciado.

Concluyó que las formas en que se encuentran Interconectadas las galerías dentro de un circuito de ventilación deciden la manera de cómo se distribuye el caudal del aire dentro de ellas y cuál será la depresión del circuito. La mayor o menor complicación en la determinación de un sistema de ventilación está íntimamente ligada a la forma de las conexiones de las galerías.

2.1.3. A nivel local

- García (2016), presentó su tesis para obtener título de ingeniero de minas titulada: "*Evaluación de la Situación Actual del Sistema de Ventilación y Propuesta para su Optimización de la Mina Subterránea Carbonífera Mi Grimaldina I - Cajamarca - 2016.*" A la universidad privada del norte de Perú, Cajamarca. En la cual describió 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.

Concluyó que, en 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.

- Chávez (2016), presentó su tesis para obtener título de ingeniero de minas titulada: "Diseño de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo Basado en la Ley 29783,

para Minimizar los Factores de Riesgo en la Concesión Minera Mi Grimaldina 1” A la universidad privada del norte de Perú, Cajamarca. El diagnóstico de la situación actual se obtuvo utilizando una herramienta formal llamada Lista de Verificación de Lineamientos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, dicha herramienta nos alcanza los lineamientos para determinar el porcentaje de cumplimiento respecto a los requisitos de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG SST), siendo el resultado para la Concesión Minera Mi Grimaldina 1 de 0% a 30% de cumplimiento, indicando que la mayoría de elementos del SG SST no son aplicados y que es necesario mejorar los procedimientos y estándares de trabajo. Se llevó a cabo entonces el Diseño de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo basado en la Ley 29783 para minimizar los factores de riesgo en la Concesión Minera Mi Grimaldina 1 y para mejorar la cultura de seguridad. Este sistema favorece el desarrollo de entornos de trabajos seguros y saludables para los empleados. Además, permite a la organización identificar y controlar coherentemente los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, reduciendo el número de accidentes e incidentes.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Sistema de ventilación

El sistema de ventilación en esta mina de vital importancia para hacer circular aire fresco por el interior de la misma, 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, como por ejemplo un socavón y un pique.

Este sistema de ventilación se realizará con el propósito de acondicionar la atmósfera del ambiente de trabajo de todas las labores subterráneas, proporcionando un clima seguro, saludable, y en lo posible cómodo para los mineros. Con el fin de lograr este objetivo será necesario garantizar la dotación de aire fresco y limpio tanto en los frentes de trabajo como en las galerías de acceso a estos, aprovechando las condiciones naturales de la mina y empleando medios auxiliares si fuese necesario (Agüero, 2012).

Tabla 2
Calidad del aire.

la calidad del aire debe mantenerse dentro de los límites máximos permisibles en el ambiente de trabajo según normas nacionales	
Oxígeno (O ₂)	Mínimo 19.5 % y máx. 22.5 %
Dióxido de carbono	Máximo 9000 mg/ m ³ . ó 5000 ppm.
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
Polvo inhalable	10 mg/ m ³
Polvo respirable	3 mg/ m ³

Fuente: García, (2016).

El método más común para cumplir este objetivo es hacer circular el aire limpio en forma continua a través de las labores y regresar el aire contaminado a la superficie una vez que se haya logrado el objetivo deseado. En el diseño de este sistema de ventilación de mina puede considerarse dividido en dos partes:

- A. Planeamiento de las necesidades de aire en las labores subterráneas.
- B. Planeamiento de distribución del flujo de aire.
 - La ubicación, dimensionamiento y determinación de las propiedades aerodinámicas de los conductos de aire.

- La ubicación y determinación de las características que deberán tener los ventiladores.
- La ubicación y determinación de las propiedades que deberán tener los reguladores y las puertas de ventilación.
- La evaluación del papel desempeñado por la ventilación natural y otras fuentes de presión.
- El diseño de planos de ventilación que contemplan eventualidades tales como la falla de alguno de los ventiladores, incendios subterráneos y otras emergencias.
- Cualquier distribución del flujo de aire que se adopte podrá ser lograda de manera diferente por lo que se deberá determinar la solución técnica más económica. (Campillos, 2015).

2.2.2. Ventilación subterránea

En todas las galerías se mantendrá una circulación de aire limpio y fresco en cantidad y calidad suficientes de acuerdo con el número de trabajadores, así como para la dilución de los gases que permitan contar en el ambiente de trabajo con un mínimo de diecinueve punto cinco por ciento (19.5%) de oxígeno como mínimo (D.S. 023, 2017).

Las labores de entrada y salida de aire deberán ser absolutamente independientes. El circuito general de ventilación se dividirá en el interior de las minas en ramales para hacer que todas las labores en trabajo reciban su parte proporcional de aire fresco, evitando toda recirculación de aire. Cuando la ventilación natural no sea capaz de cumplir con los artículos precedentes, deberá emplearse ventilación mecánica, instalando ventiladores principales, secundarios o auxiliares, según las necesidades (García, 2016).

Los ventiladores principales, secundarios y auxiliares serán instalados adecuadamente, para evitar cualquier posible recirculación del aire. No está permitido que los frentes de

desarrollo, de chimeneas y labores de explotación sean ventiladas con aire usado. En labores que posean sólo una vía de acceso y que tengan un avance de más de sesenta metros (60 m), es obligatorio el empleo de ventiladores auxiliares. En longitudes de avance menores a sesenta metros (60 m) se empleará también ventiladores auxiliares sólo cuando las condiciones ambientales así lo exijan. En las labores de desarrollo y preparación se instalará mangas de ventilación a no más de quince metros (15 m) del frente (D.S. 023, 2017).

Cuando existan indicios de estar cerca de una cámara subterránea de gas o posibilidades de un desprendimiento súbito de gas, se efectuará taladros paralelos y oblicuos al eje de la labor, con por lo menos diez metros (10 m) de avance. En los lugares de trabajo de las minas ubicadas hasta mil quinientos (1,500) metros sobre el nivel del mar, la cantidad mínima de aire necesario por hombre será de tres metros cúbicos por minuto (3 m³/min). En otras altitudes la cantidad de aire será de acuerdo a la siguiente escala (García, 2016):

- De 1,500 a 3,000 msnm aumentará en 40% que será igual a 4 m³/min
- De 3,000 a 4,000 msnm aumentará en 70% que será igual a 5 m³/min
- Sobre los 4,000 msnm aumentará en 100% que será igual a 6 m³/min

En ningún caso la velocidad del aire será menor de veinte metros por minuto (20 m/min) ni superior a doscientos cincuenta metros por minuto (250 m/min) en las labores de explotación, incluido el desarrollo y preparación (D.S. 023, 2017).

La concentración promedio de polvo respirable en la atmósfera de la mina, a la cual cada trabajador está expuesto, no será mayor del

Límite de Exposición Ocupacional de tres (3) miligramos por metro cúbico de aire para una jornada de ocho (8) horas (García, 2016).

En minas subterráneas, el titular de actividad minera efectuará muestreos del polvo respirable en las áreas de trabajo y dispondrá la paralización de las actividades que se realizan en dichas áreas cuando la concentración promedio del polvo supere el Límite de Exposición Ocupacional indicado. Las actividades en las labores serán reanudadas sólo cuando las condiciones que han originado su paralización hayan sido controladas (D.S. 023, 2017).

El contenido de polvo por metro cúbico de aire existente en las labores de actividad minera debe ser puesto en conocimiento de los trabajadores (García, 2016).

2.2.3. Tipos de ventilación

Se clasifica en dos grupos: Ø Ventilación natural Ø Ventilación mecánica dentro de la ventilación mecánica tenemos a la ventilación mixta esta es impelente y aspirante, en la impelente el ventilador impulsa el aire al interior de la mina, en el caso de aspirante el ventilador succiona el aire del interior de la mina y lo expulsa al exterior, el caudal requerido se calcula de acuerdo a los siguientes factores (García, 2016):

- A la cantidad de polvo en suspensión
- Al número de trabajadores
- Al aumento de temperatura
- Al consumo y tipo de explosivos

2.2.3.1. Ventilación natural

Es la ventilación en la que la renovación del aire se produce exclusivamente por la acción del viento o por la existencia de un gradiente de temperaturas entre el

punto de entrada y el de salida de la mina. En labores que posean sólo una vía de acceso y que tengan un avance de más de sesenta metros (60 m), es obligatorio el empleo de ventiladores auxiliares. En longitudes de avance menores a sesenta metros (60 m) se empleará también ventiladores auxiliares sólo cuando las condiciones ambientales así lo exijan. En las labores de desarrollo y preparación se instalará mangas de ventilación a no más de quince metros (15 m) del frente de avance (Jiménez, 2015).

2.2.3.2. Ventilación mecánica

Ventilación Auxiliar se define aquellos sistemas que haciendo uso de ductos y ventiladores auxiliares, ventilan áreas restringidas de las minas subterráneas. En nuestro caso por tratarse de faenas mineras de bajo tonelaje este sistema se asocia como sistema de Ventilación Principal de la Mina. El objetivo de la ventilación es mantener las galerías en desarrollo y frentes de explotación, con un ambiente adecuado para el buen desempeño de hombres y máquinas, es decir, con un nivel de contaminación ambiental bajo las concentraciones máximas permitidas (Jiménez, 2015). Los frentes de explotación o desarrollo que se encuentren distante de la corriente y la aireación de dicho sitio se haga lenta, deben emplearse ductos u otros medios auxiliares adecuados a fin que se produzca la renovación continua del aire (D.S. 023, 2017).

Es la ventilación auxiliar o 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. En las minas de carbón, en materia de ventilación, se cumplirá lo siguiente (Jiménez, 2015):

La cantidad mínima de aire por hombre en minas de carbón deberá ser de cuatro punto cinco metros cúbicos por minuto (4.5 m³/min) hasta mil quinientos (1,500) metros sobre el nivel del mar. Esta proporción será aumentada de acuerdo con la escala establecida por el D.S. 023-2017 EM.

- De 1,500 a 3,000 msnm aumentará en 40% que será igual a 4 m³/min
- De 3,000 a 4,000 msnm aumentará en 70% que será igual a 5 m³/min
- Sobre los 4,000 msnm aumentará en 100% que será igual a 6 m³/min

Los ventiladores de presión negativa o ventiladores aspirantes para la extracción del aire de mina, así como sus tableros, controles y su sistema eléctrico, deberán ser a prueba de presencia de gases y de atmósfera explosiva (D.S. 023, 2017).

Los ventiladores principales operaran continuamente. En caso de falla, todos los trabajadores deberán ser retirados de la mina y sólo podrán volver después de verificar que la calidad y cantidad del aire haya vuelto a sus condiciones normales (Jiménez, 2015).

Los ventiladores auxiliares impelentes para una mina de carbón deberán tener un motor eléctrico o un motor de aire comprimido apropiado. En el caso que el motor sea eléctrico, éste deberá ser colocado en corriente de aire fresco (Jiménez, 2015).

Todas las puertas de ventilación deben ser de cierre automático y a prueba de fuga de aire, prohibiéndose

terminantemente el empleo del espacio entre un par de puertas como depósito de madera u otros materiales, aunque sea en forma transitoria (D.S. 023, 2017).

Toda zona de trabajo será clasificada como “gaseada” en el caso que el gas metano de dicha zona se encuentre en concentración superior al límite de exposición ocupacional establecido en cero punto cinco por ciento (0.5%), por lo que se deberá tener en cuenta: La cantidad de aire por persona será el doble de la señalada del D.S.023-2017 EM (Jiménez, 2015).

Se analizará el aire de retorno de las zonas “gaseadas” y se determinará cada hora el contenido de metano en el ambiente de las labores correspondientes a dichas zonas (Jiménez, 2015).

En el caso de identificarse condiciones que representen un peligro potencial de explosión el personal autorizado de la mina tomará de inmediato las medidas necesarias para eliminar dicha situación (D.S. 023, 2017).

2.2.4. Requerimiento de caudal de aire

El objetivo principal de caracterizar un sistema de ventilación de minas, es la determinación de la cantidad y calidad de aire que debe circular dentro de ellas. Los factores que influyen en la determinación de ese caudal, dependen de las condiciones y características de desarrollo de cada operación y del método de explotación a utilizarse. Las necesidades de aire en el interior de la mina, son determinadas en base al número máximo de personal y de equipos que trabajarán simultáneamente en las labores en los diversos niveles que componen la mina, en adicción a las exigencias del método de explotación (Piérola, 2015).

2.2.4.1. Requerimiento de caudal aire para el personal

Es el cálculo de las necesidades, que permitirán ventilar las labores mineras de forma eficiente, mediante un control de flujos, tanto de inyección de aire fresco, como de extracción de aire viciado. Esto permite diluir y extraer el polvo suspendido, gases resultantes de la tronadura o de la combustión de equipos que consumen derivados del petróleo (Piérola, 2015).

Tabla 3
Requerimiento de personal.

Descripción	Cantidad
Jefe de Guardia	1
Electricista	1
Inspector	1
Seguridad	1
Excavadores	5
Acarreadores y llenadores	9
Topógrafo	1
Mecánico	1
Motorista	1
Ayudante de Motorista	1
Total	22

Fuente: Elaboración propia, (2017).

Como mínimo, se requiere una corriente de aire fresco de no menos de cinco metros cúbicos por minuto ($5\text{m}^3/\text{min.}$) por persona localizada en cualquier punto del interior de la mina (Piérola, 2015).

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

Donde:

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

F= Caudal mínimo por persona ($4\text{m}^3/\text{min.}$).

N= Número de personas en el lugar.

A pesar de que este método es utilizado con frecuencia, se debe considerar el valor de “F” solo como referencia, puesto que este valor no toma en cuenta otros factores

consumidores de oxígeno, tales como la putrefacción de la madera, la descomposición del material rocoso, la combustión de los equipos (Piérola, 2015).

2.2.4.2. Requerimiento de caudal de aire para la producción de carbón

Este requerimiento es generalmente aplicable en las minas de carbón.

Para minas metálicas y no-metálicas subterráneas, se tiene que tomar en cuenta el consumo de madera, ya que esta fijará el porcentaje de CO₂ existente en la atmosfera interior de la mina. El cálculo es basado sobre la suposición de que la cantidad de gas (CH₄ & CO₂) que se desprende es proporcional a la producción, expresado de forma aritmética (Suarez, 2013).

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

Donde:

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

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

T = Producción diaria en toneladas.

Para minas de carbón “u” varia generalmente entre 1 y 1.7 (m³/min.). En minas metálicas y no-metálicas con poco consumo de madera, varía entre la “u” varía entre 0.6 y 1 (m³/min.)

Una buena modalidad operacional es el sumar el caudal necesario calculado según el número de personas que trabaja en la mina, al caudal necesario calculado según las necesidades del equipo Diésel y sumarle a ese total un 20% o más para cubrir pérdidas y/o cortocircuitos (Suarez, 2013).

2.2.4.3. Requerimiento de caudal de aire por temperatura

La demanda de aire de la mina, teniendo en cuenta el número de trabajadores de la guardia más numerosa, la operación de los equipos diésel, los gases originados en las voladuras y la temperatura de las labores en trabajo. El aire requerido para mantener una temperatura del ambiente de trabajo igual o menor a 29 °C con velocidad no menor a 25 (m³/min.) en minas de carbón (Suarez, 2013).

2.2.4.4. Requerimiento de caudal de aire para el polvo en suspensión

La práctica más aceptada es generar una velocidad de aire determinada, por las áreas contaminadas y movilizar el polvo a zonas donde este no cause problemas. La velocidad mínima en los lugares de labores no debe ser inferior a veinte (25) metros por minuto ni superior a los doscientos cincuenta (250) metros por minuto. Hasta el momento no existe un método de cálculo, para el control del polvo, aceptados por todos en la industria minera, que tome en cuenta el polvo en suspensión. Pero es normativa, no escrita, que velocidades entre 30 a 45 m/min. Son suficientes para mantener las áreas despejadas (Suarez, 2013).

2.2.4.5. Requerimiento de aire por utilización de equipos diésel

Los equipos que usen motores de combustión a base de derivados del petróleo estarán provistos de dispositivos adecuados para el control de emisión de gases y humos. Si no poseen dichos dispositivos estarán prohibidos de ingresar a la mina. No se permitirá el ingreso al subsuelo

a los equipos cuya emisión de gases y humos estén provocando concentraciones por encima de los Límites de Exposición Ocupacional para Agentes Químicos, de (500ppm = 0.05% de concentración). De ser necesario la dilución de PPM de diésel dentro de la mina, se debe calcular el requerimiento de aire de cada equipo diésel, multiplicando 2.83 por la potencia y el número de equipos en funcionamiento/operando en el momento de máxima producción, a partir de la siguiente fórmula (Suarez, 2013):

$$Q = (V \times c) / y \text{ (m}^3\text{/min.)}$$

Dónde:

Q = Volumen de aire necesario para la ventilación (m³/min.).

V = Volumen de gas de escape producido por el motor (m³/Min.).

c = Concentración del componente tóxico, del gas de escape, siendo considerado (% en volumen).

y = Concentración máxima, higiénica segura, para el componente tóxico considerado (% en volumen).

Esta metodología requiere de un estudio previo para determinar el volumen de gases y la concentración del tóxico presente. Como no es un cálculo método lógico comprobado científicamente, se multiplica el producto de la ecuación por 2.5 para establecer un caudal de ventilación seguro. El caudal parcial de cada operación minera subterránea se debe calcular de acuerdo a la aceptada regla de proporcionar 2.83 m³/min. Por cada HP de motor de todo equipo de combustión a base de derivados del petróleo, en operación (= a 30.48 m³/min. por HP de motor) Al caudal arriba obtenido, según el tamaño de la flota de equipos de la operación, se le tiene

que añadir el caudal requerido por la totalidad máxima de personas trabajando en el interior de la mina. Una vez calculados los todos caudales, según los distintos requerimientos del aire a ser suministrado, se ejecuta un análisis para determinar cuál(es) caudal(es) se debe(n) considerar y cuál es la suma de ellos. A la cantidad determinada es aconsejable aumentarla entre un 25 y 30% para contrarrestar las pérdidas y/o filtraciones (Suarez, 2013).

$$Q \text{ Total} = Q_r + Q_f$$

Dónde:

Q_r = Caudal de aire requerido.

Q_f = Caudal de aire perdido mediante filtraciones.

Cuando el caudal de aire fresco a ser suministrado a la mina fluye a través de los ductos y galerías, la presión requerida para movilizar el aire por ellos depende no solamente de la fricción interna, sino que además depende de sus tamaños, longitud, forma del ducto, velocidad aplicada y la densidad del aire en movimiento. Todos estos factores son consolidados y atendidos por la ecuación conocida en la industria como la “ley de Atkinson” (Suarez, 2013):

$$P = KCLV^2 / A$$

Dónde:

P = Pérdida de presión.

K = Factor de fricción (Ns^2 / m^8).

C = Perímetro (metros).

L = longitud (metros).

V = Velocidad (m/ seg.).

A = Área (m^2).

La obtención del Caudal (óptimo) de aire fresco requerido por la operación total de la mina, la caída/pérdida de presión (posible) y la densidad (actual) del aire, determinan la velocidad operacional óptima de los sistemas de ventilación en minas subterráneas (Suarez, 2013).

2.2.4.6. Requerimiento de caudal de aire por diseño de labor

Para el diseño de este sistema de ventilación se considera un circuito de ventilación en serie 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 de a extremo.

El caudal que pasara por cada labor es el mismo que se ha considerado en la galería de muestra (Suarez, 2013):

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

Donde:

Qt: caudal total

Q1: caudal 1

Q2: caudal 2

Qn: número del caudal

2.2.5. La caída de presión:

Es importante determinar la diferencia de presión entre dos puntos que la determinación de la presión en ellos. El flujo de aire se origina porque existe una diferencia de presión entre dos puntos del sistema y para poder lograr esta diferencia es necesario agregar energía al sistema. Esta energía es consumida en superar las resistencias que las labores mineras le ponen al paso de una cantidad determinada de aire (Sutty, 2016).

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

$$K_t = K_1 + K_2 + \dots + K_n$$

Donde:

K_t: caída de presión total

K₁: caída de presión 1

K₂: caída de presión 2

K_n: número de caída de presión

El circuito de ventilación en paralelo, todas las labores se ramifican en dos o más 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 (Sutty, 2016).

$$P_1 = P_2 = P_3 = \dots = P_n$$

Donde:

P: presión

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

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

Donde:

Q: caudal

Para este sistema de ventilación 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 %, 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 (Sutty, 2016).

2.2.6. Composición del aire atmosférico

Las porciones más importantes para el análisis de la contaminación atmosférica son las dos capas cercanas a la Tierra: la troposfera y la estratosfera. El aire de la troposfera interviene en la respiración. Por volumen está compuesto, aproximadamente, por 78,08 % de nitrógeno (N₂), 20,94 % de oxígeno (O₂), 0,035 % de dióxido de carbono (CO₂) y 0,93 % de gases inertes, como argón y neón (Sutty, 2016).

En esta capa, de 7 km de altura en los polos y 16 km en los trópicos, se encuentran las nubes y casi todo el vapor de agua. En ella se generan todos los fenómenos atmosféricos que originan el clima. Más arriba, aproximadamente a 25 kilómetros de altura, en la estratosfera, se encuentra la capa de ozono, que protege a la Tierra de los rayos ultravioleta (UV) (Sutty, 2016).

En relación con esto vale la pena recordar que, en términos generales, un contaminante es una sustancia que está «fuera de lugar», y que un buen ejemplo de ello puede ser el caso del ozono (O₃) (Sutty, 2016).

Cuando este gas se encuentra en el aire que se respira, es decir bajo los 25 kilómetros de altura habituales, es contaminante y constituye un poderoso antiséptico que ejerce un efecto dañino para la salud, por lo cual en esas circunstancias se le conoce como ozono troposférico u ozono malo (Sutty, 2016).

2.2.6.1. Volumen específico del vapor de agua

Ley de Dalton

Según la ley de Dalton, la presión total de una mezcla de varios gases es igual a la suma de las presiones parciales que cada uno de los componentes ejercitaría,

si a igualdad de temperatura ocupasen por sí solos el mismo volumen que la mezcla. En la mezcla aire-vapor de agua (Sutty, 2016).

$$P = P_a + P_v$$

P: es presión atmosférica

$\{displaystyle p_{\{v\}}\}$ P_v: es la presión parcial del vapor de agua.

2.2.6.2. Pérdida de presión en una galería

Las pérdidas de presión están formadas por dos componentes: pérdidas por fricción y pérdidas por choque

$$H = H_f + H_x$$

PÉRDIDAS POR FRICCIÓN: representan las pérdidas de presión en el flujo lineal a lo largo del ducto y es producida por el roce del aire con las paredes del ducto.

PÉRDIDAS POR CHOQUE: son de origen local, producidas por accidentes como cambio de área, bifurcaciones, uniones, obstrucciones, cambios de dirección, etc (Sutty, 2016).

$$K = F \cdot (C/L/A^3) \cdot Q^2$$

Dónde:

K = Pérdida de presión (N/m²) (1Pa = 1N/m² = 0.1mm. de H₂O)

F = fricción = 0.002 – 0.004 Ns² /m⁴

C = Perímetro del ducto (m)

L = Longitud del ducto (m)

A = Sección transversal del ducto (m²)

2.2.6.3. Cálculo de la pérdida de presión del flujo de aire en la tubería

Con el fin de calcular la longitud nominal de la tubería, se mide la tubería lisa y a este valor se adiciona la longitud equivalente de cada unión o acople. La longitud de las uniones y acoples se puede calcular a partir de la tabla dada. Esta longitud equivale igualmente al 60% de la longitud de la tubería lisa estimada, es decir que la longitud total = tubería lisa x 1.6 (Sutty, 2016).

Fórmula de ATKINSON.

$$KL = (F \cdot P \cdot (L + Le) \cdot Q^2) / (5.2 \cdot A^3); \text{ pulgada de agua}$$

Dónde:

KL = Pérdida de presión

F = 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

2.2.7. Ventiladores

Un ventilador es una máquina rotativa que pone el aire, o un gas, en movimiento. Podemos definirlo como una turbo máquina que transmite energía para generar la presión necesaria con la que mantener un flujo continuo de aire. Dentro de una clasificación general de máquinas, como muestra el cuadro al pie, encontramos a los ventiladores como turbo máquinas hidráulicas, tipo generador, para gases (Niño, 2014).

Un ventilador consta en esencia de un motor de accionamiento, generalmente eléctrico, con los dispositivos de control propios de los mismos: arranque, regulación de velocidad, conmutación de

polaridad, etc. y un propulsor giratorio en contacto con el aire, al que le transmite energía (Niño, 2014).

Este propulsor adopta la forma de rodete con álabes, en el caso del tipo centrífugo, o de una hélice con palas de silueta y en número diverso, en el caso de los axiales (Niño, 2014).

El conjunto, o por lo menos el rodete o la hélice, van envueltos por una caja con paredes de cierre en forma de espiral para los centrífugos y por un marco plano o una envoltura tubular en los axiales. La envolvente tubular puede llevar una reja radial de álabes fijos a la entrada o salida de la hélice, llamada directriz, que guía el aire, para aumentar la presión y el rendimiento del aparato (Niño, 2014).

En el tipo helicocentrífugo y en el transversal, el elemento impulsor del aire adopta una forma cercana al de los rodetes centrífugos.

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

$$HP = (5.2 * HL * Q) / 33000$$

Dónde:

HP = potencia necesaria para el funcionamiento requerido.

HL = pérdida de presión; pulgadas de agua

Q = caudal requerido en CFM.

2.2.7.1. Tipos de ventiladores

Es de diseño aerodinámico. Es una Máquina rotativa que transmite energía al fluido que circula por ella, bajo la forma de aumento de presión.

Son aquellos en los cuales el flujo de aire sigue la dirección del eje del mismo. Se suelen llamar helicoidales, pues el flujo a la salida tiene una trayectoria con esa forma. En líneas generales son aptos para

mover grandes caudales a bajas presiones. Con velocidades periféricas medianamente altas son en general ruidosos (Niño, 2014).

En un sistema dado, de un ventilador axial se mantiene constante la densidad del aire, cumple con (Niño, 2014):

$$Q_1 / Q_2 = n_1 / n_2.$$

$$pe_1 / pe_2 = (n_1 / n_2)^2.$$

$$hp_1 / hp_2 = (n_1 / n_2)^3$$

Donde:

Q = Caudal

n= Velocidad de giro

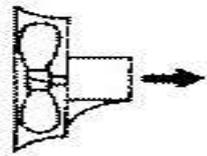
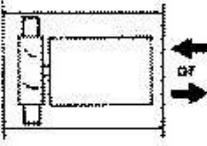
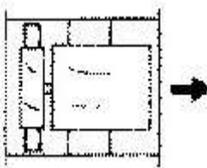
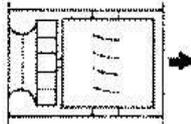
Pe = Presión estática

Hp= Potencia

- Ventiladores axiales

Son aquellos en los cuales el flujo de aire sigue la dirección del eje del mismo. Se suelen llamar helicoidales, pues el flujo a la salida tiene una trayectoria con esa forma. En líneas generales son aptos para mover grandes caudales a bajas presiones. Con velocidades periféricas medianamente altas son en general ruidosos. Suelen sub-clasificarse, por la forma de su envolvente, de la siguiente manera (Niño, 2014):

Tabla 4
Ventiladores axiales.

