

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

CONSTRUCCIÓN DE UNA CHIMENEA ALIMAK PARA MEJORAR LA VENTILACIÓN DE LA ZONA MERCEDES EN LA EMPRESA OREX SAC DE LA UNIDAD MINERA SAN JUAN DE AREQUIPA

PRESENTADO POR:

Bach. JULISSA HANCCO DAZA

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

ASESOR:

ING. MAXIMO VICTOR MAYTA LINO

CUSCO - PERÚ

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

VICE RECTORADO DE INVESTIGACIÓN

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe asesor del trabajo de investigación titulado: **"CONSTRUCCIÓN DE UNA CHIMENEA ALIMAK PARA MEJORAR LA VENTILACIÓN DE LA ZONA MERCEDES EN LA EMPRESA OREX SAC DE LA UNIDAD MINERA SAN JUAN DE AREQUIPA"**

Presentado por **Julissa Hancco Daza**, con DNI 75826838 y código universitario Nro. **151756** para optar al Título Profesional de: **INGENIERO DE MINAS**. Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 03 (Tres) veces, mediante el software antiplagio Turnitin, conforme al Artículo 6° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de: **10 % (Diez por ciento)**.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación, tesis, textos, libros, revistas, artículos científicos, material de enseñanza y otros (Art. 7, inc. 2 y 3)

Porcentaje	Evaluación y acciones.	Marque con una X
Del 1 al 10 %	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30%	Devolver al usuario para las correcciones.	-----
Mayores a 31 %	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a ley.	-----

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software antiplagio.

Cusco, 13 de octubre de 2023.

FIRMA

POST FIRMA: Ing. Máximo Víctor Mayta Lino
DNI Nro.: 23956885

ORCID ID: 0000-0002-9935-5754

Se adjunta

1. Reporte Generado por el sistema Antiplagio:

2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio:

<https://unsaac.turnitin.com/viewer/submissions/id/272592763873287?locale=es-MX>

NOMBRE DEL TRABAJO

**CONSTRUCCIÓN DE UNA CHIMENEA ALI
MAK PARA MEJORAR LA VENTILACIÓN
DE LA ZONA MERCEDES EN LA EMPRES
A OR**

AUTOR

JULISSA HANCCO DAZA

RECUENTO DE PALABRAS

25880 Words

RECUENTO DE CARACTERES

139357 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

183 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

13.0MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 13, 2023 7:56 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 13, 2023 7:58 PM GMT-5

● **10% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Base de datos de trabajos entregados
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 30 palabras)
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material bibliográfico
- Material citado
- Fuentes excluidas manualmente

DEDICATORIA

Lleno de felicidad y amor dedico este trabajo a cada uno de mis seres queridos, quienes son mis pilares para seguir adelante.

A mis padres Eulogio Hanco y Maria Daza, porque ellos son la inspiración de mi vida y mi orgullo de ser lo que seré.

Al regalo más grande que dios me dio, mi hija Valeria Sofia Avalos y a mi pareja Roenel Avalos, quienes son las personas que me dan fuerzas y motivos para luchar y salir adelante.

AGRADECIMIENTO

Mi grato agradecimiento a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, a la Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas por permitir mi formación profesional en sus aulas, a cada uno de los docentes y mi gratitud infinita al ingeniero Maximo Victor Mayta Lino, quien me apoyo en todo el desarrollo de la tesis.

Así mismo agradecer de manera muy especial, al personal de la zona Mercedes, a todos ellos por facilitar mi aprendizaje y atender de manera desinteresada y amigable mis interrogantes y consultas, Finalmente agradecer a la compañía minera OREX SAC.

INDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	1
MARCO METODOLOGICO	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2.1 Problema general	2
1.2.2 Problema específicos	3
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivo específicos	3
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	4
1.4.1 Justificación de la investigacion	4
1.4.2 Delimitación de la investigación	5
1.4.2.1 Delimitación geográfica	5
1.4.2.2 Delimitación temporal.....	5
1.4.3 Alcances	5
1.5 HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION.....	5
1.5.1 Hipótesis general	5
1.5.2 Hipótesis específicos	6
1.6 VARIABLES E INDICADORES.....	7
CAPITULO II	8

MARCO TEORICO	8
2.1 ANTECEDENTES NACIONALES.....	8
2.2 DEFINICIÓN DE LA VENTILACIÓN DE MINAS	10
2.3 BASES TEÓRICAS.....	11
2.3.1 Componentes de un sistema de ventilación	11
2.3.2 Caudal de aire	12
2.3.3 Requerimiento del aire	12
2.3.3.1 Caudal requerido por el número de trabajadores.....	13
2.3.3.2 Caudal requerido por el consumo de madera	14
2.3.3.3 Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo	14
2.3.3.4 Caudal requerido por consumo de explosivos.....	15
2.3.3.5 Caudal requerido por fugas	16
2.3.4 Ventilación subterránea	16
2.3.5 Tipos de ventilación	17
2.3.5.1 Ventilación natural.....	17
2.3.5.2 Fórmula para calcular de presión natural	18
2.3.6 Características de la ventilación natural	19
2.3.6.1 Calculo de presión de la ventilación natural	19
2.3.6.2 Ventilación mecánica.....	20
2.3.6.3 Aire de mina.....	21
2.3.6.4 Gases presentes en las minas	21
2.3.6.5 Polvo en las minas	21
2.3.6.6 Características deseables de un sistema de ventilación.....	22
2.3.7 Tipos de sistemas de ventilación	23
2.3.7.1 Ventilación auxiliar soplante	23
2.3.7.2 Ventilación auxiliar aspirante	24

2.3.7.3	Ventilación auxiliar mixta (soplante – aspirante).....	24
2.3.8	Tipos de ventiladores.....	25
2.3.8.1	Ventiladores centrífugos	25
2.3.8.2	Ventiladores axiales	25
2.3.8.3	Curva característica de un ventilador.....	26
2.3.9	Parámetros de ventilación.....	27
2.3.9.1	Caída de presión.....	27
2.3.9.2	Pérdidas por fricción (H_f).....	27
2.3.9.3	Coefficiente de fricción o frotamiento.....	29
2.3.9.4	Pérdidas por Choque (H _x).....	30
2.3.9.5	Longitud equivalente	32
2.3.10	Método raise climber o plataforma trepadora alimak	35
2.3.10.1	Tipos de equipo alimak	35
2.3.10.2	Consideraciones en la elección del equipo alimak.....	36
2.3.10.3	Características del equipo alimak:	36
2.3.10.4	Componentes del equipo alimak	37
2.3.11	DESCRIPCIÓN Y DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPO ALIMAK	39
2.3.12	Datos técnicos generales.....	40
2.3.12.1	Plataforma con propulsión neumática.....	40
2.3.12.2	Plataforma con propulsión eléctrica.....	41
2.3.12.3	Plataforma con propulsión diésel-hidráulica.....	42
2.3.12.4	Método alimak para instalación de chimeneas.....	43
CAPITULO III.....		46
METODOLOGIA DE INVESTIGACION		46
3.1	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION	46
3.1.1	Tipo de diseño	46

3.1.2	Nivel de investigación	46
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	47
3.2.1	Población	47
3.2.2	Muestra	47
3.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .	47
3.3.1	Técnicas de recolección de datos	47
3.3.2	Mediciones de velocidad	47
3.3.3	Medición de área	48
3.3.3.1	Equipos utilizados para medición	49
3.4	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE INVESTIGACIÓN.....	51
3.4.1	Aanálisis estadístico	51
3.4.2	Análisis descriptivo	51
3.4.3	Presentación.....	51
CAPÍTULO IV		52
MEJORA DE LA VENTILACIÓN EN LA ZONA MERCEDES		52
4.1	EVALUACIÓN DE INGRESOS Y SALIDAS DEL CAUDAL DE AIRE DE LA ZONA MERCEDES	52
4.1.1	Zona mercedes	52
4.1.1.1	Zona Mercedes baja	52
4.1.1.2	Zona Mercedes alta	52
4.1.2	Círculo de ventilación de la zona mercedes	54
4.1.2.1	Ingreso de aire a la zona Mercedes	54
4.1.2.2	Salida de aire a la zona Mercedes	54
4.1.2.3	Círculo de ventilación de la zona mercedes	54
4.1.3	Evaluación de ingresos de caudal de aire	54

4.1.4	Evaluación de salidas de caudal de aire.....	55
4.2	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN ACTUAL.....	56
4.2.1	Parámetros del sistema de ventilación	56
4.2.2	Balance del caudal de aire de ingresos y salidas	56
	Aforos principales	57
4.2.3	Requerimiento de caudal de aire actual	58
4.2.3.1	Caudal requerido por el número de trabajadores.....	59
4.2.3.2	Caudal requerido por el consumo de madera	61
4.2.3.3	Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo	65
4.2.3.4	Caudal requerido por consumo de explosivo	66
4.2.4	Evaluación de velocidades de aire, temperatura y humedad realitiva en los tajos de la zona mercedes	69
4.3	DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA ZONA MERCEDES	73
4.3.1	Cálculos de área de ingreso y salida de aire	73
4.3.1.1	Calculo de área para el proyecto	73
4.3.1.2	Comparación del área de ingreso y salida antiguo con el nuevo diseño.	74
4.3.2	Calculo para la presión por ventilación natural	75
4.4	DISEÑO DE CHIMENEA ALIMAK DE VENTILACIÓN PARA LA ZONA MERCEDES	77
4.4.1	Proyecto de ventilación de la zona mercedes	77
4.4.2	Características de la plataforma alimak para el proyecto	79
4.4.3	Proyecto de ventilación para la zona mercedes	79
4.4.4	Calculo de parámetros de ventilación de las labores	82
4.4.4.1	Calculo de caída de presión por fricción.....	82
4.4.4.2	Estimación de pérdidas de presión por choque	85
4.4.4.3	Estimación de pérdidas por accesorios.....	87

4.4.4.4	Estimación de pérdidas de presión por extracción de aire viciado.....	87
4.4.4.5	Caída de presión total.....	88
4.5	SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA ZONA MERCEDES	
	88
4.5.1	Modelamiento en software VENTSIM.....	88
4.5.2	Establecer atributos a conductos de aire	91
4.5.2.1	Resistencia por Fricción.....	92
4.5.2.2	Resistencia por Choque.....	97
4.5.3	Direccionadores del caudal de aire	99
4.5.4	Selección del ventilador.....	100
4.5.4.1	Calculo para presión dinámica y presión estática	103
4.5.4.2	Curva de resistencia característica de mina.....	104
4.5.4.3	Punto de operación del ventilador principal.....	105
4.5.5	Resumen de la red del sistema.....	110
4.6	COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA CHIMENEA 7485	111
4.6.1	Tiempo estimado de construcción de la chimenea	111
4.6.2	Número de personal necesario.....	111
4.6.3	Costo unitario de excavación de la chimenea 7485	112
4.6.3.1	Costo unitario de los trabajos preliminares	112
4.6.3.2	Costo unitario de traslado, montaje, desmontaje de equipos y carriles	112
4.6.3.3	Costo unitario de excavación de chimenea	113
4.6.3.4	Costo unitario servicios adicionales y stand by paralizaciones de equipo.	113
4.6.3.5	Costo unitario de sostenimiento	114
4.6.3.6	Costo unitario en gastos generales costos fijos mensuales.....	114
4.6.3.7	Gastos realizados por Orex SAC.....	115
4.6.3.8	Costo total de la excavación de la chimenea 7485	116
4.6.4	Cronograma de ejecución	116

CAPÍTULO V.....	117
5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	117
5.1.1 Evaluacion integral del sistema de ventilacion de la zona mercedes.....	117
5.1.1.1 El requerimiento de aire del sistema actual de la zona mercedes.....	118
5.1.1.2 Cobertura de aire de la zona mercedes:.....	118
5.1.2 Proyecto de chimenea alimak para la ventilación.....	119
5.1.2.1 Caída de presión total del sistema de extracción de aire	119
5.1.3 Costo total de construcción de la chimenea 7485	120
5.1.4 Estimación de mejoras en el circuito de ventilación.....	122
5.1.4.1 Comparación del balance de aire antes y después del proyecto	122
5.1.4.2 Cobertura de aire con la implementación del proyecto de ventilación.....	123
CONCLUSIONES.....	124
RECOMENDACIONES	125
BIBLIOGRAFICA.....	126
ANEXOS.....	128

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de variable e indicadores	7
Tabla 2. Factor de producción de acuerdo al consumo de madera.	14
Tabla 3. Velocidad mínima de acuerdo a la temperatura del aire en Perú.	15
Tabla 4. Factor de Atkinson “K” para labores mineras.	30
Tabla 5. Coeficientes de perdida por choque.	34
Tabla 6. Modelo STH-5L de plataforma alimak	40
Tabla 7. Modelo STH-5LL de plataforma alimak	41
Tabla 8. Modelo STH-5E de plataforma alimak	41
Tabla 9. Modelo STH-5EE de plataforma alimak	42
Tabla 10. Modelo STH-5D de plataforma alimak	42
Tabla 11. Modelo STH-5DD de plataforma alimak	43
Tabla 12. Plano isometrico de la zona Mercedes	55
Tabla 13. Áreas y caudales de salida de aire de la zona Mercedes	56
Tabla 14. Caudales de ingreso de la zona Mercedes	57
Tabla 15. Caudales de salida de la zona Mercedes	57
Tabla 16. Número de trabajadores por guardia	59
Tabla 17. Caudal mínimo por persona	59
Tabla 18. Resumen de Caudal requerido por el número de trabajadores	60
Tabla 19. Caudal por consumo de madera	64
Tabla 20. Área promedio de las labores con temperatura mayores a 24C°.	65
Tabla 21. Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo	66

Tabla 22. Área promedio de las labores.....	67
Tabla 23. Número de niveles en voladura.....	67
Tabla 24. Caudal requerido por consumo de explosivo.....	68
Tabla 25. Requerimiento de aire total para la zona Mercedes	69
Tabla 26. Evaluación de temperatura y humedad relativa	70
Tabla 27. Total de áreas de ingresos para la zona Mercedes.	74
Tabla 28. Total de áreas de salidas para la zona Mercedes.....	74
Tabla 29. Datos para cálculo de presión para ventilación natural	75
Tabla 33. Cálculos de resistencias por choque para las labores mineras.....	98
Tabla 34. Puntos de trabajo del álabe en 86° del ventilador principal.	102
Tabla 35. Calculo de presión dinámica y presión estática.	103
Tabla 36. Presión total de la mina para diferentes caudales	104
Tabla 37. Tiempo estimado de construcción de la chimenea	111
Tabla 38. Número de trabajadores por guardia.....	111
Tabla 39. Valorización de los trabajos preliminares.....	112
Tabla 40. Valorización de los trabajos de traslado, montaje, desmontaje de equipos y carriles.....	112
Tabla 41. Valorización de excavación de chimenea	113
Tabla 42. Valorización de servicios adicionales y stand by paralizaciones de equipo..	113
Tabla 43. Valorización de los trabajos de sostenimiento.....	114
Tabla 44. Valorización de gastos generales costos fijos Mensual	114
Tabla 45. Costos directos y Total de valorización	115
Tabla 46. Casto unitarios gastos realizados por Orex sac.....	115

Tabla 47. Costo total de excavación de la Ch 7485	116
Tabla 48. Cronograma de ejecución de la chimenea 7485	116
Tabla 49. Cobertura de aire actual	118
Tabla 50. Costos totales de construcción.....	121
Tabla 51. Comparación de los caudales de ingreso	122
Tabla 52. Cobertura de aire del nuevo sistema de ventilación.....	123
Tabla 53. Acceso a la unida minera San Juan de Arequipa	131
Tabla 54. Reservas de unidad minera San Juan de Arequipa.	141
Tabla 55. Vida de tajos.	147
Tabla 56. Juego de aceros de perforación.....	152
Tabla 57. Parámetros de perforación de y voladura de una sección 2.25m x 2.2.5m....	158

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes del sistema de ventilación.....	11
Figura 2. Elementos del sistema de ventilación soplante.	23
Figura 3 Elementos del sistema de ventilación aspirante.	24
Figura 4. Ventiladores centrífugos.....	25
Figura 5. Ventilador axial	26
Figura 6. Curva característica típica de un ventilador axial.	26
Figura 7. Componentes del equipo alimak	38
Figura 8. Partes de la plataforma alimak	39
Figura 9. Perforación desde la plataforma alimak.	44
Figura 10. La voladura de la chimenea.....	44
Figura 11. La ventilación de la chimenea	45
Figura 12. El desate de rocas de la chimenea	45
Figura 13. Medición de velocidad para una sección de 2.1m x 2.1m.....	48
Figura 14. Calculo de áreas.....	48
Figura 15. Testo 480 - Medidor multifunción	49
Figura 16. Sondas de Testo 480.....	50
Figura 17. Plano isometrico de la zona Mercedes.	53
Figura 18. salida de aire viciado bocamina del nivel 15.....	55
Figura 19. Ubicación de las labores de la zona Mercedes.	72
Figura 20. Vista representativa de la zona Mercedes	75
Figura 21. Proyecto de chimenea de ventilación	78

Figura 22. Perdidas de presión por choque.....	86
Figura 23. Salida de aire viciado de la zona Mercedes.....	87
Figura 24. Creación de línea central AutoCAD.....	89
Figura 25. Importar de AutoCAD a VentSim.....	89
Figura 26. Importación de la topografía.	90
Figura 27. Línea central de las labores importadas de AUTOCAD	90
Figura 28. Modelo solido de la mina Mercedes en software VentSim.....	91
Figura 29. Calculo de resistencia para una chimenea de sección 1.2m x 1.2m.	93
Figura 30. Calculo de resistencia para una chimenea de sección 1.2m x 2.4m.	95
Figura 31. Calculo de resistencia para un Cx., Bp. y Gl de sección 2.1m x 2.1m.....	97
Figura 32. Configuración para tipo de perdida por choque	98
Figura 33. Direccionadores del flujo de aire	99
Figura 34. Curva de operación del ventilador con Caudal de 40000 CFM.	100
Figura 35. Datos de la curva de operación del ventilador a 86°.	101
Figura 36. Variador de frecuencia del ventilador con Caudal de 40000 CFM.....	101
Figura 37. Curva de presión total de ventilador principal	102
Figura 38. Curva de presión total de la mina para diferentes caudales	104
Figura 39. Punto de operación del ventilador principal.....	105
Figura 40. Punto de operación del ventilador principal.....	106
Figura 41. Ubicación del ventilador VAV-36-21-1750-I-B	107
Figura 42. Vista isométrica del circuito de ventilación de la zona Mercedes	108
Figura 43. Vista isométrica del circuito de ventilación de la zona Mercedes	109
Figura 44. Resumen de la red del sistema de ventilación.....	110

Figura 45. Ubicación de la unidad minera San Juan de Arequipa.....	130
Figura 46. Unidad Minera San Juan de Arequipa.....	130
Figura 47. Quebrada de Chorunga.....	131
Figura 48. Vista al Sur-Oeste Grupo Moquegua en tonos blancos.....	133
Figura 49. Columna estratigráfica local.....	135
Figura 50. Granodiorita.....	136
Figura 51. Diorita como roca encajonante.....	137
Figura 52. Ensamble mineralógico de cuarzo- pirita-oro	140
Figura 53. Cartilla geomecánica GSI.....	142
Figura 54. Diseño de tajo.....	144
Figura 55. Preparación de tajos de 60 m.....	145
Figura 56. Método de explotación corte y relleno ascendente con relleno detrítico	146
Figura 57. Sistema de ventilación de tajos	148
Figura 58. Componentes de rastrillaje en limpieza.....	149
Figura 59. Cuadro cojo en explotación de tajos en breasting.....	150
Figura 60. Diseño de cuadro completo.....	151
Figura 61. Máquina perforadora Jack leg.....	152
Figura 62. Malla de perforación en tajeos tipo breasting.....	153
Figura 63. Malla de perforación en frentes de 2.1m x 2.1m.....	154
Figura 64. Malla de perforación en bypass.....	154
Figura 65. Características técnicas del emulnor.....	155
Figura 66. Presentación del Emulnor.....	155
Figura 67. Estándar de malla de perforación sección 2.1 x 2.1 mts.....	156

Figura 68. Estándar de malla de perforación de chimenea sección 2.25 x 2.25 mts. 157

ANEXOS

ANEXO 01.....	129
AMBITO DE ESTUDIO	129
6.1 MARCO CONTEXTUAL	129
6.1.1 Accesibilidad.....	131
6.1.2 Clima.....	132
6.2 MARCO GEOLÓGICO.....	132
6.2.1 Geomorfología	132
6.2.1.1 Escarpa costera.....	132
6.2.1.2 Valles	133
6.2.2 Geología regional.....	134
6.2.3 Geología local	135
6.2.3.1 Super unidad incahuasi (ks-gd/to-in)	136
6.2.3.2 Granodiorita	136
6.2.3.3 Diorita	137
6.2.4 Intrusiones menores.	137
6.2.4.1 Dique de andesita.....	137
6.2.4.2 Dique monzonitico.....	138
6.2.5 Geología estructural	138
6.2.6 Geología económica.....	140
6.2.6.1 Mineralogía.....	140
6.2.6.2 Oro –Pirita-Cuarzo.....	141

6.2.6.3	Reservas de la unidad minera San Juan de Arequipa	141
6.2.7	GEOMECÁNICA	141
6.2.7.1	Tipos de roca en labores de desarrollo.....	143
6.2.7.2	Tipos de roca en labores de explotación.....	143
6.2.8	Método de explotación.....	144
6.2.8.1	Diseño de tajo	144
6.2.8.2	Productividad y vida de tajeo.....	147
6.2.9	OPERACIONES UNITARIAS DE TRABAJO	147
6.2.9.1	Ventilación.....	147
6.2.9.2	Limpieza	149
6.2.9.3	Sostenimiento.....	150
6.2.9.4	Perforación	152
6.2.9.5	Explosivo y accesorios de voladura.....	155
	PLANOS	160

INDICE DE PLANOS

<i>Plano 1. Crucero 7482 para ventilación vista en perfil</i>	<i>80</i>
<i>Plano 2. Chimenea 7485 para ventilación vista en planta.....</i>	<i>81</i>
<i>Plano 3. Geología local de la zona Mercedes</i>	<i>139</i>

PRESENTACIÓN

**SEÑOR DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS
Y METALURGIA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS

SEÑORES CATEDRATICOS MIEMBROS DEL JURADO

El trabajo de investigación **“CONSTRUCCIÓN DE UNA CHIMENEA ALIMAK PARA MEJORAR LA VENTILACIÓN DE LA ZONA MERCEDES EN LA EMPRESA OREX SAC DE LA UNIDAD MINERA SAN JUAN DE AREQUIPA”** el presente realizó con el fin de optar el título profesional de ingeniero de minas mediante la modalidad de tesis y encontrar y encontrar una solución a la problemática de ventilación que viene afectado en todas las labores de la zona de Mercedes en la U. M. San Juan de Arequipa, que es la falta de aire y el incremento de temperatura en interior mina.

El presente trabajo busca encontrar las causas del déficit de cauda de aire y el incremento de temperatura en las labores de la zona Mercedes para encontrar las posibles soluciones al problema.

La falta de caudal de aire y el incremento de temperatura mineras hacen que baje el rendimiento de los trabajadores y problemas de dilución de los gases nocivos, este problema se solucionara con un sistema de ventilación apropiado con resistencias menores que garantice el caudal necesario para todas las labores mineras.

Bach. JULISSA HANCCO DAZA

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal cumplir la normativa establecida en el DS-024- EM para proveer un ambiente de confort en el trabajo en condiciones saludables.

Se calcula los principales parámetros de ventilación para la zona Mercedes y se muestra los siguientes datos: el caudal de aforo de ingreso de aire a la mina es de 24,080 CFM, el requerimiento de aire actual de la zona Mercedes es de 32,768 CFM teniendo un 27% de déficit de caudal de aire. Se tiene el problema de incremento de temperatura y recirculación de aire en las labores de la zona Mercedes.

Con la estimación de los parámetros de ventilación se concluye que es necesario realiza un nuevo sistema de ventilación, donde ya no tenga que dependerse de la ventilación natural y se use en su totalidad una ventilación mecánica.

Para la implementación del nuevo sistema de ventilación se tiene los siguientes datos:

- Se determinó que el caudal de ingreso de aire a la zona Mercedes es de 24,080 CFM y su caudal de salida es de 25,115 CFM teniendo un desbalance de 4.1% que equivale a 1,036 CFM.
- El caudal de aire mínimo que necesita es de 32,765 CFM
- Según el cálculo de requerimiento de aire que se necesita para la zona Mercedes se propone la construcción de una chimenea 7485 con plataformas alimak, de sección 2.25m x 2.25 m, de longitud 452.87 m.
- Después de la construcción de la chimenea se complementará con un ventilador extractor principal que se ubica en el nivel 2.
- Selección de un ventilador principal adecuado de modelo VAV - 36 - 21 - 1750 - I- B y con las características de operación de: 5 pulg. H₂O, 43, 099 CFM, y 57.5% de eficiencia.

Palabras claves: Construcción de chimenea, Caudal, velocidad, requerimiento de caudal de aire, costo.

ABSTRACT

The main objective of this research is to comply with the regulations established in DS-024-EM to provide a comfortable environment at work in healthy conditions.

The main ventilation parameters for the Mercedes area are calculated and the following data is shown: the air inlet capacity flow to the mine is 24,080 CFM, the current air requirement of the Mercedes area is 32,768 CFM having a 27 % air flow deficit. There is a problem of increased temperature and air recirculation in the work in the Mercedes area.

With the estimation of the ventilation parameters, it is concluded that it is necessary to carry out a new ventilation system, where it no longer has to depend on natural ventilation and mechanical ventilation is used in its entirety.

For the implementation of the new ventilation system we have the following data:

- It will be concluded that the air inlet flow to the Mercedes area is 24,080 CFM and its outlet flow is 25,115 CFM, having an imbalance of 4.1%, which is equivalent to 1,036 CFM.
- The minimum airflow you need is 32,765 CFM
- According to the calculation of the air requirement needed for the Mercedes area, the construction of a chimney 7485 with alimak platforms, section 2.25m x 2.25m, length 452.87m, is proposed.
- After the construction of the chimney it will be complemented with a main extractor fan that is located on level 2.
- Selection of a suitable main fan of model VAV - 36 - 21 - 1750 - I- B and with the operating characteristics of: 5 in. H₂O, 43,099 CFM, and 57.5% efficiency.

Keywords: Chimney construction, Flow, velocity, air flow requirement, cost.

CAPÍTULO I

MARCO METODOLOGICO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la unidad minera San Juan de Arequipa de la Compañía Minera OREX SAC, actualmente se está profundizando las operaciones mineras en la zona Mercedes para seguir con la explotación del mineral aurífero.

La zona Mercedes tiene un sistema de ventilación natural donde, se aprovecha la diferencia de altura entre los ingresos y las salidas para hacer circular el aire, teniendo como ingreso de aire limpio los niveles 1,2,5,7,9,12 y las salidas por los niveles 15 y 16, el aire ingresa por el lado este y la salida es por el lado oeste de la zona, se cuenta con ventiladores auxiliares para llevar y distribuir aire a las labores de trabajo.

Debido a la falta de una correcta planificación en el diseño de la mina por las gestiones anteriores no se tiene un circuito de ventilación, por lo que el sistema de ventilación se acondiciono por las chimeneas centrales de los tajos antiguos que ya fueron explotados, por el transcurso del tiempo más las altas temperaturas el aire que circula en la salida del sistema de ventilación se ha ido deteriorando rápidamente y empezando a colapsar, incrementándose así las resistencias en el circuito de ventilación.

El ingreso de aire es de 20 000 cfm, la zona mercedes tiene un requerimiento de 30 000 cfm. teniendo un déficit de 10 000 cfm. esto provoca el incremento de la temperatura en las labores de profundización y la existencia de un déficit de aire fresco en el circuito de ventilación.

Para mejorar las condiciones termo ambientales de la zona mercedes es necesario realizar una buena evaluación de ventilación para proponer un diseño adecuado de una chimenea que comunique el nivel 2 a superficie con una longitud Aporx. de 452 m. la misma que se construirá con la plataforma trepadora alimak y la instalación de un ventilador extractor que garantice la circulación del aire constantemente.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema general

- ¿Cómo mejorar la ventilación en la zona Mercedes de la Unidad Minera San Juan de Arequipa de la Empresa OREX SAC?

1.2.2 Problema específicos

- ¿Cuál es el requerimiento de aire para mejorar la ventilación en la zona Mercedes de la Unidad Minera San Juan de Arequipa de la Empresa OREX SAC?
- ¿Dónde se ubicará la chimenea, cuál será su diseño y construcción para mejorar el sistema de ventilación en la zona Mercedes de la Unidad Minera San Juan de Arequipa de la Empresa OREX SAC?
- ¿Cuál será la implicancia el costo de construcción de la chimenea para mejorar la ventilación en la zona Mercedes de la Unidad Minera San Juan de Arequipa en la Empresa OREX SAC?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.3.1 Objetivo general

- Proponer la construcción de una chimenea de salida de ventilación en la zona Mercedes de la unidad minera San Juan de Arequipa de la empresa OREX SAC.

1.3.2 Objetivo específicos

- Determinar el requerimiento de aire para mejorar la ventilación en la zona Mercedes de la Unidad Minera San Juan de Arequipa de la Empresa OREX SAC.

- Determinar la ubicación de la chimenea, el diseño y su construcción para mejorar el sistema de ventilación en la zona Mercedes de la Unidad Minera San Juan de Arequipa de la Empresa OREX SAC.
- Determinar el costo de construcción de la chimenea para la mejora del circuito de ventilación en la zona Mercedes de la Unidad Minera San Juan de Arequipa en la Empresa OREX SAC.

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

1.4.1 Justificación de la investigación

En la zona Mercedes se tiene un caudal de ingreso de 20 000 cfm y un requerimiento de 30.000 cfm, teniendo un déficit de 10 000 cfm de caudal de aire, a causa del déficit de aire en los niveles inferiores, se tiene temperaturas altas esto debido principalmente a que el sistema de ventilación principal actual es por ventilación natural y alta resistencia de mina, causando decaimiento en el rendimiento del trabajador, retrasos e inconvenientes en el cumplimiento de avances y explotación de labores. Haciendo necesario mejorar y diseñar un sistema de ventilación principal adecuado.

La ventilación natural es un tipo de ventilación fluctuante, inestable y poco confiable, es por eso que la ventilación en la zona Mercedes, será tipo mecánica usando ventilador extractor de 40 000 cfm, que garantice la extracción de aire constante.

1.4.2 Delimitación de la investigación

La delimitación de la investigación está dada para todas las labores de la zona Mercedes de la unidad minera San Juan de Arequipa de la empresa Orex SAC, para demostrar por qué incremento la temperatura en las labores de trabajo.

1.4.2.1 Delimitación geográfica

El lugar donde está ubicado el fenómeno para la investigación es en el distrito de Rio Grande, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa.

1.4.2.2 Delimitación temporal

Los estudios y muestreos preliminares de ventilación para proponer el trabajo de investigación se iniciaron en julio del 2022 donde los trabajos en campo duraron 1 mes y los trabajos de gabinete en 1 mes.

El inicio de la formulación de la tesis empezó el 1 de setiembre del 2022, el cual culminó el 31 de julio del 2023.

1.4.3 Alcances

La presente investigación se aplica en la minería subterránea proporcionando diversos aportes en el área de ventilación para realizar diseño apropiados y las diferentes mejoras en el circuito de ventilación.

1.5 HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION

1.5.1 Hipótesis general

- Con la construcción de la chimenea con plataforma alimak se cumplirá el requerimiento de caudal de aire en la zona Mercedes de la Unidad Minera San Juan de Arequipa de la Empresa OREX SAC.

1.5.2 Hipótesis específicos

- Con la determinación del requerimiento de aire se calcula las características geométricas de la chimenea de ventilación en la zona Mercedes de la Unidad Minera San Juan de Arequipa en la Empresa OREX SAC.
- Con el soporte del software VentSim se determina las coordenadas de inicio y final de la chimenea de ventilación en la zona Mercedes de la Unidad Minera San Juan de Arequipa en la Empresa OREX SAC.
- Se evaluó el costo para determinar la factibilidad del proyecto de la chimenea de ventilación en la zona Mercedes en la zona Mercedes de la Unidad Minera San Juan de Arequipa en la Empresa OREX SAC.

1.6 VARIABLES E INDICADORES

Tabla 1.

Cuadro de variable e indicadores

VARIABLES INDEPENDIENTE		DIMENSIONES	INDICADORES
Construcción de la chimenea		Sección	Metros Cuadrados
		longitud	Metros
		Calidad de roca	RMR
DEPENDIENTE			
Requerimiento de caudal de aire	cobertura de aire	Número de personas	Cantidad
		Caudal de ingreso	M3/min
	resistencia de ductos	longitud	Metros
Rugosidad		Milímetros	
Diámetro		Metros	
Costo de excavación		Dólares	Cantidad

Fuente. Elaboración propia.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES NACIONALES

1. Caxi Llano Yoman. (2017). Estudio de ventilación e implementación de mejoras en el circuito de ventilación de minera sotrami s.a. – UEA SANTA FILOMENA – aplicando el software Ventsim (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Peru.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo Realizar la evaluación integral del sistema de ventilación de UEA Santa Filomena que conlleve al modelamiento

de la red de ventilación mediante el uso del software Ventsim. Planteamiento de las mejoras de ventilación de forma integral con la ejecución de las nuevas infraestructuras.

Teniendo como conclusiones que, En mina subterránea de la empresa minera Sotrami S.A. en su UEA Santa Filomena cuenta con un circuito de ventilación por tiro natural el cual permite la circulación de flujo de aire y que se torna variable en ciertas horas del día, debido a la variación de las temperaturas.

Se concluyó que a menor diámetro de mangas menor será el caudal en los frentes por lo cual se reemplazó las mangas de ventilación de 18 pulgadas por mangas de 24 pulgadas con lo cual llega mayor al frente de trabajo caudal sin afectar el transporte con locomotoras. Fue conveniente la instalación de puertas herméticas en los ventiladores con ello se evitará la recirculación del aire viciado. Además, se taponeo de labores estratégicas para direccionar el aire fresco y evitar la recirculación teniendo las velocidades de aire en las galerías y tajos de acuerdo a lo exigido por el DS 024-2016-EM.

2. Aguirre Ticse, Wilson Isaias Y Mallqui De La Cruz, Ángel Jesús. (2019). **Influencia en la construcción de la chimenea 081 con alimak para el mejoramiento del sistema de ventilación de las labores del nivel 4230 compañía minera kolpa s.a. – huachocolpa huancavelica 2018**

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo Determinar la influencia en la construcción de la chimenea 081 con Alimak para el mejoramiento del sistema de ventilación de las labores del Nivel 4230 Compañía Minera Kolpa S.A.- Huachocolpa Huancavelica 2018.

La construcción de la chimenea con Alimak influye significativamente en el mejoramiento del sistema de ventilación en las labores ya que antes de la construcción de la chimenea se tenía una cobertura inicial del 71% y se empleaban 15 ventiladores, después de ejecutada la chimenea Alimak 081, se obtiene una cobertura de 121%, cobertura aceptable dentro de la normativa vigente, además se reduce a 10 el número de ventiladores.

3. Roenel Avalos Lloclla. (2021). Evaluación del sistema de ventilación para el diseño del circuito principal en la mina esperanza – U.M. San Juan de Arequipa (tesis de pregrado). Universidad Nacional San Antonio Abad Del Cusco, Peru.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo diseñar el sistema de ventilación de la zona esperanza en la Unidad Minera San de Arequipa.

Teniendo como objetivo tener una ventilación mecánica, cumpliendo con la cobertura de caudal que es de 43 941 CFM, que se requiere en la zona esperanza, para disminuir la temperatura y eliminar la recirculación, ejecutándose el proyecto de chimeneas de ventilación e instalado el ventilador extractor principal en el nivel 660.

2.2 DEFINICIÓN DE LA VENTILACIÓN DE MINAS

Se determina como el trabajo ejecutado para conseguir la adecuación del aire que circula por las labores subterráneas. Teniendo un objetivo principal el ofrecer un ambiente de trabajo sano y cómodo en las labores mineras. Diluir los contaminantes provocados por las operaciones mineras a concentraciones por debajo del límite permisible.

La finalidad es proveer un ambiente de trabajo con aire fresco y limpio en los frentes donde se realizan actividades de trabajo, para disminuir la temperatura y la humedad

utilizando las condiciones naturales de presión y temperatura de la mina y en caso necesario utilizar medios auxiliares.

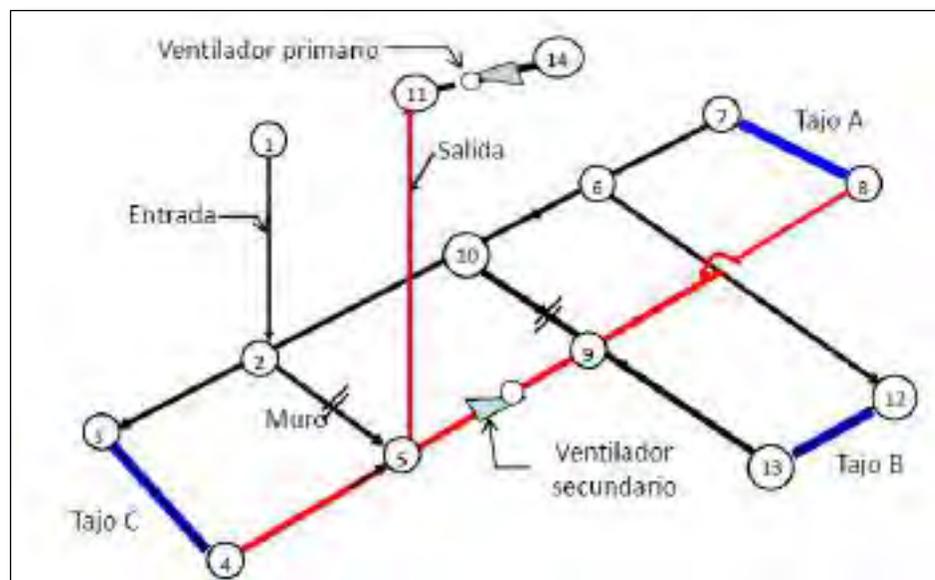
2.3 BASES TEÓRICAS

2.3.1 Componentes de un sistema de ventilación

- Los elementos de un sistema de ventilación de minas
- Entradas y salidas principales e independientes con conexión directas a la superficie.
- Cortadas, bypass y chimeneas de repartición.
- Ventiladores principales y secundarios
- Controles de circuito de ventilación (ventiladores auxiliares, reguladores, Puertas, Muros, etc). (intercade, 2018)

Figura 1.

Componentes del sistema de ventilación.



Fuente. INTERCADE 2018.

2.3.2 Caudal de aire

El caudal se determina a partir de dos factores que son: la velocidad del aire y el área de la sección transversal por la que este atraviesa, está determinado por el volumen de aire por una unidad de tiempo que se desplaza venciendo unas resistencias del ducto o una labor minera, matemáticamente se determina por el producto de la velocidad del aire y la respectiva área de la sección, con la ecuación siguiente.

$$Q = V \times A \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Donde:

Q : Caudal del aire (m³/s)

V : Velocidad del aire (m/s)

A : Área (m²)

2.3.3 Requerimiento del aire

La demanda de aire en interior mina se calcula con la comparación de los valores del caudal de consumo de explosivos y los valores de caudal total para la operación. al obtener cada uno de los valores se determina el mayor como requerimiento de aire total. (DS. 024 - 2016 – EM y su modificatorias DS. 023):

$$Q_{To} = Q_{T1} + Q_{Fu} \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Donde:

Q_{To} = Caudal para la operación.

Q_{T1} = Sumatoria de caudal requerido por: a) el número de trabajadores (Q_{Tr}),
b) el consumo de madera (Q_{ma}) y c) temperatura en labores de trabajo (Q_{Te})

$$Q_{Fu} = 15\% \text{ del } Q_{T1}$$

2.3.3.1 Caudal requerido por el número de trabajadores

El requerimiento mínimo por persona varía de acuerdo a la altitud de trabajo sobre el nivel del mar según la siguiente escala:

(Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. DS. 024 - 2016 – EM y sus modificatorias DS. 023).

El requerimiento de aire mínimo para los hombres de acuerdo al artículo 247 del reglamento actual:

$$Q_{Tr} = F \times N \text{ (m}^3\text{/min)} \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Donde:

Q_{Tr} = Caudal total para el número de trabajadores, en m³/min.

N = Número máximo de trabajadores por guardia.

F = Caudal mínimo por persona de acuerdo a la altura de trabajo, en m³/min.

2.3.3.2 Caudal requerido por el consumo de madera

El requerimiento de aire por uso de madera de acuerdo al anexo 38 del DS. 024 - 2016 – EM y su modificatorias DS. 023.

$$Q_{Ma} = T \times u \text{ (m}^3\text{/min)} \quad \text{Ecuación 2.4}$$

Donde:

Q_{Ma} = Caudal requerido por consumo de madera (m³/min).

T = Producción en toneladas métricas húmedas por guardia.

u = Factor de producción, se determina mediante la escala del artículo 252 del decreto supremo (se muestra en el Tabla 2)

Tabla 2.

Factor de producción de acuerdo al consumo de madera.

CONSUMO DE MADERA (%)	FACTOR DE PRODUCCIÓN (m ³ /min)
< 20	0.00
20 a 40	0.60
41 a 70	1.00
> 70	1.25

Fuente. DS. 024 - 2016 – EM y su modificatorias DS. 023 artículo 247

2.3.3.3 Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo

En el artículo 252 del DS. 024 - 2016 – EM y su modificatorias DS. 023, señala que la temperatura seca del aire máximo es 29 °C y la velocidad mínima del aire será de acuerdo a la siguiente tabla (ver tabla 3)

Tabla 3.

Velocidad mínima de acuerdo a la temperatura del aire en Perú.

TEMPERATURA SECA (°C)	VELOCIDAD MINIMA (m/min)
< 24	0.00
24 a 29	30.00

Fuente. DS. 024 - 2016 – EM y su modificatorias DS. 023, artículo 247

El requerimiento de aire por temperatura es:

$$Q_{Te} = V_m \times A \times N \text{ (m}^3\text{/min)} \quad \text{Ecuación 2.5}$$

Donde:

Q_{Te} = Caudal por temperatura (m³/min).

V_m = Velocidad mínima del aire (m/min).

A = Área de la labor promedio (m²).

N = Número de niveles con temperatura mayor a 23°C.

2.3.3.4 Caudal requerido por consumo de explosivos

Cuando dentro de la operación no se usa equipos diésel, se debe calcular y tomar importancia a la necesidad de aire requerido por consumo de explosivos, calcular por la siguiente ecuación. (DS. 024 - 2016 – EM y su modificatorias DS. 023)

$$Q_{Ex} = A \times V \times N \text{ (m}^3\text{/min)} \quad \text{Ecuación 2.6}$$

Donde:

Q_{Ex} = Caudal de aire requerido por consumo de explosivo detonado (m³/min)

A = Área promedio de las labores (m^2)

V = Velocidad mínima requerida según la norma (m/min)

N = Número de niveles en voladura.

2.3.3.5 Caudal requerido por fugas

El reglamento indica que se debe asumir un 15% del QT1 para cubrir las posibles fugas en el sistema. El procedimiento señalado en el DS. 024 - 2016 – EM y sus modificatorias DS. 023 para el cálculo de este caudal es el siguiente: (DS. 023 - 2017 – EM):

$$Q_{Fu} = 15 \% \times Q_{T1} \quad (m^3/min) \quad \text{Ecuación 2.7}$$

Donde:

Q_{Fu} = Caudal requerido por fugas

Requerimiento total

$$Q_{T1} = Q_{Tr} + Q_{Te} + Q_{ma}$$

2.3.4 Ventilación subterránea

La ventilación subterránea es el desarrollo por el cual se hace circular caudales de aire por el interior de la mina subterránea para garantizar una atmósfera respirable y segura para el desempeño de los trabajadores. Se efectúa la circulación del aire por interior de la mina por medio de todas sus labores mineras. En la mina es muy importante que tenga dos labores de accesos independientes conectados a superficie, en caso que se cuente con frentes ciegos que cuentan con un solo acceso como son las labores de desarrollo, se necesita ventiladores que impulsen el aire mediante ductos de ventilación rígidos,

semirrígidos y flexibles, que se coloca desde el ventilador hasta el final de la labor, este tipo de ventilación se conoce como ventilación secundaria y auxiliar, los ventiladores son necesarios para el movimiento de aire. Comúnmente los ventiladores principales se ubican en los exteriores, los ventiladores secundarios se ubican instalados en interior mina y los ventiladores auxiliares son instalados para ventilar labores de desarrollo, preparación y producción.

2.3.5 Tipos de ventilación

Se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Ventilación natural.
- Ventilación mecánica.

2.3.5.1 Ventilación natural.

El flujo de aire que se presenta en una mina en ausencia de medios mecánicos, es debido a factores naturales, se mide en metros cúbicos por segundo (Herrera, 1996)

Factores que permiten el movimiento de la corriente de aire son:

- Diferencia de temperatura.
- Profundidad de la mina.
- Diferencia topográfica entre entrada y salida.
- Presión barométrica

- Humedad del aire
- Movimiento de temperatura del aire en superficie.
- Personal en la mina.

2.3.5.2 Fórmula para calcular de presión natural

$$H_n = 353w \left(\frac{h_1}{T_A} - \frac{h_1 - h_2}{T} - \frac{h_2}{T_2} \right) \quad \text{Ecuación 2.8}$$

Donde:

h_1 = Profundidad del inclinado de entrada de aire, (m)

h_2 = Profundidad del inclinado o tambor de salida, (m)

T_A = Temperatura media en el inclinado de entrada de grados Kelvin, (K°)

$$T_A = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3}, \text{ °K} \quad \text{Ecuación 2.9}$$

T_A = Temperatura media del tambor de salida, en grados °K

T = Media de aritmética de las temperaturas absoluta al final del inclinado de entrada y la temperatura media del tambor de ventilación con la superficie.

$$T = \frac{(t_1 + 273) - (t_2 + 273)}{2}, \text{ °K}$$

t_1 y t_2 = temperaturas medias en grados.

2.3.6 Características de la ventilación natural

La ventilación natural depende de la diferencia en la elevación entre dos puntos en la superficie, con la diferencia en la temperatura del aire dentro y fuera de la mina. Normalmente cuanto mayor es esta diferencia, más fuerte es la ventilación natural. En una mina ventilada solo por ventilación natural, mayor diferencia resulta en una mayor transferencia de energía térmica, una mayor diferencia de presión (carga) y mayor flujo de aire.

La intensidad del calor de la roca y la diferencia en elevación de las diversas aberturas en la mina que determinan la fuerza de la ventilación natural. Las principales fuentes de calor de la mina el flujo de aire a través de las aberturas de la mina no puede existir a menos que las pérdidas de energía en el sistema son superadas por las ganancias de energía en el sistema. Hay dos fuerzas que suministran energía al sistema de ventilación de la mina. (Howard Hartman y Jan Mutmansky, 1982).

2.3.6.1 Calculo de presión de la ventilación natural

la ecuación para calcular la presión de ventilación natural es:

$$H_N = P_1 x \left[e^{\frac{g}{R} x \left(\frac{h_1 - h_2}{T_S} + \frac{h_2}{T_2} \right)} - e^{\frac{g x h_1}{R x T_1}} \right] \quad \text{Ecuación 2.10}$$

$$P_1 = P_0 \times e^{\left(\frac{-g \times h}{R \times T}\right)} \quad \text{Ecuación 2.11}$$

Donde:

H_N = Presión de ventilación natural (Pa).