Ventilador	Descripción	Aplicación
<p>Helicoidal</p> 	<p>Ventiladores aptos para mover grandes caudales de aire con bajas presiones. Son de bajo rendimiento. La transferencia de energía se produce mayoritariamente en forma de presión dinámica.</p>	<p>Se aplica en circulación y extracción de aire en naves industriales. Se instalan en pared sin ningún conducto. Utilizados con objetivo de renovación de aire.</p>
<p>Tube axial</p> 	<p>Tienen rendimiento algo superior al anterior y es capaz de desarrollar una presión estática mayor. Por su construcción es apto para intercalar en conductos.</p>	<p>Se utiliza en instalaciones de ventilación, calefacción y aire acondicionado que requieran altos caudales con presión media a baja. También se utiliza en algunos sistemas industriales como cabinas de pintura y extracciones localizadas de humos.</p>
<p>vane axial</p> 	<p>Con diseños de palas airfoil, permiten obtener presiones medias y altas con buenos rendimientos. Las palas pueden ser fijas o de ángulo ajustable</p>	<p>Tiene aplicaciones similares a los tubeaxial, pero con la ventaja de tener un flujo más uniforme y la posibilidad de obtener presiones mayores. Para una determinada prestación es relativamente más pequeño que el ventilador centrífugo equiparable.</p>
<p>Centrifoil</p> 	<p>Se trata de un ventilador con rotor centrífugo pero de flujo axial. Es decir reúne las ventajas del ventilador centrífugo y la facilidad de montaje.</p>	<p>Las mismas aplicaciones que el ventilador vaneaxial.</p>

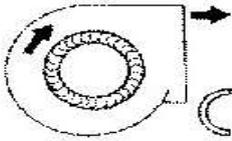
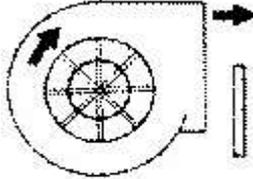
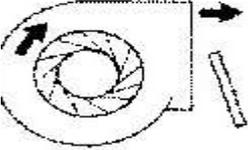
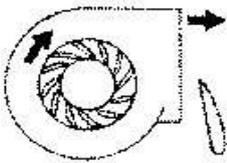
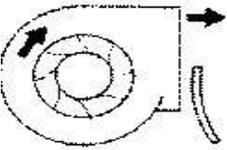
Fuente: chiblosa, (2006).

- Ventiladores centrífugos

Son aquellos en los cuales el flujo de aire cambia su dirección, en un ángulo de 90°, entre la entrada y salida. Generan que la corriente de aire cambie su orientación, desde el lugar donde ingreso, hasta la salida en un ángulo de noventa grados. Pueden ser utilizados para la calefacción o la refrigeración, para trabajar los materiales, entre otras aplicaciones. Pueden ser clasificados en paletas radiales, inclinado hacia adelante o hacia atrás, redondeado hacia adelante. En estos aparatos la trayectoria del aire sigue una dirección axial a la entrada y paralela

a un plano radial a la salida. Entrada y salida están en ángulo recto. Se suelen sub-clasificar, según la forma de las palas o álabes del rotor, de la siguiente manera (Niño, 2014):

Tabla 5
Ventiladores centrífugos.

Ventilador	Descripción	Aplicación
<p>curvadas hacia adelante</p> 	<p>Rotor con palas curvadas hacia adelante, apto para caudales altos y bajas presiones. No es autolimitante de potencia. Para un mismo caudal y un mismo diámetro de rotor gira a menos vueltas con menor nivel sonoro.</p>	<p>Se utiliza en instalaciones de ventilación, calefacción y aire acondicionado de baja presión.</p>
<p>palas radiales</p> 	<p>Rotor de palas radiales. Es el diseño más sencillo y de menor rendimiento. Es muy resistente mecánicamente, y el rodetete puede ser reparado con facilidad. El diseño le permite ser autolimpiante. La potencia aumenta de forma continua al aumentar el caudal.</p>	<p>Empleado básicamente para instalaciones industriales de manipulación de materiales. Se le puede aplicar recubrimientos especiales anti-desgaste. También se emplea en aplicaciones industriales de alta presión.</p>
<p>inclinadas hacia atrás</p> 	<p>Rotor de palas planas o curvadas inclinadas hacia atrás. Es de alto rendimiento y autolimitador de potencia. Puede girar a velocidades altas.</p>	<p>Se emplea para ventilación, calefacción y aire acondicionado. También puede ser usado en aplicaciones industriales, con ambientes corrosivos y/o bajos contenidos de polvo.</p>
<p>Airfoil</p> 	<p>Similar al anterior, pero con palas de perfil aerodinámico. Es el de mayor rendimiento dentro de los ventiladores centrífugos. Es autolimitante de potencia.</p>	<p>Es utilizado generalmente para aplicaciones en sistemas de HVAC y aplicaciones industriales con aire limpio. Con construcciones especiales puede ser utilizado en aplicaciones con aire sucio.</p>
<p>radial tip</p> 	<p>Rotores de palas curvadas hacia adelante con salida radial. Son una variación de los ventiladores radiales, pero con mayor rendimiento. Aptos para trabajar con palas anti desgaste. Son autolimpiantes. La potencia aumenta de forma continua al aumento del caudal.</p>	<p>Como los radiales estos ventiladores son aptos para trabajar en aplicaciones industriales con movimiento de materiales abrasivos, pero con un mayor rendimiento.</p>

Fuente: chiblosa, (2016).

- Circulación del aire

El aire circula por un conducto gracias a la diferencia de presión que existe entre sus extremos.

Para diferencias de nivel de hasta 100 m, velocidades inferiores a 50 m/s (caso que puede considerarse al aire como incompresible) y régimen estacionario, las presiones obedecen al siguiente teorema (Jiménez, 2015):

La expresión analítica del mismo dice: La suma de la presión estática, la dinámica y la debida a la altura, es constante para todos los puntos de un filete de fluido (Jiménez, 2015).

- Presiones

Si el conducto es horizontal, o la diferencia es inferior a 100 metros, la presión por diferencia de altura es cero. La presión estática P_e actúa en todos sentidos dentro del conducto. Se manifiesta en el mismo sentido y en el contrario de la corriente. La presión dinámica P_d actúa en el sentido de la velocidad del aire. La presión total P_t es constante en todos los puntos del filete de fluido considerado y su expresión es (Jiménez, 2015):

$$P_t = P_e + P_d$$

- Caudal

La distribución del aire en la mina se ve influida por las velocidades de los ventiladores y por los ángulos de apertura de las compuertas, Hay interacción entre los actuadores y la circulación de aire en la mina. Esto significa que una velocidad modificada en un ventilador no sólo afectará al caudal de aire donde se encuentra el ventilador, sino que afecta al

que exista en otras conducciones. Esta interacción dificulta el control del caudal de forma óptima; por ello, es importante que el modelo capte este comportamiento.

Para mantener el caudal de aire deseado en diversos conductos de aire, mientras se reduce al mínimo la potencia necesaria para que los ventiladores funcionen. Las conducciones que suministran aire a las zonas de producción deben tener un caudal de aire que supere el necesario. Pueden requerirse otras conducciones de aire con caudales que deben mantenerse tan pequeños como sea posible.

Es la cantidad de aire que circula por el conducto. Su expresión es (Jiménez, 2015):

$$Q = v S \text{ (m}^3\text{/h)}$$

2.2.7.2. Sistema de ventilación

Existen diferencias entre la ventilación en fase de construcción y de explotación, pues en la primera se emiten más contaminantes, principalmente en la zona del frente de avance, estando además allí los operarios durante toda la jornada de trabajo. Otra diferencia importante en la ventilación durante la construcción de un túnel es que sólo tiene una entrada, por lo que la ventilación debe conseguirse asegurando la circulación desde la entrada hasta el frente de avance (Jiménez, 2015).

- Ventilación impelente

El aire entra al frente del fondo de la galería a través de la tubería, impulsado por un ventilador, 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. La corriente de aire limpio que se genera en este sistema, a una velocidad relativamente alta, provoca al entrar en contacto con los gases que hay en el frente una mezcla turbulenta con lo que se elimina la potencial de acumulación o estratificación del gas en zonas próximas al frente. La salida del conducto debe estar situada a una distancia adecuada del frente, de modo que la zona de barrido se extienda hasta éste. Si la distancia es excesiva, se crea una zona muerta, en la que el aire no se renueva (Jiménez, 2015).

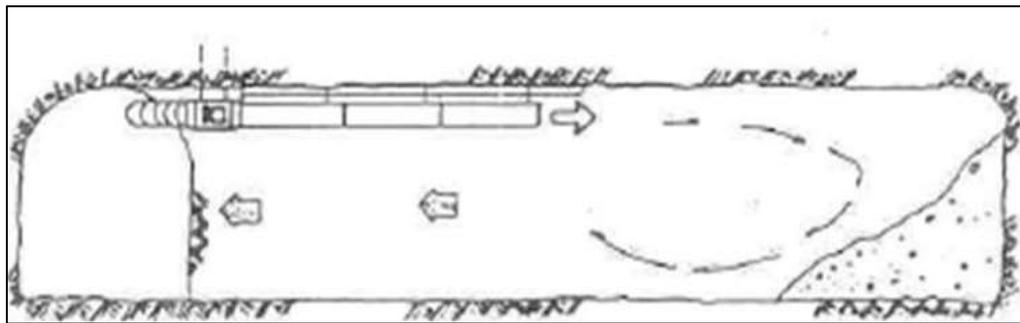


Figura 1: Ventilación impelente.

Fuente: Slideshare, (2008).

- Ventilación aspirante

En ella se emplea la conducción del aire como aspirante (tubería rígida) extrayendo el polvo y los gases a su través. El aire entra por la boca del túnel y atraviesa toda su sección hasta llegar al frente de avance, mezclándose así con los distintos contaminantes que puedan existir. Un ventilador acoplado a la tubería hace que el aire del frente entre en ésta y sea expulsado por su otro extremo al exterior del túnel (Jiménez, 2015).

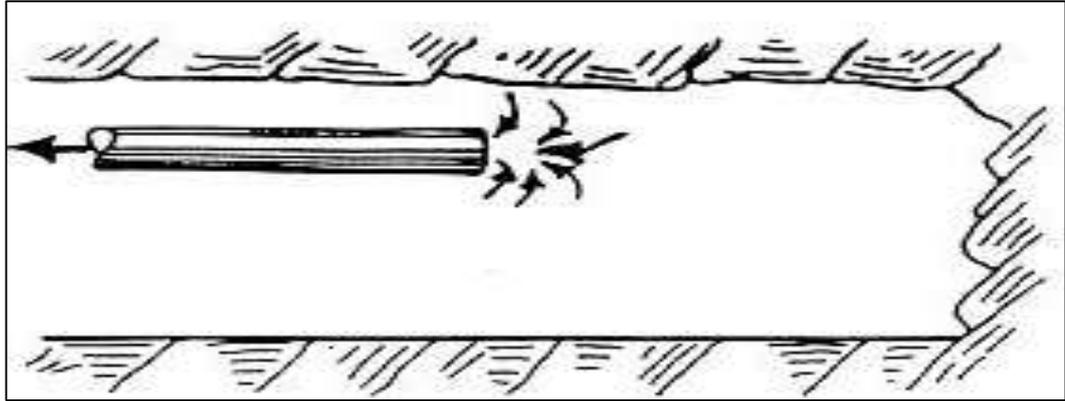


Figura 2: Ventilación aspirante.

Fuente: Slideshare, (2008).

- Ventilación mixta

Es una combinación de las anteriores; cuando se produce la pega (voladura) se adopta la disposición aspirante y una vez extraída la mayor parte de los gases sucios, se cambia a soplante.

La ventaja de la ventilación aspirante es que los gases y el polvo retornan por la tubería evitando que los respire el personal. Además, tras el disparo de las voladuras los gases y humos se eliminan rápidamente. Por contra, se requiere una tubería rígida o si es de lona deben estar armadas con una espiral de acero, el aire entra por el túnel lentamente, la ventilación aspirante deja algunas zonas del frente mal ventiladas, precisa una mayor potencia instalada y genera mayores pérdidas de carga. Cuando la obra subterránea presenta una gran longitud, es práctica frecuente la utilización de dos o más ventiladores instalados en serie. Con esta disposición se racionaliza la utilización, añadiendo ventiladores a medida que avanza el frente hasta la instalación final para el último tramo de obra (García, 2016).

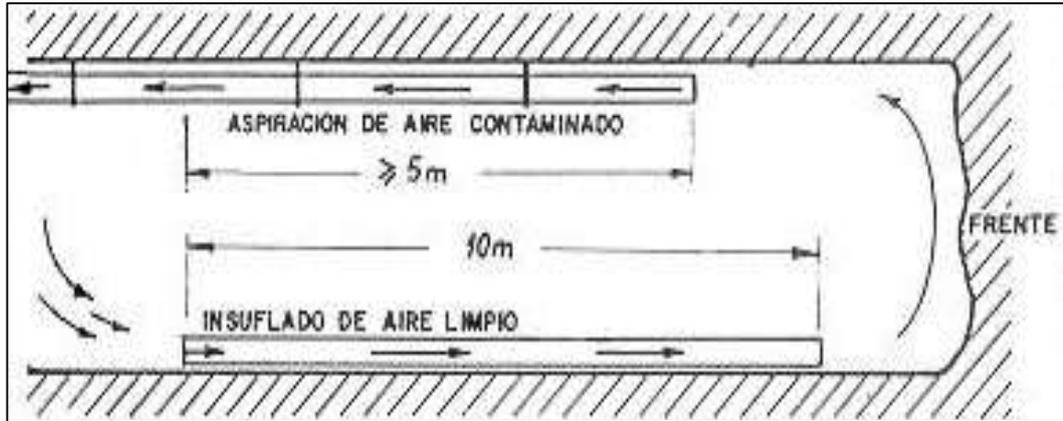


Figura 3: Ventilación mixta.
Fuente: Slideshare, (2008).

2.2.8. Controles y monitoreo continuo

El caudal de aire es el principal factor en la caracterización de un sistema de ventilación, ya que establece las condiciones ambientales de la mina, tales como temperatura y humedad, las cuales les brindan a los trabajadores un confort en sus labores. El caudal se ve afectado por las resistencias generadas por las galerías y la capacidad de los ventiladores (García, 2016).

2.2.8.1. Medición de la velocidad promedio

La velocidad promedio se utiliza para el cálculo de los caudales, esta se mide usando un anemómetro digital o de paletas, dependiendo de la sensibilidad del equipo. En una galería se deben ubicar los puntos de medición de una manera uniforme; con el fin de abarcar toda la longitud de dicha galería e identificar zonas en donde existan fugas y cambios de sección, muy comunes en la explotación (García, 2016).

2.2.8.2. Medición de la sección transversal de la galería

Esta medición debe realizarse en cada estación de aforo de caudal y se debe tomar dependiendo de la forma que presente la galería.

Los parámetros medidos son anotados en campo, para posteriormente ser usados en un software, tipo CAD, quien suministrará las áreas requeridas (García, 2016).

2.2.8.3. Cálculo de caudal

Los caudales se calculan a partir de la velocidad promedio medida y el área transversal de la galería. La ecuación utilizada es la siguiente (García, 2016):

$$Q = VXS(m^3/s)$$

Donde:

Q= caudal (m^3/s)

V=velocidad promedio (m/s)

S= Área de sección transversal (m^2)

2.2.8.4. Caudales de aire mínimo por trabajadores

El volumen mínimo de aire que circule en las labores subterráneas, debe calcularse teniendo en cuenta el turno de mayor personal, la elevación de éstas sobre el nivel del mar, gases o vapores nocivos y gases explosivos e inflamables, cumpliéndose lo siguiente:

Excavaciones mineras hasta 1.500 metros sobre el nivel del mar (García, 2016):

3 m^3 /min. Por cada trabajador.

2.3. Definición de términos básicos

- **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 (García, 2016).

- **Combustión:** La antracita es difícil de prender, se quema lento y requiere mucho oxígeno para su combustión generando en el proceso muy pocas flamas (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 calefacción. 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 (Chambergó, 2013).

- **Formación:** Se suele hallar en zonas de deformación geológica aunque su formación más que a la deformación se debe al calor de fuertes gradientes geotermales o intrusiones ígneas. Las temperaturas requeridas para formar antracita son de 170 a 250 °C, lo cual supera a las temperaturas alcanzadas en las profundidades de la mayoría de las cuencas sedimentarias (Campillos, 2015).

- **Implementación:** Después del diseño detallado del proyecto de ventilación, el paso siguiente es elaborar un plan de implementación del mismo, la elaboración de un plan de implementación es un paso importante en la gestión de este proyecto. Idealmente, el plan de implementación debe incorporar todos los aspectos de la implementación del proyecto, incluyendo las estrategias descritas para lograr sus resultados, métodos de trabajo con los colaboradores

y otros participantes, y el sistema de manejo de la información y el conocimiento. También debe cubrir materias operativas y administrativas, tales como la adquisición y manejo de activos del proyecto, y el calendario de los informes financieros y de avance (Calisaya, 2012).

- **Minería subterránea:** La minería tiene por objetivo extraer recursos minerales de la tierra. La minería subterránea, por su parte, abarca todas las actividades encaminadas a extraer materias primas depositadas debajo de la tierra y transportarlas hasta la superficie. El acceso a los recursos se efectúa por galerías y pozos que están comunicados con la superficie (Campillos, 2015).
- **Yacimientos y reservas:** La roca constituye alrededor de un 1% de las reservas mundiales de carbón mineral. Se puede hallar en varios países incluyendo el oriente de Canadá y de EE.UU., Sudáfrica, China, Australia, Perú y Colombia. En este último país yacen "semiantracitas y antracitas para usos industriales" en sus partes centrales y orientales. En la actualidad China es el mayor productor de antracita siendo responsable de la extracción de más de tres cuartos del total global (García, 2016).

CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Confiabilidad y validación del instrumento

3.1.1. Tipo de diseño de investigación

El diseño de la investigación es no experimental para evaluar el sistema de ven ventilación en la mina los chancas v.

3.1.2. 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 los Chancas v, y este conocimiento puede utilizarse en el futuro.

3.1.3. 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.

3.2. Procedimientos

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

3.2.1. 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.

3.2.2. 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.

3.2.3. 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.

3.2.4. 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.

3.3. Ubicación del área de estudio

Tabla 6

Ubicación del área de estudio.

Continente	América del Sur
País	Perú
Región	Cajamarca
Departamento	Cajamarca
Provincia	Chota
Distrito	Chalamarca
Centro Poblado	Colpa

Fuente: Elaboración propia, (2017).

La concesión Los Chancas V, 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.

El área de la concesión es de 300 hectáreas y está delimitada entre las siguientes coordenadas UTM (PSAD 56 - 17S):

Tabla 7

Coordenadas UTM (PSAD 56 - 17S).

VÉRTICE	NORTE	ESTE
VNE	9 275 000	780 000
VSE	9 275 000	781 000
VSW	9 272 000	781 000
VNW	9 272 000	780 000

Fuente: Elaboración propia, (2017).

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



Figura 4: Ubicación de la concesión Los Chancas v.
Fuente: Elaboración propia, (2017).

3.4. Descripción de monitoreo

3.4.1. Ubicación de los monitoreos:

Tabla 8
Ubicación de los Monitoreos

UBICACIÓN	ESTE	NORTE
BOCAMINA 1	780 387	9 273 185
BOCAMINA 2	780 192	9 274 324
BOCAMINA 3	780 695	9 272 815

Fuente: Elaboración propia, (2017).

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}.



Figura 5: Equipo de análisis de gases portátil S200.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).



Figura 6: Equipo contador de partículas *HANDHELD 3016 IAQ*.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

3.4.2. Partículas en suspensión Pm_{10} -12h

Al realizar la determinación de las partículas PM_{10} por el Equipo contador de partículas *HANDHELD 3016 IAQ*.

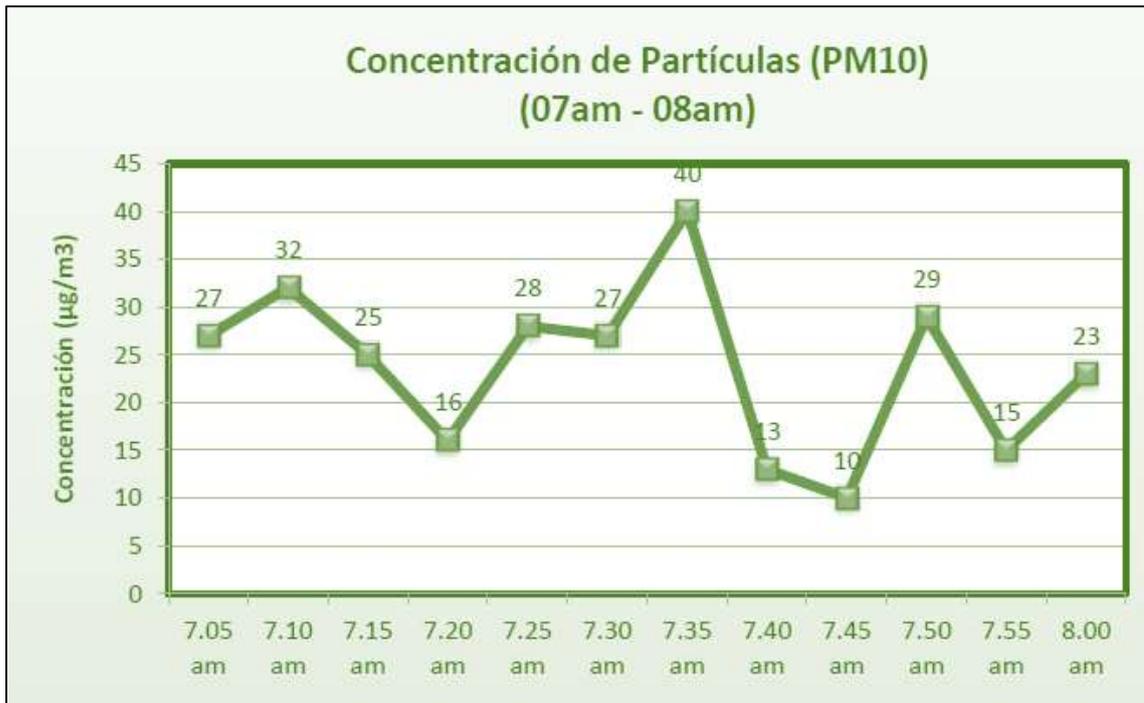


Figura 7: Gráfica de valores de Material Particulado (PM_{10}), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

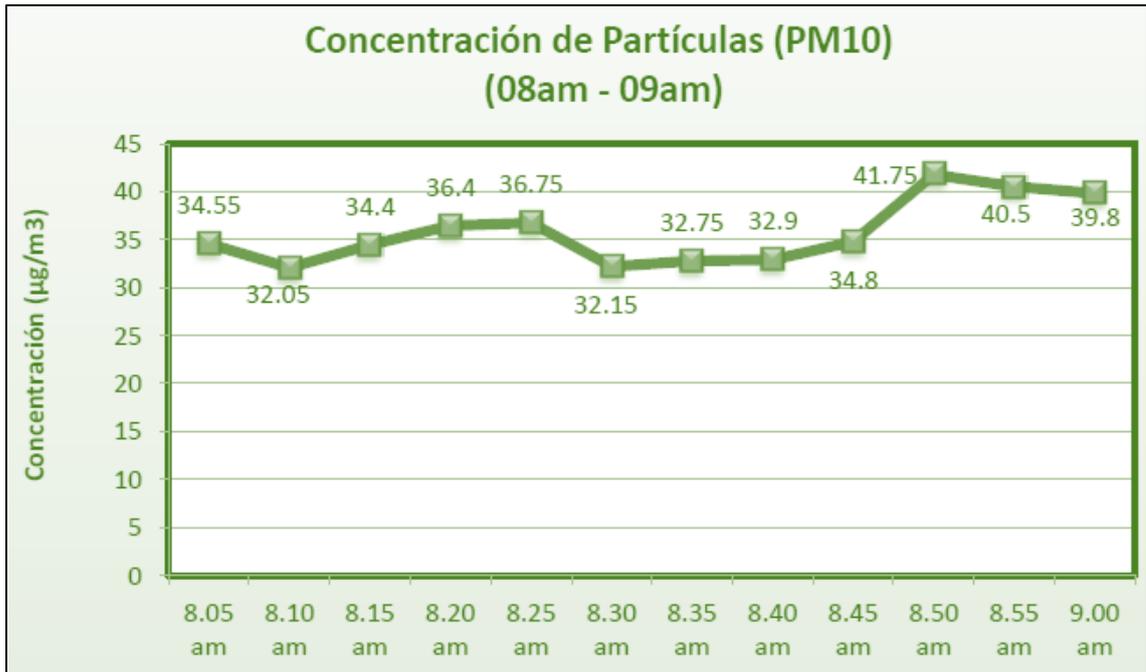


Figura 8: Gráfica de valores de Material Particulado (PM₁₀), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

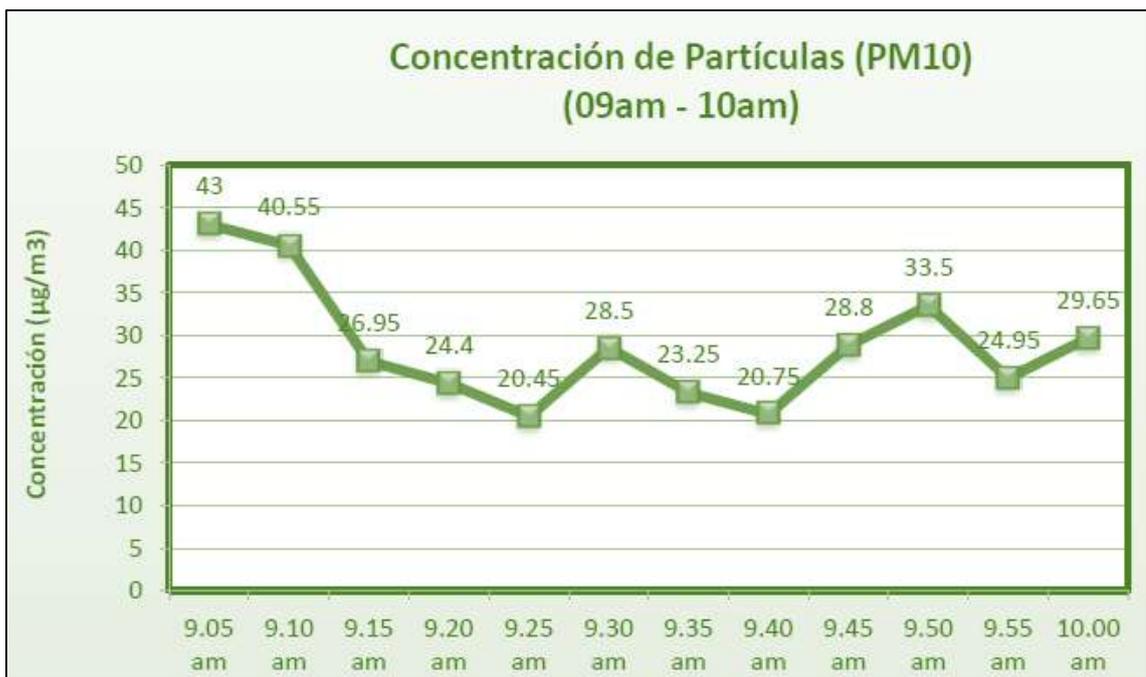


Figura 9: Gráfica de valores de Material Particulado (PM₁₀), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