P_1 = Presión barométrica en el nivel de la salida más alto (Pa).

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²).

R = Constante universal del aire (290 J/Kg - °K).

h = Diferencia de niveles (m).

T = Temperatura (°K).

P_0 = Presión a nivel de mar (Pa)

2.3.6.2 Ventilación mecánica

La ventilación mecánica consiste en un ventilador que ejerce presión a un determinado caudal de aire, que es activado por un motor eléctrico que posibilita el envío o la succión del aire en cantidades fijas. (Zitron, 2010).

Diseño del sistema de ventilación

Tener en cuenta los siguientes conceptos para el diseño del sistema de ventilación

- Aire de mina

- Gases presentes de la mina
- Polvo en las minas

2.3.6.3 Aire de mina

Se denomina aire de mina a la mezcla de los compuestos de gases y vapores, normalmente se encuentra con polvo en suspensión, que está lleno en los espacios generados por las labores, al ingresar a interior mina tiene muchos cambios en su composición, si los cambios de composición son menores el aire alcanza la denominación de aire atmosférico, se denomina aire fresco al aire de ingreso y al aire contaminado se denomina aire viciado o de retorno.

Cuando el aire circula por el interior de mina recolecta gases, vapor y polvo que producen las operaciones mineras, el aire pierde parte del oxígeno debido a la respiración humana. (López Jimeno, 1997).

2.3.6.4 Gases presentes en las minas

El aire subterráneo de la mina es una mezcla de varios gases. El aire encontrado bajo tierra rara vez contiene las concentraciones exactas de gases porque a medida que circula por la mina pierde algo de su oxígeno y gana otros gases de varias fuentes como los estratos, voladuras y motores de combustión interna. (Howard Hartman y Jan Mutmansky, 1982).

2.3.6.5 Polvo en las minas

Consiste en partículas sólidas suspendidas en un gas. Los polvos constituyen el problema de aerosoles más común en las industrias mineras y generalmente están formados por procesos de fragmentación como perforación, trituración y molienda, pero también puede ser el resultado de la resuspensión debido al equipo de operación o movimiento de aire.

Las partículas de polvo varían de 1 a 100 μm (micrómetro) de diámetro, pero el rango de tamaño es normalmente 1-20 μm . (Howard Hartman y Jan Mutmanky, 1982)

2.3.6.6 Características deseables de un sistema de ventilación

Debe tenerse en cuenta las siguientes características deseables al seleccionar un sistema de ventilación.

- La entrada principal a la mina por donde ingresan los trabajadores deben usarse en lo posible como ingreso de aire.
- Las resistencias totales de la mina deben minimizarse para evitar un incremento del costo de ventilación y tener la mayor sección posible de las labores que están conectadas a superficie.
- El aire fresco se tiene que conducir mediante las labores activas por la ruta más corta.
- En lo posible las labores de temperatura alta, gases y polvo deben ser ventilados de forma individual particularmente en minas de carbón.
- Minimizarse las fugas y evitar que recircule el aire.
- El aire debe empezar a circular de las zonas de trabajo a las zonas ya explotadas.
- El uso de los reguladores debe minimizarse para no incrementar la resistencia total de mina.
- Todas las rutas de ingreso y salida de aire deben estar limpios sin obstrucciones.

- Las labores principales deben tener dimensiones adecuadas.

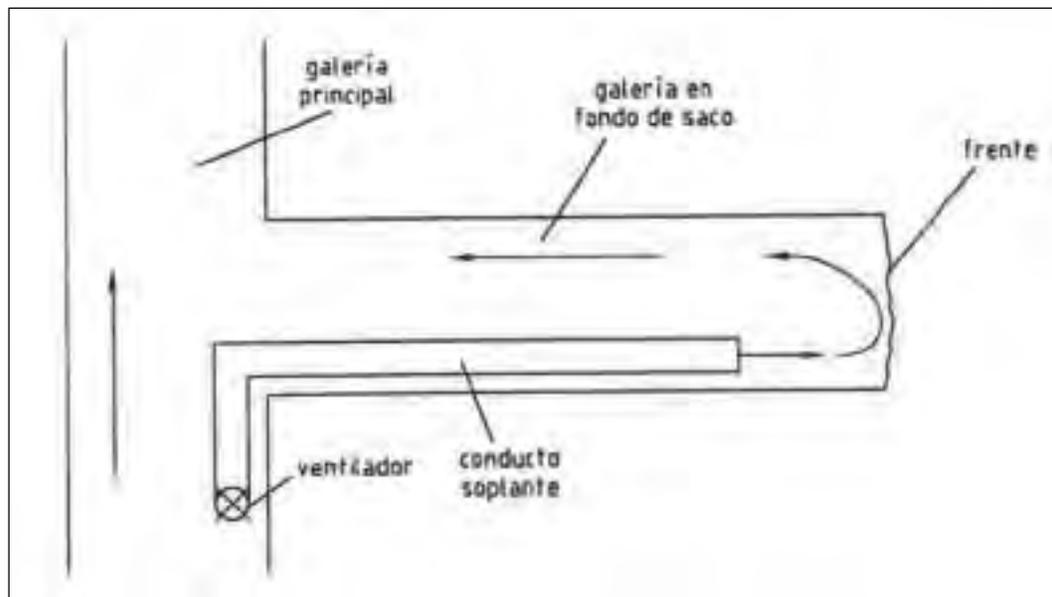
2.3.7 Tipos de sistemas de ventilación

2.3.7.1 Ventilación auxiliar soplante

El aire es impulsado hacia los frentes de trabajo por la presión ejercida por un ventilador que lleva aire desde la corriente principal mediante ductos de ventilación para limpiar los gases contaminantes y el polvo del frente ciego por medio de la labor (Zitrón, 2010).

Figura 2.

Elementos del sistema de ventilación soplante.



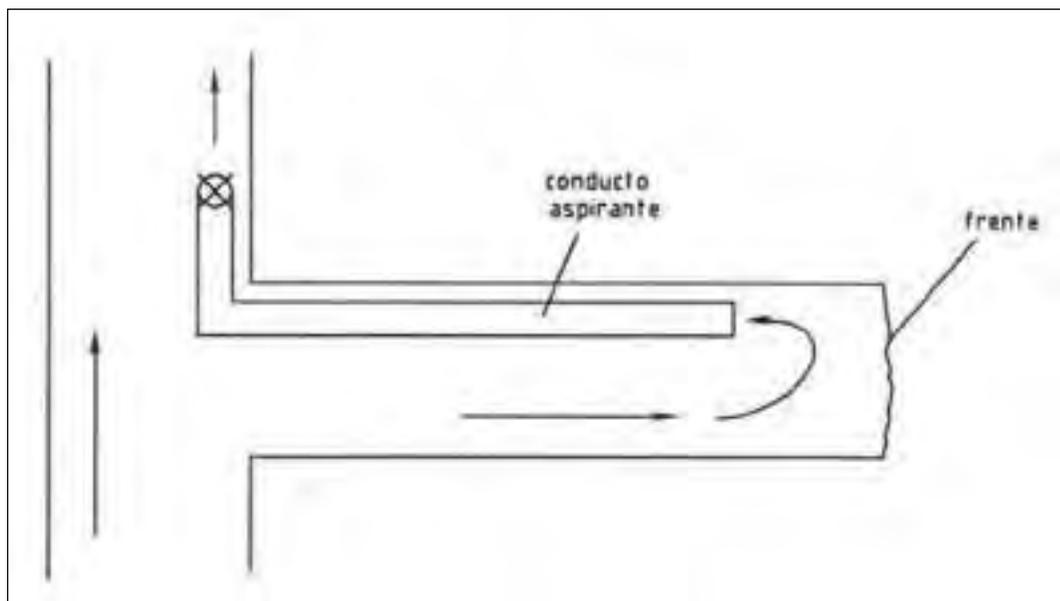
Fuente: ZITRÓN 2010.

2.3.7.2 Ventilación auxiliar aspirante

El aire contaminado es aspirado de los frentes de trabajo a través de un ventilador que se encuentra instalado en un extremo del ducto de ventilación creando una depresión que saca el aire contaminado a la corriente principal y el aire fresco ingresa por la labor minera. (Zitrón, 2010)

Figura 3

Elementos del sistema de ventilación aspirante.



Fuente: ZITRÓN 2010.

2.3.7.3 Ventilación auxiliar mixta (soplante – aspirante)

Este sistema es la combinación del soplante y aspirante donde se tiene que extender dos ductos de ventilación uno para que extraiga aire de los frentes de trabajo y el otro para que impulse el aire hacia los frentes de trabajo, este sistema tiene las bondades de los dos sistemas, la generación de aire fresco en el frente es mayor y una evacuación con mayor velocidad, la desventaja es su mayor costo de instalación y mantenimiento. (Zitrón, 2010)

2.3.8 Tipos de ventiladores

2.3.8.1 Ventiladores centrífugos

En ellos el aire ingresa por un oído que se encuentra en la parte central, para ser aspirado por centrifugación en una rueda de álabes, de donde es empujado a un cuerpo con forma de caracol, que la sección va creciendo hasta alcanzar el orificio de salida en la zona llamada difusor.

Figura 4.

Ventiladores centrífugos.



Fuente: Departamento de ventilación.

2.3.8.2 Ventiladores axiales

El aire ingresa al ventilador en dirección paralela al eje de la hélice y es descargado en la misma dirección. Principalmente son usados para mover volúmenes moderados de aire a altas presiones.

Figura 5.

Ventilador axial



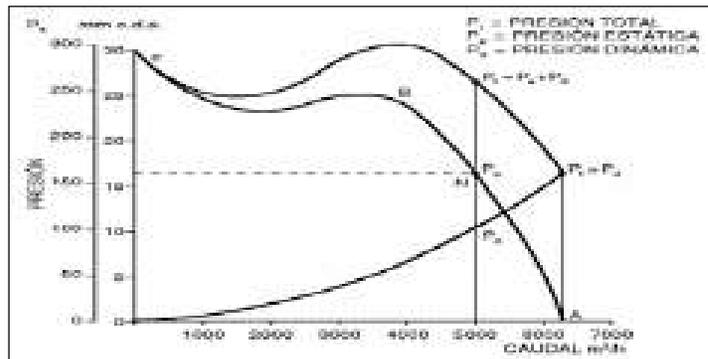
Fuente: Departamento de ventilación.

2.3.8.3 Curva característica de un ventilador

Los valores determinados de un ventilador son sus parámetros de regulación que son: la presión total, potencia, Angulo de alavés, eficiencia u otros, hay una relación entre presión y caudal, a esta curva se le denomina curva de ventilador. (López Jimeno, 1997)

Figura 6.

Curva característica típica de un ventilador axial.



Fuente: Colegio de Ingenieros del Perú, 2010.

2.3.9 Parámetros de ventilación

2.3.9.1 Caída de presión

Para que haya flujo debe existir una diferencia de presión o dicho con otras palabras, para mover un fluido y crear un flujo determinado se necesita vencer la caída de presión que presenta el trayecto deseado. La energía es utilizada para vencer las caídas de presión producto de las resistencias de las galerías y de las geometrías que se oponen al paso del fluido.

Existen dos caídas de presión, que en conjunto forman lo que se llama caída total, por lo que se entiende que la caída de presión total es la suma de la caída de presión por fricción en paredes más la caída de presión por choque con obstrucciones, quedando expresada por la siguiente expresión. (Howard Hartman y Jan Mutmansky, 1982)

$$H_T = H_f + H_x \quad \text{Ecuación 2.12}$$

Donde:

H_T : Caída de presión total (Pa.)

H_f : Caída de presión por fricción (Pa.)

H_x : Caída de presión por choque (Pa.)

2.3.9.2 Pérdidas por fricción (H_f)

Representan las pérdidas de presión estática en el flujo lineal, producida por el rozamiento del aire contra las paredes del ducto (rugosidad en las paredes) y constituyen

entre 70-90% de las pérdidas de presión en un sistema. Dependen de las características internas de los conductos, en este caso de las galerías, piques, cavernas y obras mineras en general, de la velocidad del flujo y de las dimensiones del conducto. La ecuación de Atkinson para pérdidas por fricción, en sistema internacional, es la siguiente: (Malcolm Mc. Pherson, 1993)

$$H_f = R \times Q^2 \quad \text{Ecuación 2.13}$$

$$R = \frac{K \times P \times L}{A^3} \times \frac{w}{1.2} \quad \text{Ecuación 2.14}$$

$$K = \left(\frac{f \times w^*}{2} \right) \quad \text{Ecuación 2.15}$$

$$\lambda = 4f \quad \text{Ecuación 2.16}$$

Donde:

H_f = Caída de presión por fricción (N/m²).

R = Resistencia (Ns²/m⁸)

Q = Caudal de aire (m²/s)

K = Coeficiente de resistencia de atkinson (Ns²/m⁴)

P = Perímetro de la galería (m)

L = Longitud de galería (m)

A = Área de galería (m²)

w = Densidad del aire en el lugar de trabajo (Kg/m³)

f = Coeficiente de frotamiento para flujos turbulentos.

w^* = Densidad del aire a nivel del mar (kg/m^3)

λ = Coeficiente de fricción de Darcy

2.3.9.3 Coeficiente de fricción o frotamiento

El coeficiente de frotamiento en general es para flujos turbulentos y se determina con la aspereza relativa de las vías de aire.

$$f = \frac{1}{4 \left[2 \log_{10} \left(\frac{d}{e} \right) + 1.14 \right]^2} \quad \text{Ecuación 2.17}$$

$$d = \frac{4 \times A}{P} \quad \text{Ecuación 2.18}$$

Donde:

d = Diámetro hidráulico (m)

e = altura de aspereza de la vía del aire (m)

P = Perímetro de la galería (m)

A = Área de galería (m^2)

(Manual DuctSIM, 2003).

Tabla 4.

Factor de Atkinson “K” para labores mineras.

Tipo de Labor	Irregularidades en la superficie y alineamiento	RECTO (kg/m ³)			SINUOSO O CURVADO (kg/m ³)								
		Limpio	Foco obstruido	Moderadamente Obstruido	SUAVE			MODERADO			FUERTE		
					Limpio	Foco obstruido	Moderadamente Obstruido	Limpio	Foco obstruido	Moderadamente Obstruido	Limpio	Foco obstruido	Moderadamente Obstruido
Superficie Lisa	Mínimo	0.0019	0.0028	0.0046	0.0037	0.0046	0.0063	0.0046	0.0056	0.0074	0.0065	0.0074	0.0093
	Promedio	0.0028	0.0037	0.0056	0.0046	0.0056	0.0074	0.0056	0.0065	0.0083	0.0074	0.0083	0.0102
	Máximo	0.0037	0.0046	0.0065	0.0056	0.0065	0.0083	0.0065	0.0074	0.0093	0.0083	0.0093	0.0111
Roca Sedimentaria	Mínimo	0.0056	0.0065	0.0083	0.0074	0.0083	0.0102	0.0083	0.0093	0.0111	0.0102	0.0111	0.0130
	Promedio	0.0102	0.0111	0.0130	0.0121	0.0130	0.0148	0.0130	0.0139	0.0158	0.0148	0.0158	0.0176
	Máximo	0.0130	0.0139	0.0158	0.0148	0.0158	0.0176	0.0158	0.0176	0.0186	0.0176	0.0186	0.0204
Con empujamiento	Mínimo	0.0148	0.0158	0.0176	0.0167	0.0176	0.0195	0.0176	0.0186	0.0204	0.0195	0.0204	0.0223
	Promedio	0.0176	0.0186	0.0204	0.0195	0.0204	0.0223	0.0204	0.0213	0.0231	0.0223	0.0231	0.0250
	Máximo	0.0195	0.0204	0.0223	0.0213	0.0223	0.0241	0.0223	0.0232	0.0250	0.0241	0.0250	0.0269
Roca Ignea	Mínimo	0.0167	0.0176	0.0195	0.0186	0.0195	0.0213	0.0195	0.0204	0.0223	0.0213	0.0223	0.0241
	Promedio	0.0204	0.0213	0.0231	0.0223	0.0231	0.0249	0.0223	0.0232	0.0250	0.0232	0.0250	0.0269
	Máximo	0.0231	0.0241	0.0259	0.0249	0.0259	0.0277	0.0259	0.0268	0.0286	0.0268	0.0286	0.0304

Fuente. Howard Hartman y Jan Mutmanský

2.3.9.4 Pérdidas por Choque (Hx)

Siempre que el flujo de aire deba cambiar de dirección, se iniciarán vórtices adicionales. La propagación de esos remolinos a gran escala consume energía mecánica (pérdidas por choque) y, por tanto, la resistencia de la vía aérea puede aumentar considerablemente. Esto ocurre en las curvas, cruces, cambios de sección, las obstrucciones, reguladores y en los puntos de entrada o salida del sistema.

Los efectos de las pérdidas por choque siguen siendo los más inciertos de todos los factores que afectan a la resistencia de las vías respiratorias. Esto se debe a que modificaciones bastante pequeñas en la geometría pueden causar cambios significativos en la generación

de vórtices y por tanto, en la resistencia de las vías respiratorias. Las técnicas analíticas pueden ser empleadas para geometrías simples y bien definidas. Para las situaciones más complejas que surgen en la práctica, se pueden emplear modelos a escala o simulaciones de dinámica de fluidos computacional (CFD) para investigar los patrones de flujo y las pérdidas por choque. (Malcolm Mc. Pherson, 1993)

Presión de velocidad:

$$H_v = \frac{\rho v^2}{2} \quad \text{Ecuación 2.19}$$

Presión de pérdida por choque

$$H_x = C H_v \quad \text{Ecuación 2.20}$$

Resistencia de pérdida por choque

$$R_X = \frac{H_x}{Q^2} = \frac{C\rho}{2A^2} \quad \text{Ecuación 2.21}$$

Donde:

ρ : densidad del aire.

v : velocidad de aire.

C : coeficiente de pérdida por choque.

A : Área de corte transversal.

Q : Cantidad de flujo de aire.

2.3.9.5 Longitud equivalente

Supongamos que en una vía aérea superficial de longitud L , hay una curva u otra causa de pérdida por choque. La resistencia de la vía aérea será mayor que si esa misma vía aérea no contuviera pérdidas por choque.

Podemos expresar esa resistencia adicional de la forma siguiente R_{shock} , en términos de la longitud de la vía aérea recta correspondiente que tendría ese mismo valor de resistencia al choque. Esta "longitud equivalente" de pérdida por choque, puede incorporarse a la ecuación para obtener una resistencia de Atkinson. (Malcolm Mc. Pherson, 1993)

$$R = K (L + L_{eq}) \frac{per}{A^3} \frac{\rho}{1.2}, \quad \frac{Ns^2}{m^8} \quad \text{Ecuación 2.22}$$

La resistencia debida a la pérdida por choque es:

$$R_{shock} = K L_{eq} \frac{per}{A^3} \frac{\rho}{1.2}, \quad \frac{Ns^2}{m^8} \quad \text{Ecuación 2.23}$$

La relación entre el factor de pérdida por choque, X , y la longitud equivalente, L_{eq} , se obtiene comparando las ecuaciones.

$$R_{shock} = \frac{X\rho}{2A^2} = K L_{eq} \frac{per}{A^3} \frac{\rho}{1.2}, \quad \frac{Ns^2}{m^8}$$

$$L_{eq} = \frac{1.2X}{8k} \frac{A}{per}, \quad m \quad \text{Ecuación 2.24}$$

La longitud equivalente puede expresarse en términos de diámetros medios hidráulicos,

$$d = \frac{4A}{per}, \text{ dando.}$$

$$L_{eq} = \frac{1.2X}{8k}, \text{ m}$$

o que conduce a una expresión muy conveniente para la longitud equivalente,

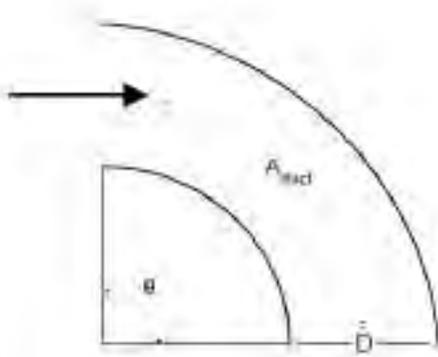
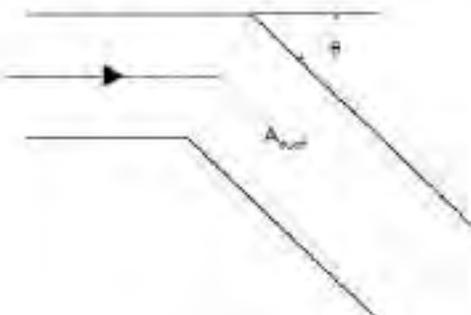
$$L_{eq} = 0.15 \frac{X}{k} \text{ x diámetros medios hidráulicos}$$

Para los factores X, junto con el conocimiento del factor de fricción esperado y la geometría de la vía aérea prevista, permite incluir la longitud equivalente de las pérdidas por choque en las hojas de cálculo de la resistencia de la vía aérea, o durante la preparación de los datos para los ejercicios informáticos de planificación de la ventilación.

Al trabajar en proyectos particulares, el ingeniero de ventilación adquirirá pronto un conocimiento de longitudes equivalentes para las pérdidas de choque recurrentes. Por ejemplo, una regla común es estimar una longitud equivalente de 20 diámetros medios hidráulicos para una curva cerrada en ángulo recto en una vía de aire limpia. (Malcolm J. McPherson, 1993).

Tabla 5.

Coefficientes de pérdida por choque.

Codo lizo		θ	r/D		
45 Grados		45	0.50	0.40	
			0.75	0.20	
			1.00	0.13	
			1.50	0.09	
			2.00	0.08	
			2.50	0.08	
90 Grados			90	0.50	0.71
				0.75	0.33
				1.00	0.21
				1.50	0.15
				2.00	0.13
				2.50	0.12
135 Grados			135	0.50	0.85
				0.75	0.40
				1.00	0.26
				1.50	0.18
				2.00	0.16
				2.50	0.14
180 Grados		180	0.50	0.99	
			0.75	0.46	
			1.00	0.31	
			1.50	0.21	
			2.00	0.18	
			2.50	0.16	
Codo de inglete		θ	45	0.34	
			60	0.55	
			90	1.20	

Fuente. Manual de DuctSim.

2.3.10 Método raise climber o plataforma trepadora alimak

El método Raise Climber fue desarrollado con la colaboración de la Compañía Minera Boliden en 1957 y fue de las técnicas más avanzadas que se emplearon en la ejecución de las chimeneas en forma mecanizada.

Este sistema emplea rieles como guías sobre el cual desliza los piñones que forma parte de un juego de transmisiones, estos se encargan de transportar una plataforma a lo largo de riel. Estos rieles se instalan en la caja techo mediante pernos de expansión de diferentes medidas, esto según el tipo de roca a atravesar.

2.3.10.1 Tipos de equipo alimak

Plataforma Trepadora Alimak neumática: Su unidad de propulsión es mediante el aire comprimido que recibe a través de una manguera de alta presión. Una tambora de enrollado automático.

Plataforma Trepadora Alimak Eléctricos: Su unidad de propulsión es mediante la corriente eléctrica, alimentado por un cable auto soportado especial que soporta su peso. Una tambora neumática para el enrollado del cable.

Plataforma Trepadora Alimak Diésel:

Su unidad de propulsión es mediante un motor diésel no requiere de cable y manguera de alta presión, pero sí de un tanque de almacenamiento de combustible, el tamaño será según la longitud de la chimenea. Es usada para chimeneas de gran longitud. (1000 a 2000m).

2.3.10.2 Consideraciones en la elección del equipo alimak

Para chimeneas y Piques: En la relación de la jaula trepadora alimak a emplear en la

construcción de la chimenea piloto, se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones.

Caracterización del macizo rocoso, para lo cual el macizo debe tener un RMR de 50, RQD de 60 y un Q de 6 que corresponde a una calidad de macizo rocoso de regular a buena.

La chimenea debe construirse en roca competente y dura.

La longitud mínima en caso de chimeneas debe ser de 50 m.