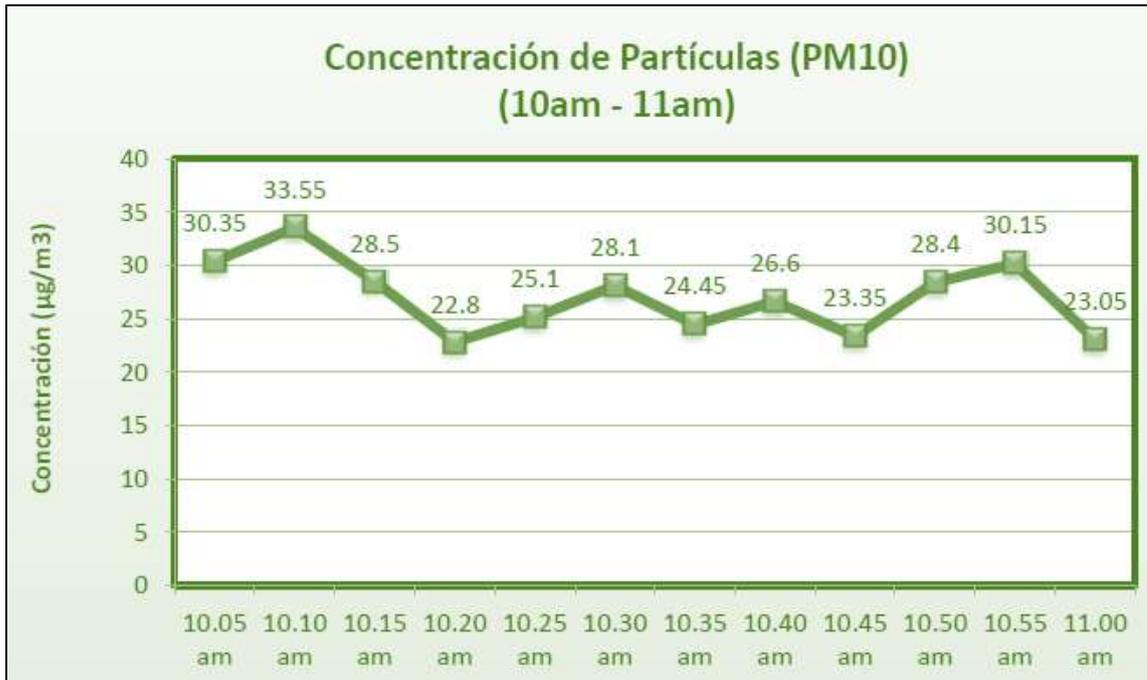


Figura 10: Gráfica de valores de Material Particulado (PM₁₀), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

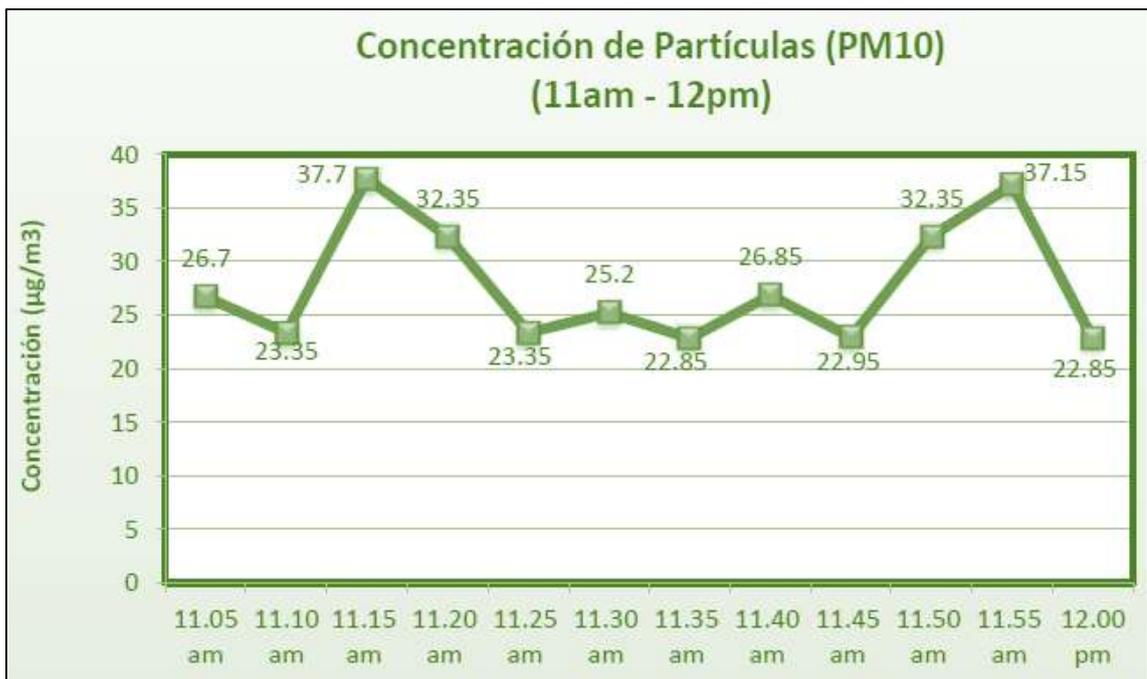


Figura 11: Gráfica de valores de Material Particulado (PM₁₀), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

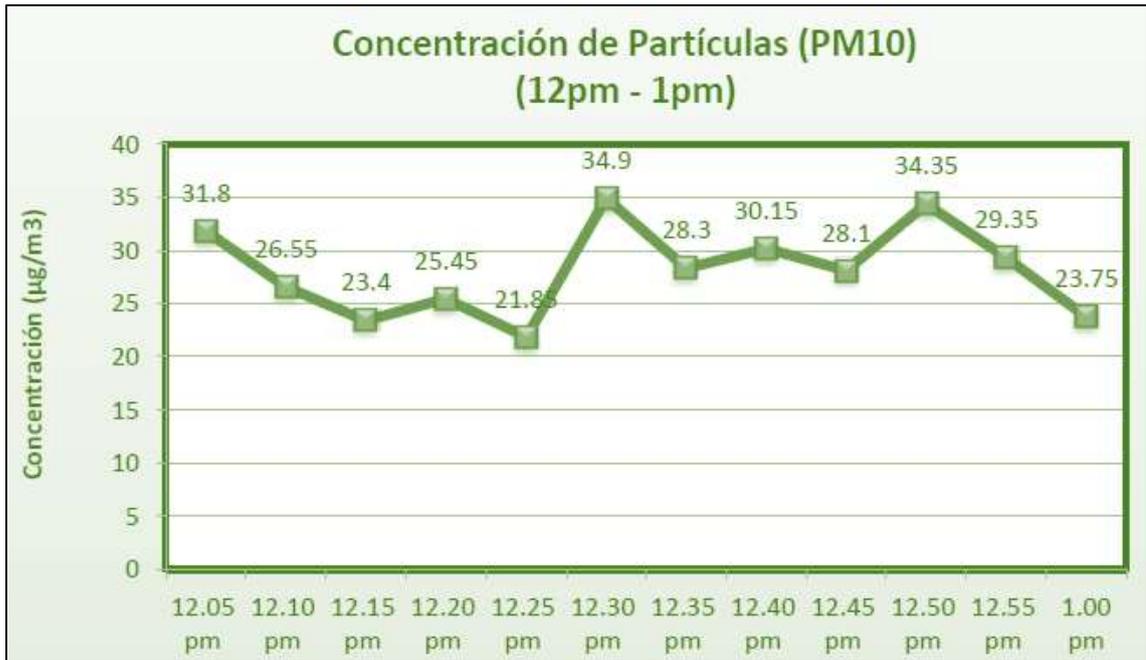


Figura 12: Gráfica de valores de Material Particulado (PM₁₀), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

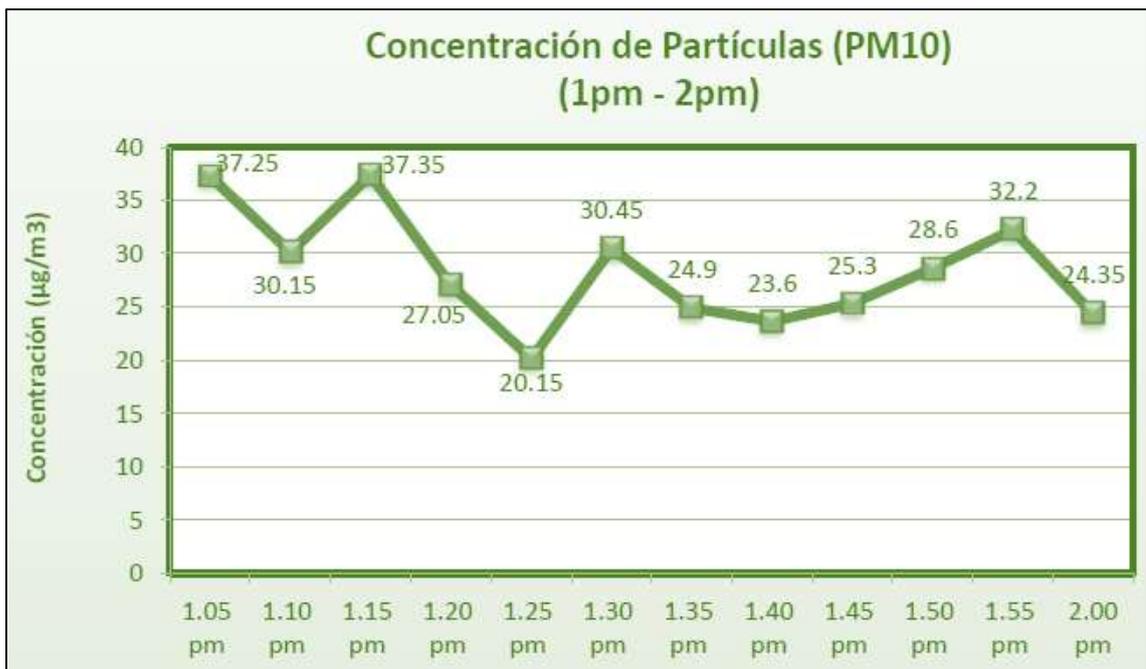


Figura 13: Gráfica de valores de Material Particulado (PM₁₀), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

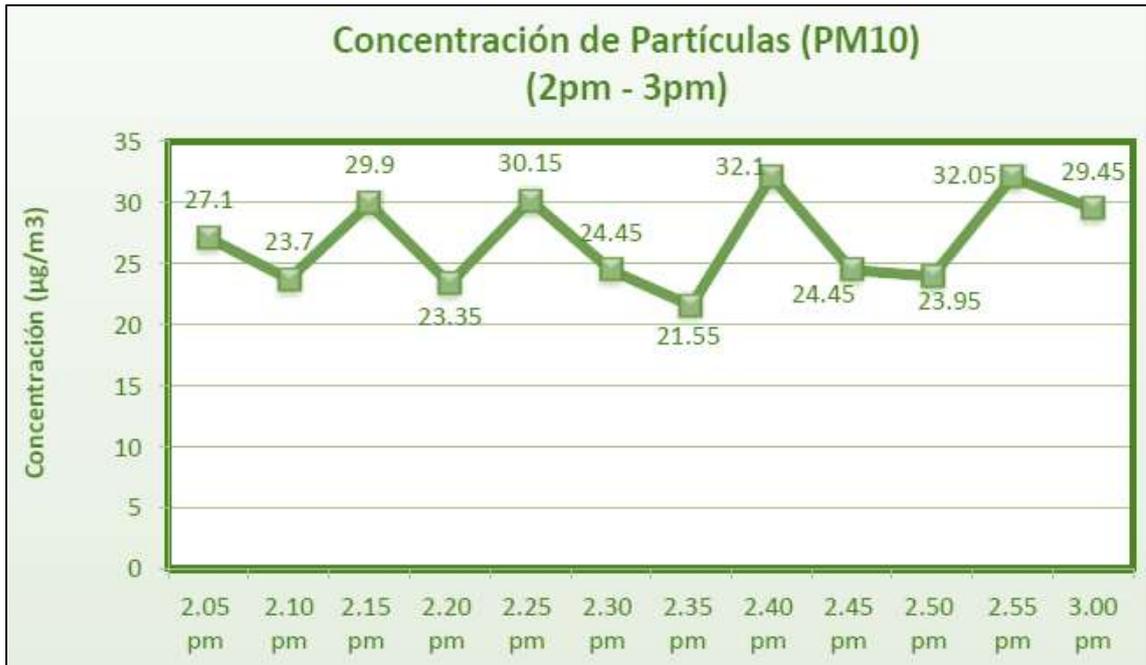


Figura 14: Gráfica de valores de Material Particulado (PM₁₀), cada cinco minuto
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

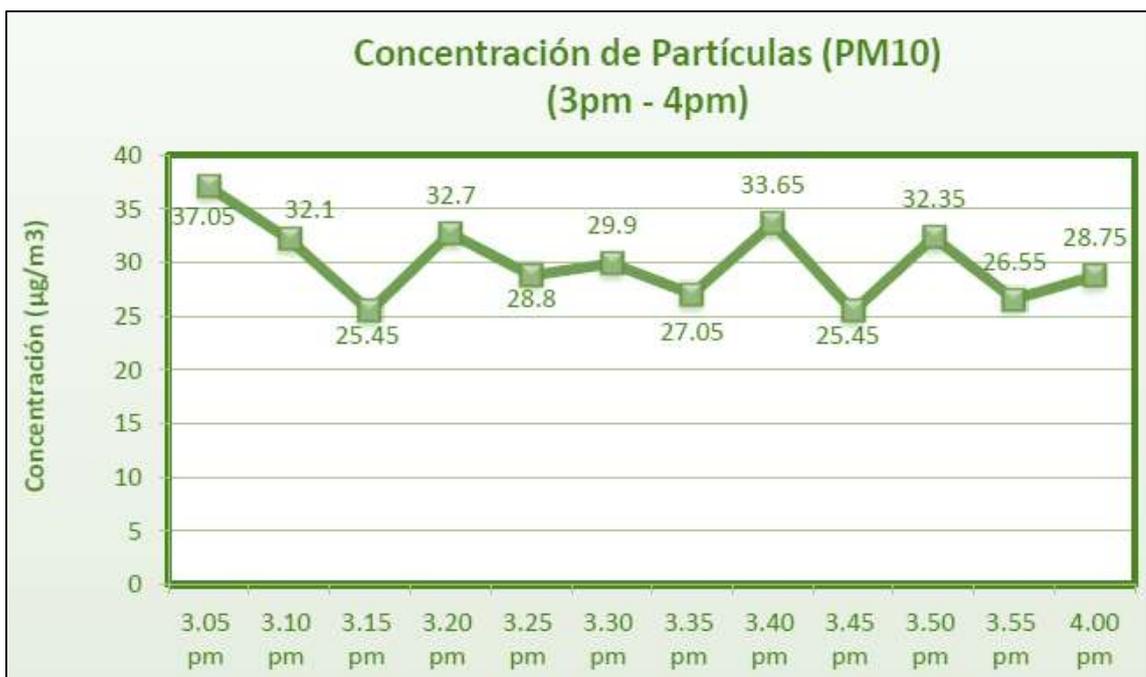


Figura 15: Gráfica de valores de Material Particulado (PM₁₀), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

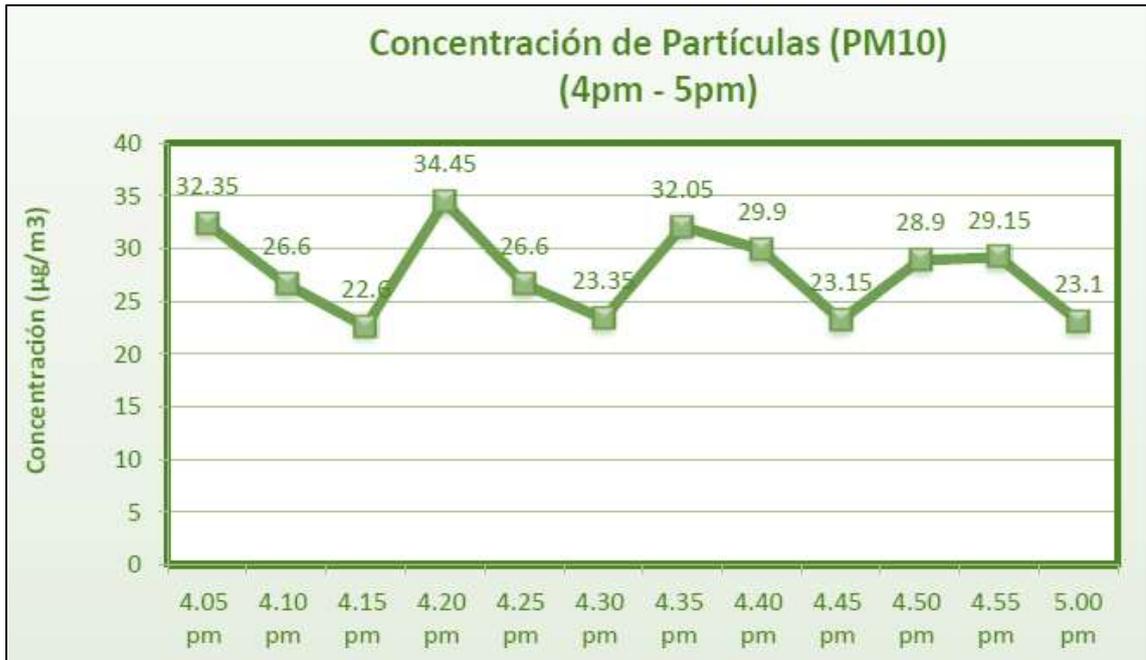


Figura 16: Gráfica de valores de Material Particulado (PM₁₀), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

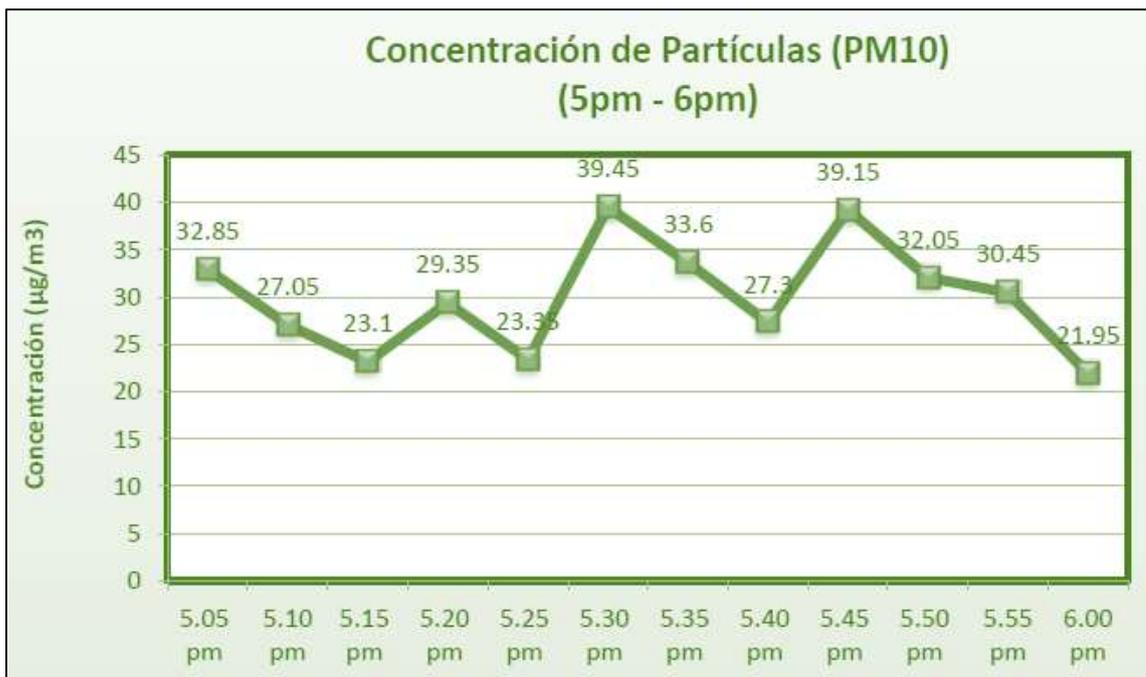


Figura 17: Gráfica de valores de Material Particulado (PM₁₀), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

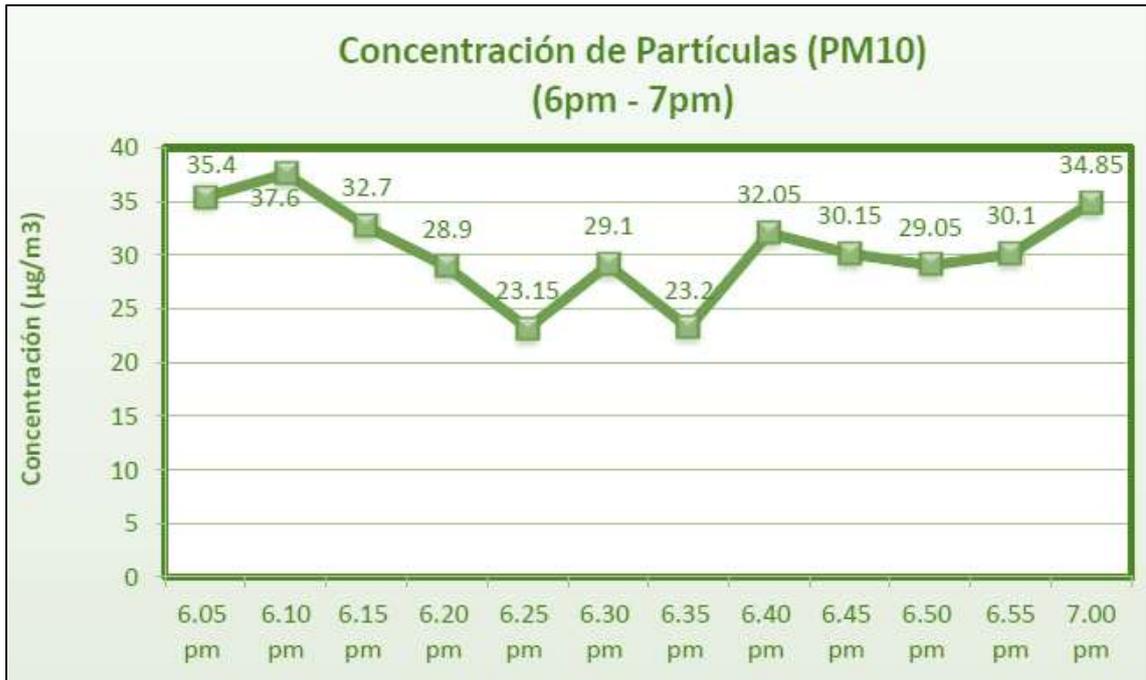


Figura 18: Gráfica de valores de Material Particulado (PM₁₀), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

3.4.3. Partículas en suspensión Pm_{2.5}

Al determinar las partículas PM_{2.5} 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.

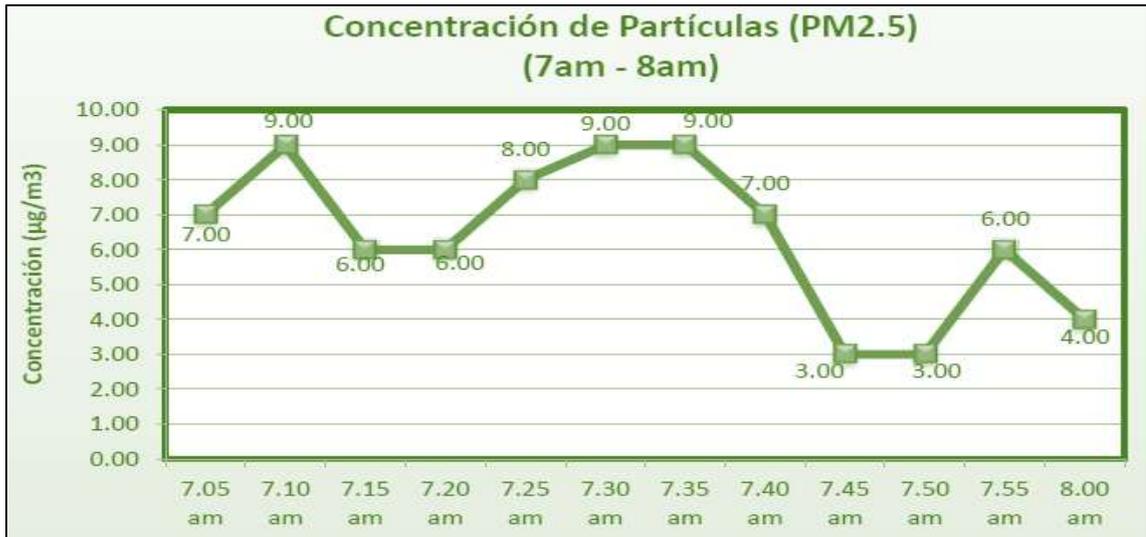


Figura 19: Gráfica de valores de Material Particulado (PM_{2.5}), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

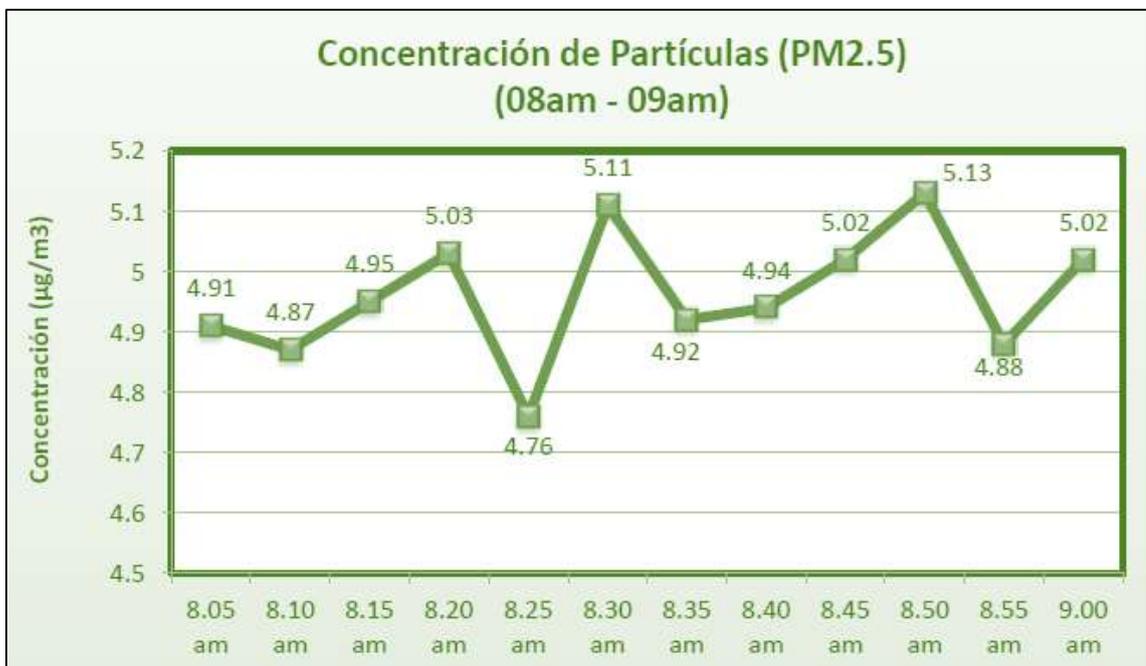


Figura 20: Gráfica de valores de Material Particulado (PM_{2.5}), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

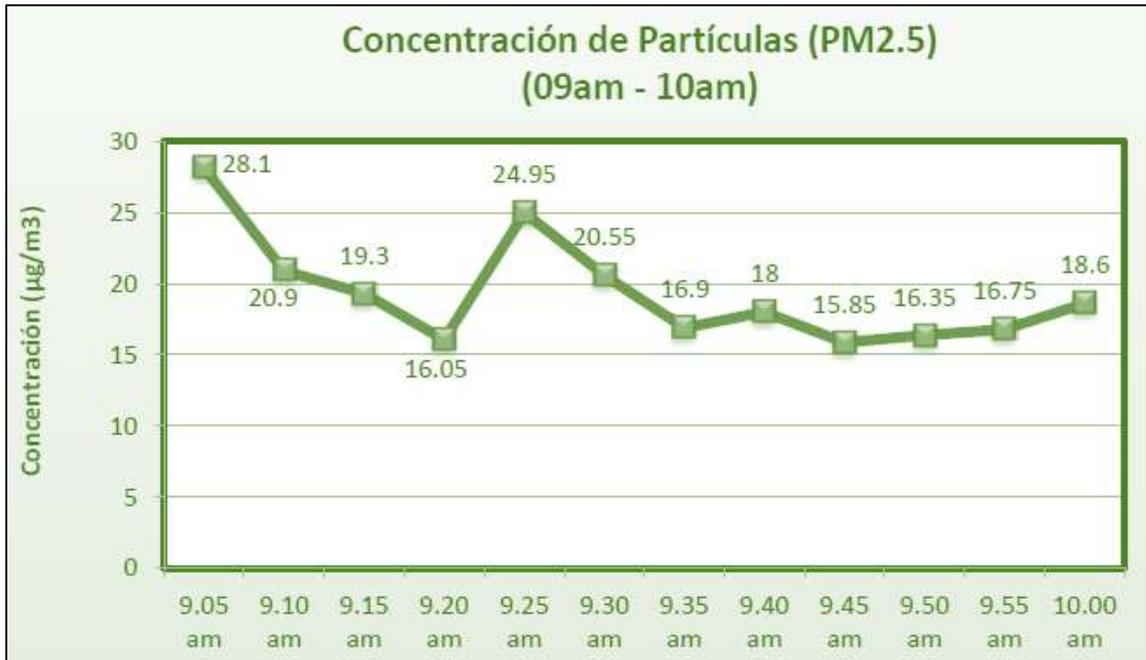


Figura 21: Gráfica de valores de Material Particulado (PM_{2.5}), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L (2017).