La inclinación recomendable de la chimenea o pique piloto, puede variar de 60° a 90°.

La presencia de agua es un factor de mucha importancia para la estabilidad de la labor.

2.3.10.3 Características del equipo alimak:

El equipo Alimak es una plataforma o jaula que asciende a la chimenea por una cremallera anclada a la caja techo y debido a su gran flexibilidad, economía y velocidad se utiliza para excavaciones de chimeneas y piques.

Este equipo está especialmente diseñado para la construcción de chimeneas desde 60° a 90° los cuales puede ser con sistema neumático, eléctrico y diésel.

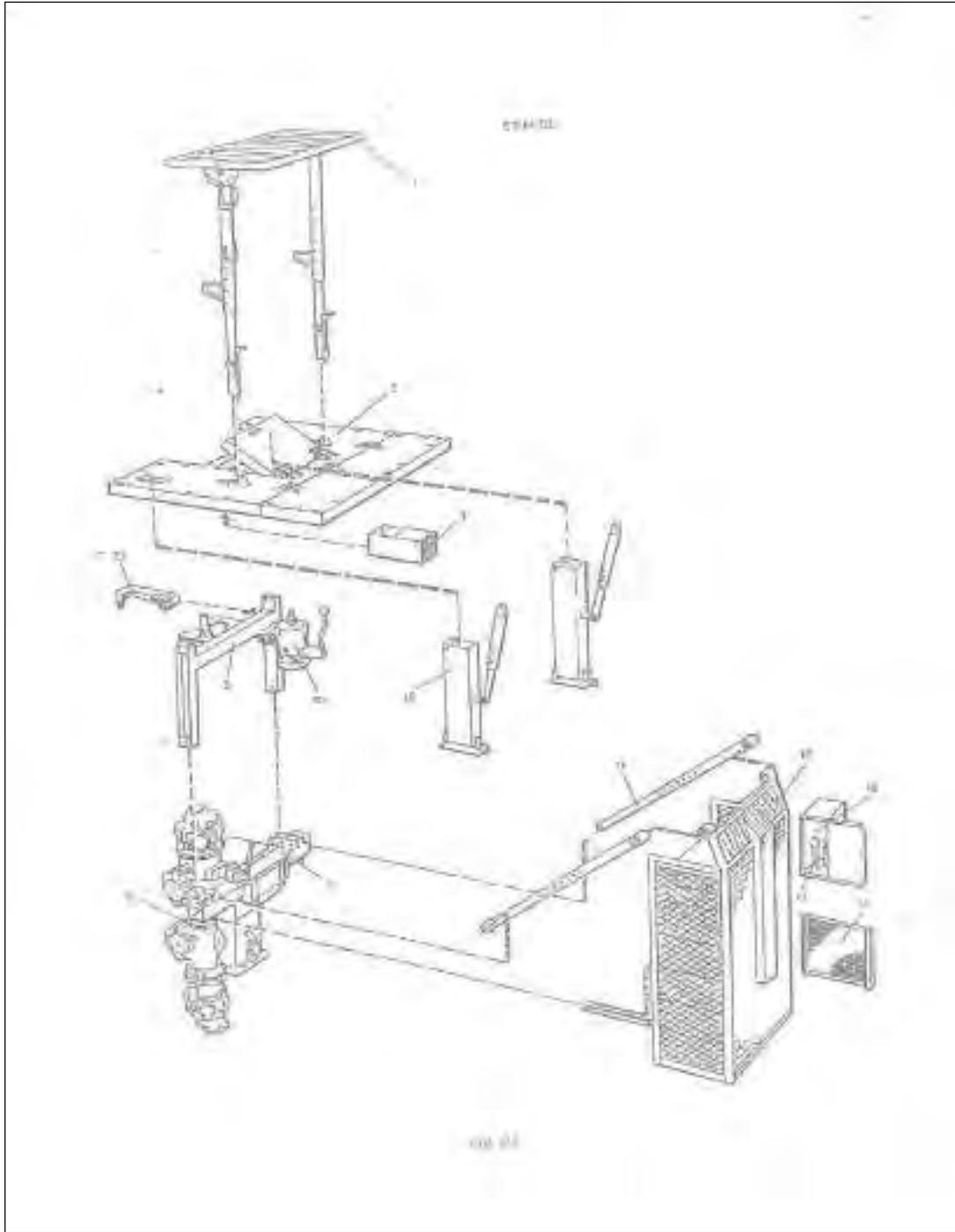
Para la construcción de la chimenea piloto propuesta y de acuerdo a las características se ha elegido el método Raise Climber utilizando el equipo alimak modelo **STH-5E** de propulsión eléctrica, que consta de una unidad propulsora con un motor eléctrico. La plataforma descendente descenderá por gravedad.

2.3.10.4 Componentes del equipo alimak

1. Techo protector (manual)
Para techo de operación neumática
2. Plataforma
Para plataforma de 2 x 2m o mayor
3. Caja de herramientas
4. Guía para conexión del cable
5. Armazón con dispositivo de seguridad.
6. Unidad propulsora
7. Viga de sostén
8. viga superior de sostén
9. viga inferior de sostén
10. Porta barrenos
11. Pierna de apoyo
12. Jaula
13. Equipo eléctrico en jaula
14. Tablero de puerta
15. teléfono
16. Mando de operación
17. Cuerda de arranque de parada
18. Rodillos para cable
19. Unidad diesel-eléctrico
20. Bastidor de suspensión
21. Guía para conexión de manguera
22. Unidad propulsora superior
23. Unidad propulsora inferior
24. Viga de unión
25. Palanca de freno
26. Guinche
27. Escalera
28. Conjunto suplementario de correderas
29. Válvula de mando
30. Soporte, izquierdo

Figura 7.

Componentes del equipo alimak



Fuente: Manual alimak

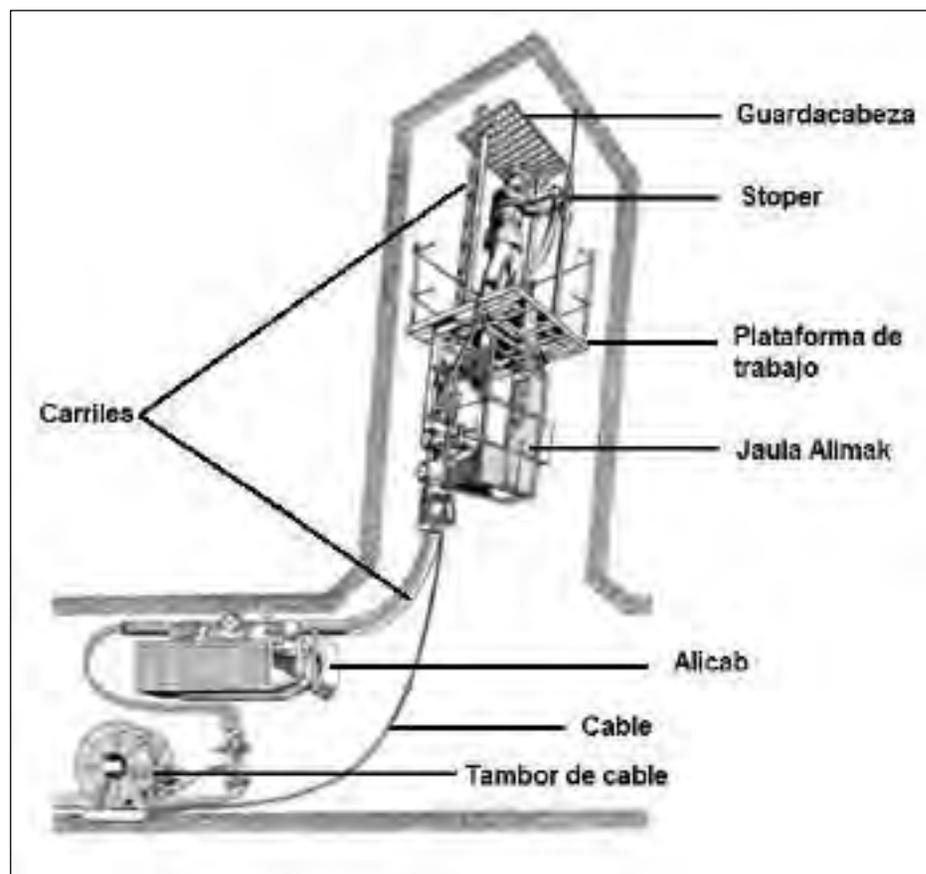
2.3.11 DESCRIPCIÓN Y DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPO ALIMAK

La plataforma trepadora alimak es un equipo que se emplea desde los años 1957, en la perforación de chimeneas y piques, donde no se tiene la posibilidad de acceder por la parte superior.

En la actualidad se ha convertido en los equipos más usados de la minería subterránea, por ser un método flexible y económico; y como se puede observar en la

Figura 8.

Partes de la plataforma alimak



Fuente. Manual de instrucciones ALIMAK LINDE.

2.3.12 Datos técnicos generales

2.3.12.1 Plataforma con propulsión neumática

Se tiene dos modelos que son: STH-5L Y H-5LL.

STH-5L

Tienen una sola unidad propulsora con dos motores neumáticos, la trepadora debe ser propulsada en ascenso como en descenso, por cualquier avería de rotura de manguera puede descender por gravedad

Tabla 6.

Modelo STH-5L de plataforma alimak

STH-5L	
Área máxima aproximada de chimenea	9 m ²
Longitud máxima de excavación recomendada	150 m
Velocidad de ascenso (dependiendo de la carga, presión del aire, longitud y dimensión de la manguera)	7-12 m/min
Velocidad de descenso	15-20 m/min
Velocidad de descenso por gravedad	25-30 m/min
Medida recomendada de manguera	38 mm
Consumo de aire a 600 kpa (6 Bar)	10-14 m ³ /min

Fuente. Manual de instrucciones ALIMAK LINDE.

STH-5LL

Contiene dos unidades propulsoras, cada uno con un motor neumático.

Tabla 7.

Modelo STH-5LL de plataforma alimak

STH-5LL	
Área máxima aproximada de chimenea vertical	15 m ²
Área máxima aproximada de chimenea inclinada a 45°	18 m ²
Longitud máxima de excavación recomendada	150 m
Velocidad de ascenso (dependiendo de la carga, presión del aire, longitud y dimensión de la manguera)	7-12 m/min
Velocidad de descenso	15-20 m/min
Velocidad de descenso por gravedad	25-30 m/min
Medida recomendada de manguera	38 mm
Consumo de aire a 600 kpa (6 Bar)	10-14 m ³ /min

Fuente. Manual de instrucciones ALIMAK LINDE.

2.3.12.2 Plataforma con propulsión eléctrica

Se tiene dos modelos que son: STH-5E y H-5EE.

STH-5E

Tiene una sola unidad propulsora con un motor eléctrico. El descenso de la trepadora en por gravedad.

Tabla 8.

Modelo STH-5E de plataforma alimak

STH-5E	
Área máxima aproximada de chimenea vertical	7 m ²
Área máxima aproximada de chimenea inclinada a 45°	10 m ²
Altura máxima de excavación	400 m
Longitud máxima de excavación	900 m
Velocidad ascendente a 50 ciclos	18 m/min
Velocidad ascendente a 60 ciclos	21.6 m/min
Velocidad de descenso por gravedad	25-30 m/min
Capacidad del motor	7.5 kw
Cable eléctrico especial	3x10 + 3x1.5+2

Fuente. Manual de instrucciones ALIMAK LINDE.

STH-5EE

Tiene dos unidades propulsoras cada una con un motor eléctrico. El descenso es por gravedad.

Tabla 9.

Modelo STH-5EE de plataforma alimak

STH-5EE	
Área máxima aproximada de chimenea vertical	15 m ²
Área máxima aproximada de chimenea inclinada a 45°	18 m ²
Altura máxima de excavación	400 m
Longitud máxima de excavación	800 m
Velocidad ascendente a 50 ciclos	18 m/min
Velocidad ascendente a 60 ciclos	21.6 m/min
Velocidad de descenso por gravedad	25-30 m/min
Capacidad del motor	2 X 7.5 kw
Cable eléctrico especial	3x10 + 3x1.5+2

Fuente. Manual de instrucciones ALIMAK LINDE.

2.3.12.3 Plataforma con propulsión diésel-hidráulica

STH-5D

Contiene una unidad propulsada con motor hidráulico y unidad diésel, el descenso de la trepadora es por gravedad.

Tabla 10.

Modelo STH-5D de plataforma alimak

STH-5D	
Área máxima aproximada de chimenea vertical	5 m ²
Área máxima aproximada de chimenea inclinada a 45°	9 m ²
Longitud máxima de excavación	1100 m
Velocidad ascenso	22 m/min
Velocidad de descenso por gravedad	25-30 m/min
Capacidad del motor	43 HP

Fuente. Manual de instrucciones ALIMAK LINDE.

STH-5DD

Contiene dos unidades propulsadas con motor hidráulico y unidad a diésel, el descenso de la trepadora es por gravedad.

Tabla 11.

Modelo STH-5DD de plataforma alimak

STH-5DD	
Área máxima aproximada de chimenea vertical	15 m ²
Área máxima aproximada de chimenea inclinada a 45°	18 m ²
Longitud máxima de excavación	1100 m
Velocidad ascenso	20 m/min
Velocidad de descenso por gravedad	25-30 m/min
Capacidad del motor	43 HP

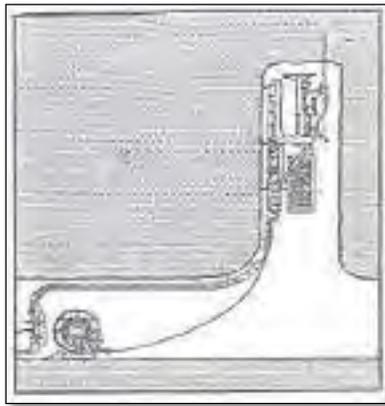
Fuente. Manual de instrucciones ALIMAK LINDE.

2.3.12.4 Método alimak para instalación de chimeneas

a). La perforación y la carga de barrenos se realiza desde la plataforma de trabajo bajo la protección de un techo de diseño especial. El aire y el agua para la máquina perforadora se suministran a través de tubos integrados a las secciones de carril guía.

Figura 9.

Perforación desde la plataforma alimak.

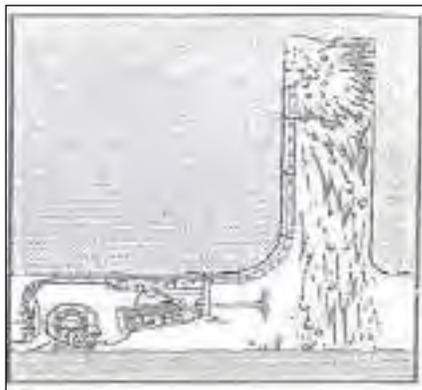


Fuente: Manual alimak.

b). Después de perforar y cargar los explosivos, la perforadora es conducida al fondo y estacionada bajo el techo de la galería. Por lo tanto, la plataforma queda bien protegida contra la caída de rocas

Figura 10.

La voladura de la chimenea.

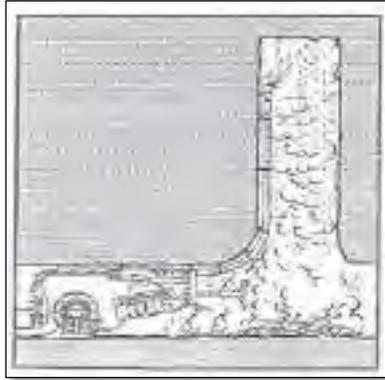


Fuente: Manual alimak.

c). La chimenea se ventila y esparce con agua después de la voladura. El extremo del carril guía está protegida con una placa cabezal que también actúa como aspersor durante la fase de ventilación

Figura 11.

La ventilación de la chimenea

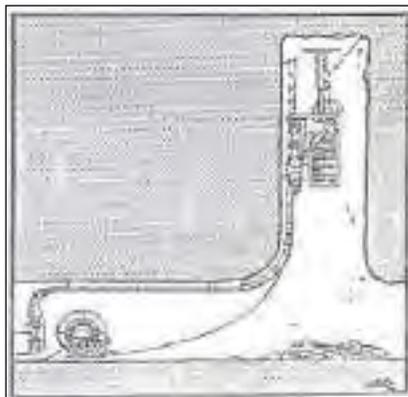


Fuente: Manual alimak.

d). El desate de rocas del techo y muros se realiza desde debajo del techo protector. Dando a los trabajadores una excelente protección.

Figura 12.

El desate de rocas de la chimenea



Fuente: Manual alimak.

CAPITULO III

METODOLOGIA DE INVESTIGACION

3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION

3.1.1 Tipo de diseño

El tipo de investigación es cuantitativa se usa para entender relaciones de causa y efecto.

3.1.2 Nivel de investigación

El nivel del proyecto de investigación es exploratorio, descriptivo y correlacional, con el fin de realizar estudios para conocer las deficiencias en el circuito de ventilación de la zona Mercedes

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población

Nuestra población será las labores en la zona Mercedes de la unidad minera San Juan de Arequipa.

3.2.2 Muestra

Muestra es el sistema de ventilación de la zona Mercedes.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

3.3.1 Técnicas de recolección de datos

Se realiza mediciones de velocidad y área en todas las estaciones de monitoreos principales y secundarias para determinar el caudal de ingreso y salida del aire de la mina.

Para determinar el caudal de aire utilizo la siguiente formula.

$$Caudal = Velocidad \times Area$$

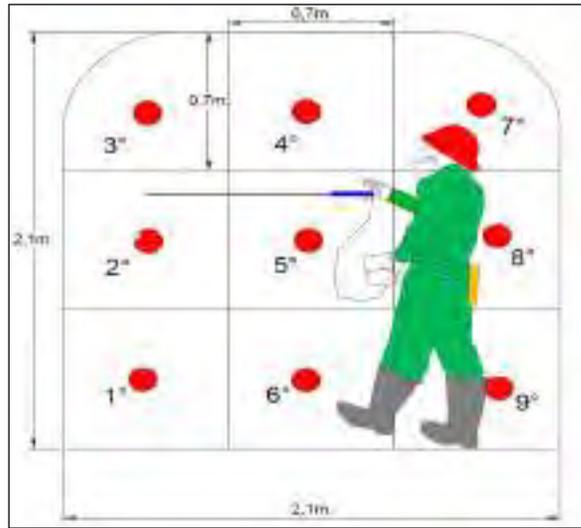
3.3.2 Mediciones de velocidad

Las mediciones de velocidad se realizaron en cada estación de monitoreo, al momento de la medición se distribuye de manera equidistante en toda la sección de la labor para tener un resultado más aproximado a la realidad, teniendo en cuenta que el anemómetro deberá estar en forma perpendicular al flujo de aire y realizar movimientos laterales para cubrir la totalidad de la sección del ducto.

La toma de datos depende de la longitud de la sección, en las galería, bypass o crucero se tomó 9 datos, en subnivel 6 datos, en chimenea 5 datos de velocidad del aire como se muestra (ver figura N° 13). La velocidad resultante se determinó por promedio aritmético.

Figura 13.

Medición de velocidad para una sección de 2.1m x 2.1m.



Fuente. Área de Ventilación de MINERA OREX SAC.

3.3.3 Medición de área

Las mediciones de área se realizaron en las estaciones de monitoreo utilizando las siguientes formulas.

Figura 14.

Calculo de áreas.



Fuente. Elaboración propia.

3.3.3.1 Equipos utilizados para medición

- 01 Testo 480 - Medidor multifunción.
- 01 Sonda de hilo caliente
- 01 Sonda de paletas

Figura 15.

Testo 480 - Medidor multifunción



Fuente. Área de Ventilación de MINERA OREX SAC.

Figura 16.

Sondas de Testo 480.



Fuente. Área de Ventilación de MINERA OREX SAC.

3.4 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE INVESTIGACIÓN

Se mide la velocidad y el área para calcular el caudal de aire que circula por los puntos de monitoreo, para determinar la deficiencia de caudal de aire y realizar una correcta elección de un ventilador para disminuir la temperatura en interior mina.

3.4.1 Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico de velocidades y caudales de aire para llevar un registro de control de todos los resultados para analizar y comparar las diversas alternativas.

3.4.2 Análisis descriptivo

Se realizó monitoreos y análisis mensuales o cada vez que una labor comunicó a otra para evaluar la variación de flujo.

3.4.3 Presentación

Primero se realizó monitoreo de todas las estaciones y labores a detalle para luego ser actualizado en los planos isométricos. Luego se analizan los planos a detalle para finalmente presentar la mejor propuesta de mejora.

CAPÍTULO IV

MEJORA DE LA VENTILACIÓN EN LA ZONA MERCEDES

4.1 EVALUACIÓN DE INGRESOS Y SALIDAS DEL CAUDAL DE AIRE DE LA ZONA MERCEDES

4.1.1 Zona mercedes

La zona Mercedes se divide en dos partes que son: zona Mercedes alta y zona Mercedes baja

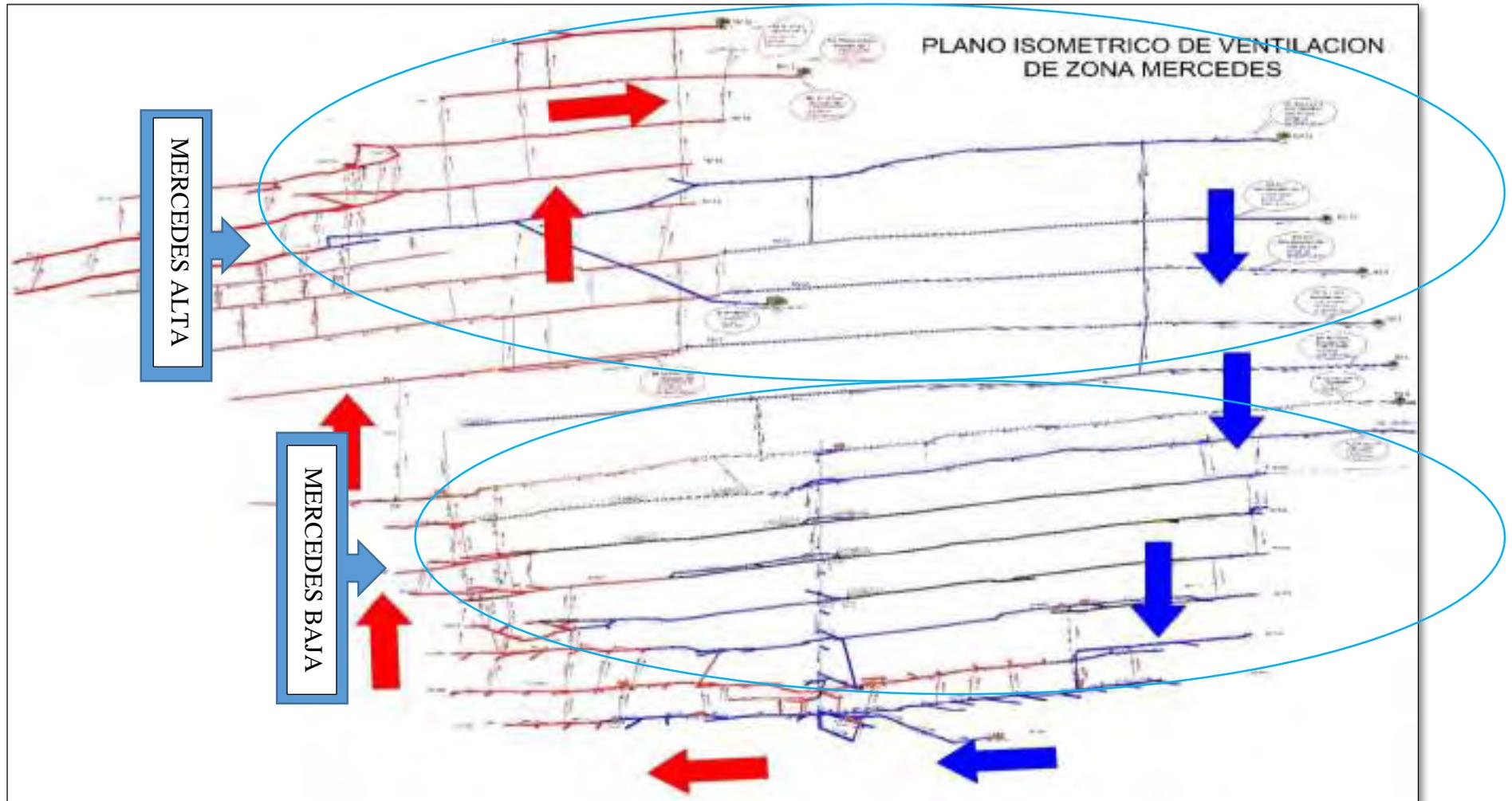
4.1.1.1 Zona Mercedes baja

Es la zona donde se está profundizando todas las operaciones mineras inicia desde el nivel 1, que es el nivel principal de ingresos de aire fresco, que se encuentra a una cota de 734 m.s.n.m. hasta el nivel 435 que es el nivel más profundo.