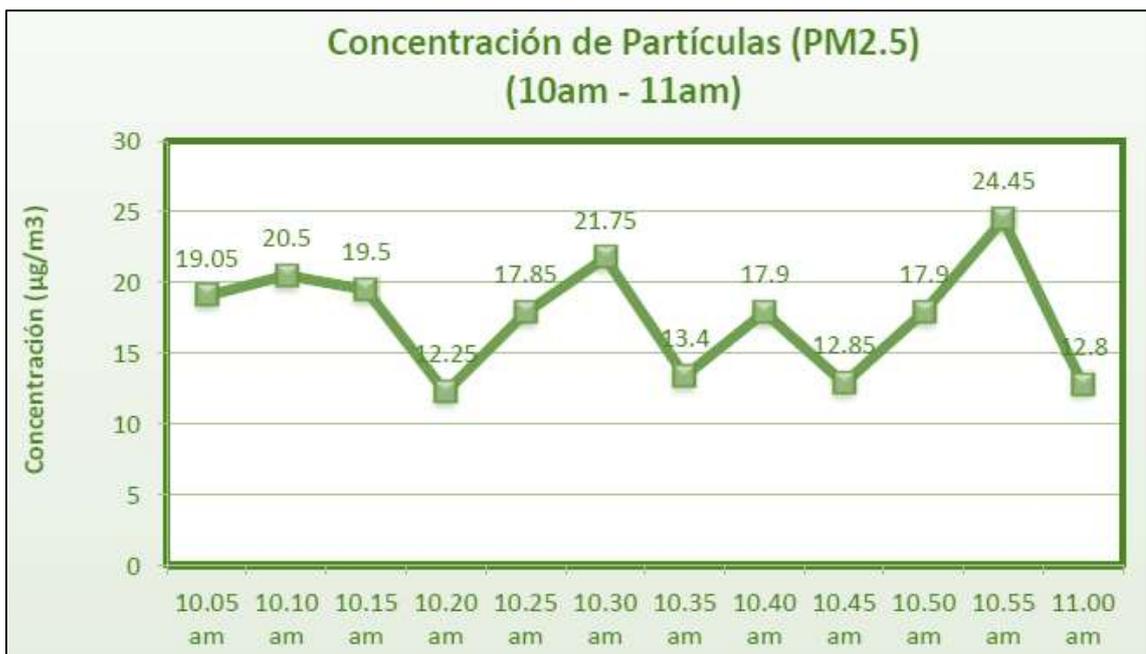


Figura 22: Gráfica de valores de Material Particulado (PM_{2.5}), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

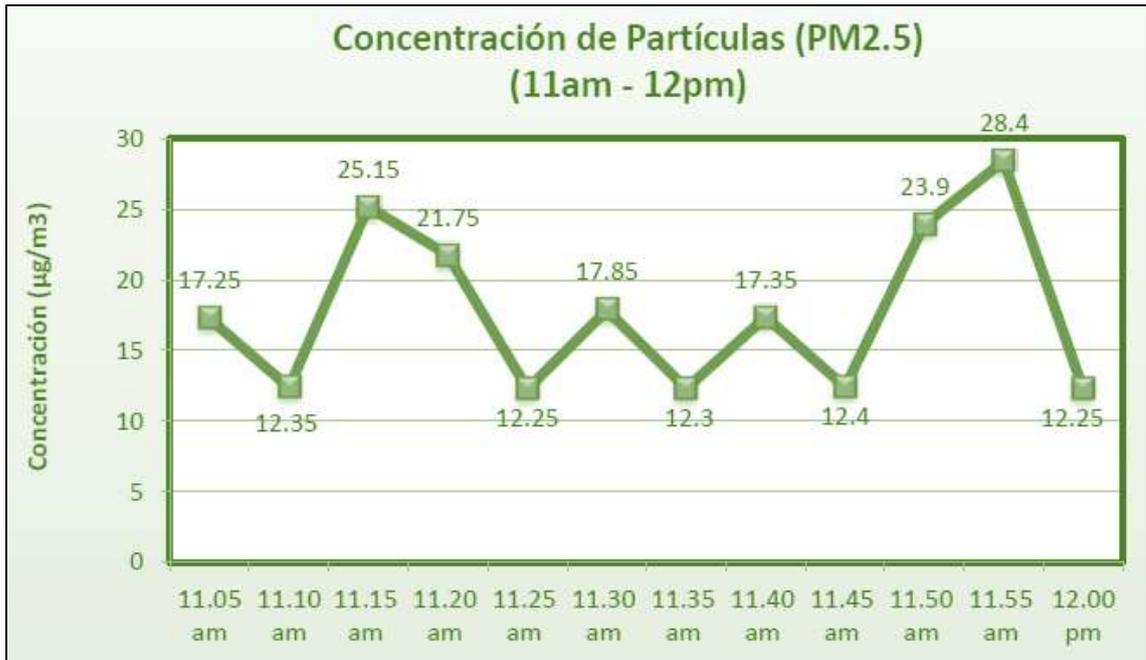


Figura 23: Gráfica de valores de Material Particulado (PM_{2.5}), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

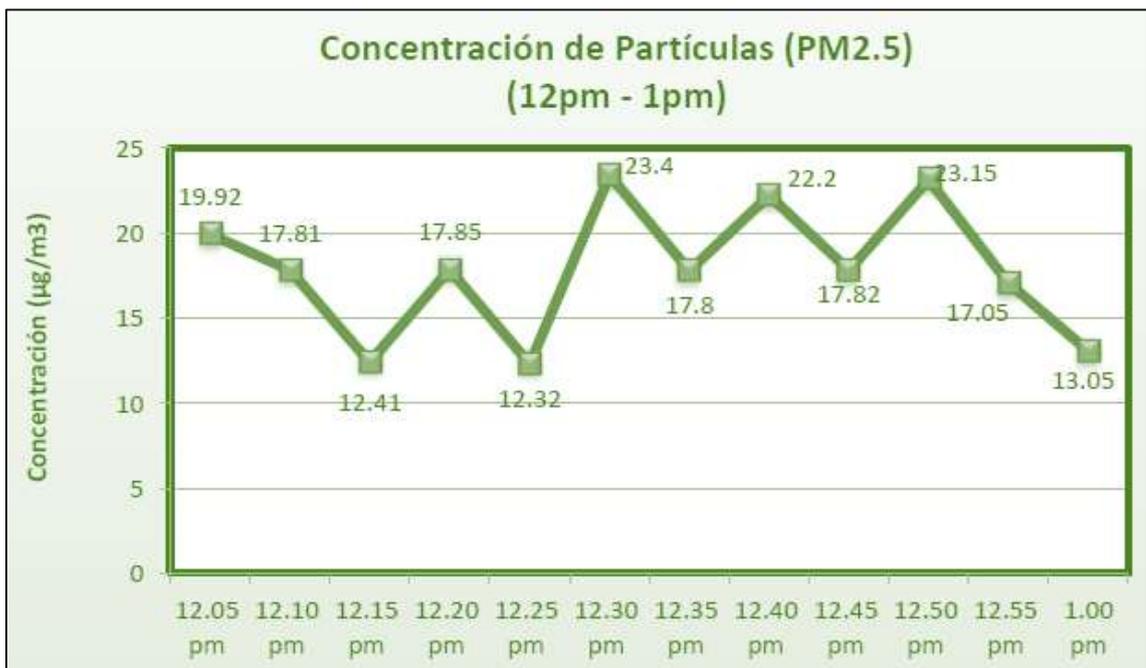


Figura 24: Gráfica de valores de Material Particulado (PM_{2.5}), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

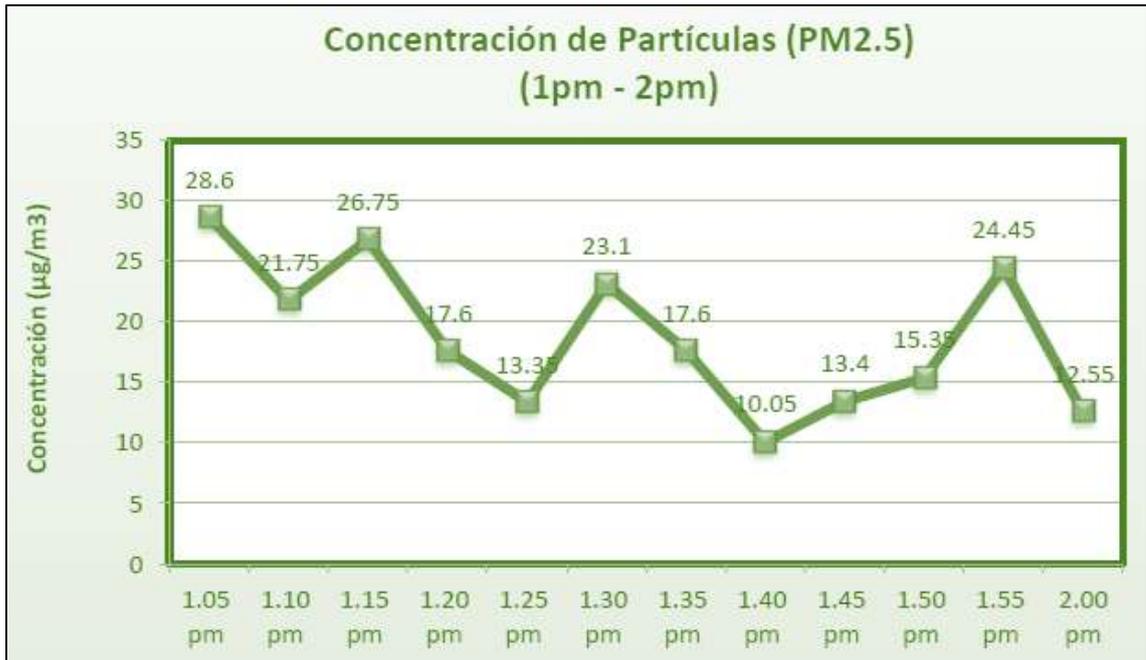


Figura 25: Gráfica de valores de Material Particulado (PM_{2.5}), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

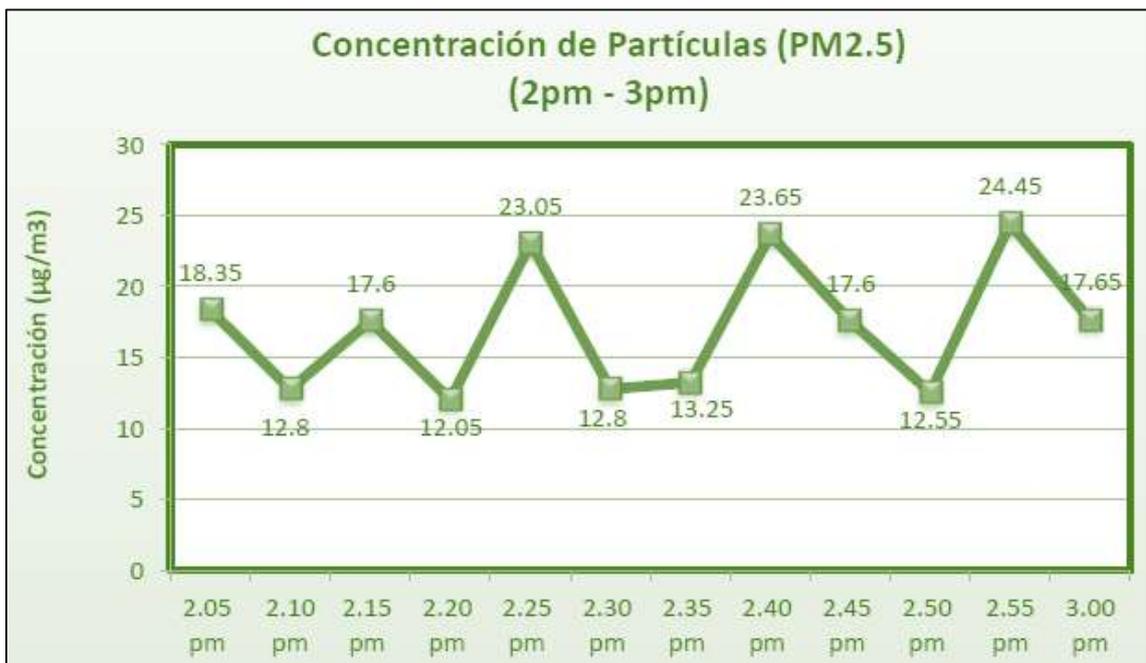


Figura 26: Gráfica de valores de Material Particulado (PM_{2.5}), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

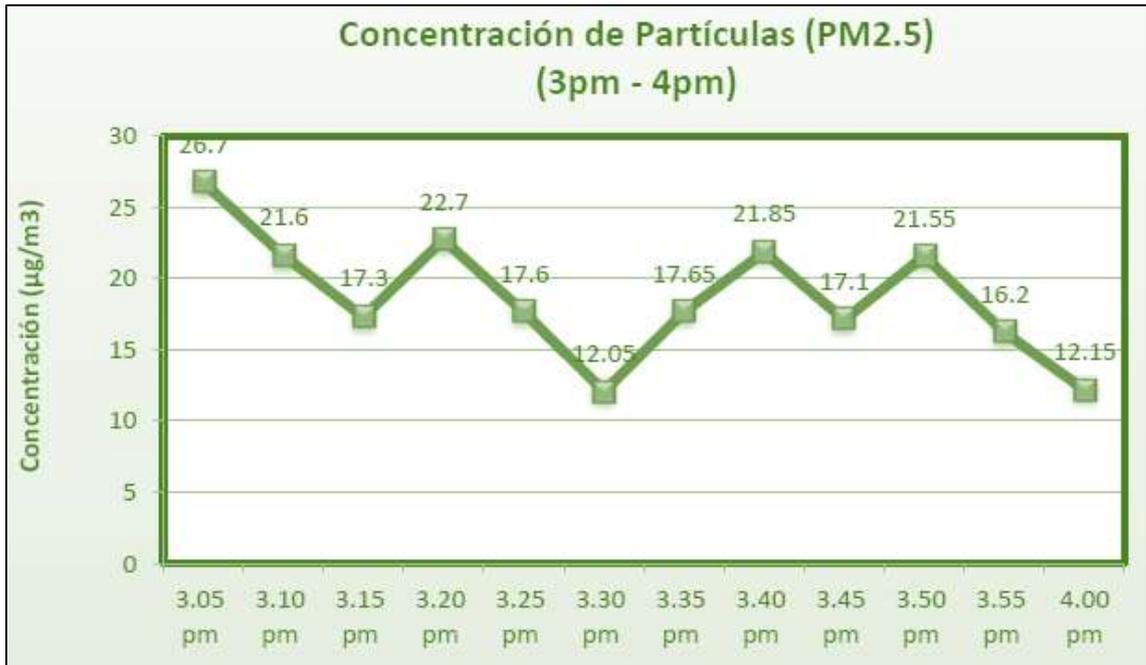


Figura 27: Gráfica de valores de Material Particulado (PM_{2.5}), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

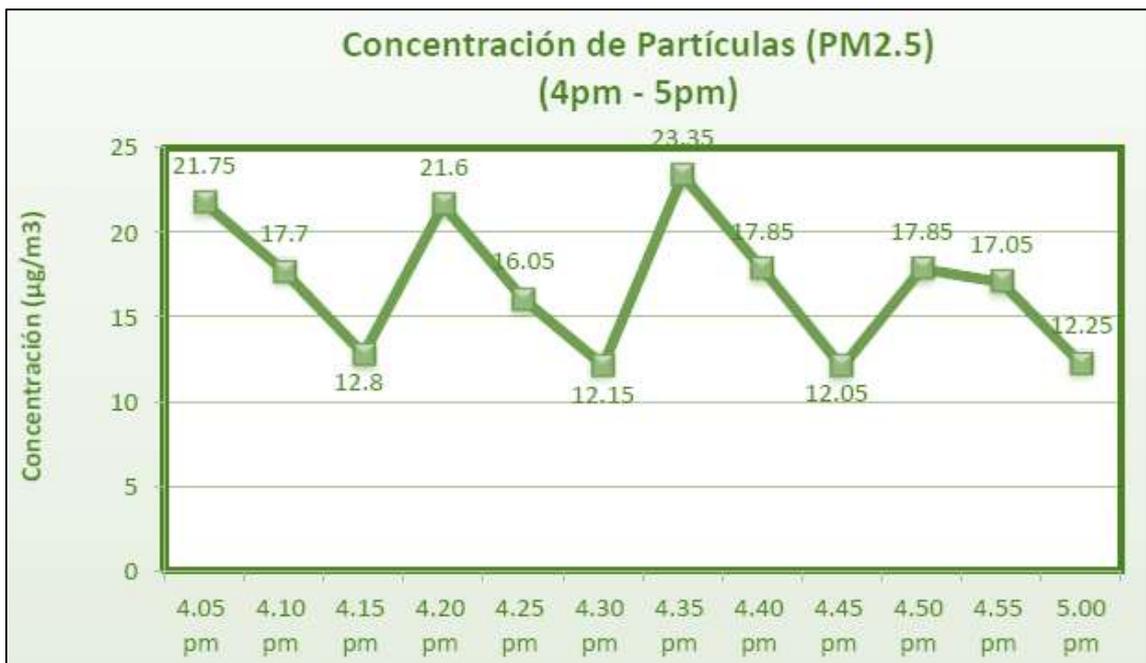


Figura 28: Gráfica de valores de Material Particulado (PM_{2.5}), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

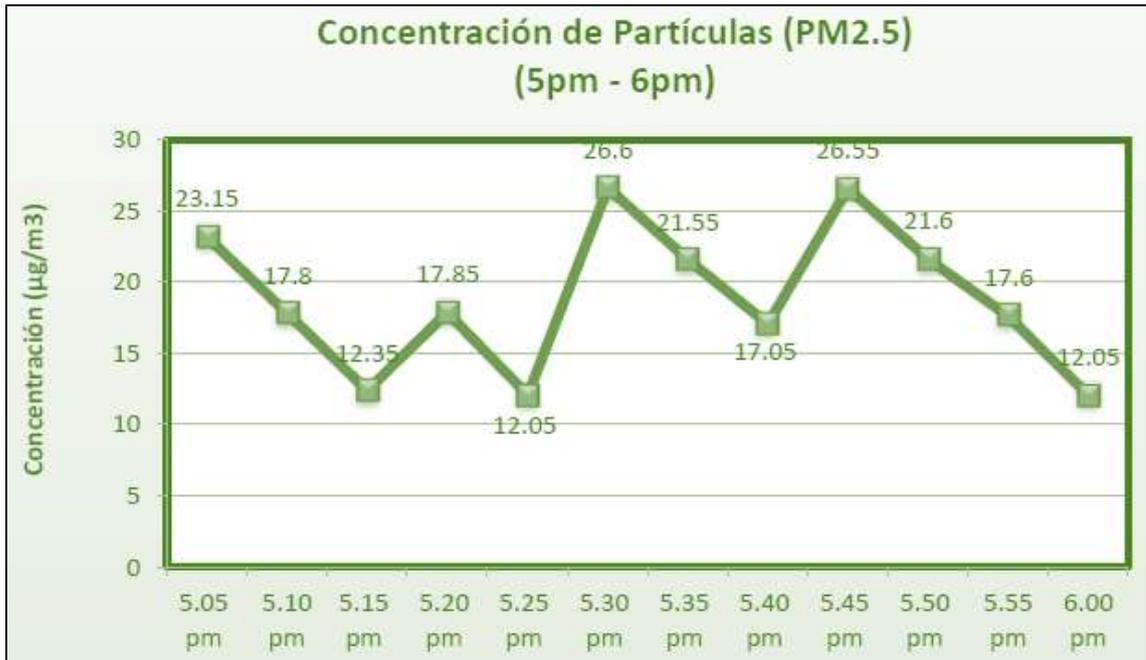


Figura 29: Gráfica de valores de Material Particulado (PM_{2.5}), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

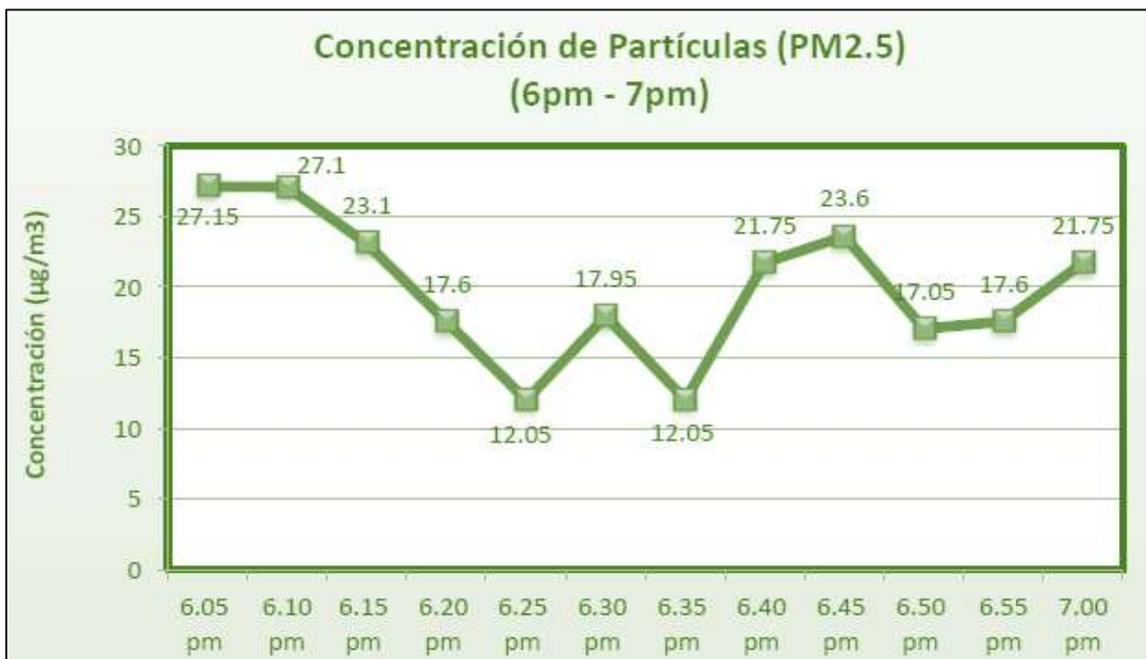


Figura 30: Gráfica de valores de Material Particulado (PM_{2.5}), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

3.4.4. 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.



Figura 31: Gráfica de valores obtenidos de dióxido de azufre (so₂), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).



Figura 32: Gráfica de valores obtenidos de dióxido de azufre (so₂), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).



Figura 33: Gráfica de valores obtenidos de dióxido de azufre (so₂), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

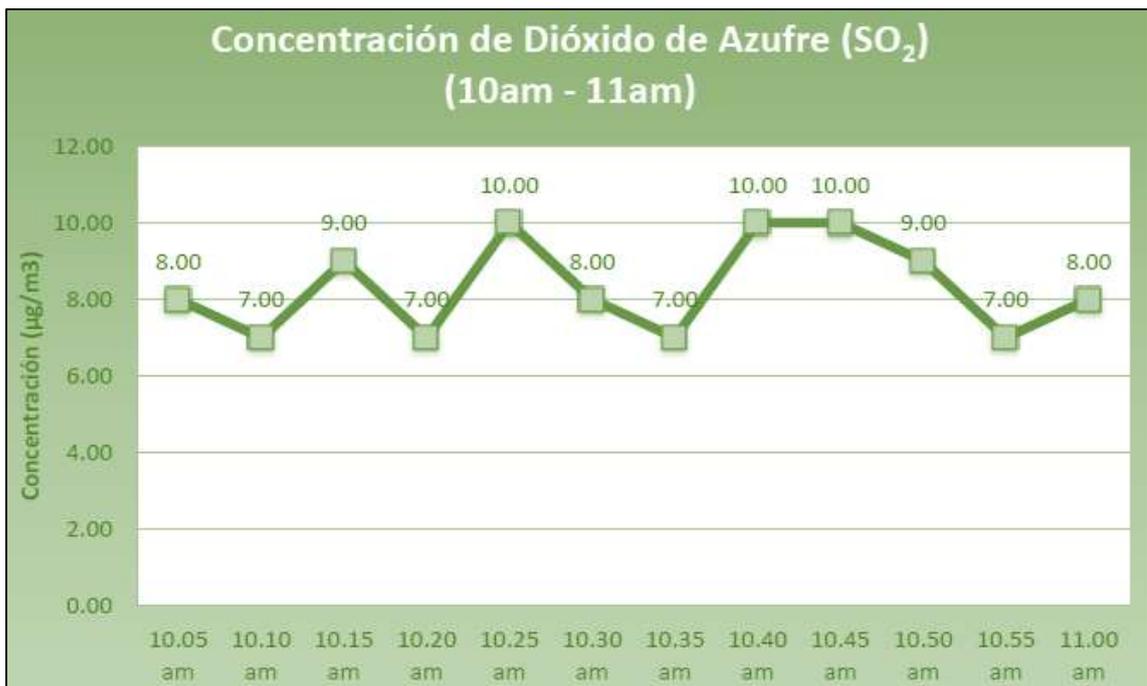


Figura 34: Gráfica de valores obtenidos de dióxido de azufre (so₂), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).