4.1.1.2 Zona Mercedes alta

Es la zona de laboreo más antiguo donde se tiene bocaminas comunicadas a superficie, los ingresos de aire fresco a la zona son por los niveles 2, 5, 7, 9, 11 y 12, las salidas de aire viciado son por los niveles 15 y 1

Figura 17.
Plano isométrico de la zona Mercedes.



Fuente. Área de Ventilación de OREX SAC.

4.1.2 Circuito de ventilación de la zona mercedes

4.1.2.1 Ingreso de aire a la zona Mercedes

Los ingresos de aire fresco para la zona Mercedes es por 8 bocaminas que son: bocamina del Nivel 1, 2, 5, 7, 9, 11, cortada nivel 12 y la galería del nivel 12. Las bocaminas del nivel 1 y 2 aportan gran parte del caudal de aire fresco para la zona de profundización donde se encuentran la mayor parte de las operaciones mineras de la zona.

4.1.2.2 Salida de aire a la zona Mercedes

La salida de aire viciado es por la parte superior de la zona Mercedes en 3 puntos que son: las bocaminas del Nivel 15, 16 y la chimenea 7706 del Nv.15, donde la bocamina del nivel 15 es la principal salida de aire viciado de la zona Mercedes

4.1.2.3 Circuito de ventilación de la zona mercedes

Todo el ingreso de aire fresco es por las bocaminas del lado este de la zona Mercedes, el aire fresco baja a los niveles de profundización por chimeneas que se encuentran al lado este en cada nivel y el pique principal, para luego dirigirse al lado oeste de la zona por donde se tiene un sistema de chimeneas desde el nivel 480 a los niveles 15 y 16 por donde sale el aire viciado al medio ambiente.

4.1.3 Evaluación de ingresos de caudal de aire

Todo el ingreso de aire fresco a la zona Mercede es por el lado este de la veta mercedes, tenemos 8 puntos de ingresos de aire de los cuales dos son los principales que son: el nivel 1 y el nivel 2 por donde ingresa el mayor volumen de aire a la zona de profundización. (ver **Tabla 12**)

Tabla 12.

Caudales de ingreso de aire de la zona Mercedes.

INGRESOS DE AIRE	AREA (m ²)	CAUDAL		
		(m ³ /s)	(m ³ /min)	CFM
PV. 1 Zona Mercedes Baja - II BM Nv 1	3.21	2.59	155.50	5,491
Galería 8751W Nv.2 (PVM 02) Zona Mercedes	2.15	1.85	111.18	3,926
Bocamina Nv.5 Zona Mercedes Alta -I	2.65	1.31	78.76	2,781
Bocamina Nv.7 Zona Mercedes Alta -I	2.08	0.97	58.33	2,060
Bocamina Nv.9 Zona Mercedes Alta -I	3.26	0.74	44.12	1,558
Bocamina Nv.11 Zona Mercedes Alta -I	2.62	0.94	56.61	1,999
Cortada Millonaria 7533 Nv.12 Zona Mercedes I	4.41	1.33	80.00	2,825
Galería 206W Nv.12 Zona Mercedes I	5.82	1.62	97.37	3,438
	Qi Total	11.36	681.88	24,080

Fuente. Área de Ventilación de Orex S.A.C.

4.1.4 Evaluación de salidas de caudal de aire

La salida de aire viciado de la zona Mercedes es por tres puntos que son las bocaminas del nivel 15 y 16 más una chimenea en el nivel 15, que se encuentran en la parte superior de la zona Mercedes. **(ver tabla 13)**

Figura 18.

salida de aire viciado bocamina del nivel 15



Fuente. Elaboración propia.

Tabla 13.

Áreas y caudales de salida de aire de la zona Mercedes

SALIDAS DE AIRE	AREA (m ²)	CAUDAL		
		(m ³ /s)	(m ³ /min)	CFM
Bocamina Nv.15 Zona Mercedes Alta -II	3.86	8.23	493.67	17,434
Chimenea 7706 Nv.15 Zona Mercedes Alta - II	0.81	1.20	71.77	2,534
Bocamina Nv.16 Zona Mercedes Alta -II	4.51	2.41	144.73	5,171
Qs Total		11.84	710.17	25,115

Fuente. Área de Ventilación de Orex S.A.C.

4.2 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN ACTUAL

Para la evaluación del circuito de ventilación de la zona Mercedes, se debe realizar mediciones de velocidad y área para determinar el caudal de aire que circula en las estaciones de monitoreo principal y secundaria, mediante estos datos obtenido en campo podemos determinar el balance de aire y la cobertura de aire global para la zona Mercedes.

4.2.1 Parámetros del sistema de ventilación

Para el control del sistema de ventilación de la zona, tenemos los siguientes controles:

- Balance del caudal de aire de ingresos y salida
- Cobertura de aire de la zona Mercedes

4.2.2 Balance del caudal de aire de ingresos y salidas

Para diseñar el sistema de ventilación es necesario realizar el balance de aire de la zona Mercedes, se determina mediante la comparación del caudal de ingreso y el caudal de salida

Aforos principales

Tabla 14.

Caudales de ingreso de la zona Mercedes

INGRESOS DE AIRE

INGRESOS DE AIRE	VELOCIDADES (m/s)									Vp		COTA (msnm)	HORA (hh:mm)	T.H. (°C)	HR (%)	SECCION		AREA (m ²)	CAUDAL		
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	(m/s)	(m/min)					a1 (m)	h1 (m)		(m ³ /s)	(m ³ /min)	cfm
PV. 1 Zona Mercedes Baja - II BM Nv 1	0.78	0.85	0.86	0.79	0.85	0.81	0.75	0.76	0.81	0.81	48.40	734	10:10 a. m.	22.20	58.10	1.90	1.78	3.21	2.59	155.50	5,491
Galería 8751W Nv.2 (PVM 02) Zona Mercedes	0.86	0.80	0.96	0.78	0.96	0.89	0.85	0.83	0.81	0.86	51.60	768	4:20 p. m.	22.40	50.10	1.40	1.62	2.15	1.85	111.18	3,926
Bocamina Nv.5 Zona Mercedes Alta -I	0.54	0.41	0.36	0.31	0.38	0.54	0.60	0.58	0.73	0.49	29.67	841	4:05 a. m.	22.40	48.00	1.57	1.78	2.65	1.31	78.76	2,781
Bocamina Nv.7 Zona Mercedes Alta -I	0.46	0.37	0.63	0.50	0.52	0.49	0.45	0.39	0.40	0.47	28.07	897	3:40 p. m.	22.00	49.10	1.25	1.75	2.08	0.97	58.33	2,060
Bocamina Nv.9 Zona Mercedes Alta -I	0.21	0.18	0.23	0.28	0.21	0.17	0.22	0.26	0.27	0.23	13.53	946	3:25 p. m.	22.90	46.30	1.76	1.95	3.26	0.74	44.12	1,558
Bocamina Nv.11 Zona Mercedes Alta -I	0.13	0.35	0.23	0.49	0.46	0.45	0.58	0.30	0.25	0.36	21.60	996	3:15 p. m.	23.40	44.70	1.55	1.78	2.62	0.94	56.61	1,999
Cortada Millonaria 7533 Nv.12 Zona Mercedes I	0.18	0.19	0.42	0.29	0.30	0.34	0.32	0.33	0.35	0.30	18.13	1,070	2:20 p. m.	22.20	50.10	2.15	2.16	4.41	1.33	80.00	2,825
Galería 206W Nv.12 Zona Mercedes I	0.38	0.42	0.37	0.10	0.25	0.35	0.18	0.19	0.27	0.28	16.73	1,070	2:40 p. m.	21.90	47.90	2.45	2.50	5.82	1.62	97.37	3,438
Qi Total																	11.36	681.88	24,080		

Fuente. Área de Ventilación de Orex S.A.C.

Tabla 15.

Caudales de salida de la zona Mercedes

SALIDAS DE AIRE

SALIDAS DE AIRE	VELOCIDADES (m/s)									Vp		COTA (msnm)	HORA (hh:mm)	T.H. (°C)	HR (%)	SECCION		AREA (m ²)	CAUDAL		
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	(m/s)	(m/min)					a1 (m)	h1 (m)		(m ³ /s)	(m ³ /min)	cfm
Bocamina Nv.15 Zona Mercedes Alta -II	2.10	2.15	1.98	2.20	2.00	2.23	2.08	2.19	2.23	2.13	127.73	1,198	3:55 p. m.	26.20	87.00	1.91	2.13	3.86	8.23	493.67	17,434
Chimenea 7706 Nv.15 Zona Mercedes Alta - II	1.65	1.46	1.37	1.45	1.56					1.50	89.88	1,227	4:25 p. m.	25.60	88.50	0.9	0.90	0.81	1.21	72.80	2,571
Bocamina Nv.16 Zona Mercedes Alta -II	0.48	0.51	0.56	0.49	0.51	0.60	0.46	0.62	0.58	0.53	32.07	1,244	4:32 p. m.	26.50	92.50	2.22	2.14	4.51	2.41	144.73	5,111
Qs Total																	11.85	711.20	25,115		

Diferencia (*)	0.49	29	1,036
Variacion (%)	4.1	4.1	4.1

Fuente. Área de Ventilación de Orex S.A.C.

El aforo de caudal de la zona Mercedes se tiene los siguientes valores:

- Caudal total de ingreso: 24,080 CFM
- Caudal total de salida: 25,115 CFM
- La diferencia: 1,036 CFM

Se tiene una diferencia entre los caudales de ingreso y salida de 1,036 CFM que equivale a un 4.1%. (ver tabla 15)

4.2.3 Requerimiento de caudal de aire actual

El requerimiento de aire se calcula según el Decreto Supremo 024-2016-EM y su modificatoria 023-2017-EM, subtítulo VII – Ventilación, artículo 252, en inciso “D”, ANEXO N° 38, para determinar el cálculo de requerimiento de caudal se considera lo siguiente:

- El número de trabajadores de la guardia más numerosa.
- La operación de los equipos diésel.
- Los gases originados en las voladuras.
- Para mantener una temperatura del ambiente de trabajo igual o menor a 29 °C.

$$Q_{T0} = Q_{T1} + Q_{Fu}$$

Dónde:

Q_{T0} = Caudal total para la operación

Q_{T1} = La sumatoria de caudal requerido

Q_{Fu} = 15% del Q_{T1}

4.2.3.1 Caudal requerido por el número de trabajadores

Para el cálculo de requerimiento por número de trabajadores debemos considerar el número de trabajadores de la guardia más numerosa.

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

Donde:

F: Número de trabajadores

N: Caudal por altitud

Tabla 16.

Número de trabajadores por guardia.

CANTIDAD DE PERSONAL POR GUARDIA		
ZONA MERCEDES		
EMPRESAS	GUARDIA	
	A	B
CIA - Explotación	56	58
Contrata ADGEMINCO	32	34
Contrata CETRAMIN	28	30
Contrata EDEMINC	18	20
Mantenimiento	10	8
Geología	10	6
Servicios	6	0
Total	160	156

Fuente. Área mina.

Tabla 17.

Caudal mínimo por persona

ALTITUD DE LA MINA	CAUDAL POR PERSONA
0 a 1,500 m.s.n.m.	3 m ³ /min
1,500 a 3,000 m.s.n.m.	4 m ³ /min
3,000 a 4,000 m.s.n.m.	5 m ³ /min
4,000 m.s.n.m. a más	6 m ³ /min

Fuente. Decreto supremo 024 y su modificatoria 023, artículo 247

El nivel principal de la zona Mercedes se encuentra a 734 m.s.n.m. según el el Decreto Supremo 024-2016-EM y su modificatoria 023-2017-EM, artículo 247, el caudal mínimo para esta altitud es de 3 m³/min.

Datos:

$$F = 3 \text{ m}^3/\text{min} \text{ (ver tabla 16)}$$

$$N = 160 \text{ trabajadores. (ver tabla 17)}$$

Cálculos:

$$Q_{Tr} = 3 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \times 160 \text{ trabajadores}$$

$$Q_{Tr} = 480 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = 16951 \text{ CFM}$$

Tabla 18.

Resumen de Caudal requerido por el número de trabajadores

CAUDAL REQUERIDO POR EL NÚMERO DE TRABAJADORES										
Empresa	Nivel	Supervis.	Obreros	Cant.	Caudal Requerido					
					DS-023, m ³ /min	m ³ /min	m ³ /s	cfm	% Distrib.	
CIA - Explotación	Global	6	50	56	3	168	2.80	5,933	35%	
Contrata ADGEMINCO	Global	4	28	32	3	96	1.60	3,390	20%	
Contrata CETRAMIN	Global	4	24	28	3	84	1.40	2,966	18%	
Contrata EDEMINC	Global	3	15	18	3	54	0.90	1,907	11%	
Mantenimiento	Global	1	9	10	3	30	0.50	1,059	6%	
Geología	Global	0	10	10	3	30	0.50	1,059	6%	
Servicios	Global	1	5	6	3	18	0.30	636	4%	
TOTAL		19	141	160	3	480	8.00	16,951	100%	

Fuente. Elaboración propia.

4.2.3.2 Caudal requerido por el consumo de madera

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

Donde:

Q_{Ma} = Caudal requerido por toneladas de producción (m³/min)

u = Factor de producción, de acuerdo a escala establecida en el segundo párrafo del literal d) del artículo 252 del reglamento;

T = Producción en toneladas métricas húmedas por guardia.

Ubicación de la labor: Tj. 7990, Nivel 435 – ZONA MERCEDES

Espaciado entre cuadros cojos:	1.50m
Nº Rajados colocados en los hastiales:	5 Rajados
Nº Rajados colocados en el sombrero:	3 Rajados
Nº total de cuadros/Ala (30m):	21

Redondos 7"x3m:

$$\frac{2 \text{ puntales}}{\text{cuadro}} \times \frac{21 \text{ cuadros}}{\text{ala}} \times \frac{2 \text{ alas}}{\text{tajo}} = 84 \text{ puntales /corte}$$

Redondos 6"x3m:

$$\frac{8 \text{ rajados}}{\text{cuadro}} \times \frac{21 \text{ cuadros}}{\text{ala}} \times \frac{2 \text{ alas}}{\text{tajo}} = 336 \text{ rajados /corte}$$

Cribe 7"x1.50m (camino):

$$\frac{7 \text{ vueltas}}{\text{ala}} \times \frac{4 \text{ cribes}}{\text{vuelta}} \times \frac{2 \text{ alas}}{\text{tajo}} = 56 \text{ cribes /corte}$$

Cribe 10"x1.50m (echadero):

$$\frac{4.5 \text{ vueltas}}{\text{ala}} \times \frac{4 \text{ cribes}}{\text{vuelta}} \times 1 \text{ corte} = 18 \text{ cribes /corte}$$

Topes 6"x1m:

$$\frac{11.5 \text{ vueltas}}{\text{ala}} \times \frac{4 \text{ cribes}}{\text{vuelta}} \times 2 \text{ corte} = 92 \text{ cribes /corte}$$

Redondos de 5 o 6" (puntales de seguridad y servicios) :

6 puntales /corte

Total de redondos 7":

$$(84 + 56 \text{ cribes} \times \frac{1 \text{ redondo}}{2 \text{ cribes}}) = 112 \text{ puntales}$$

Total, de redondos 6":

$$(336 \times \frac{1 \text{ redondo}}{2 \text{ rajados}} + 6 + \frac{92 \text{ topes}}{\text{corte}} \times \frac{1 \text{ redondo}}{6 \text{ topes}}) = 189 \text{ puntales}$$

Total de redondos 10”:

$$(18 \text{ cribes} \times \frac{1 \text{ redondo}}{2 \text{ cribes}}) = 9 \text{ puntales}$$

Cantidad total de redondos:

$$112 \text{ puntales} + 189 \text{ puntales} + 9 \text{ puntales} = 310$$

puntales / corte

$$= 155 \text{ puntales/ ala}$$

Indicadores de consumo de madera

Puntales / TM-Ala:

$$\frac{155 \text{ puntales/ala}}{140 \text{ TM /ala}} = 1.11 \text{ puntales /TM}$$

Peso de madera /TM:

$$(1.11 \text{ puntales} \times \frac{0.076 \text{m}^3}{\text{puntal}} \times 550 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) = 46.398 \text{ kg}$$

Peso de madera /TM:

$$\frac{46.398 \text{ kg}}{1000 \text{ kg}} = 4.64 \%$$

Consumo de madera total:

$$9 \text{ tajos} \times (4.64 \%) / \text{tajo} = 41.76\%$$

El porcentaje de consumo de madera para la zona Mercedes es de 41.76%, su factor de producción que le corresponde es de $1.00 \frac{m^3}{TMH / gdia}$, como indica el artículo 252 del DS. 024 y su modificatoria 023.

Calculo Caudal requerido por el consumo de madera

Datos:

u: $1.00 \frac{m^3}{TMH / gdia}$ (ver tabla 19).

T: 70 Tm/guardia

Cálculos:

$$Q_{Ma} = 70 \text{ Tm/guardia} \times 1.00 \frac{m^3}{TMH / gdia}$$

$$Q_{Ma} = 70 \text{ m}^3/\text{min} = 2,472 \text{ CFM}$$

Tabla 19.

Caudal por consumo de madera

CAUDAL REQUERIDO POR EL CONSUMO DE MADERA				
TMH/ guardia	factor de producción (m3/min)	Caudal requerido		
		m3/min	m3/s	cfm
70	1.00	70	1.17	2,472

Fuente. Elaboración propia según el DS - 024

4.2.3.3 Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo

El caudal requerido por temperatura en la labor de trabajo se aplica a los niveles que tengan temperatura de 24 C° a 29 C°.

$$Q_{Te} = V_m \times A \times N \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Donde:

Q_{Te} = Caudal por temperatura (m³/min);

V_m = Velocidad mínima;

A = Área de la labor promedio.

N = Número de niveles con temperatura mayor a 23°C, de acuerdo a escala establecida en el tercer párrafo del literal d) del artículo 252 del reglamento.

Tabla 20.

Área promedio de las labores con temperatura mayores a 24C°.

ZONA MERCEDES					
NIVEL	LABORES	SECCIÓN			Número de niveles
		Ancho (m)	altura(m)	Área(m ²)	
480	Tj. 7585	1.8	2.1	3.78	2 niveles
480	Tj. 7634	1.7	2.1	3.57	
480	Tj. 7704	2.1	2.3	4.83	
435	Tj. 7835	2	2.2	4.4	
435	Tj. 7889	1.9	2.3	4.37	
435	Bp. 7953	2.1	2.1	4.41	
480	Bp. 7717	2.1	2.2	4.62	
PROMEDIO				4.28	

Fuente. Elaboración propia según el DS – 024.

Datos:

$$V_m = 30 \text{ m/min}$$

$$A = 4.28 \text{ m}^2 \text{ (ver tabla 20)}$$

$$N = 2 \text{ niveles (ver tabla 20)}$$

Cálculos:

$$Q_{Te} = 30 \text{ m/min} \times 4.28 \text{ m}^2 \times 2 \text{ niveles}$$

$$Q_{Te} = 257 \text{ m}^3/\text{min} = 9,069 \text{ CFM}$$

Tabla 21.

Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo

CAUDAL PARA DILUCIÓN DE CALOR						
Niveles de calor	Área m2	Velocidad m/min	N° Niveles	Caudal total de Control Térmico		
				m3/s	m3/min	CFM
	4.28	30	2	4.28	257	9,069

Fuente. Elaboración propia según el DS – 024.

4.2.3.4 Caudal requerido por consumo de explosivo

$$Q_{Ex} = A \times V \times N \text{ (m3/min)}$$

Donde:

Q_{Ex} = Caudal de aire requerido por consumo de explosivo detonado (m3/min)

A = Área promedio de labores (m2).

V = Velocidad mínima requerida según norma (m/min).

N = Número de niveles en voladura.

Tabla 22.

Área promedio de las labores

ZONA MERCEDES			
NIVELES OPERATIVOS	SECCIÓN		
	Ancho (m)	Altura (m)	Área (m ²)
NIVEL 13	0.9	2.2	1.98
NIVEL 12	0.9	2.1	1.89
NIVEL 690	4	4	16.00
NIVEL 480	1.6	2.1	3.36
NIVEL 435	1.8	2.15	3.87
AREA PROMEDIO			5.42

Fuente. Área de mina

Tabla 23.

Número de niveles en voladura.

ZONA	LABOR	LABOR	CODIGO	NUMERO DE NIVELES OPERATIVOS	
				POR ZONA	TOTAL
MERCEDES	ALTA	TAJO	12	TJ7357	02 NIVELES
			13	TJ7362	
			480	TJ7952	
			480	TJ8017	
			480	TJ8070	
			480	TJ7704	
	BAJA	TAJO	435	TJ7835	03 NIVELES
			435	TJ7889	
			435	TJ7950	
			435	TJ7990	
			435	TJ8051	
			RAMPA	690	

Fuente. Área de mina

Datos:

$$A = 5.42 \text{ m}^2 \text{ (ver tabla 22)}$$

$$V = 25 \text{ m/min}$$

$$N = 5 \text{ niveles (ver tabla 23)}$$

Cálculos:

$$Q_{\text{Ex}} = 5.42 \text{ m}^2 \times 25 \text{ m/min} \times 5 \text{ niveles}$$

$$Q_{\text{Ex}} = 678 \text{ m}^3/\text{min} = 23,925 \text{ CFM}$$

Tabla 24.

Caudal requerido por consumo de explosivo.

CAUDAL REQUERIDO POR CONSUMO DE EXPLOSIVO					
N° Niveles	Veloc. m/min	Área, m2	Caudal requerido		
			m3/min	m3/s	cfm
5	25	5.42	678	11	23,925

Fuente. Elaboración propia según el DS – 024.

Consideremos para el cálculo de requerimiento de aire total el caudal mayor que es la sumatoria de caudal requerido por número de trabajadores más el caudal requerido por consumo de madera más el caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo que es igual a: 28,491 CFM.

Para calcular el requerimiento de aire total de la zona Mercedes, se debe incrementar 15% del caudal por fugas.

Después de realizar todos los cálculos de caudal de aire según el DS 024 – 2016 EM y su modificatoria. El requerimiento de aire total de la zona Mercedes es de: 32,765 CFM (**ver Tabla 25**)

Tabla 25.

Requerimiento de aire total para la zona Mercedes

REQUERIMIENTO DE AIRE TOTAL				
CAUDAL	m3/min	m3/s	cfm	% distr.
Q1= Personal	480	8.00	16,951	59%
Q2= Consumo Madera	70	1.17	2,472	9%
Q3= Dilución Explosivos	678	11.29	23,925	84%
Q4= Temperatura	257	4.28	9,069	32%
Q1 + Q2 + Q4	807	13.45	28,492	100%
Q TOTAL(con fugas)	928	15.46	32,766	115%

Fuente. Elaboración propia según el DS – 024.7

4.2.4 Evaluación de velocidades de aire, temperatura y humedad realtiva en los tajos de la zona mercedes

El incremento de temperatura y humedad relativa en la zona Mercedes influye directamente en el rendimiento de los trabajadores que laboran, se determina por 3 paramentos:

- La auto compresión del aire baja del lado este de la zona Mercedes.
- El incremento de temperatura por el grado geotérmico.

- La irradiación de calor por los minerales de pirita.

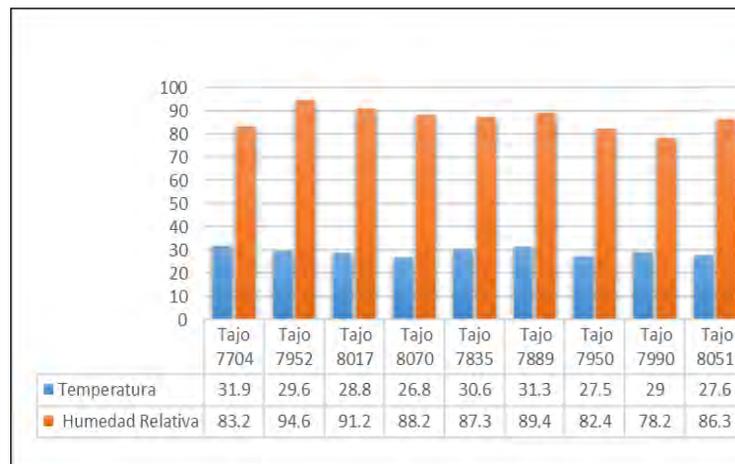
El aire fresco ingresa por la bocamina del nivel 2 y nivel 1, baja por las chimeneas que se encuentran en lados este de la zona Mercedes hasta el nivel 435 que es el más profundo con una temperatura de 23 C° y una humedad relativa de 81 %, en el incremento de temperatura y humedad relativa influyen los siguientes factores:

- Deficiencia de la cobertura de caudal de aire en interior de la mina
- El porcentaje de recirculación de aire en interior mina.
- Emisión de calor de la pirita.

En la zona Mercedes se realizó monitoreos de velocidad, temperatura y humedad relativa en los 9 tajos en operación como muestra el siguiente cuadro.

Tabla 26.

Evaluación de temperatura y humedad relativa

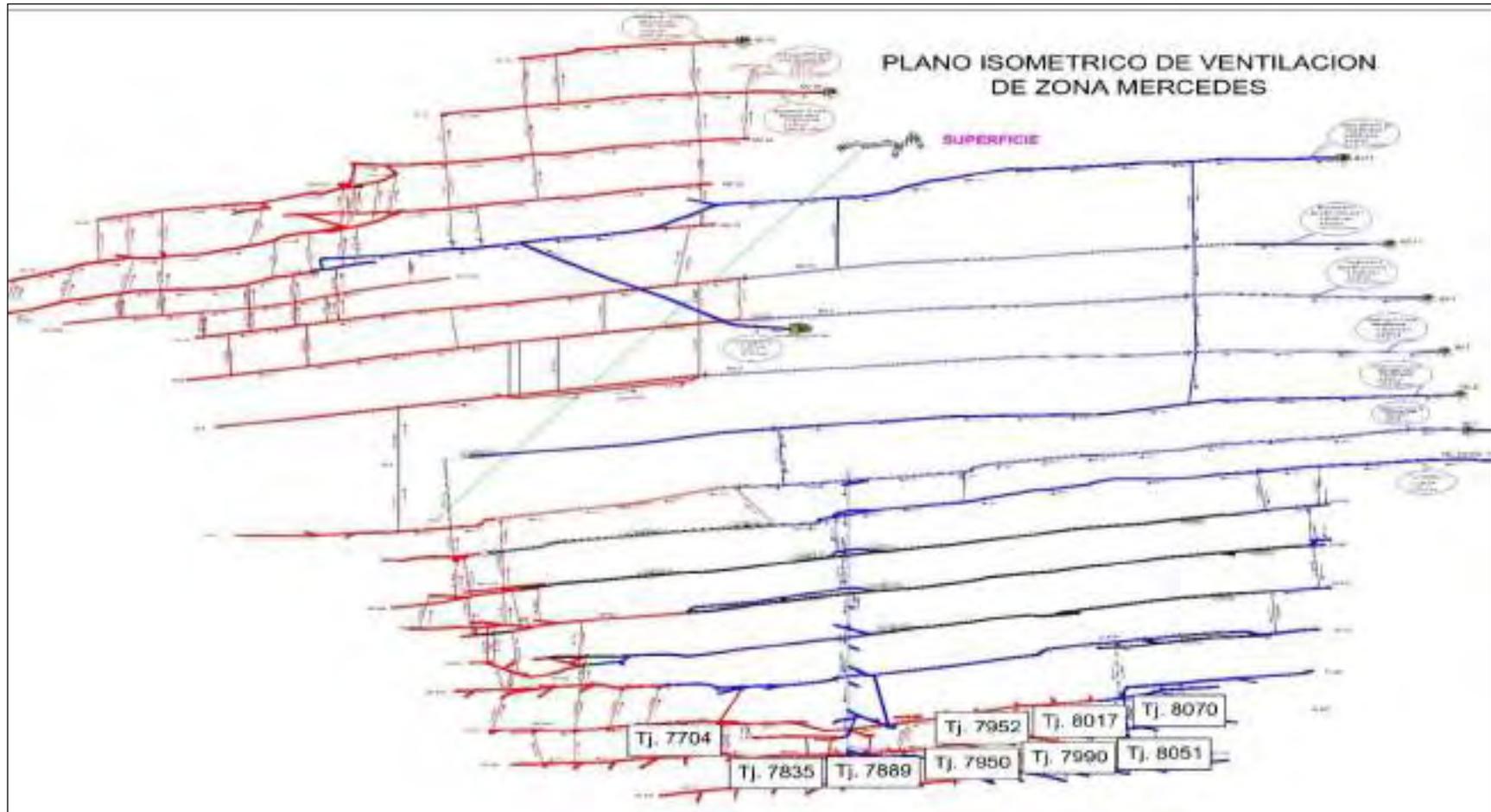


Fuente. Área de Ventilación de Ores S.A.C.

Después de realizar la evaluación en los tajos de la zona Mercedes se demuestra los siguiente:

- Todos los tajos cumplen con la velocidad mínima de 20m/min porque tienen instalados ventiladores auxiliares que insufla el aire. Como lo indica según el art. 248 del DS. 024-2016-EM y su modificatoria.
- Se tiene tajos que la temperatura supera los 29 C° y tiene un alto porcentaje de humedad relativa, debido al déficit de caudal de aire en interior mina más la liberación de calor de la pirita.

Figura 19.
Ubicación de las labores de la zona Mercedes.



Fuente. Área de Ventilación de Orex S.A.

4.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA ZONA MERCEDES

4.3.1 Cálculos de área de ingreso y salida de aire

4.3.1.1 Calculo de área para el proyecto

Para calcular el área de ingreso y de salida debemos considerar el artículo 248 del DS 024 – 2016 - EM y su modificatoria 023 - 2017 - EM, que nos indica que la velocidad mínima es de 20 m/min y la velocidad máxima no supere 250 m/min en las labores de preparación, explotación y desarrollo.

Para calcular el área debemos remplazar en la **(ecuación 2.1)**

$$A_{total} = Q_{total} / V_{maxima}$$

$$A_{total} = 40000 \text{ CFM} / 250 \text{ m/min}$$

$$A_{total} = 40000 \frac{\text{pies}^3}{\text{min}} \times \left(\frac{1 \text{ m}}{3.28084 \text{ pies}} \right)^3 / 250 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

$$A_{total} = 4.53 \text{ m}^2$$

El área mínima que necesitamos para cumplir con el requerimiento de caudal de aire es de 4.53 m^2 de ingreso y la salida de aire de la zona Mercedes.

En base al principio de continuidad se afirma que todo lo que ingresa es igual a lo que sale, esta idea se aplica para flujos de aire, donde el caudal de aire fresco es igual al caudal de aire viciado en condiciones diferente.

$$Q_{ingreso} (T^{\circ}C 1, \%HR 1, Presión 1) = Q_{salida} (T^{\circ}C 2, \%HR 2, Presión 2)$$

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2}$$

Área de Ingreso = Área de salida

Área Ingreso = Área de salida = 4.53 m^2

Área de Salida = 4.53 m^2

4.3.1.2 Comparación del área de ingreso y salida antiguo con el nuevo diseño.

Tabla 27.

Total de áreas de ingresos para la zona Mercedes.

INGRESOS DE AIRE	SECCION		AREA (m2)
	a1 (m)	h1 (m)	
PV. 1 Zona Mercedes Baja - II BM Nv 1	1.90	1.78	3.21
Galería 8751W Nv.2 (PVM 02) Zona Mercedes	1.40	1.62	2.15
Bocamina Nv.5 Zona Mercedes Alta -I	1.57	1.78	2.65
Bocamina Nv.7 Zona Mercedes Alta -I	1.25	1.75	2.08
Bocamina Nv.9 Zona Mercedes Alta -I	1.76	1.95	3.26
Bocamina Nv.11 Zona Mercedes Alta -I	1.55	1.78	2.62
Cortada Millonaria 7533 Nv.12 Zona Mercedes I	2.15	2.16	4.41
Galería 206W Nv.12 Zona Mercedes I	2.45	2.50	5.82
	TOTAL		26.21

Fuente. Área de Ventilación de Orex S.A.C.

Tabla 28.

Total de áreas de salidas para la zona Mercedes.

SALIDAS DE AIRE	SECCION		AREA (m2)
	a1 (m)	h1 (m)	
Bocamina Nv.15 Zona Mercedes Alta -II	1.91	2.13	3.86
Chimenea 7706 Nv.15 Zona Mercedes Alta - II	0.9	0.90	0.81
Bocamina Nv.16 Zona Mercedes Alta -II	2.22	2.14	4.51
	TOTAL		9.19

Fuente. Área de Ventilación de Orex S.A.C.

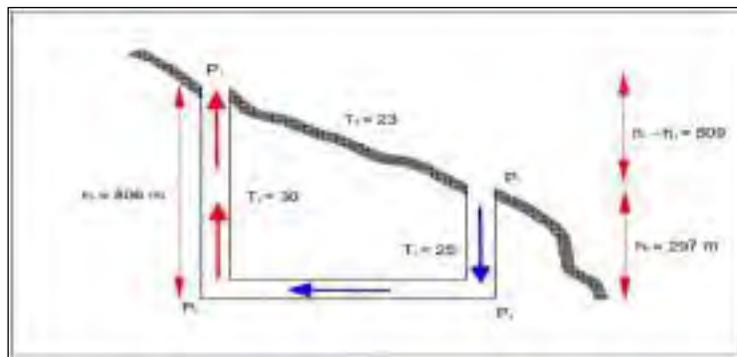
En la evaluación de sumatorias de áreas antiguas tenemos como resultado cantidades mayores que el área mínima para cumplir con el requerimiento de aire en la zona mercedes, toda la salida es por la parte alta, donde todas las labores que existe están colapsando, por este motivo es urgente realizar una chimenea de salida de ventilación con un área mínima de 4.53 m^2 (ver tabla 27 y 28)

4.3.2 Cálculo para la presión por ventilación natural

Los datos para calcular la presión por ventilación natural se encuentran en (la figura 20 y tabla 29).

Figura 20.

Vista representativa de la zona Mercedes



Fuente. Elaboración propia.

Tabla 29.

Datos para cálculo de presión para ventilación natural

DATOS	GALERIA NV 15	UNIDADES
Altura de labor de salida de are a superficie	1200	m.s.n.m
Altura de labor de ingreso de are a superficie	734	m.s.n.m
Altura de columna de aire de salida (h1)	806	m
Altura de columna de aire de ingreso (h2)	297	m
Diferencia (h1-h2)	509	m

Temperatura de superficie (Ts)	23	c°
Temperatura de columna de aire ascendente (T1)	30	c°
Temperatura de columna de aire descendente (T2)	25	c°
Aceleración de la gravedad (g)	9.8	m/s2
Constante universal del aire (R)	290	J/(Kg-K°)
Presión barométrica en el punto más alto (P1)	88318.32	Pa
Presión de ventilación natural (Hn)	183.3	Pa

Fuente. Elaboración propia.

Para determinar la presión barométrica en el punto de salida de aire, reemplazando en la **(ecuación 2.11)**

$$P_1 = P_0 \times e^{\left(\frac{-g \times h}{R \times T}\right)} = 101.3 \text{ KPa} \times e^{\left(\frac{-9.81 \times 1200}{290 \times 296}\right)} = 88318.32 \text{ Pa}$$

Para determinar la presión total por ventilación natural, reemplazar en la **(ecuación 2.10)**

$$H_N = P_1 \times \left[e^{\frac{g}{R} \times \left(\frac{h_1 - h_2}{T_S} + \frac{h_2}{T_2}\right)} - e^{\frac{g \times h_1}{R \times T_1}} \right]$$

$$H_N = 88318.32 \text{ Pa} \times \left[e^{\frac{9.81}{290} \times \left(\frac{509}{296} + \frac{297}{298}\right)} - e^{\frac{9.81 \times 806}{290 \times 303}} \right] = 183.80 \text{ Pa}$$

$$183.80 \text{ Pa} = 0.738 \text{ pulg. H}_2\text{O}$$

Para determinar la resistencia característica de la mina reemplazar en la siguiente formula.

(ecuación 2.13)

$$R = \frac{H_L}{Q^2} = \frac{7.8 \text{ pulg H}_2\text{O}}{40000^2} = 3.12 \times 10^{-9}$$

Calcular el caudal de aire en el nuevo sistema de ventilación mediante la resistencia característica de la mina.

$$Q = \sqrt{\frac{H_N}{R}} = \sqrt{\frac{0.738}{3.12 \times 10^{-9}}} = 15379.81 \text{ CFM}$$

4.4 DISEÑO DE CHIMENEA ALIMAK DE VENTILACIÓN PARA LA ZONA MERCEDES

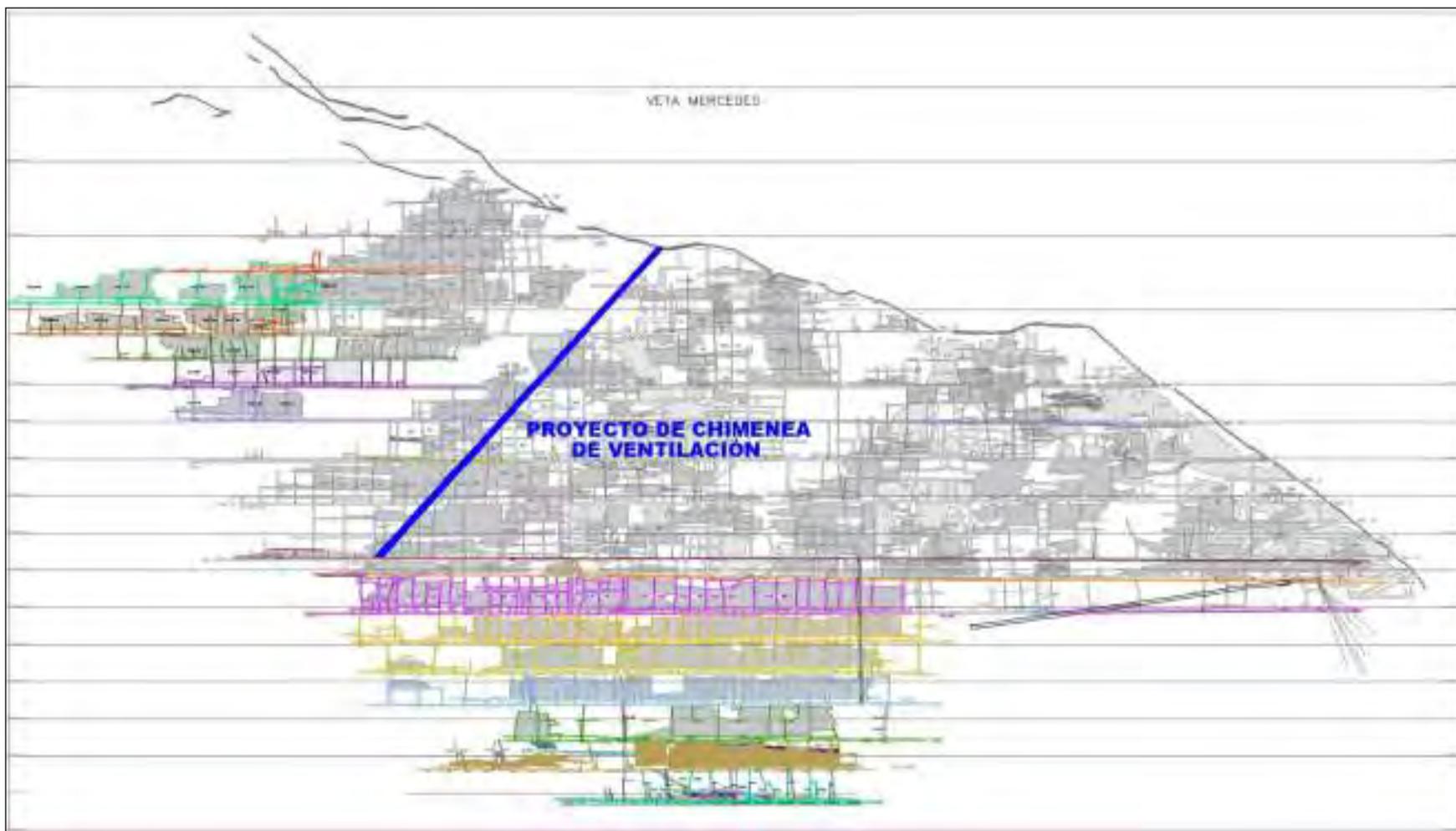
4.4.1 Proyecto de ventilación de la zona mercedes

En la zona Mercedes el ingreso de aire fresco es por las bocaminas que se encuentran al lado este de la zona para posteriormente descender por las chimeneas que se encuentran al lado este de cada nivel para luego direccionarse al lado oeste.

En el lado oeste de la zona Mercedes las chimeneas de salida que se encuentran del nivel 2 al nivel 16 están construidas sobre estructura en veta, y las altas temperaturas del aire que se evacuan por las chimeneas de salida hacen que colapsen rápidamente e incrementen las resistencias en el circuito de ventilación, por ello necesario realizar un proyecto de chimenea de salida a superficie para que la ventilación sea con menor resistencia y mayor duración.

El proyecto de ventilación para solucionar el déficit de aire fresco en la zona Mercedes consiste en la construcción de una chimenea de 453 metros con sistema de plataforma trepadora alimak que comunicará el nivel 2 con superficie, la chimenea se construirá en roca competente para maximizar la duración, esta chimenea servirá para la evacuación del aire viciado de las zonas de profundización a superficie con la menor resistencia en los ductos de salida

Figura 21.
Proyecto de chimenea de ventilación



Fuente. Elaboración propia.

4.4.2 Características de la plataforma alimak para el proyecto

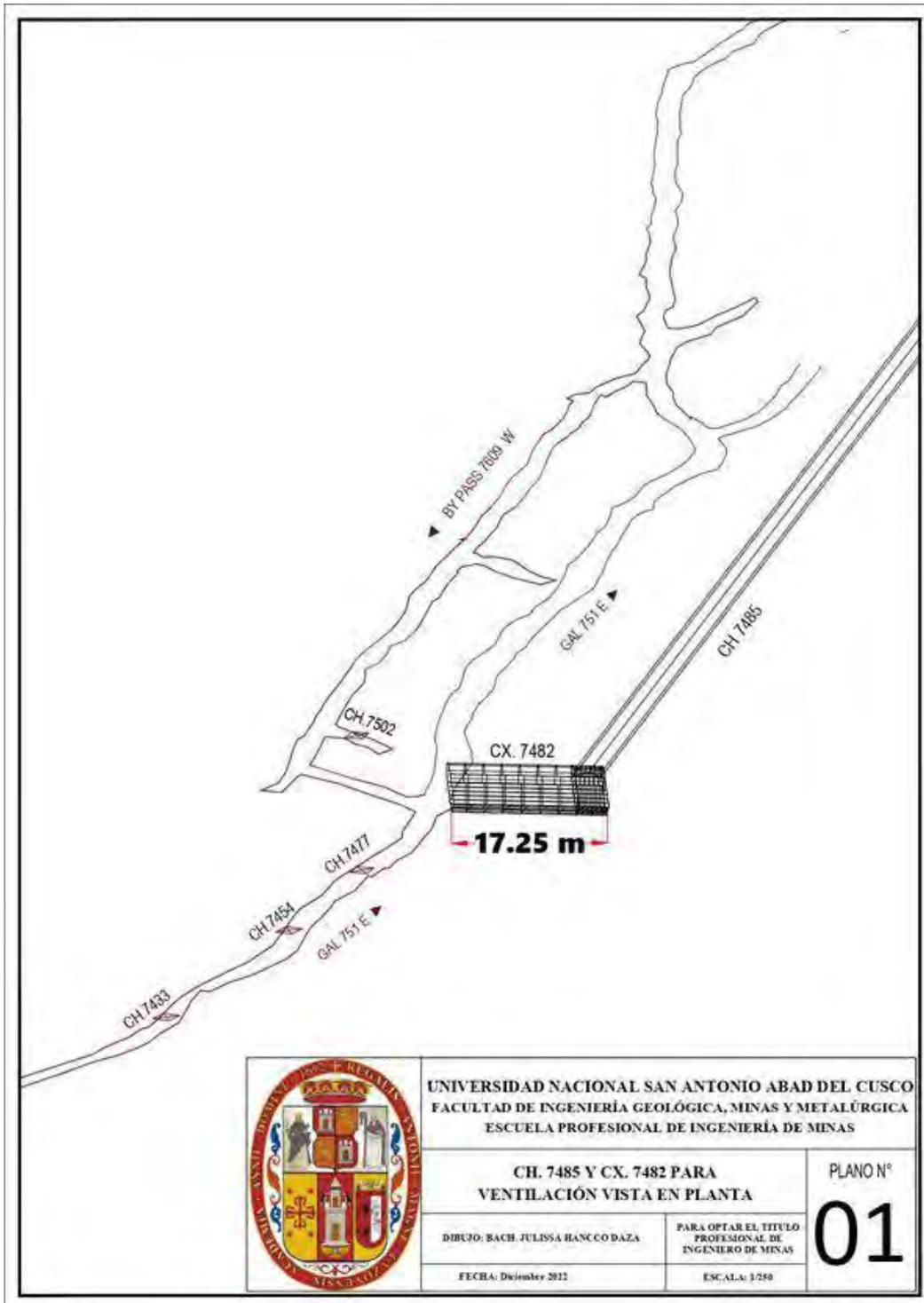
Realizando la evaluación de los datos técnicos del quipo alimak, la mejor característica para desarrollar el proyecto de chimenea de ventilación de 452.87 metros de longitud y de 5 m² de área, que comunicara el Nv2 con superficie en la zona Mercedes, es con el modelo **STH-5E** de propulsión eléctrica.

4.4.3 Proyecto de ventilación para la zona mercedes

Para tener un buen sistema de ventilación se debe realizar la excavación del Crucero 7482 y la Chimenea 7485 por donde se extraerá el aire viciado de interior mina a superficie.

Plano 1.

Crucero 7482 para ventilación vista en perfil



Fuente. Elaboración propia.

Plano 2.

Chimenea 7485 para ventilación vista en planta



Fuente. Elaboración propia.

Proyecto de chimenea 7485 para ventilación de Nv. 2 – Superficie.

- Sección: 2.25 m x 2.25 m.
- Longitud: 452.87 m
- Azimut: N180°E
- Inclinación: 72°

Proyecto de Crucero 7482 para dar inicio a la chimenea de ventilación.