Figura 35: Gráfica de valores obtenidos de dióxido de azufre (so₂), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

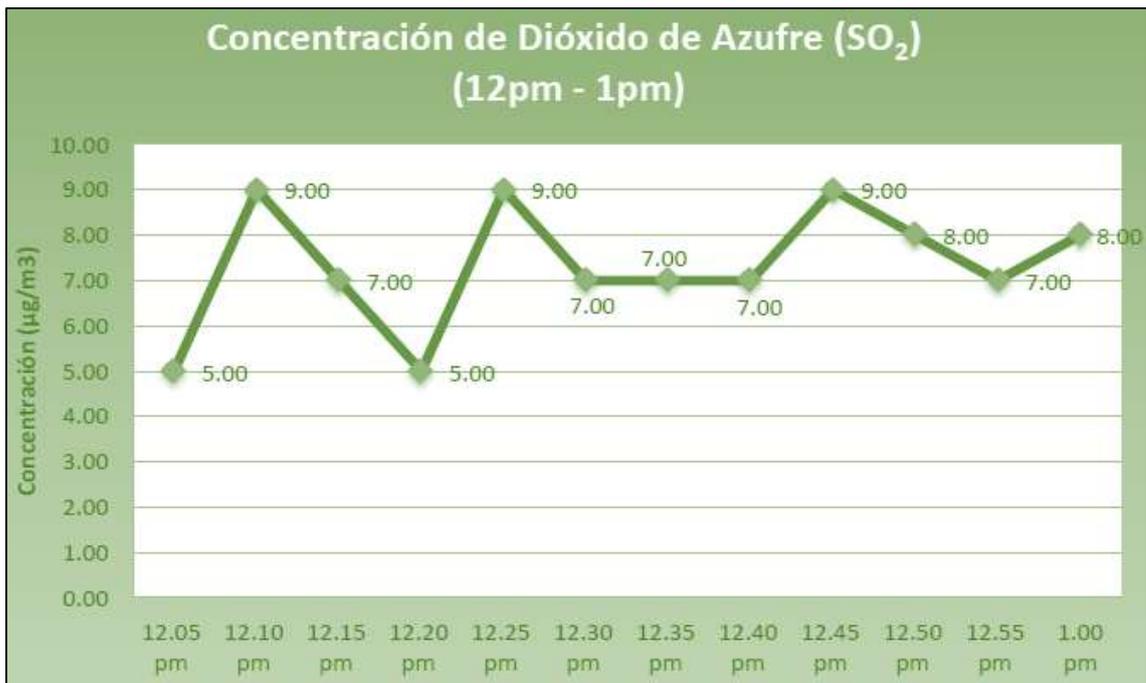


Figura 36: Gráfica de valores obtenidos de dióxido de azufre (so₂), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

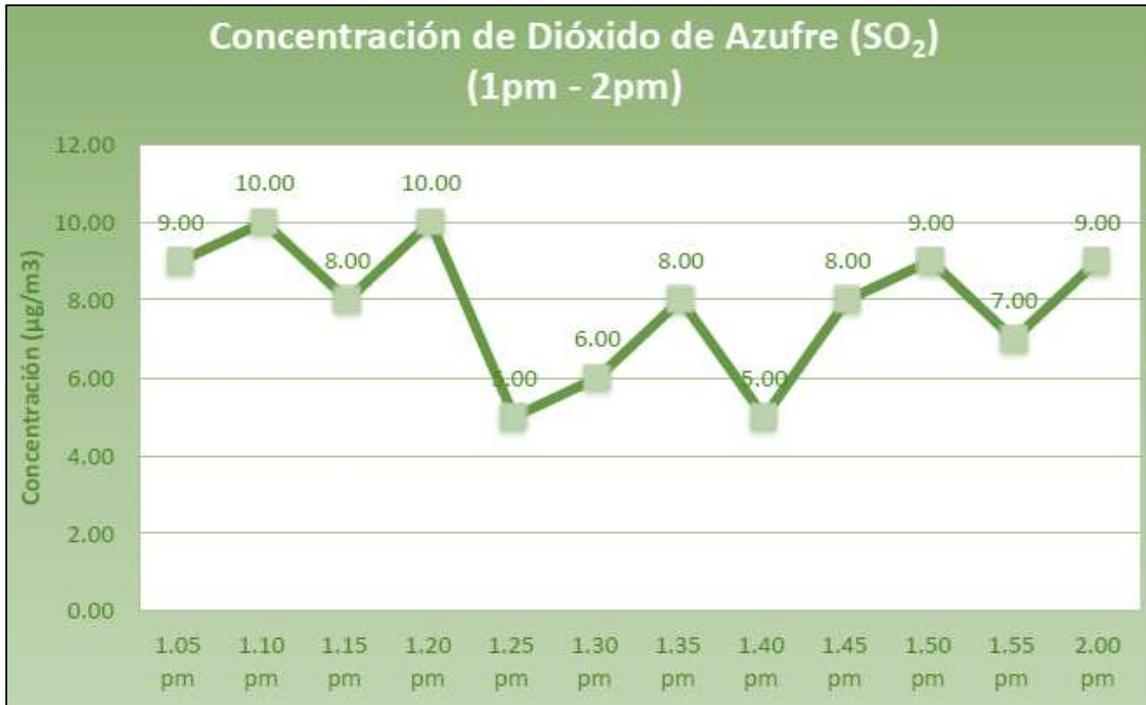


Figura 37: Gráfica de valores obtenidos de dióxido de azufre (so₂), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).



Figura 38: Gráfica de valores obtenidos de dióxido de azufre (so₂), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).



Figura 39: Gráfica de valores obtenidos de dióxido de azufre (so₂), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

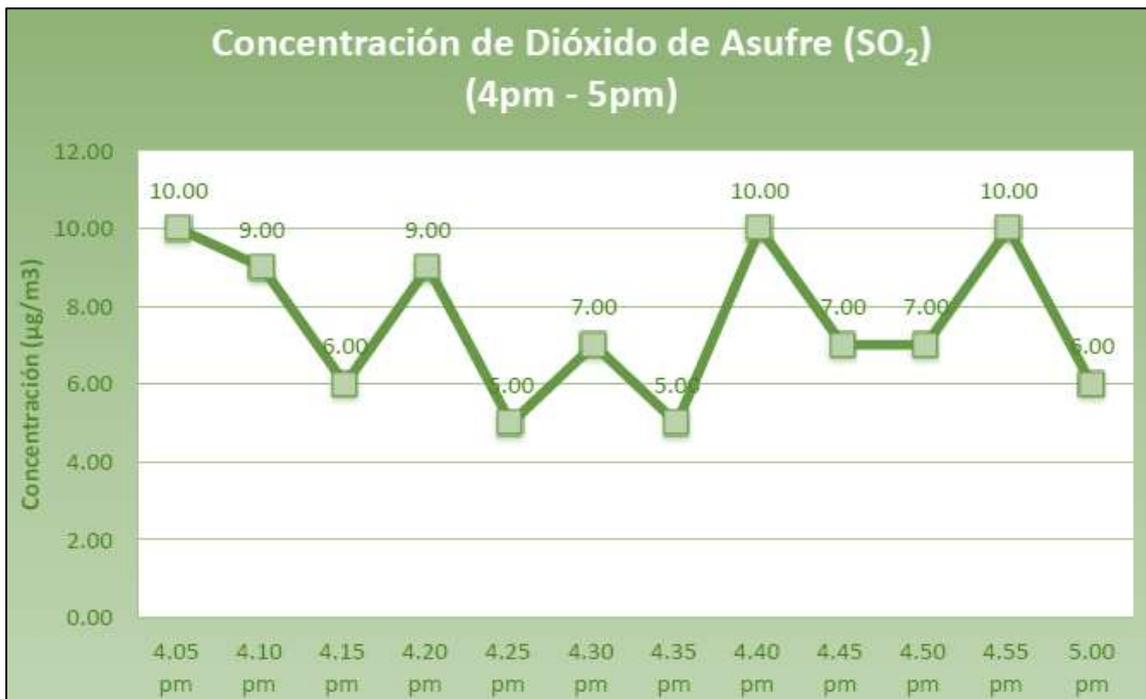


Figura 40: Gráfica de valores obtenidos de dióxido de azufre (so₂), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).



Figura 41: Gráfica de valores obtenidos de dióxido de azufre (so₂), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).



Figura 42: Gráfica de valores obtenidos de dióxido de azufre (so₂), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

3.4.5. 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 en las inmediaciones de las bocaminas 1, 2 y 3.

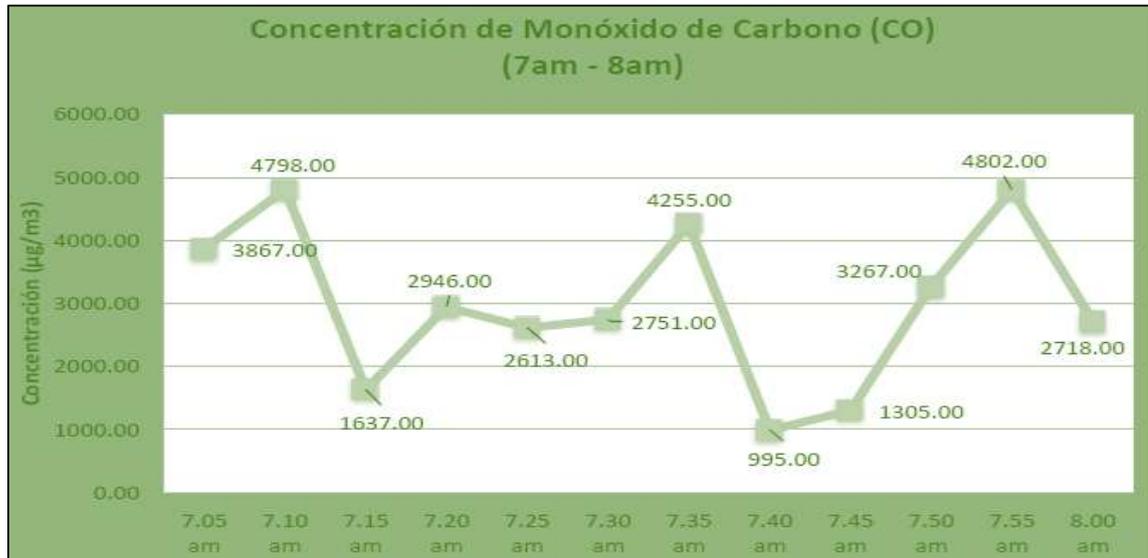


Figura 43: Gráfica de valores obtenidos de monóxido de carbono (CO), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

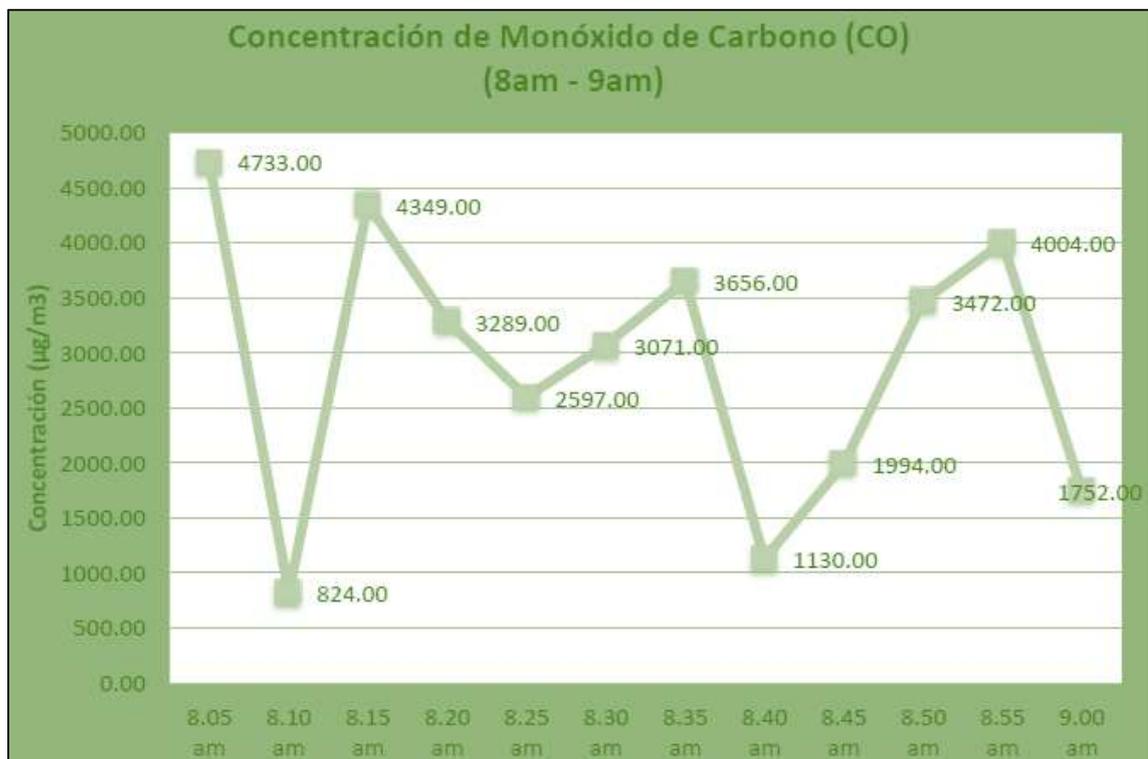


Figura 44: Gráfica de valores obtenidos de monóxido de carbono (CO), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).



Figura 45: Gráfica de valores obtenidos de monóxido de carbono (CO), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

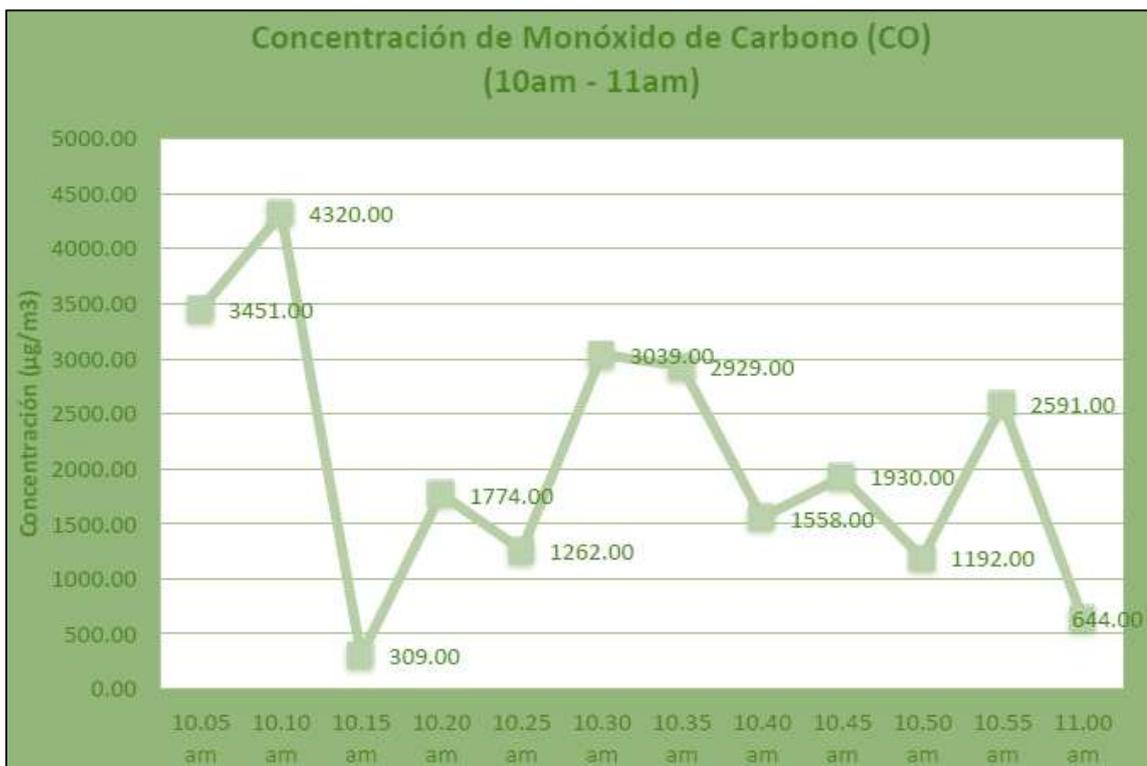


Figura 46: Gráfica de valores obtenidos de monóxido de carbono (CO), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

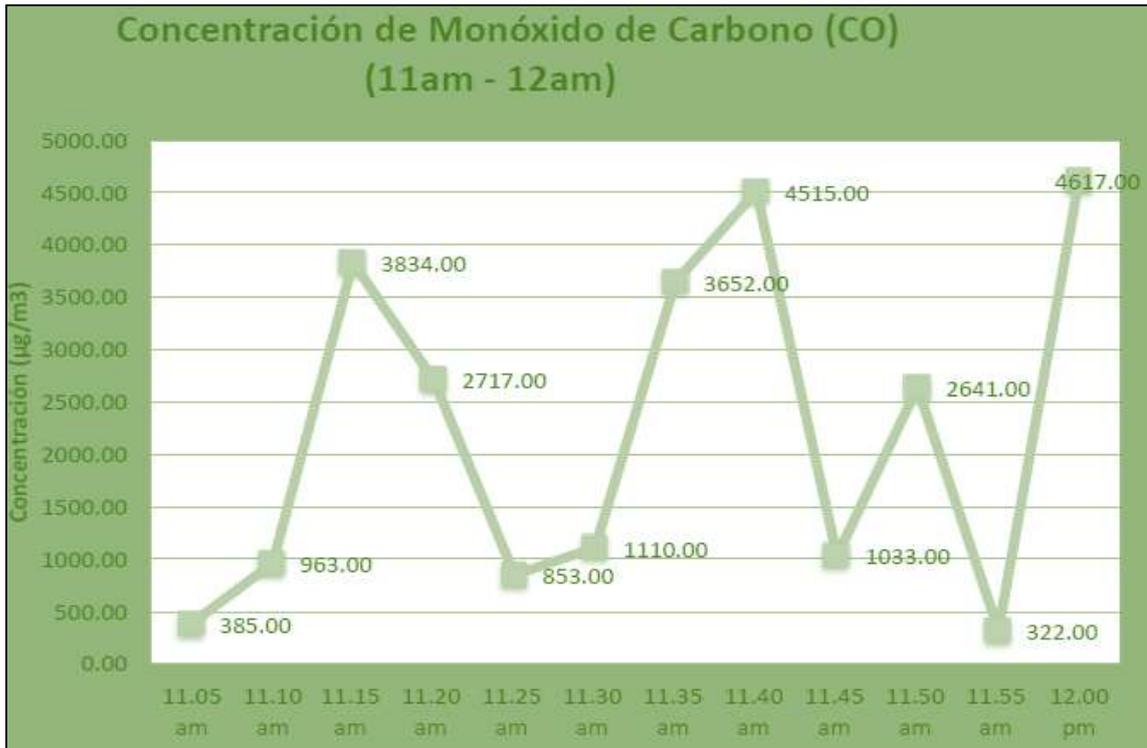


Figura 47: Gráfica de valores obtenidos de monóxido de carbono (CO), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

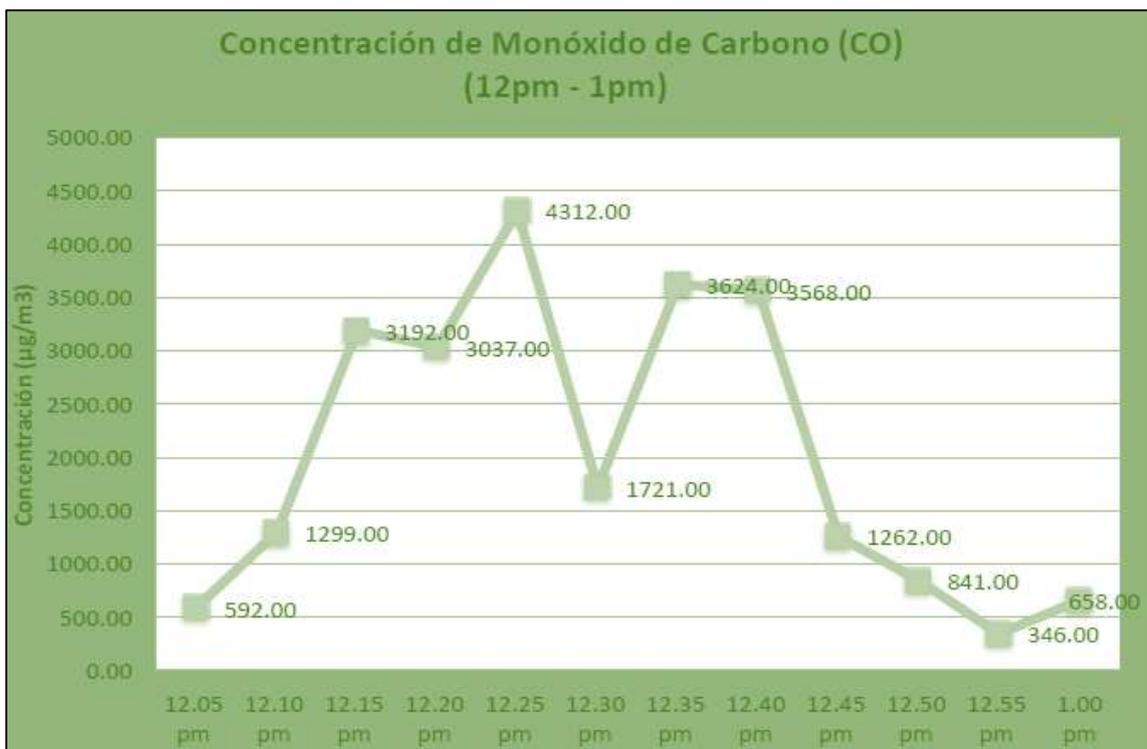


Figura 48: Gráfica de valores obtenidos de monóxido de carbono (CO), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

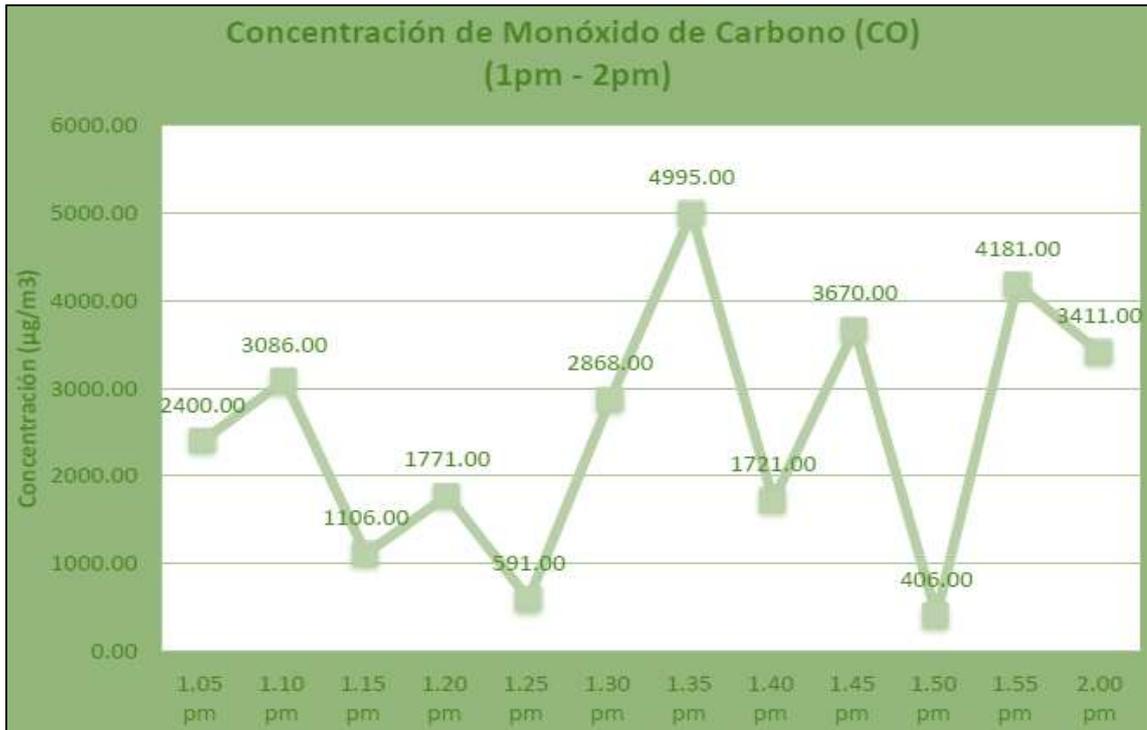


Figura 49: Gráfica de valores obtenidos de monóxido de carbono (CO), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

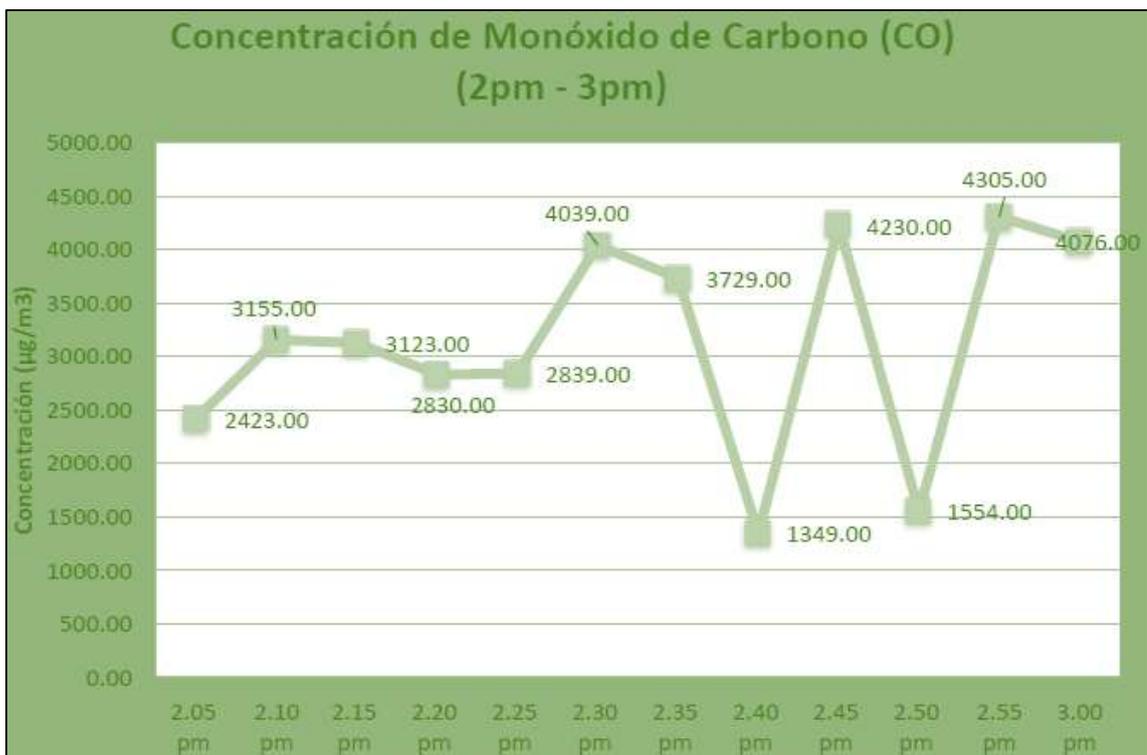


Figura 50: Gráfica de valores obtenidos de monóxido de carbono (CO), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

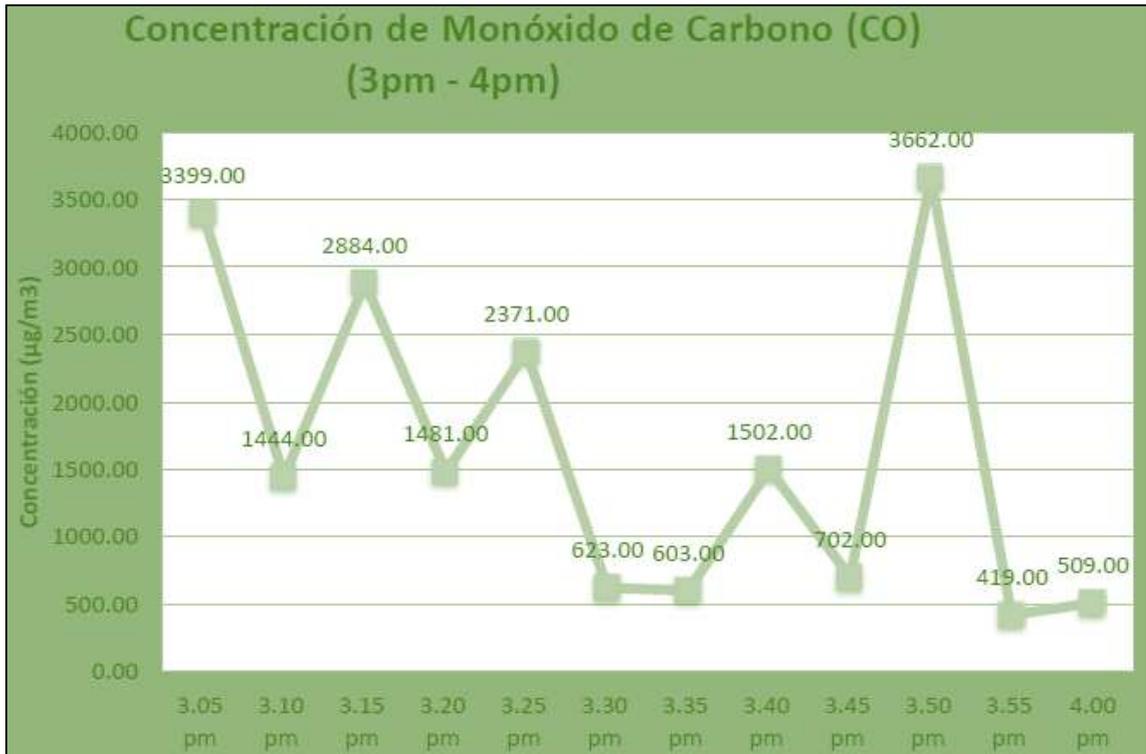


Figura 51: Gráfica de valores obtenidos de monóxido de carbono (CO), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).



Figura 52: Gráfica de valores obtenidos de monóxido de carbono (CO), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

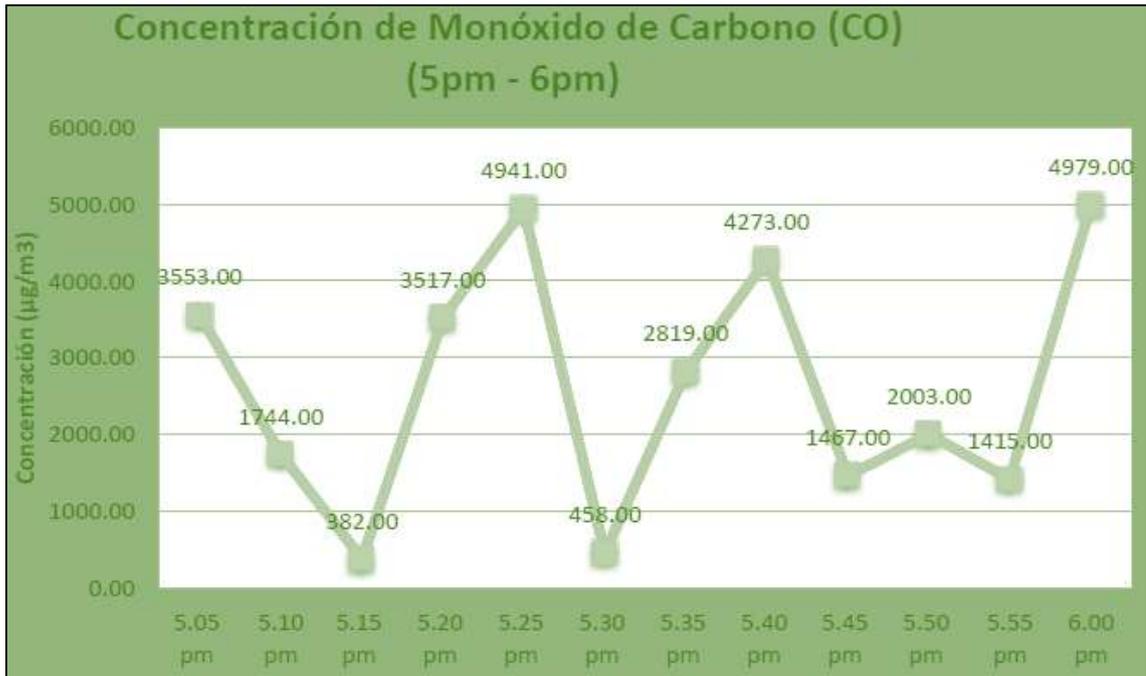


Figura 53: Gráfica de valores obtenidos monóxido de carbono (CO), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

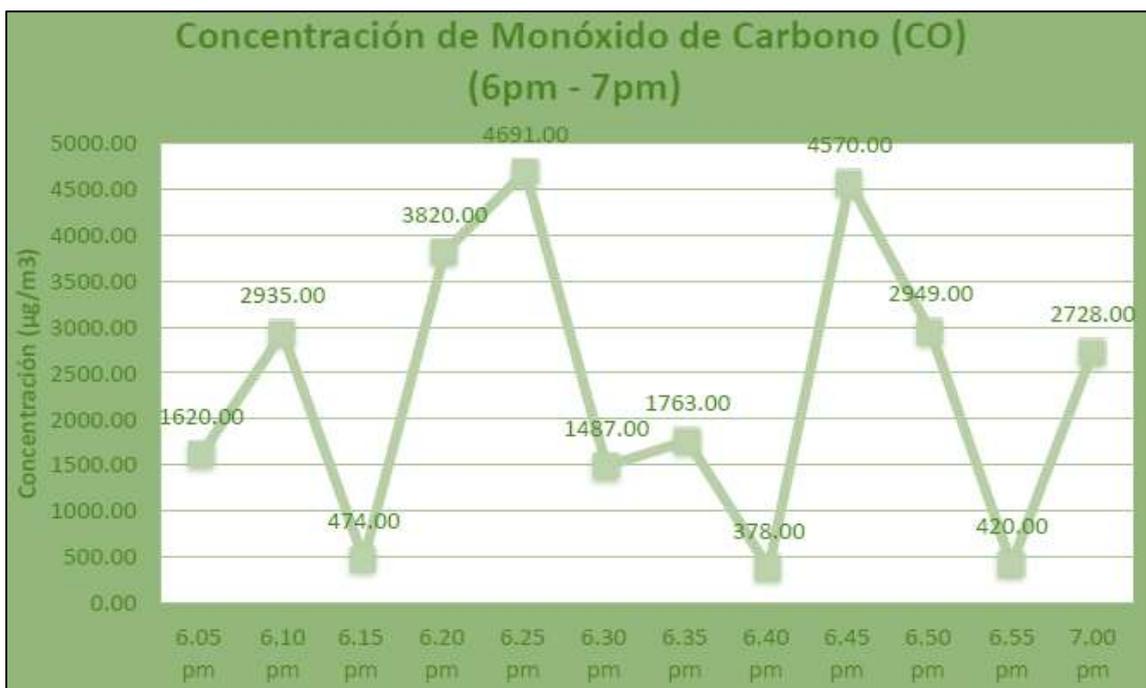


Figura 54: Gráfica de valores obtenidos de monóxido de carbono (CO), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

3.4.6. 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.

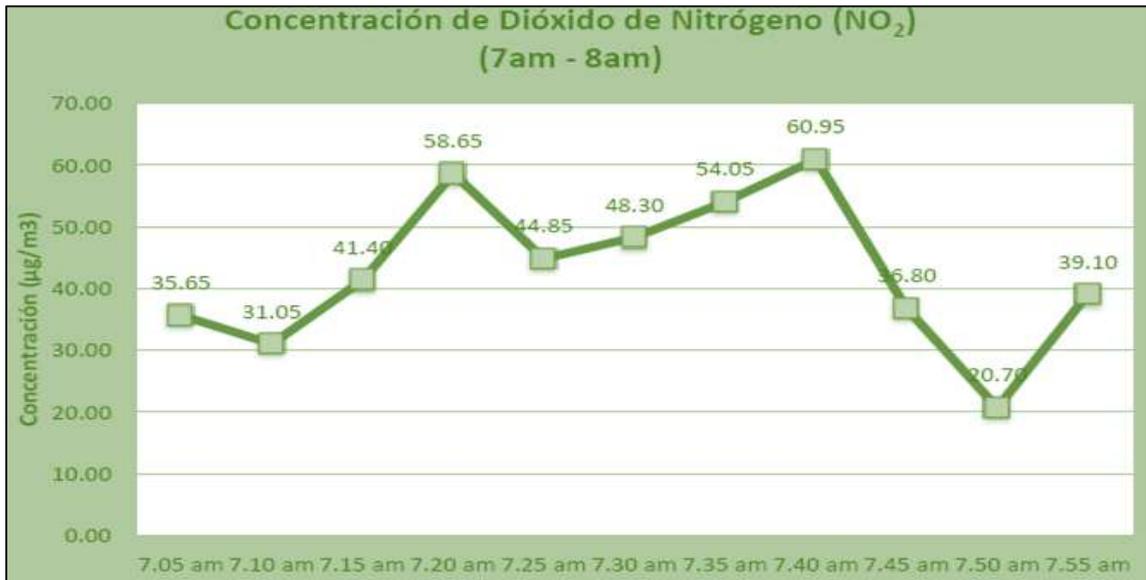


Figura 55: Gráfica de valores obtenidos de dióxido de nitrógeno (no₂), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

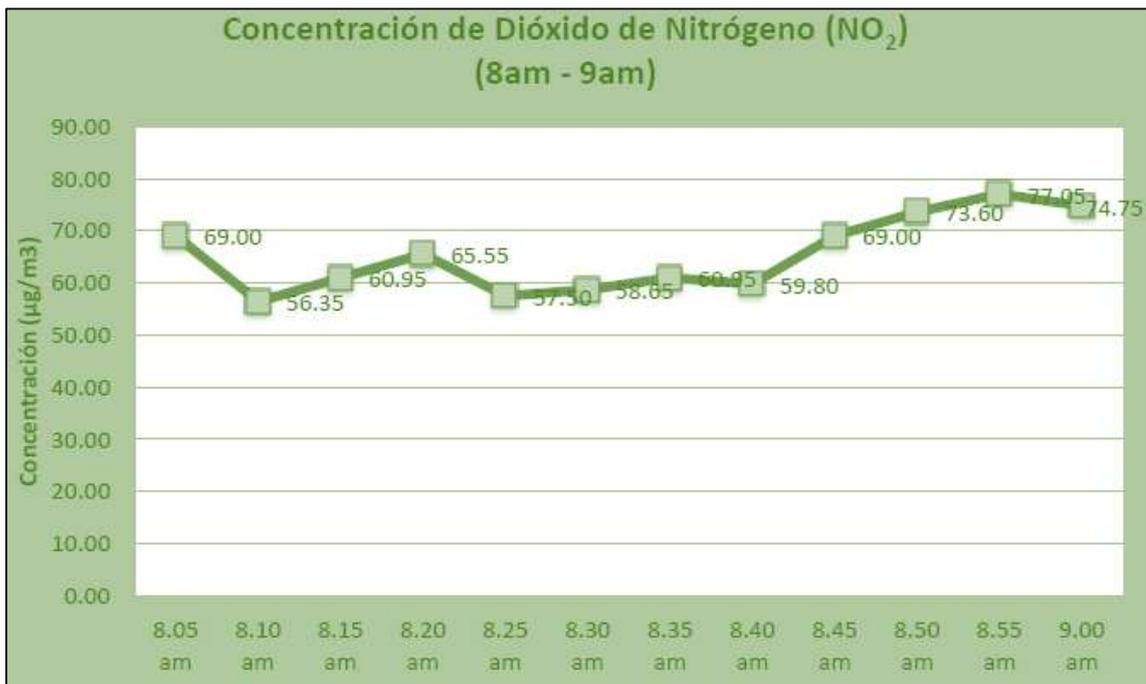


Figura 56: Gráfica de valores obtenidos de dióxido de nitrógeno (no₂), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

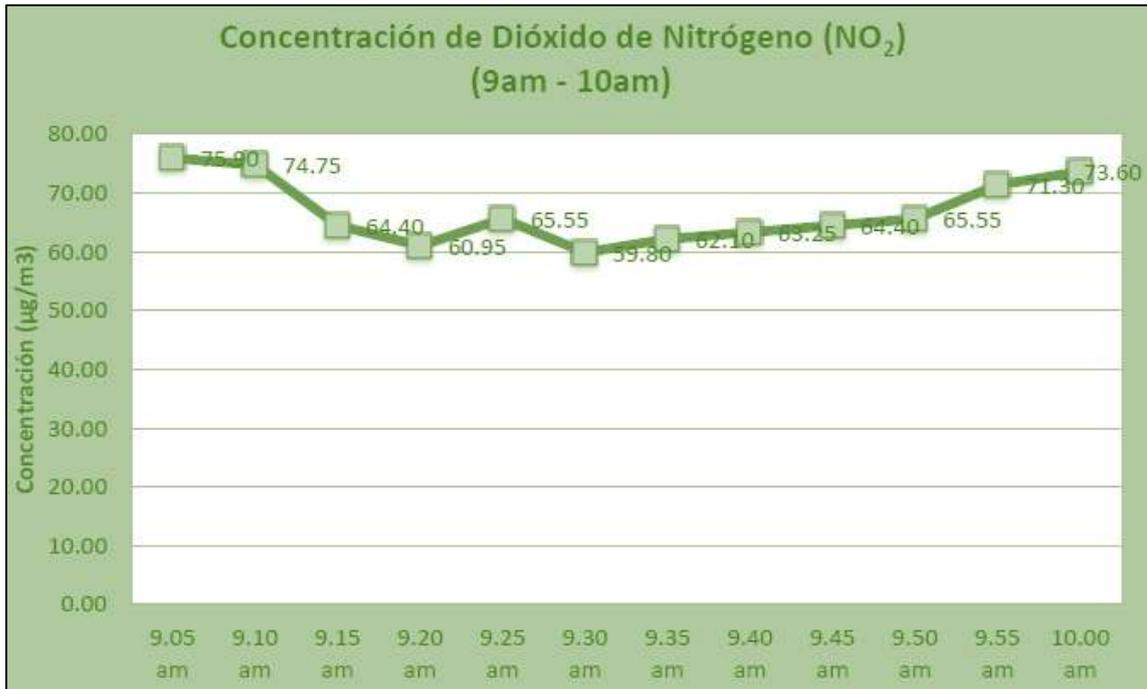


Figura 57: Gráfica de valores obtenidos de dióxido de nitrógeno (no₂), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).



Figura 58: Gráfica de valores obtenidos de dióxido de nitrógeno (no₂), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

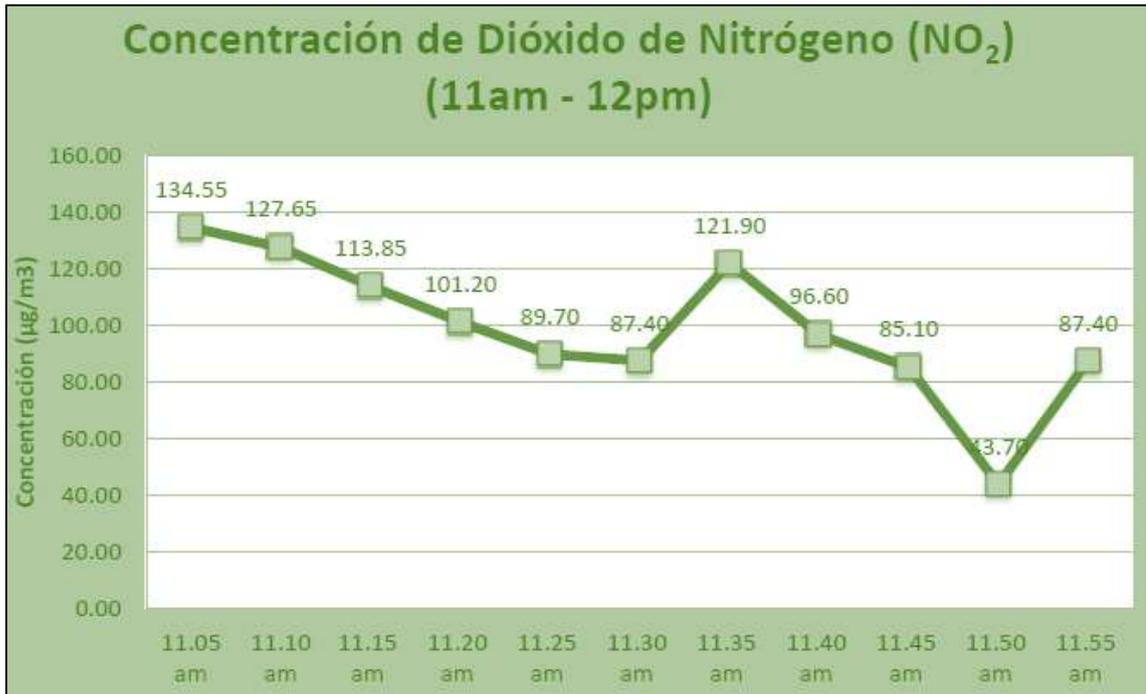


Figura 59: Gráfica de valores obtenidos de dióxido de nitrógeno (no₂), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

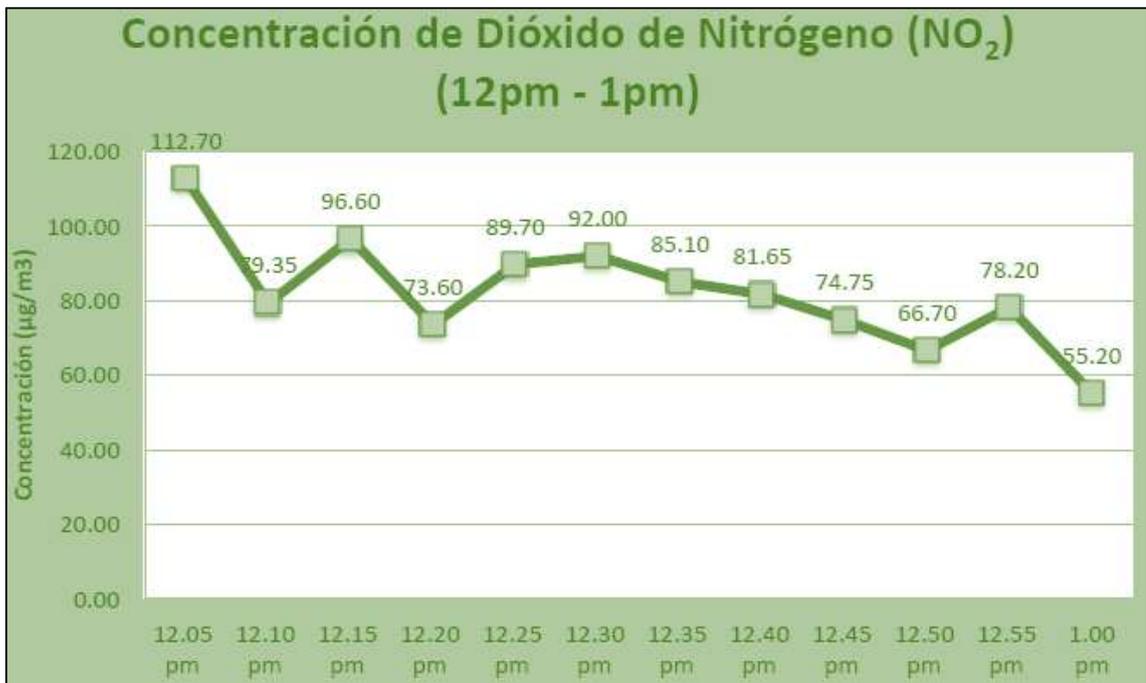


Figura 60: Gráfica de valores obtenidos de dióxido de nitrógeno (no₂), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).



Figura 61: Gráfica de valores obtenidos de dióxido de nitrógeno (no₂), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

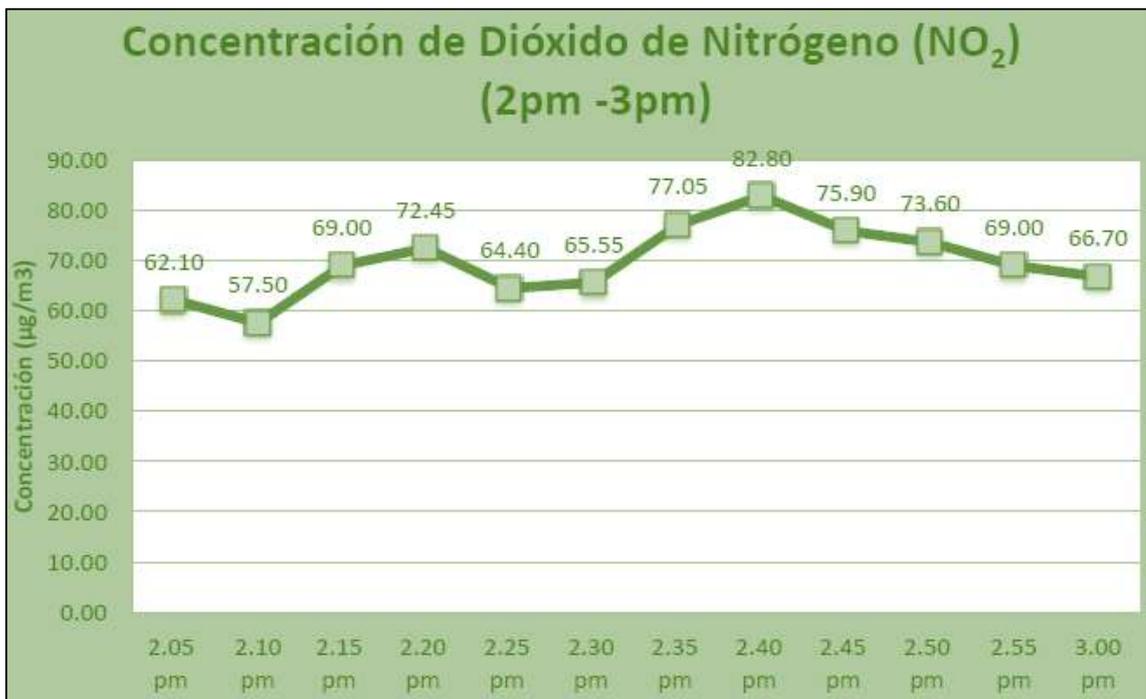


Figura 62: Gráfica de valores obtenidos de dióxido de nitrógeno (no₂), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

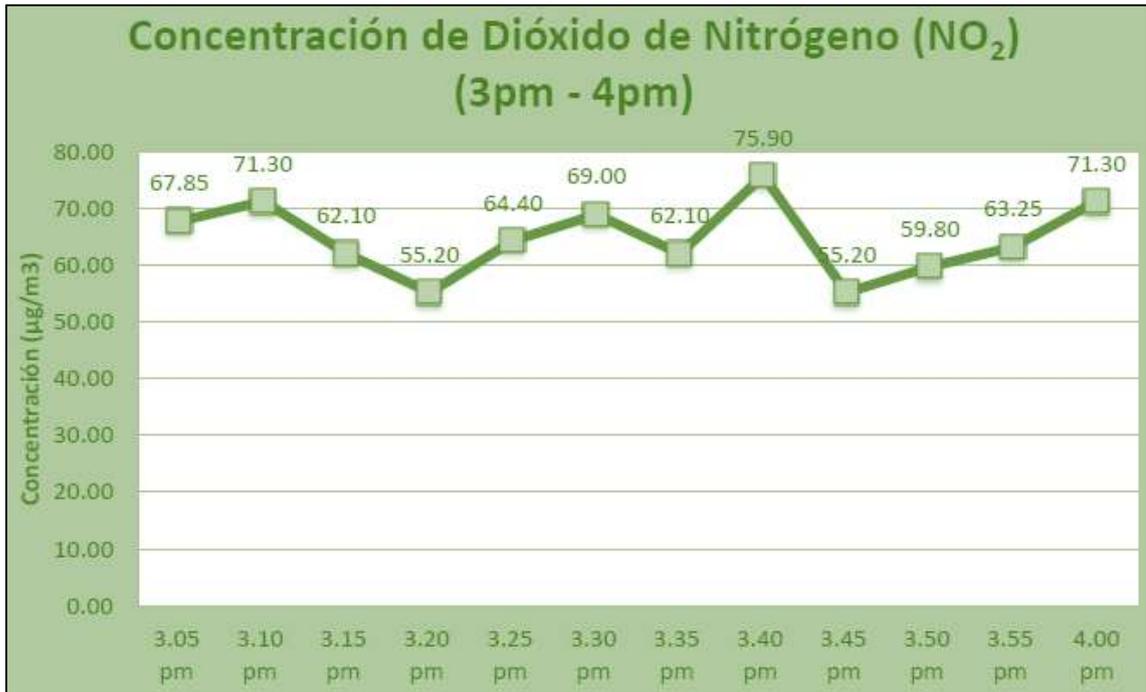


Figura 63: Gráfica de valores obtenidos de dióxido de nitrógeno (no₂), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