- Sección: 2.4 m x 2.4 m.
- Longitud: 17.25 m
- Azimut: N30°E

4.4.4 Cálculo de parámetros de ventilación de las labores

4.4.4.1 Cálculo de caída de presión por fricción.

Calcular el coeficiente de resistencia para una chimenea 7485, con los siguientes datos:

Datos:

- Sección de la labor minera : 2.25m x 2.25m
- Área : 5.06 m²
- Perímetro : 9 m
- Altura de aspereza de ducto : 0.3 m
- Caudal : 40 000 CFM = 18.88 $\frac{m^3}{seg}$

- Longitud : 452.87 m

Convertir de CFM o pies³/min a m³/seg.

$$40\,000 \frac{\text{pies}^3}{\text{min}} \times \left(\frac{0.3048 \text{ m}}{1 \text{ pie}} \right)^3 \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 18.88 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

Reemplazando en la **ecuación 2.18** para calcular el diámetro hidráulico:

$$d = \frac{4 \times 5.06 \text{ m}^2}{9 \text{ m}} = 2.25 \text{ m}$$

Para determinar el coeficiente frotamiento reemplazar en la **ecuación 2.17**:

$$f = \frac{1}{4 \left[2 \log_{10} \left(\frac{2.25 \text{ m}}{0.3 \text{ m}} \right) + 1.14 \right]^2} = 0.0299$$

Reemplazando en la **ecuación 2.15**, calculamos el coeficiente de resistencia de atkinson:

$$K = \left(\frac{0.0299 \times 1.2}{2} \right) = 0.01794 \text{ kg/m}^3$$

Para calcular el coeficiente de resistencia de la chimenea reemplazamos en la ecuación 2.14

$$R = \frac{0.01794 \times 9 \times 452.87}{(5.06)^3} \times \frac{1.11 \frac{kg}{m^3}}{1.2 \frac{kg}{m^3}} = 0.5174 \text{ N s}^2 / \text{m}^8$$

Calcular el coeficiente de resistencia para el Crucero 7482, con los siguientes datos:

Datos:

- Secciones de la labor minera : 2.1m x 2.1m
- Área : 4.19 m²
- Perímetro : 7.5 m
- Altura de aspereza de ducto : 0.3 m
- Caudal : 40 000 CFM =
18.88 $\frac{m^3}{seg}$
- Longitud : 17.25 m

Reemplazando en la ecuación 2.18 para calcular el diámetro hidráulico:

$$d = \frac{4 \times 5.47 \text{ m}^2}{8.57 \text{ m}} = 2.23 \text{ m}$$

Para determinar el coeficiente frotamiento reemplazar en la ecuación 2.17:

$$f = \frac{1}{4 \left[2 \log_{10} \left(\frac{2.23 \text{ m}}{0.3 \text{ m}} \right) + 1.14 \right]^2} = 0.03$$

Remplazando en la ecuación 2.15, calculamos el coeficiente de resistencia de atkinson:

$$K = \left(\frac{0.0278 \times 1.2}{2} \right) = 0.018 \text{ kg/m}^3$$

Para calcular el coeficiente de resistencia de la chimenea remplazamos en la ecuación 2.14

$$R = \frac{0.018 \times 8.57 \times 17.25}{(5.47)^3} \times \frac{1.11 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.0316 \text{ Ns}^2/\text{m}^8$$

Sumamos los coeficientes de resistencia de la chimenea más el crucero.

$$R_T = R_{Ch} + R_{Cx} = 0.5174 \frac{\text{Ns}^2}{\text{m}^8} + 0.0316 \frac{\text{Ns}^2}{\text{m}^8} = 0.5491 \frac{\text{Ns}^2}{\text{m}^8}$$

Para calcular la caída de presión por fricción remplazamos en la ecuación 2.13.

$$H_f = R \times Q^2 = 0.5491 \frac{\text{Ns}^2}{\text{m}^8} \times \left(18.88 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \right)^2 = 195.73 \text{ Pa}$$

$$195.73 \text{ Pa} = \mathbf{0.79" H_2O}$$

4.4.4.2 Estimación de pérdidas de presión por choque

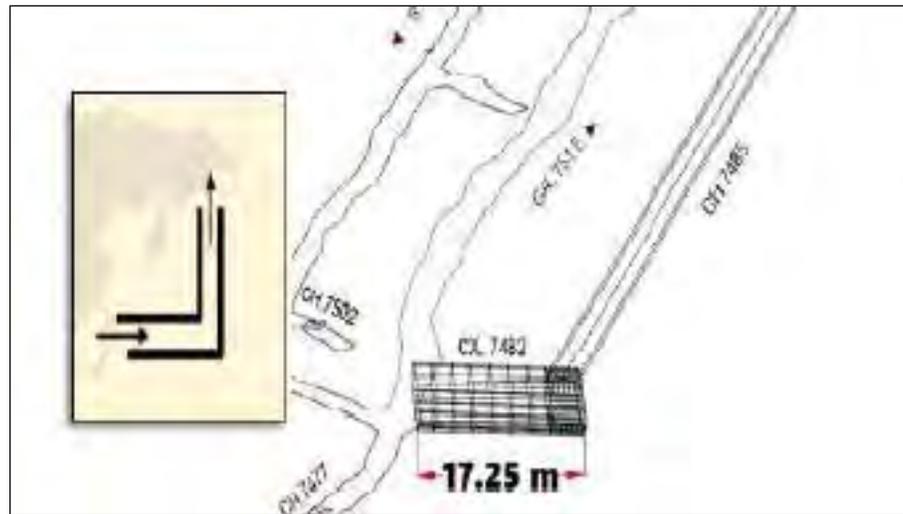
Datos:

- Factor de pérdida por choque de 90° : 1.2 (ver cuadro 45)

- Densidad del aire a nivel del mar : 1.12 kg/m³
- Área : 5.06 m²
- Caudal : 40 000 CFM.

Figura 22.

Perdidas de presión por choque



Fuente. Elaboración propia.

Calcular la velocidad en la chimenea (reemplazando en la fórmula 2.1)

$$40\,000 \frac{\text{pies}^3}{\text{min}} \times \left(\frac{0.3048 \text{ m}}{1 \text{ pie}} \right)^3 \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 18.88 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{18.88 \text{ m}^3/\text{seg}}{5.06 \text{ m}^2} = 3.73 \text{ m/seg}$$

Reemplazando en la ecuación 2.19, determinar la presión por velocidad.

$$H_v = X \frac{\rho u^2}{2} = 1.2 \times \frac{1.12 \text{ kg/m}^3 (3.73 \text{ m/seg})^2}{2} = 9.35 \text{ Pa}$$

$$9.35 \text{ Pa} = 0.038'' \text{ H}_2\text{O}$$

4.4.4.3 Estimación de pérdidas por accesorios

Con el uso de los 02 silenciadores se genera una pérdida de presión por accesorios que es de PS=0.5'' H₂O.

4.4.4.4 Estimación de pérdidas de presión por extracción de aire viciado

Figura 23.

Salida de aire viciado de la zona Mercedes



Fuente. Elaboración propia.

4.4.4.5 Caída de presión total

La presión total es la sumatoria de la caída de presión por fricción, caída de presión por choque, Estimación de pérdidas por accesorio y estimación de pérdidas por extracción de aire viciado.

$$0.79''H_2O + 0.038''H_2O + 0.5''H_2O + 2.00''H_2O = 3.33''H_2O$$

4.5 SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA ZONA MERCEDES

4.5.1 Modelamiento en software VENTSIM

Conociendo el requerimiento de aire para las operaciones y con la ayuda del modelamiento en software VENTSIM™, seleccionamos las características más óptimas de ventilador para que cumpla con la demanda de aire en la zona Mercedes. Para ello necesitamos modelar la topografía de la mina y comenzar a caracterizarla. Describen los pasos de la construcción del modelo en SOFTWARE VENTSIM™:

Paso 1: Recabar la información topográfica de todas las labores de la mina (piques, rampas, galerías, chimeneas, accesos, cámaras, accesos, etc.)

Paso 2: Construcción de la línea central de todas las labores mineras, considerando en la labor horizontal el techo y en las verticales como chimeneas considerar el eje central.

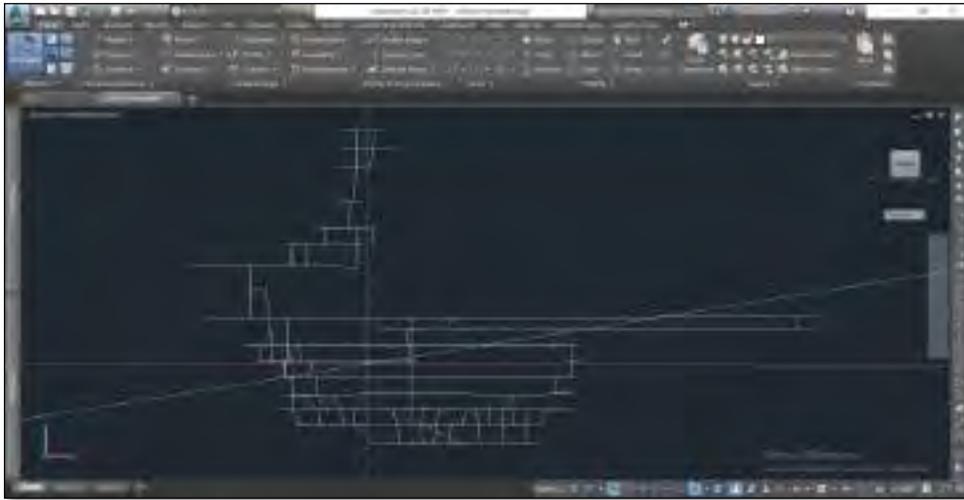
Paso 3: Guardar el archivo topográfico en DXF.

Paso 4: Los archivos en formato DXF se pueden importar al SOFTWARE VENTSIM.

Las siguientes imágenes describen los pasos de construcción del modelamiento en el Software VentSim.

Figura 24.

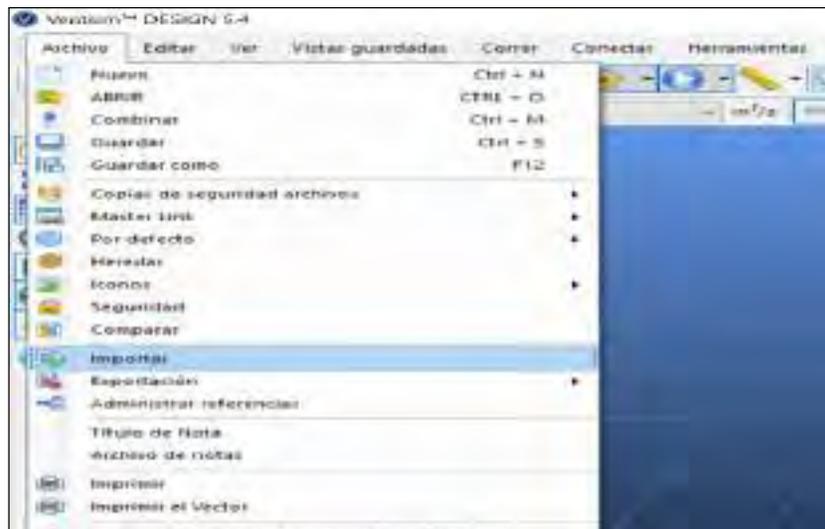
Creación de línea central AutoCAD.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 25.

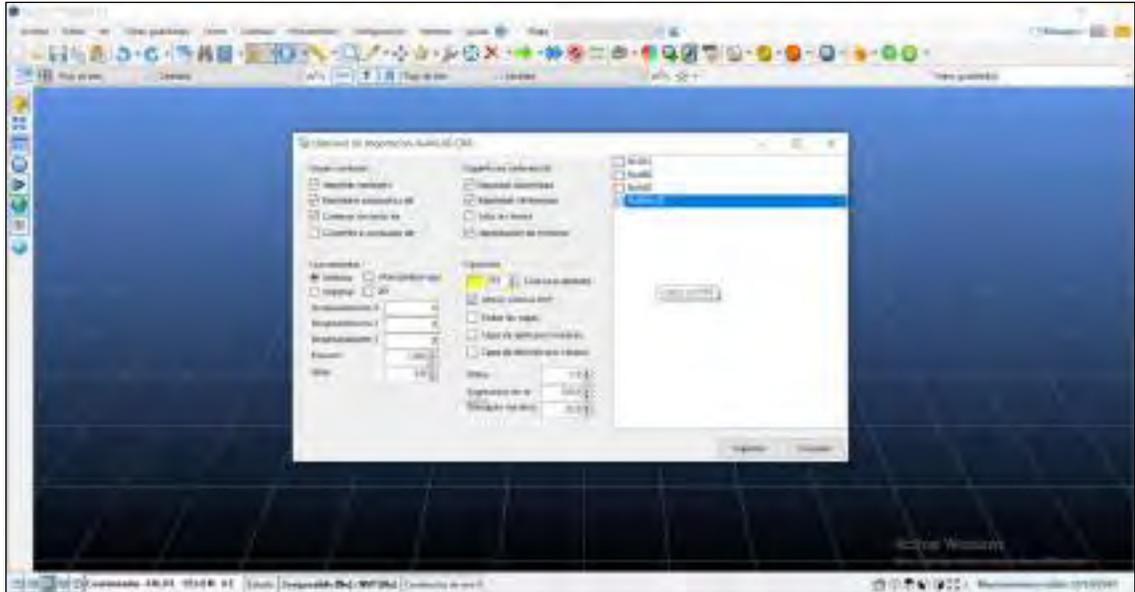
Importar de AutoCAD a VentSim.



Fuente. Software Ventsim.

Figura 26.

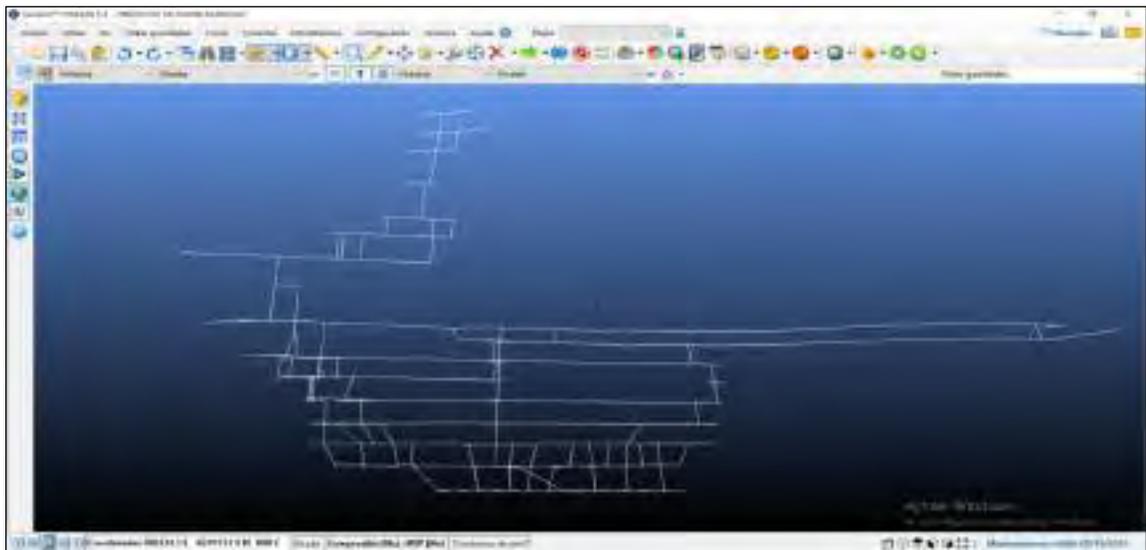
Importación de la topografía.



Fuente: Software Ventsim.

Figura 27.

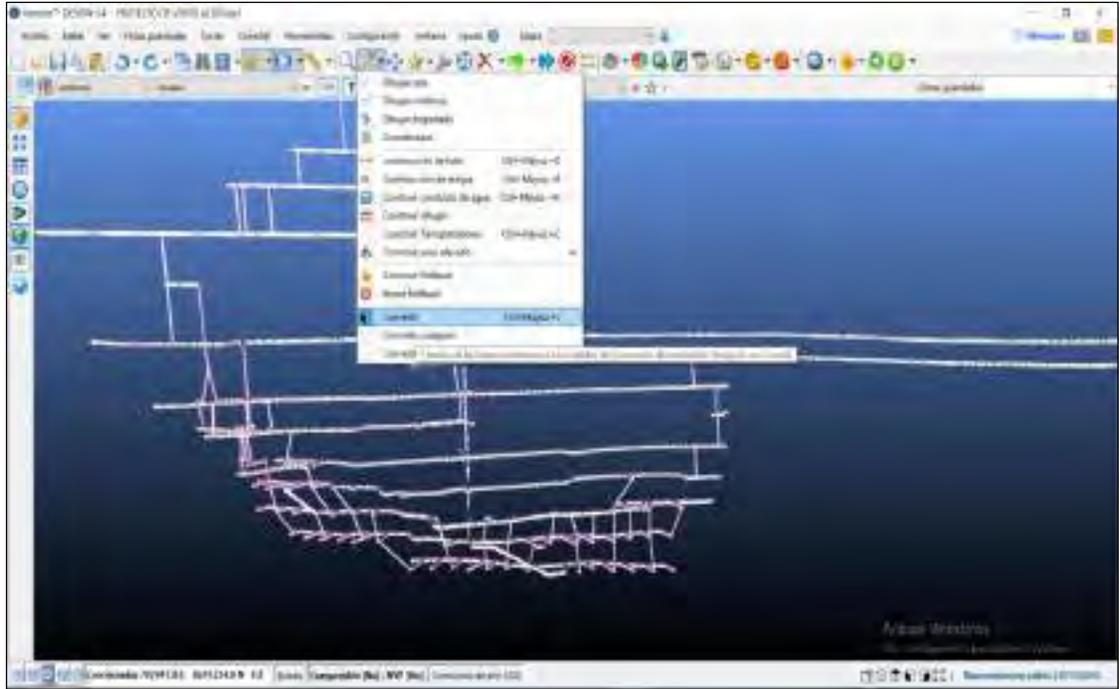
Línea central de las labores importadas de AUTOCAD



Fuente. Elaboración propia.

Figura 28.

Modelo solido de la mina Mercedes en software VentSim.



Fuente. Elaboración propia.

4.5.2 Establecer atributos a conductos de aire

Se implementa el modelo volumétrico de la mina, asignándose sus propiedades a los ductos de ventilación como son:

- Tamaño de ductos, áreas y formas de los ductos.
- Resistencias por fricción y choque.
- tipo de roca
- Cota del nivel principal de ingreso de aire : 734 msnm.
- Temperatura de bulbo seco :24 °C

- Temperatura de bulbo húmedo :19 °C
- Densidad : 1.06 Kg/m³
- Presión barométrica : 90905.34 Pa.

4.5.2.1 Resistencia por Fricción

Determinar la resistencia por fricción para una chimenea de compartimiento simple con los siguientes datos:

- Secciones de la labor minera : 1.2m x 1.2m.
- Área : 1.44 m²
- Perímetro : 4.8 m
- Longitud de chimenea : 49 m
- Altura de aspereza de ducto : 0.3 m
- Caudal : 40 000 CFM = 1415.87 m³/s

Reemplazar en la ecuación 2.18 para calcular el diámetro hidráulico.

$$d = \frac{4 \times 1.44}{4.8} = 1.2$$

Reemplazar en la ecuación 2.17 para determinar el coeficiente de fricción.

$$f = \frac{1}{4 \left[2 \log_{10} \left(\frac{1.2}{0.3} \right) + 1.14 \right]^2} = 0.0454$$

Reemplazamos en la ecuación 2.15 para determinar el coeficiente.

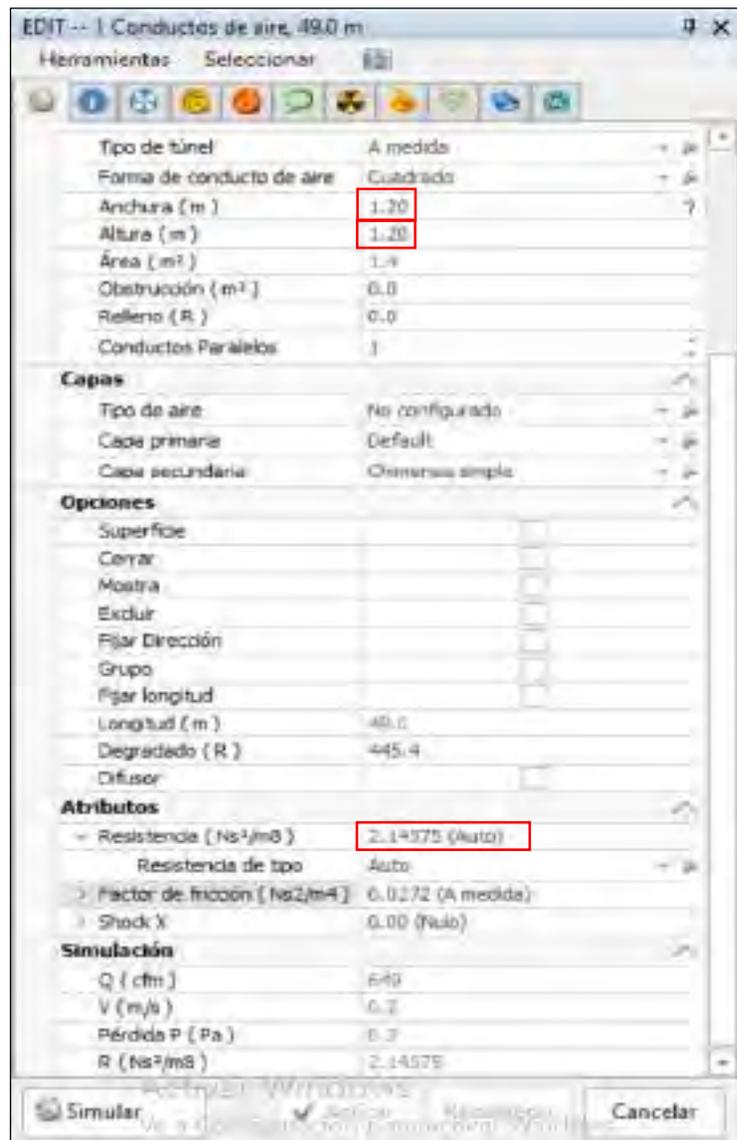
$$K = \frac{0.0454 \times 1.2^5}{2} = 0.02724 \text{ Kg/m}^3$$

Calcular la Resistencia de la chimenea, Reemplazamos en la ecuación 2.14 (ver figura 29)

$$R_l = \frac{K \times P \times L}{A^3} \times \frac{w}{1.2} = \frac{0.02724 \times 4.8 \times 49}{1.44^3} = 2.1456 \frac{Ns^2}{m^8}$$

Figura 29.

Calculo de resistencia para una chimenea de sección 1.2m x 1.2m.



Fuente: Software Ventsim

Determinar la resistencia por fricción para una chimenea de doble compartimiento con los siguientes datos:

- Secciones de la labor minera : 1.2m x 2.4m.
- Área : 2.88 m²
- Perímetro : 7.2 m
- Longitud de chimenea : 43.2 m
- Altura de aspereza de ducto : 0.3 m
- Caudal : 40 000 CFM = 1415.87 m³/s

Remplazar en la ecuación 2.18 para calcular el diámetro hidráulico.

$$d = \frac{4 \times 2.88}{7.2} = 1.6$$

Remplazar en la ecuación 2.17 para determinar el coeficiente de fricción.

$$f = \frac{1}{4 \left[2 \log_{10} \left(\frac{1.6}{0.3} \right) + 1.14 \right]^2} = 0.0371$$

Remplazamos en la ecuación 2.15 para determinar el coeficiente.