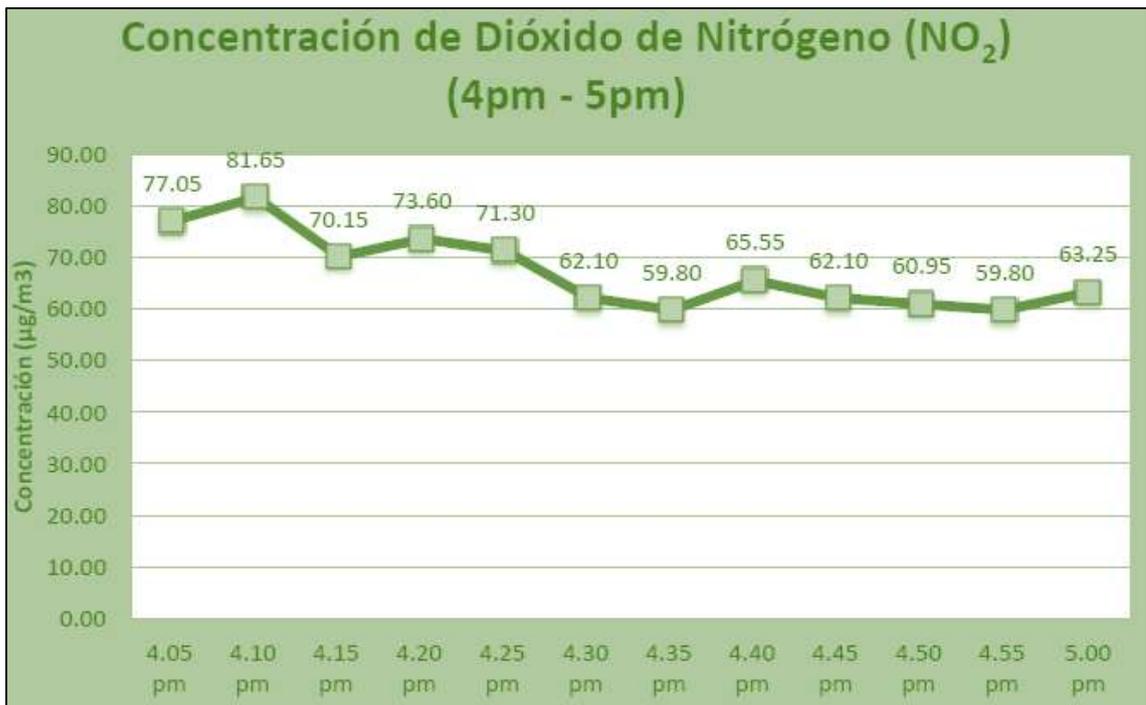


Figura 64: Gráfica de valores obtenidos de dióxido de nitrógeno (no₂), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

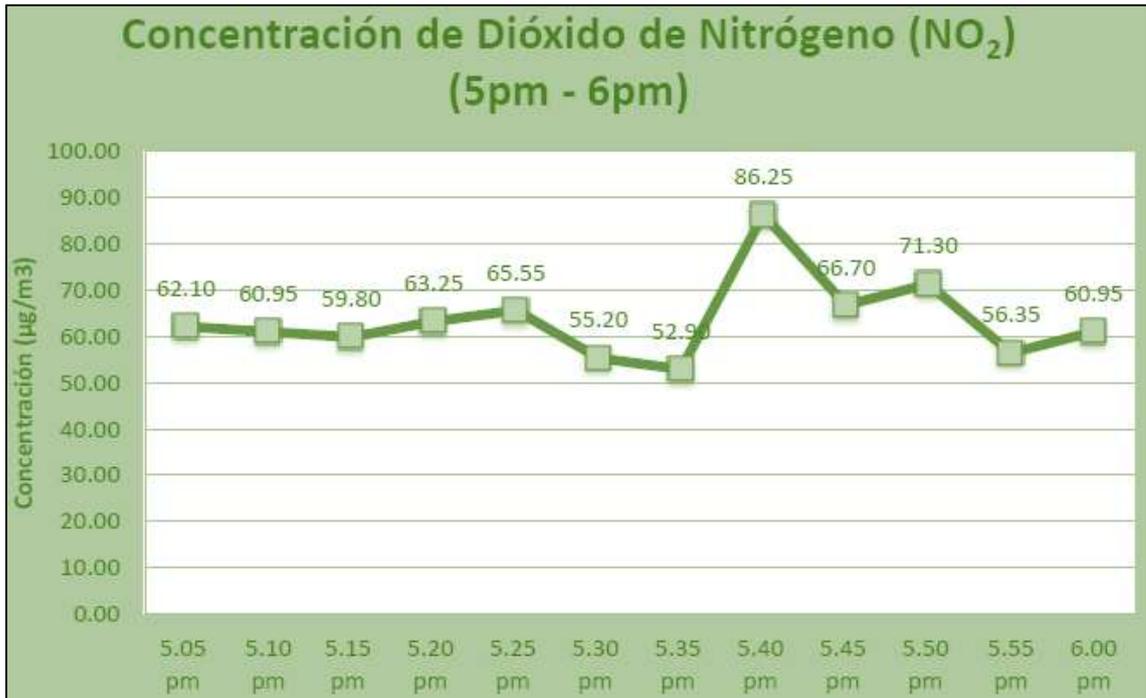


Figura 65: Gráfica de valores obtenidos de dióxido de nitrógeno (no₂), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

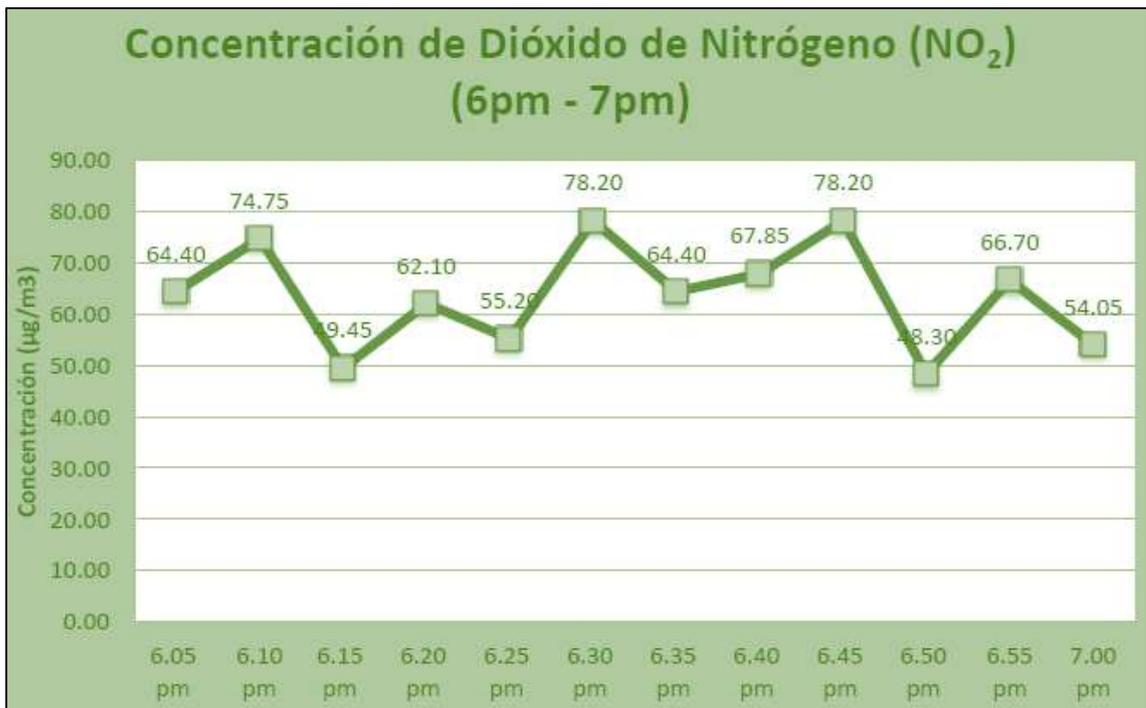


Figura 66: Gráfica de valores obtenidos de dióxido de nitrógeno (no₂), cada cinco minutos.
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

3.5. Cálculo de caudal de aire para el personal

Se requiere una corriente de aire fresco de no menos de cinco metros cúbicos por minuto ($5\text{m}^3/\text{min.}$) por persona localizada en cualquier punto del interior de la mina.

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

Donde:

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

F= Caudal mínimo por persona ($5\text{m}^3/\text{min.}$).

N= Número de personas en el lugar.

Solución

$$Q = F \times N$$

$$Q = 5\text{m}^3/\text{min} \times 22$$

$$Q = 110\text{m}^3/\text{min}$$

3.6. Calculo de caudal de aire para la producción de carbón

El cálculo es basado sobre la suposición de que la cantidad de gas (CH_4 & CO_2) que se desprende es proporcional a la producción, expresado de forma aritmética, Para minas de carbón “u” varia generalmente entre 1 y 1.7 ($\text{m}^3/\text{min.}$).

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

Donde:

Q = Caudal de aire requerido por toneladas de producción diaria ($\text{m}^3/\text{min.}$).

u = Norma de aire por tonelada de producción diaria expresada en ($\text{m}^3/\text{min.}$).

T = Producción diaria en toneladas.

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

Solución

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

$$Q = 1.7 \text{ (m}^3\text{/min.)} \times 15 \text{ tm}$$

$$Q = 25.5 \text{ (m}^3\text{/min.)}$$

3.7. Cálculo de la pérdida de presión en una galería

Las pérdidas de presión están formadas por dos componentes: pérdidas por fricción y pérdidas por choque.

3.7.1. Pérdidas por choque

Son de origen local, producidas por accidentes como cambio de área, bifurcaciones, uniones, obstrucciones, cambios de dirección, etc.

$$K = F \cdot (CL/A^3) \cdot Q^2$$

Dónde:

K = Pérdida de presión (N/m²) (1Pa = 1N/m² = 0.1mm. de H₂O)

F = fricción = 0.002 – 0.004 Ns²/m²

C = Perímetro del ducto (m)

L = Longitud del ducto (m)

A = Sección transversal del ducto (m²)

Solución

$$K = F \cdot (CL/A^3) \cdot Q^2$$

$$K = 0.004 \text{ Ns}^2/\text{m}^2 \cdot (0.72 \text{ m} \cdot 12 \text{ m}) / (0.4 \text{ m}^2)^3 \cdot (135.74)^2 \text{ m}^3$$

$$K = 1179.22 \text{ (KPa)}$$

3.7.2. Pérdidas por fricción

Las pérdidas por fricción se generan a través del choque entre partículas y entre las mangas de ventilación.

$$\Delta p = \frac{\mu \cdot l \cdot v^2 \cdot \rho}{2d}$$

L: Longitud de la Tubería (m)

D: Diámetro Interno Tubería (m)

V: Velocidad del Aire (m/s)

Δp : Caída de Presión (Pa)

μ : Coeficiente de Fricción

ρ : Densidad (kg/m³)

Solución

$$\Delta p = \frac{0.003 * \frac{1.24 \text{ kg}}{\text{m}^3} * 82 \text{ m} * 45^2}{2 * 0.253 \text{ m}^2}$$

$$\Delta p = 1220.76 \text{ (KPa)}$$

3.7.3. Pérdidas de presión total

Las pérdidas totales son la sumatoria de las perdidas locales y las de fricción que se generan durante el paso del flujo por la tubería.

$$H_t = RQ^2$$

$$H_t = 2399.99 \text{ (KPa)} \text{ (135.74)}^2$$

$$H_t = 44220465.73 \text{ (KPa)}$$

3.8. Diseño de las mangas de ventilación

Las mangas de ventilación es un ducto fabricado para evacuar aire, gases y polvo en las diferentes labores propias de la minería. Así como también es utilizado para insuflar aire (presión positiva). Por su estructura reforzada con aros de metal o sintéticos a lo largo de la manga, las hace un sistema resistente y liviano.

Para realizar un sistema de ventilación apropiado se usan diferentes tipos de acoples (Yes, Tees, reductores, laterales, codos, etc).

En la concesión minera LOS CHANCAS V, se utilizarán mangas de flexibles de Mangas de 23 cm de diámetro: son utilizadas con ventiladores

de 2.5 m³ por segundo de caudal, en labores que tienen secciones de 2 m x 1.7 m.

Las mangas deterioradas son reemplazadas por el personal del área de ventilación de empresa. El personal de logística realiza las compras de acuerdo al consumo mensual. En esta mina, el consumo de mangas es aproximadamente de 10 m por mes.

Compuertas, reguladores y tapones de ventilación. Dependiendo de la cantidad de aire que se necesite en una labor o nivel se utilizan compuertas y reguladores para direccionar el flujo de aire hacia las labores de trabajo. Los tapones son usados cuando es necesario aislar labores antiguas (tajos, chimeneas, etc.), esto para evitar pérdidas de aire fresco o evitar el ingreso de aire caliente con vapores en los circuitos principales. El tipo de manga a utilizar es de flexiona de polietileno en 200 gr en la marca ATACAMA KOZAN y el tipo de acople es el sistema velcro, los tramos de ventilación serán desarrollados según el requerimiento del cliente.

Las compuertas son construidas de acero e instaladas en muros de concreto y los reguladores son construidos de bloquetas de cemento.

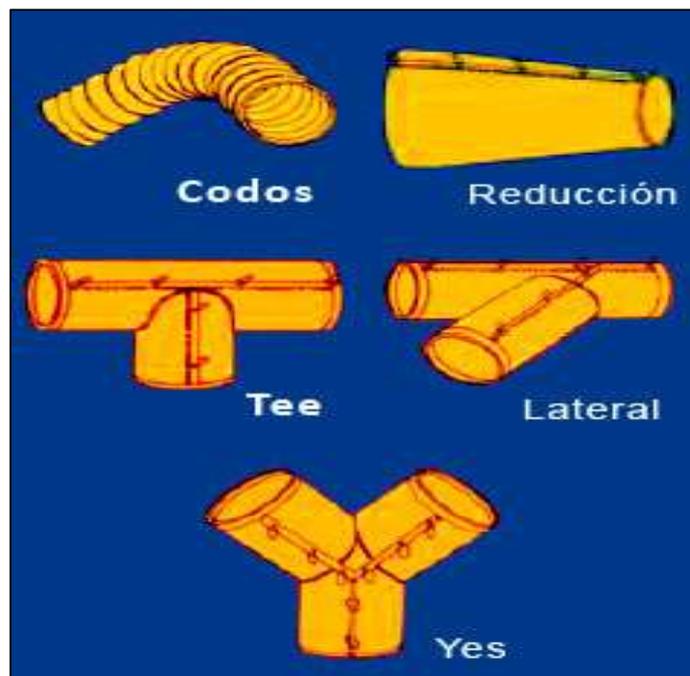


Figura 67: Material requerido.
Fuente: BRESDEL S.A.L., (2017).

3.8.1. Calculamos el caudal del aire

$$Q_a = 60\pi \cdot v \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

d: diámetro interno de la tubería (m)

v: velocidad del aire (m/s)

Qa: rango de flujo de aire (real) (m³/min)

Solución

$$Q_a = 60\pi \cdot 45(\text{m}/\text{min}) \cdot (0.253\text{m}^2/2)^2$$

$$Q_a = 135.74 \text{ (m}^3/\text{min)}$$

3.8.2. Dimensionamiento de la tubería por caída de presión

Los valores de μ son determinados por la medición y cálculos, la tabla que se incluye a continuación incluye algunos valores típicos que pueden utilizarse. La densidad es 0.0013 esto en g/cm³ o de 1.24kg/m³ varía según la altitud, presión atmosférica, composición y temperatura.

Tabla 9

Coefficientes de fricción de mangas de ventilación.

Coefficientes de fricción	K(Ns²/m⁴)
Cañerías galvanizadas	0,0027
Conducto de ventilacion flexible	0,003
Ductos e fibras de vidrio	0,0025

Fuente: Elaboracion propia, (2017).

3.8.3. Dimensionamiento de tubería por velocidad

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q_a}{60v}}$$

Qa: Rango de Flujo de Aire (Real) (m³/min)

l: Longitud de la Tubería (m)
 d: Diámetro Interno Tubería (m)
 v: Velocidad del Aire (m/s)
 Δp : Caída de Presión (Pa)
 μ : Coeficiente de Fricción
 ρ : Densidad (kg/m³)

Solución

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q_a}{60v}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{135.74(\text{m}^3/\text{min.})}{60 \cdot 45(\text{m}/\text{min})}}$$

$$d = 0.253 \text{ m}$$

3.8.4. Velocidad del aire en tubería

$$v = \frac{Q_a}{60\pi(d/2)^2}$$

d: diámetro interno de la tubería (m)
 v: velocidad del aire (m/s)
 Q_a: rango de flujo de aire (real) (m³/min)

Solución

$$v = \frac{135.74\left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)}{60\pi\left(\frac{0.253}{2}\right)^2}$$

$$v = 45.001(\text{m}^3/\text{s})$$

3.8.5. Rango de flujo de aire a través de la tubería

$$Q_a = 60\pi \cdot v(d/2)^2$$

d: diámetro interno de la tubería (m)

v: velocidad del aire (m/s)

Qa: rango de flujo de aire (real) (m³/min)

Solución

$$Q_a = 60\pi \cdot v \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

$$Q_a = 60\pi * 45.001\text{m}/\text{min} * (0.253\text{m}^2/2)^2$$

$$Q_a = 135.74\text{m}^3/\text{min}$$

3.9. Diseño de ventilador

Para ventilar una mina se necesitan ciertas cantidades de flujo de aire, con una caída de presión determinada, a cierta densidad del aire. Conocidas la caída y el caudal de la mina (Punto de operación del sistema), existen casi un número infinito de ventiladores en el mundo que satisfacen el punto operacional adecuado.

Se deberá especificar el punto de operación (Q vs. H Sist.) del ventilador requerido, a fin de que los proveedores coticen la unidad ventiladora con la potencia de motor eléctrico correspondiente, que satisfaga dicho punto. La especificación debe incluir, además, la altura geográfica en donde se instalará dicho equipo.

3.9.1. Punto de operación del sistema

Existen cientos de ventiladores que satisfacen cada Caída-Caudal característica. Además, cada ventilador puede variar su velocidad (RPM), las paletas o el diámetro. Todas estas características, esenciales para la selección del ventilador adecuado, pueden ser obtenidas de los fabricantes. Las curvas de funcionamiento vienen trazadas en función de las variables operacionales principales: Caídas de Presión (H), Caudal (Q), Potencia (P) y Eficiencia (η) a densidad de aire normal, que a nivel del mar es de [$1.2 \text{ Kg.} / \text{m}^3$]

(W). A una altura de 2517 m.s.n.m. la densidad del aire es de [0.9289 Kg. / m³], razón por la que la densidad debe corregirse por aquélla en donde se desempeñará la unidad de estudio para este sistema de ventilación la marca SALFA CORP.

La forma habitual del trazado de curvas es graficar el Caudal versus las demás variables (caída estática, caída total, potencia al freno, eficiencia estática y eficiencia total). Normalmente, se logra una ventilación efectiva cuando se emplean varios ventiladores principales, los que se ubican de preferencia en las galerías principales de ventilación o en piques en la superficie y se distribuyen de manera que la carga o caída de presión del sistema esté dividido en forma equitativa entre los ventiladores.

3.9.2. Potencia del motor:

La potencia que se debe instalar, con un factor de servicio de al menos 1.15, es mayor que la Potencia a consumir. Las consideraciones que deben hacerse para calcular la potencia del motor son:

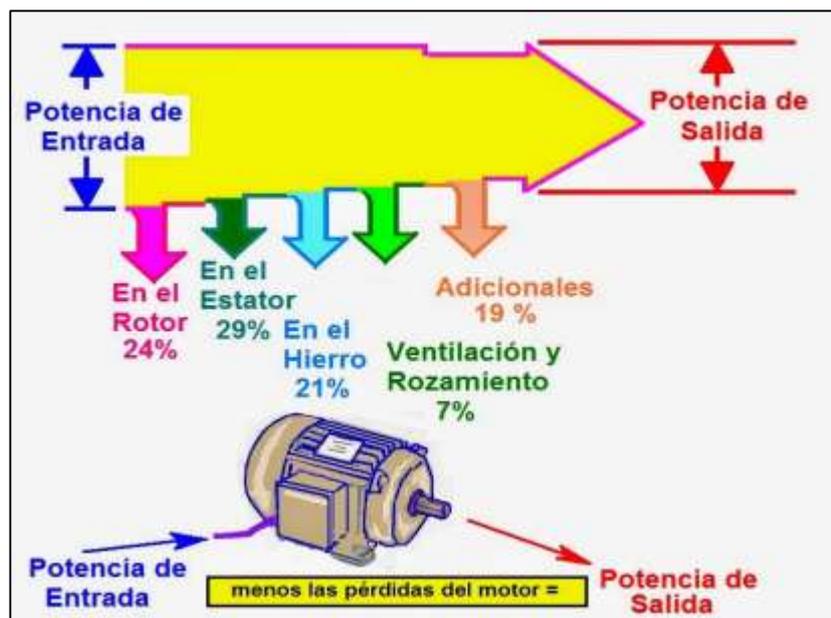


Figura 68: Perdida de potencia del motor de ventilación.
Fuente: COPAROMAN, (2017).

$$HP = (V * L * \text{Eff})/746$$

$$HP = \frac{135.74 \text{ m}^3/\text{min} * 160 \text{ m} * .82}{746}$$

$$HP = 23.87$$

3.9.3. Leyes del ventilador:

Se considera N = la velocidad de rotación del ventilador. La forma en que afecta al volumen de aire movido, a la presión capaz de producir y a la energía absorbida por el ventilador, constituyen las leyes de rendimiento básico de cualquier ventilador.

Estas relaciones son:

$$Q \approx N$$

$$H \approx N^2$$

$$P \approx N^3$$

Estas leyes se aplican prescindiendo del sistema de unidades usadas, siempre que sean consistentes. Su importancia radica en que, si la resistencia del sistema contra el cual está operando el ventilador no cambia, aunque aumentamos la velocidad del ventilador, de esta manera.

$$Q_1/Q_2 = N_1/N_2 = \frac{1}{2} > Q_2 = 2 \times Q_1 \text{ (El Caudal aumenta al doble)}$$

$$H_1/H_2 = (N_1/N_2)^2 = \frac{1}{4} > H_2 = 4 \times H_1 \text{ (La Presión aumenta 4 veces)}$$

$$P_1/P_2 = (N_1/N_2)^3 = \frac{1}{8} > P_2 = 8 \times P_1 \text{ (La Potencia aumenta 8 veces)}$$

Esto indica que la decisión de aumentar la velocidad del ventilador tiene efectos considerables en la energía requerida.

CAPÍTULO IV: PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

4.1. Prueba de hipótesis general

El estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación aplicada experimental, por lo cual existen suficientes pruebas a la hipótesis “La implementación de un Sistema de ventilación para el mejoramiento del nivel de salud ocupacional en la concesión minera Los Chancas V, del distrito de Chalamarca desde el 2017”.

4.2. Prueba de hipótesis específica

El estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación aplicada experimental, por lo cual estas son pruebas a las hipótesis:

Al analizar la situación actual de la empresa y planificar el proyecto de implementación del sistema de ventilación la concesión minera Los Chancas V, como una mejora para los indicadores de desempeño sobre la Salud Ocupacional de sus trabajadores.

Al evaluar los beneficios que representa la implementación del Sistema de, se ventilación en la concesión minera Los Chancas V, Se ajusta a la situación actual de la empresa y a los requisitos exigidos por decreto supremo 023-2017-EM.

Para la evaluación de la situación actual se requiere contrastar con los límites máximos permisibles de gases, partículas y ruido.

4.2.1. Concentración promedio de partículas en suspensión PM₁₀

Para hacer menos extenso este informe mostraremos el promedio de las 3 bocaminas.

En la tabla siguiente mostramos 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.

Tabla 10
Concentraciones de partículas medidas (PM₁₀).

Hora de control	Concentraciones de PM₁₀ (µg/m³)
07:00a.m	23.75
08:00a.m	35.73
09:00a.m	28.72
10:00a.m	27.03
11:00a.m	27.80
12:00p.m	28.16
1:00p.m	28.44
2:00p.m	26.85
3:00p.m	30.02
4:00p.m	27.68
5:00p.m	29.97
6:00p.m	30.52

Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

La concentración máxima (35.73 µg/m³) se obtuvo en la hora 8:00 a.m.; mientras que la mínima concentración se obtuvo en la hora 7:00 a.m. (23.75 µg/m³) por la influencia de factores climáticos.

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.

Tabla 11
Promedio aritmético de concentración de partículas en suspensión (PM₁₀).

28.72 µg/m ³	promedio aritmético de la concentración de partículas en suspensión (PM ₁₀) de las (12 horas)
150 µg/m ³	estándar nacional de calidad ambiental del aire (PM ₁₀)

Fuente: Elaboración propia, (2017).

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

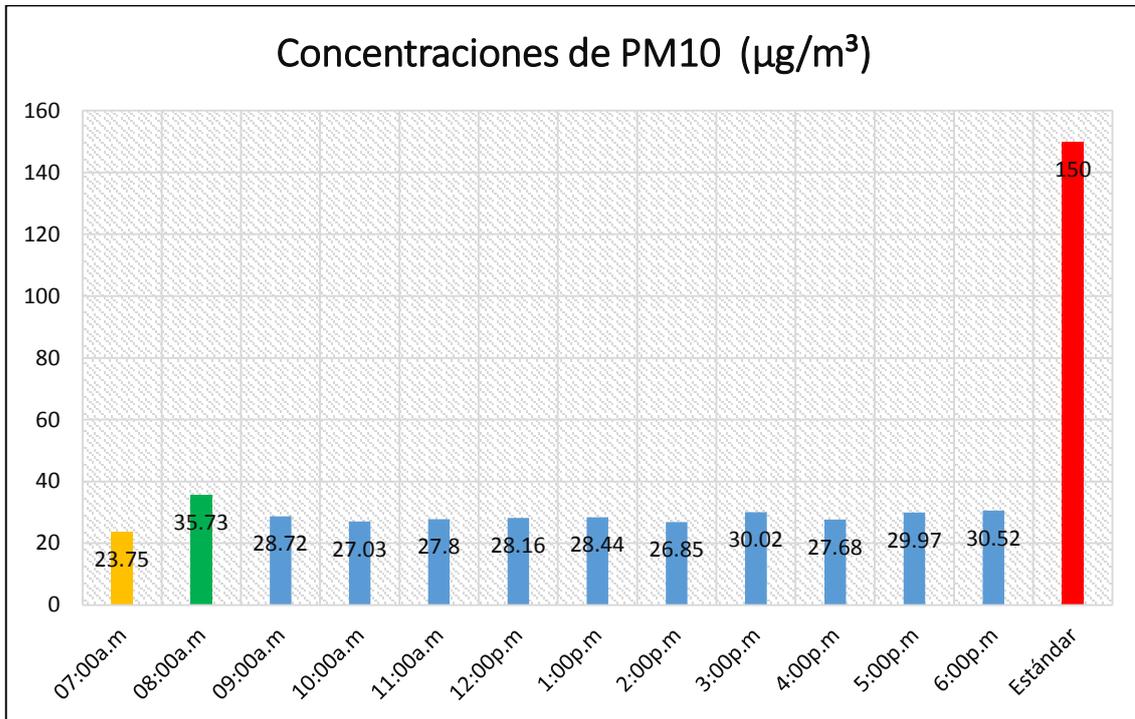


Figura 69: Comparación de concentración de partículas en suspensión (PM₁₀).
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

4.2.2. 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 la tabla siguiente de PM_{2.5}. Medidos en el punto de control (Bocamina 1, 2 y 3).

Tabla 12
Concentraciones de partículas (PM_{2.5}).

Hora de control	Concentraciones de PM _{2.5} (µg/m³)
07:00a.m	6.42
08:00a.m	4.96
09:00a.m	19.36
10:00a.m	17.48
11:00a.m	17.76
12:00p.m	17.90
1:00p.m	18.71
2:00p.m	17.15
3:00p.m	18.70
4:00p.m	16.87
5:00p.m	18.85
6:00p.m	21.75

Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

La concentración máxima (21.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) se obtuvo a las 6:00 p.m., mientras que la mínima concentración (4.96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) se obtuvo a las 8:00 a.m.

Las concentraciones de partículas $\text{PM}_{2.5}$ 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 $\text{PM}_{2.5}$ fijado en 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, estipulado en el DS – 003- 2008 MINAM.

Tabla 13

Promedio aritmético de concentración de partículas en suspensión ($\text{PM}_{2.5}$).

16.33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio aritmético de la concentración de partículas en suspensión ($\text{PM}_{2.5}$) de las (12 horas)

50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ estándar nacional de calidad ambiental del aire ($\text{PM}_{2.5}$)

Fuente: Elaboración propia, (2017).

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

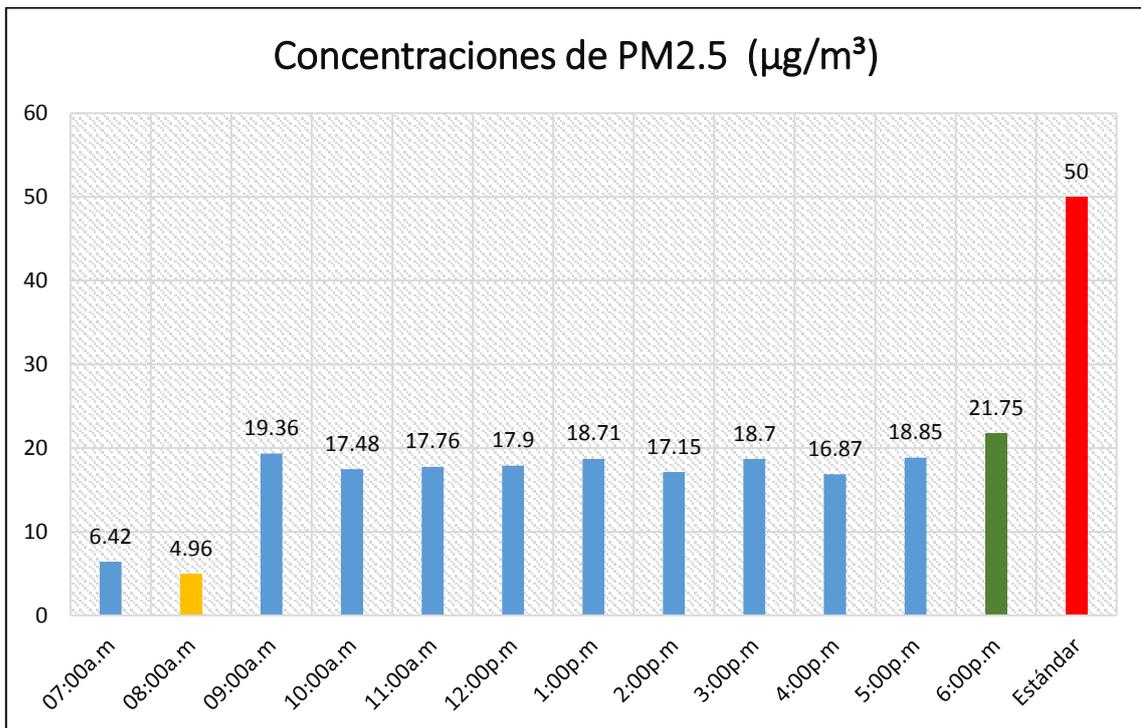


Figura 70: Comparación de concentración de partículas en suspensión ($\text{PM}_{2.5}$).

Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

4.2.3. Concentración de dióxido de azufre (SO_2)

En la siguiente tabla se muestra las concentraciones de Dióxido de Carbono (SO_2) (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, Medidos en el punto de control (Bocamina 1, 2 y 3).

Tabla 14
Concentraciones de Dióxido de Azufre (SO₂).

Hora de control	Concentraciones de SO₂(µg/m³)
07:00a.m	7.58
08:00a.m	5.41
09:00a.m	7.83
10:00a.m	8.33
11:00a.m	7.67
12:00p.m	7.33
1:00p.m	7.83
2:00p.m	7.25
3:00p.m	7.08
4:00p.m	7.58
5:00p.m	7.00
6:00p.m	8.00

Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

La concentración máxima (8.33 µg/m³) se obtuvo a las 10:00 a.m., mientras que la mínima concentración (5.41 µg/m³) se obtuvo en el punto de 8:00 a.m.

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.

Tabla 15
Promedio aritmético de concentración de Dióxido de Azufre (SO₂).

7.41 µg/m ³	promedio aritmético de concentración de dióxido de azufre (SO ₂) de las (12 horas)
80 µg/m ³	estándar nacional de calidad ambiental del aire (SO ₂)

Fuente: Elaboración propia, (2017).

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

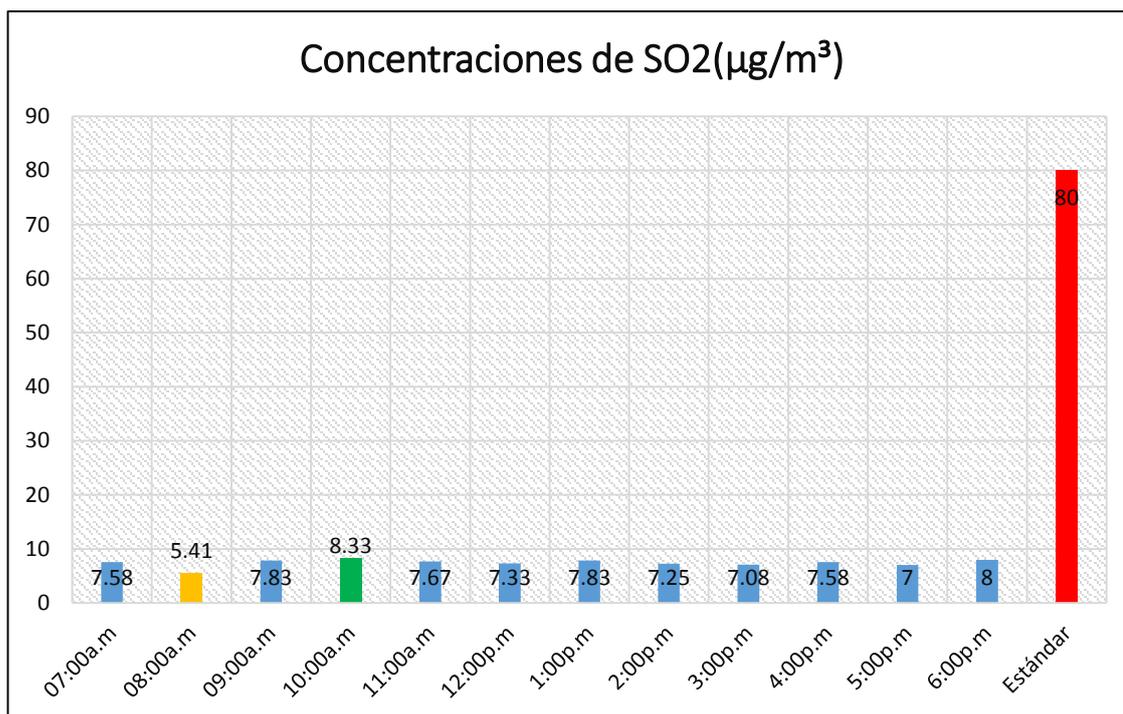


Figura 71: Comparación de concentrado de dióxido de azufre (so₂).
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

4.2.4. Concentración de monóxido de carbono (CO).

En la siguiente tabla 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, Medidos en el punto de control (Bocamina 1, 2 y 3).

Tabla 16
Concentraciones de monóxido de Carbono (CO).

Hora de control	Concentraciones de CO(µg/m ³)
07:00a.m	2996.17
08:00a.m	2905.92
09:00a.m	3198.75
10:00a.m	2083.25
11:00a.m	2220.17
12:00p.m	2037.67
1:00p.m	2517.17
2:00p.m	3137.67
3:00p.m	1633.25
4:00p.m	2477.50
5:00p.m	2629.25
6:00p.m	2319.58

Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

La concentración máxima (3198.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) se obtuvo a las 9:00 a.m. mientras que la mínima concentración (1633.25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) se obtuvo en el punto a las 3:00 p.m.

Los niveles de concentración de Monóxido de Carbono (CO) obtenidos en los puestos de control de 7:00 a.m. a 6:00 p.m. se encuentran por debajo del Estándar Nacional de calidad Ambiental del aire, fijado en 30000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, según la norma 074-2001-pcm-ECA para el aire.

Tabla 17

Promedio aritmético de concentración de monóxido de carbono (CO).

2513.03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	promedio aritmético de concentración de monóxido de carbono (CO) de las (12 horas)
30000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	estándar nacional de calidad ambiental del aire (CO)

Fuente: Elaboración propia, (2017).

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

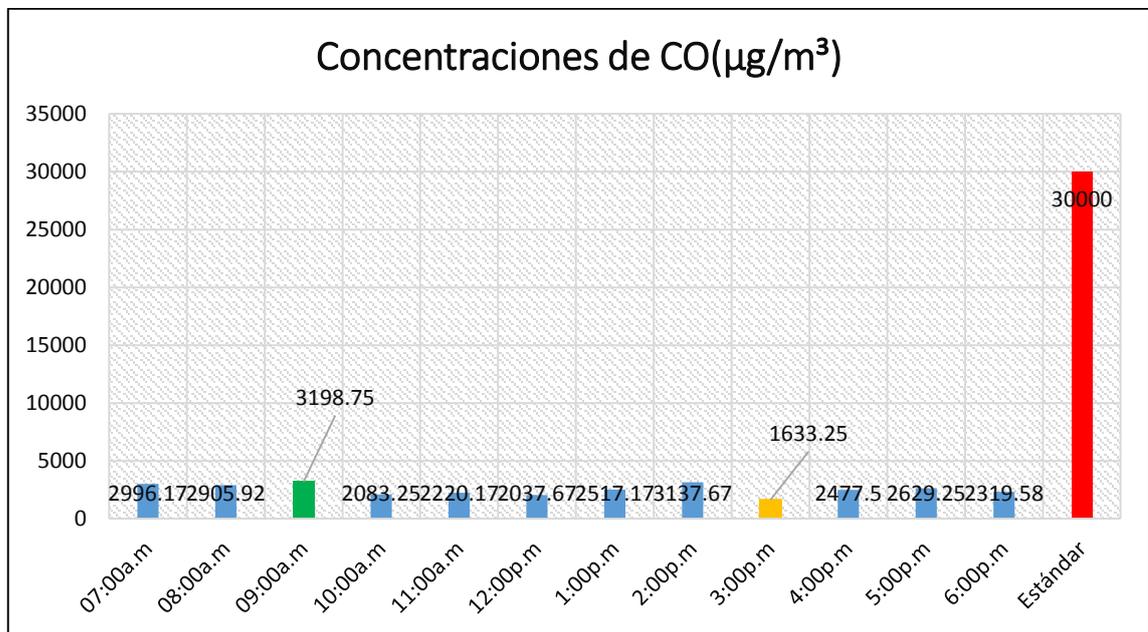


Figura 72: Comparación de concentrado de Monóxido de Carbono (CO).

Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

4.2.5. Concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂)-12h

La tabla 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.

Tabla 18
Concentraciones de Dióxido de Nitrógeno (no₂).

Hora de control	Concentraciones de NO₂(µg/m³)
07:00a.m	39.29
08:00a.m	65.26
09:00a.m	66.80
10:00a.m	91.33
11:00a.m	90.75
12:00p.m	77.52
1:00p.m	64.69
2:00p.m	69.67
3:00p.m	64.78
4:00p.m	67.28
5:00p.m	63.44
6:00p.m	63.63

Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

La concentración máxima (91.33 µg/m³) se obtuvo a las 10:00 a.m., mientras que la mínima concentración (39.29 µg/m³) se obtuvo en el punto de 7:00 a.m.

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.

Tabla 19
Promedio aritmético de concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂).

68.70 µg/m ³	Promedio aritmético de concentración de dióxido de nitrógeno (NO ₂) de las (12 horas)
200 µg/m ³	estándar nacional de calidad ambiental del aire (NO ₂)

Fuente: Elaboración propia, (2017).

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

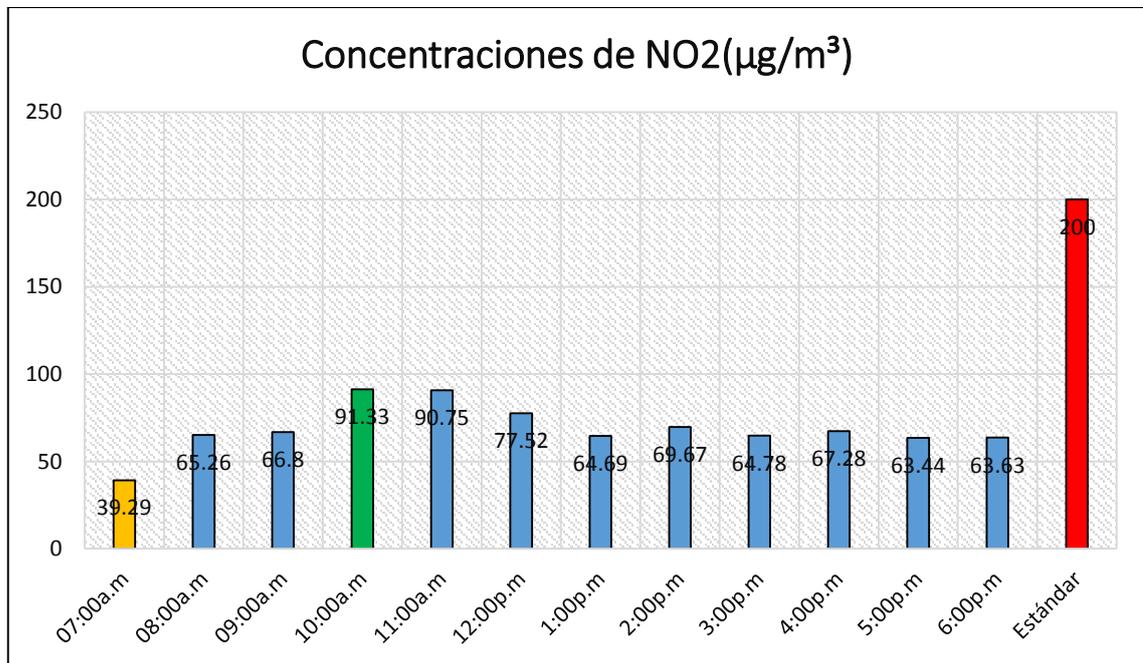


Figura 73: Comparación de concentrado de Dióxido de Nitrógeno (no₂).
Fuente: INGECONSULT E.I.R.L., (2017).

Considerando los resultados anteriores los parámetros medidos no pasan los límites máximos permisibles, pero se necesita de ventilación artificial. Pero es necesario la ampliación de las cámaras para que la ventilación natural sea el recurso secundario de mantener el área de trabajo limpio. Además que la circulación del aire se haga de forma correcta se tiene que analizar la velocidad y la presión para determinar que si se puede mantener el aire en movimiento o de lo contrario se tiene que instalar el sistema de ventilación propuesto.

✓ CONCLUSIONES

- Para determinar el buen funcionamiento de un sistema de ventilación se debe tomar en cuenta la velocidad del flujo de aire para calcular las pérdidas de presión que se pueda generar en la tubería. Además de que se debe informar al trabajador cómo funciona el sistema de ventilación y que debe hacer ante un mal funcionamiento.
- Se debe tener en cuenta los requerimientos exigidos por las normas nacionales y las buenas prácticas de programación, para que de forma correcta y precisa se calculen los parámetros determinantes para el diseño de un circuito de ventilación, en donde posteriormente se hace la escogencia del ventilador según la información arrojada del algoritmo diseñado.
- Los sistemas de ventilación no son aplicables a todas las minas ya que cada mina tiene características unas diferentes a otras por ello se tiene que hacer el diseño adecuado teniendo en cuenta los parámetros necesarios de la ventilación mecánica.
- Para automatizar un sistema de ventilación necesitamos que el personal conozca cómo funciona todo el sistema, para cuando se presente algún desperfecto sepa dónde está el problema para darle una solución.

✓ RECOMENDACIONES

- Implementar instrumentos completos para monitorear periódicamente los gases en las labores.
- Diseñar circuitos más cortos con diámetros grandes, con velocidades ni muy bajas ni muy altas para no generar demasiadas pérdidas de presión y mucho ruido. Además que las mangas se instalen lo más cerca posible del frente de avance para evitar que el aire se contamine antes de llegar a su destino.

✓ FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agüero, H. (2012), influencia de la ventilación natural y mecánica en el diseño del sistema de ventilación de las galerías - del nivel 1950mina calpa – Arequipa. Tesis para optar el título profesional de ingeniero de minas. Arequipa, Perú. Universidad nacional de Huancavelica. Recuperado de: [https://es.scribd.com/document/.../ Análisis-de-Un-Trabajo-de-Investigación-Realizado](https://es.scribd.com/document/.../Análisis-de-Un-Trabajo-de-Investigación-Realizado).
- Calisaya (2012), simposio titulado: Estandarización del proceso de ventilación en minas de carbón - Caso Carbones del Caribe S.A.S. Colombia. Medellín, Colombia. universidad de Utah de Colombia. Recuperado de: www.ventsim.com/.../Estandarizacion_del_proceso_de_ventilacion_en_minas_de_car...
- Campillos, A. (2015), Optimización y modelización del circuito de ventilación de una mina subterránea. Proyecto de fin de carrera. Lima, Perú. Departamento de ingeniería geológica y minera. Recuperado de: https://www.oa.upm.es/36496/1/PFC_Alberto_Campillos_Prieto.pdf.
- Chambergó, G. (2013), sistema de ventilación en la mina de la Unidad Productiva San Cristóbal. Lima, Perú: Tesis ingeniero de minas. universidad nacional de ingeniería. Recuperado de: http://www.cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1203/1/chambergó_og.pdf.
- García, E., E. (2016), evaluación de la situación actual del sistema de ventilación y propuesta para su optimización la mina subterránea carbonífera mi Grimaldina I - Cajamarca - 2016. tesis para obtener título de ingeniero de minas. Cajamarca, Perú. Universidad privada del norte. Recuperado de: repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/7582.

- Jiménez, P. (2015), Ventilación de Minas Subterráneas y Túneles. Libro de ventilación de minas. Lima, Perú. Instituto de ingenieros de minas del Perú. Recuperado de: www.iimp.org.pe/website2/jueves/ultimo261/jm20111.
- Mallqui, T. (1980), Proyecto de Optimización del Sistema de Ventilación. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería de minas. Huancayo, Perú. Universidad nacional del centro del Perú. Recuperado de: www.academia.edu/8752984/Tesis_Huancavelica.
- Niño, W. A. (2014), influencia de la ventilación natural y forzada en el dimensionamiento del sistema de ventilación de la mina Limpe centro-unidad minera ISCAYCRUZ- provincia de Oyon-Lima. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero de minas. Nuevo Chimbote, Perú. universidad nacional del santa. Recuperado de: <http://www.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/1920/27236.pdf?sequence=1>.
- Piérola, O. (2015), Evaluación integral del sistema de ventilación, modelamiento y diseño mediante el software ventsim visual avanzado en la U. M. Unimon Cía. minera Chungar. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero de minas. Arequipa, Perú. Universidad nacional san Agustín de Arequipa. Recuperado de: repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/105/B2-M-181.
- Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional. D.S. N° 023-2017-EM. Lima, Perú. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/.../decreto-supremo-n-023-2017em-aprueban-reglamento-de-s>.
- Suarez, M. (2013), conferencia de prensa titulada: El gas grisú, un peligro letal para los mineros. Madrid, España. Recuperado de: [www.rtve.es > Noticias > España > Castilla y León > León](http://www.rtve.es/Noticias/España/Castilla_y_León/León).
- Suty, J. (2016), influencia de la ventilación mecánica en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 en la mina Urano. sac – puno. Tesis de

ingeniero de minas. Puno, Perú: universidad nacional del altiplano.
Recuperado de: <http://www.tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/353>.

- Chicago blower argentina, s.a. (2006), Clasificación de ventiladores Industriales - Centrífugos y Axiales, recuperado de: www.chiblosa.com.ar/spanish/herramientas/teoria_de_los_ventiladores.htm

ANEXOS

Anexo 1: matriz de consistencia

Tabla 20

Propuesta para la implementación de un sistema de ventilación de la extracción de carbón en la concesión minera los chancas v, chota 2017.

“PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE CARBÓN EN LA CONCESIÓN MINERA LOS CHANCAS V, CHOTA 2017”.						
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	MUESTRA	DISEÑO	INSTRUMENTO
Problema principal	Objetivos generales	Hipótesis general	Variable independiente	población	método	
¿Cuál debe ser el diseño de un sistema de ventilación que proporcione un flujo de aire constante y adecuado para la concesión minera Los Chancas V, en el centro poblado la Colpa, distrito de Chalamarca, provincia de Chota y departamento de Cajamarca durante el año 2017?	Proponer un diseño para la implementación de sistema de ventilación que proporcione un flujo de aire continuo en la concesión minera Los Chancas V, en el centro poblado la Colpa, distrito de Chalamarca, provincia de Chota y departamento de Cajamarca durante el año 2017.	Las condiciones de trabajo mejoraran mediante la instalación del sistema de ventilación en serie en la mina, ya que se dispondrá con un flujo continuo de 135.74 (m ³ /min) de aire a una velocidad de 45.001 m/s, para diluir los gases de mina y el polvo generado en el interior de la mina como consecuencia del movimiento del carbón.	El sistema de ventilación			
Problemas secundarios 1. ¿Cuál es la propuesta del sistema de ventilación en la concesión minera Los Chancas V, en el centro poblado la Colpa, distrito de Chalamarca, provincia de Chota y departamento de Cajamarca durante el año 2017? 2. ¿Cuál debe ser caudal necesario para obtener la cantidad de oxígeno adecuada en la mina que genere un ambiente de trabajo limpio y seguro para los trabajadores? 3. ¿Cuál debe ser el circuito de ventilación óptimo que elimine el aire viciado del interior de la mina, mediante la supervisión y el control permanente de profesionales dentro de la mina?	Objetivos secundarios 1. Optimizar de la ventilación para asegurar una atmósfera respirable para el personal de la mina Los Chancas V, en el centro poblado la Colpa, distrito de Chalamarca, provincia de Chota y departamento de Cajamarca durante el año 2017. 2. Proponer un circuito de ventilación que nos permita explotar reservas que se encuentran a longitudes mayores a sesenta metros lineales y expulsar el aire viciado generado por los trabajadores y máquinas de todas las galerías de extracción del carbón. 3. Calcular la cantidad de aire para realizar la dilución de los gases y extraer el polvo proveniente de las labores de la mina.	Hipótesis secundarias 1. La optimización del sistema de ventilación se desarrolla mediante la evaluación de la cobertura de aire tanto en el frente de avance como en los accesos de la mina. 2. El circuito de ventilación será en serie para que sea más corto y evitar pérdidas de presión con una potencia de motor de 24 hp en un diámetro de tubería de 25 cm. 3. El caudal de aire será de 135.74 (m ³ /min) para mantener el área de trabajo limpio y hacer la dilución de los gases y la extracción del polvo del ambiente.	Variable dependiente La calidad del aire.	Las tres galerías de la concesión minera los chancas v.	El método es el Modelo aplicativo no experimental descriptivo porque se describe el funcionamiento o y se aplica una propuesta a un hecho real.	Ventilación Artificial.

Fuente: Elaboración propia, (2017).

Anexo 2: Fotos de las galerías en la concesión minera los chancas v.



Figura 74: acarreo de carbón.
Fuente: Elaboración propia, (2017).



Figura 75: medidas de la galería 1.
Fuente: Elaboración propia, (2017).



Figura 76: medidas de la galería 2.
Fuente: Elaboración propia, (2017).

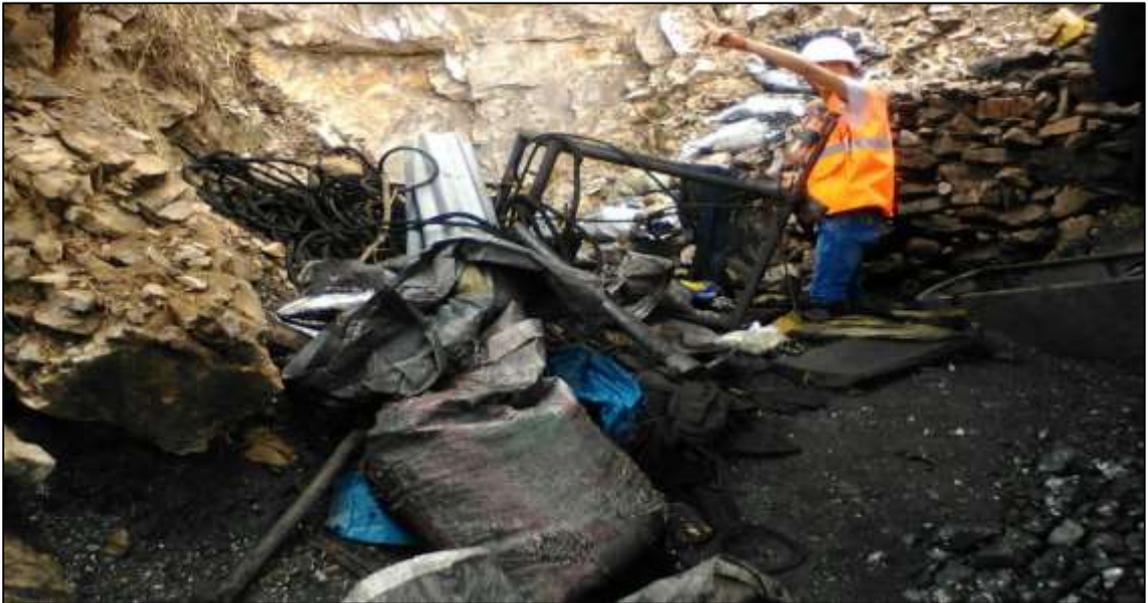


Figura 77: materiales de extracción y acarreo.
Fuente: Elaboración propia, (2017).



Figura 78: medidas de la galería 3.
Fuente: Elaboración propia, (2017).



Figura 79: producción semanal.
Fuente: Elaboración propia, (2017).

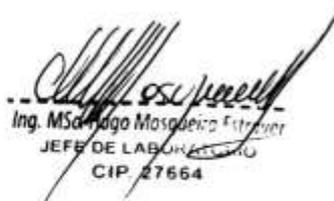
CERTIFICADO

La Empresa **INGECONSULT & LAB. SRL.** Certifica que:

Ha realizado los Monitoreos ambientales de partículas $PM_{2,5}$ y PM_{10} , así como los gases SO_2 , NO_2 y CO , en la Concesión Minera LOS CHANCAS V, dichos Monitoreos se realizaron en el mes de setiembre del año 2017.

Para lo cual se expide el siguiente certificado de Monitoreos para los fines que el interesado crea conveniente.

Cajamarca 24 noviembre de 2017



Ing. MSc. Jorge Mosquera Estrada
JEFE DE LABORATORIO
CIP. 27664