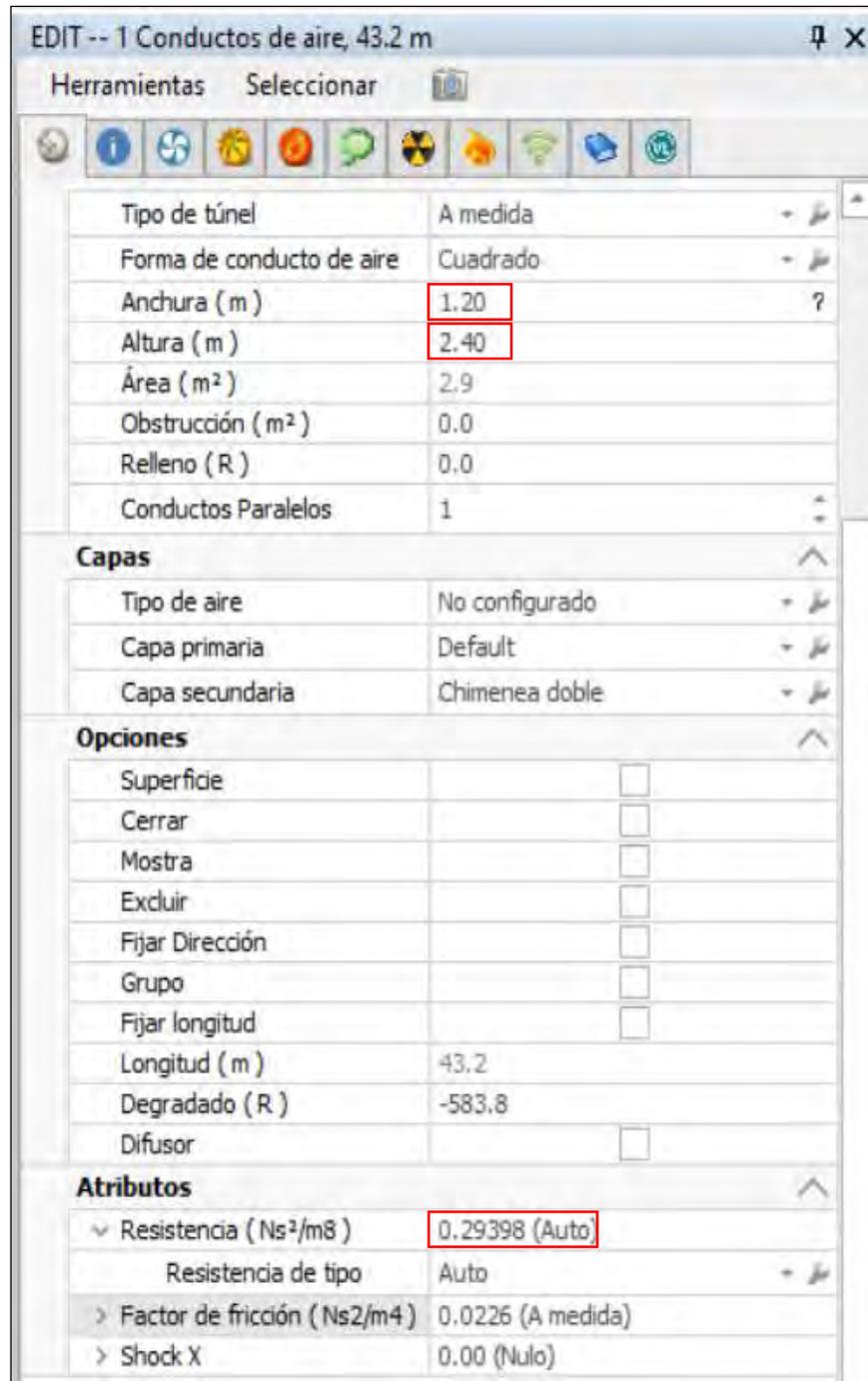
$$K = \frac{0.0371 \times 1.2^*}{2} = 0.02226 \text{ Kg/m}^3$$

Calcular la Resistencia de la chimenea, Remplazamos en la ecuación 2.14

$$R_l = \frac{K \times P \times L}{A^3} \times \frac{w}{1.2} = \frac{0.02226 \times 7.2 \times 43.2}{2.88^3} = 0.2898 \frac{Ns^2}{m^8}$$

Figura 30.

Calculo de resistencia para una chimenea de sección 1.2m x 2.4m.



Fuente: Software Ventsim

Determinar la resistencia por fricción para un Cx., Bp. y Gl., con los siguientes datos:

- Secciones de la labor minera : 2.1 m x 2.1 m.
- Área : 4.1 m²
- Perímetro : 7.5 m
- Longitud de chimenea : 27.5 m
- Altura de aspereza de ducto : 0.3 m
- Caudal : 40 000 CFM = 1415.87 m³/s

Remplazar en la ecuación 2.18 para calcular el diámetro hidráulico.

$$d = \frac{4 \times 4.19}{7.5} = 2.235$$

Remplazar en la ecuación 2.17 para determinar el coeficiente de fricción.

$$f = \frac{1}{4 \left[2 \log_{10} \left(\frac{1.2}{0.3} \right) + 1.14 \right]^2} = 0.03$$

Remplazamos en la ecuación 2.15 para determinar el coeficiente.

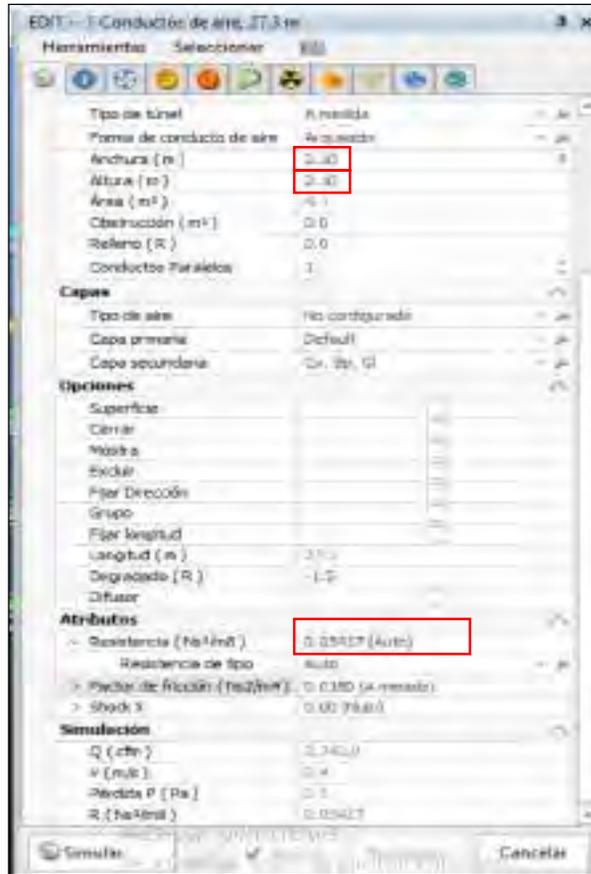
$$K = \frac{0.03 \times 1.2^*}{2} \times 0.018 \text{ Kg/m}^3$$

Calcular la Resistencia de la chimenea, Remplazamos en la ecuación 2.14 (ver figura 31)

$$R_l = \frac{K \times P \times L}{A^3} \times \frac{w}{1.2} = \frac{0.018 \times 7.5 \times 27.5}{4.1^3} = 0.05417 \frac{Ns^2}{m^8}$$

Figura 31.

Calculo de resistencia para un Cx., Bp. y Gl de sección 2.1m x 2.1m



Fuente. Software Ventsim

4.5.2.2 Resistencia por Choque

Para calcular de resistencia se realiza por métodos de factor de choque para una chimenea de compartimiento simple, con los siguientes datos en la ecuación 2.21.

Calcular los factores geométricos.

- Secciones de la labor minera : 1.2 m x 1.2 m.
- Área : 1.44 m²
- Factor de perdida por choque : 1.2

$$R_x = \frac{C\rho}{2A^2} = \frac{1.2 \times 1.06}{2 \times 1.44^2} = 0.3067 \frac{NS^2}{m^8}$$

Tabla 30.

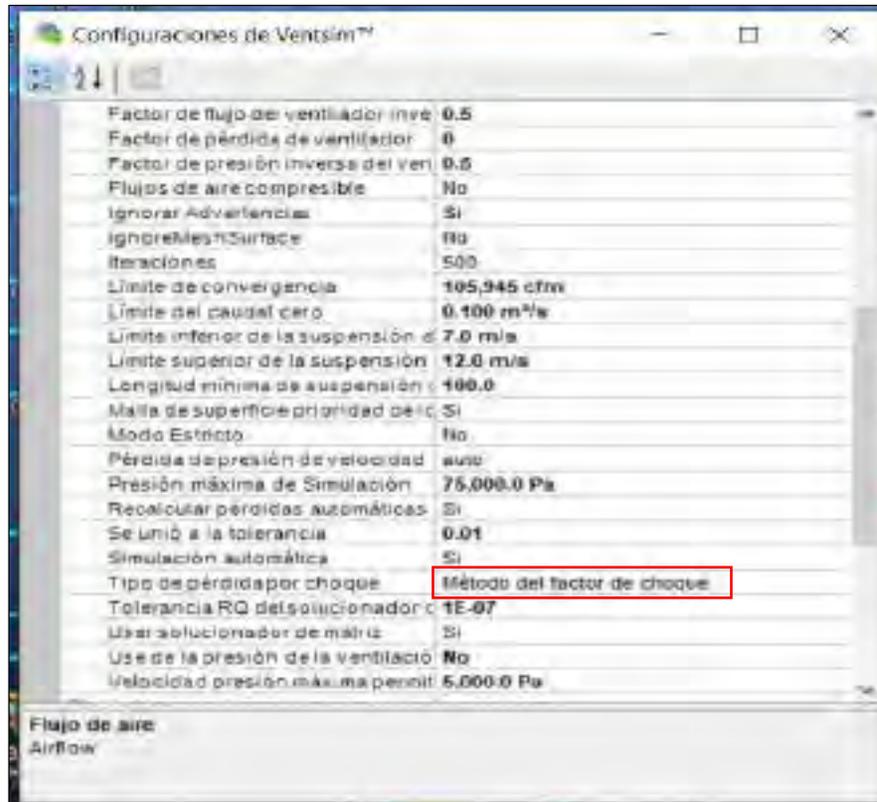
Cálculos de resistencias por choque para las labores mineras

LABORES MINERAS	SECCIÓN (m)	ÁREA (m ²)	COEFICIENTE DE PERDIDA	RESISTENCIAS POR CHOQUE
CHIMENEA SIMPLE	1.2	1.44	1.2	0.3067
CHIMENEA DOBLE	1.2	2.88	1.2	0.0767
BY PASS	2.1	4.41	1.2	0.0327
CORTADA	2.1	4.41	1.2	0.0327
PIQUE	2.5	6.25	1.2	0.0163

Fuente. Elaboración propia.

Figura 32.

Configuración para tipo de pérdida por choque



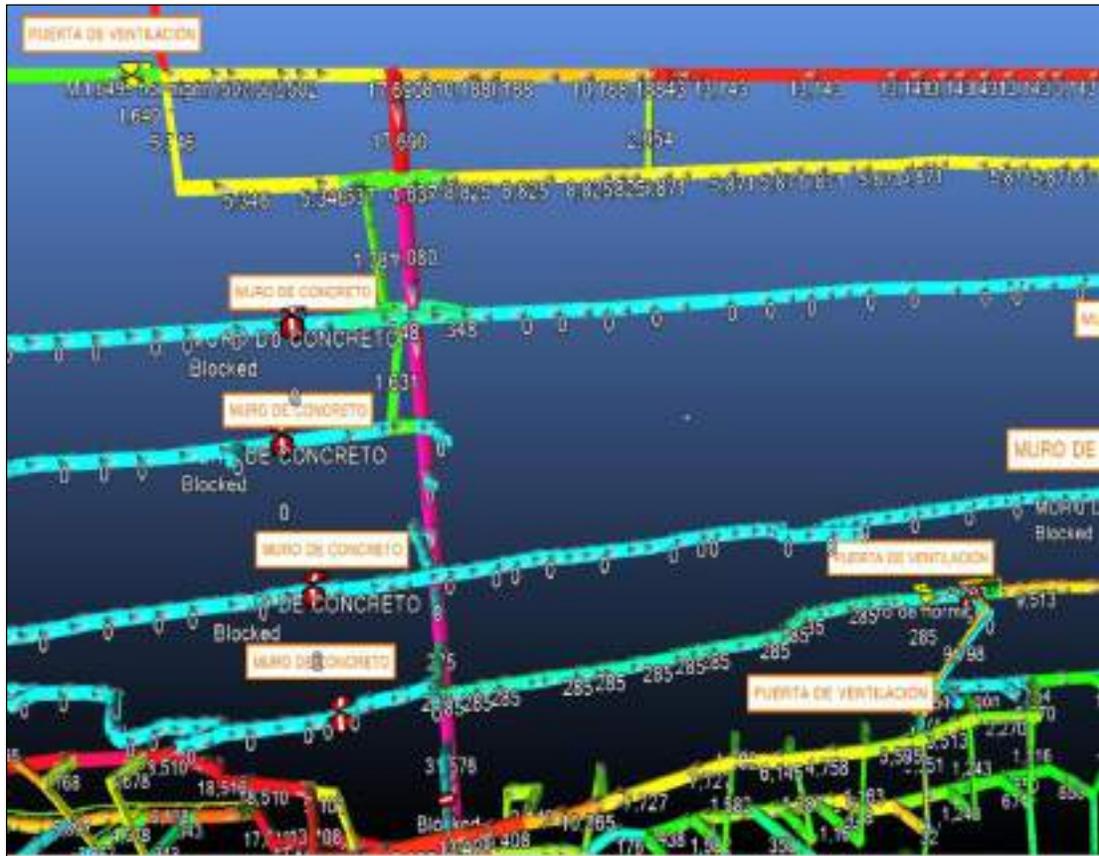
Fuente. Software Ventsim

4.5.3 Direccionadores del caudal de aire

Los direccionadores de caudales de aire ayudan a llevar la mayor cantidad de aire fresco a los lugares de trabajo y el aire contaminado a superficie, evitando que recircule el aire en interior mina, que son los siguientes: los muros de concreto, puertas de ventilación, cortinas, etc.

Figura 33.

Direccionadores del flujo de aire



Fuente. Software VentSIM.

4.5.4 Selección del ventilador

Según los cálculos realizados anterior mente se recomienda un ventilador con las siguientes características.

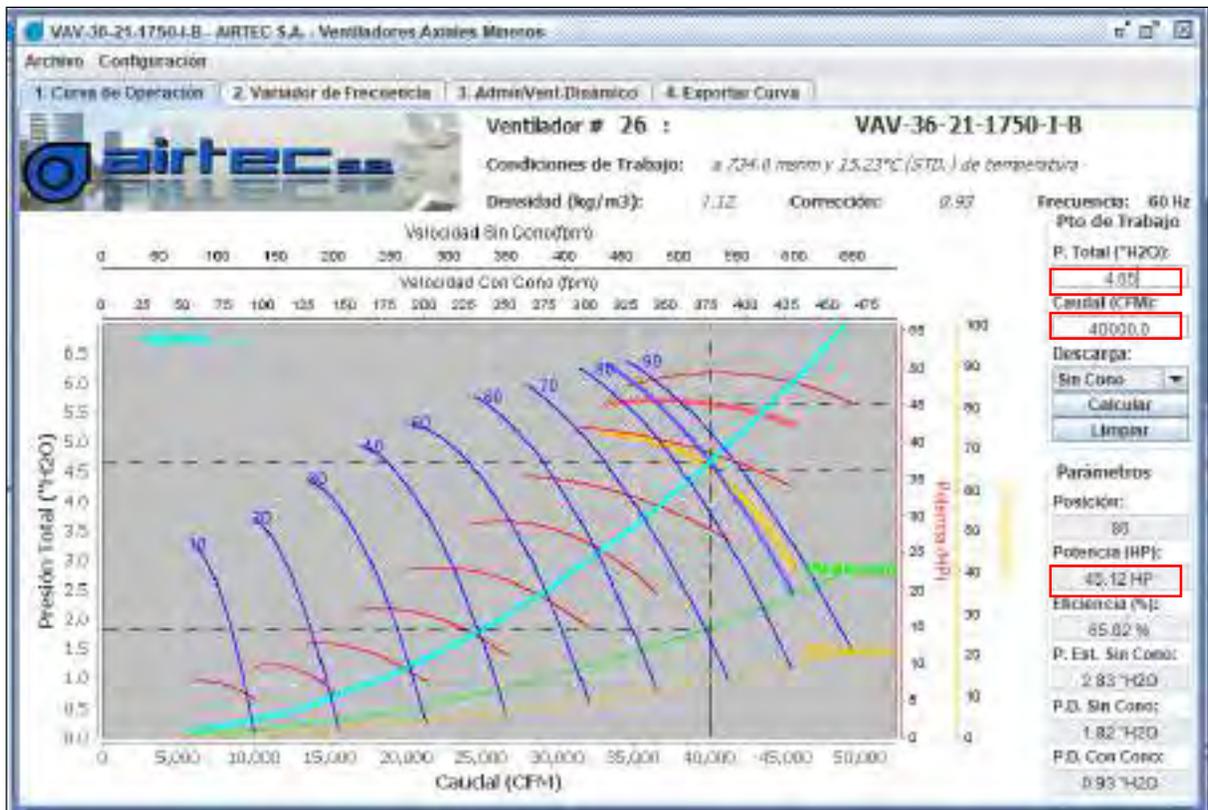
Datos del Ventilador:

- Presión Total = 5.00 pulga.H2O
- Caudal = 40000 CFM
- HP = 45 HP

Con la ayuda de software Airtec determinamos el ventilador **VAV-36-21-1750-I-B**, que es un ventilador con características similares a lo recomendado para el proyecto.

Figura 34.

Curva de operación del ventilador con Caudal de 40000 CFM.



Fuente. Software Airtec.

Figura 35.

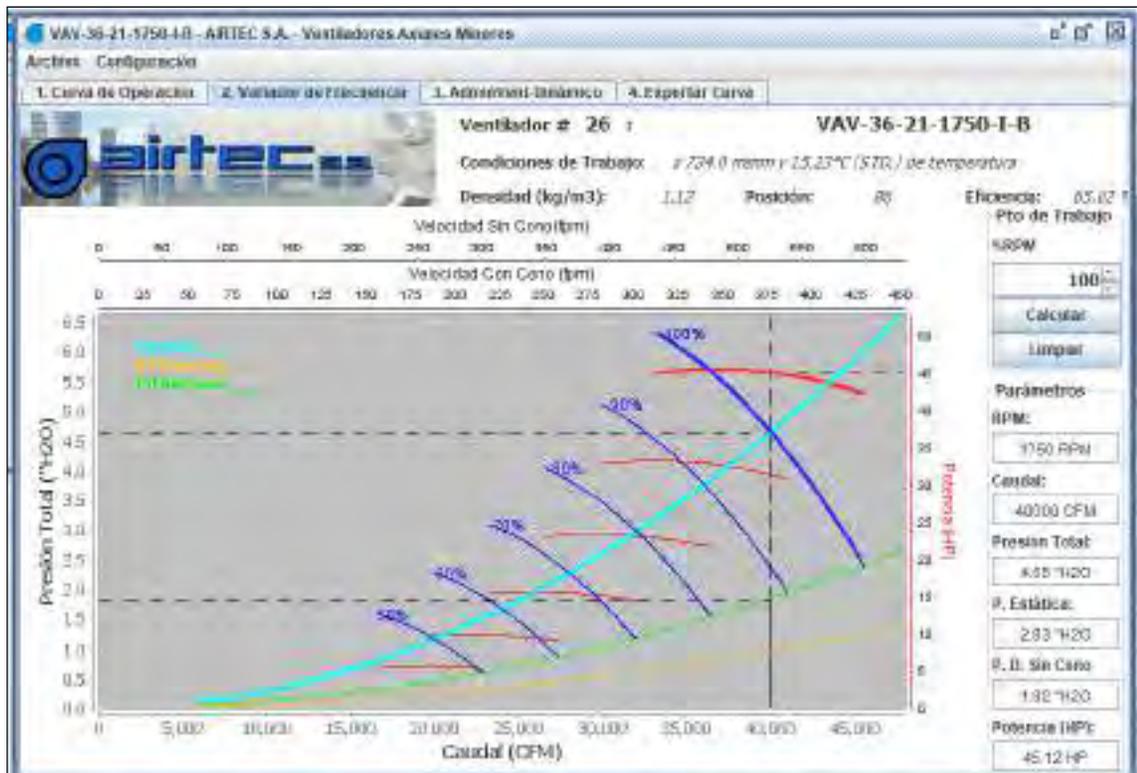
Datos de la curva de operación del ventilador a 86°.

Velocidad (ft/min)	Q (CFM)	Presión Total (in. H ₂ O)	Presión Estática (in. H ₂ O)	Potencia (HP)
1276.08	1,072.00	13.68	73.40	11.14
1337.07	1,500.00	16.26	73.05	11.36
1468.46	1,455.50	16.84	72.25	11.44
1482.12	1,000.00	17.01	70.80	11.51
1577.54	1,380.00	18.01	69.05	11.46
1736.03	1,487.50	18.59	68.53	11.59
1811.01	1,180.00	18.13	67.20	11.65
1861.00	980.00	18.70	66.20	11.70
1977.18	871.00	20.34	64.10	11.78
1911.01	750.00	21.50	63.07	11.84

Fuente. Software Airtec.

Figura 36.

Variador de frecuencia del ventilador con Caudal de 40000 CFM.



Fuente. Software Airtec.

Tabla 31.

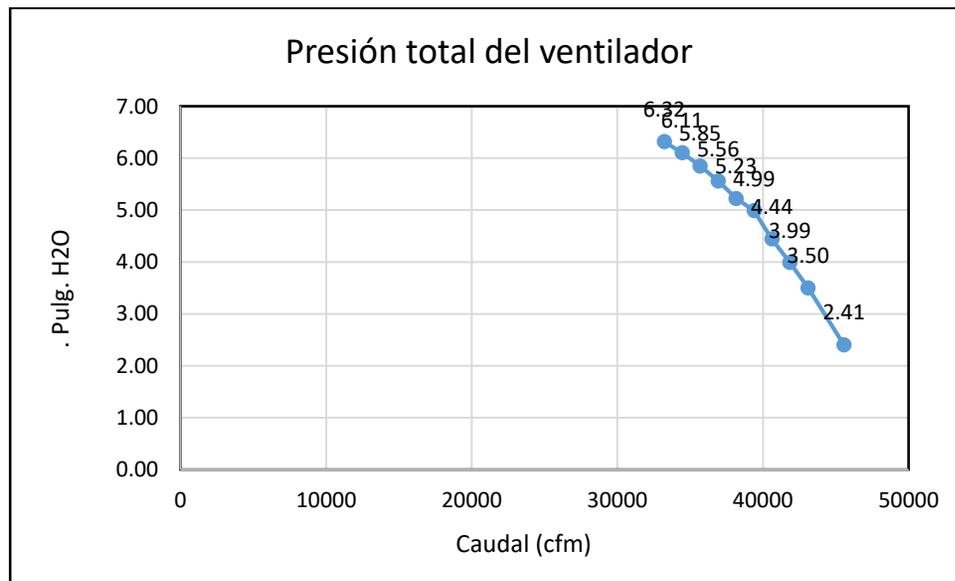
Puntos de trabajo del álabe en 86° del ventilador principal.

Caudal (CFM)	Presión total pulg. H2O	Potencia en HP	Eficiencia %
33223	6.32	44.44	73.4
34452	6.11	44.74	73.05
35681	5.85	44.91	72.25
36931	5.56	44.95	70.93
38160	5.23	44.87	69.05
39389	4.85	44.66	66.53
40618	4.44	44.32	63.29
41847	3.99	43.85	59.23
43097	3.50	43.25	54.23
45555	2.41	41.68	40.87

Fuente. Software Airtec.

Figura 37.

Curva de presión total de ventilador principal



Fuente. Elaboración propia.

4.5.4.1 Calculo para presión dinámica y presión estática

Para la posición de 86° de alavés del ventilador, el área de descarga es de 0.66 m²; determinamos la presión dinámica y la presión estática.

$$V = \frac{15.68 \text{ m}^3/\text{s}}{0.66 \text{ m}^2} = 23.76 \text{ m/s}$$

Reemplazando en la ecuación 2.19 para calcular la presión de dinámica.

$$P_d = \frac{\rho \times V^2}{2} = \frac{1.2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times (28.61 \text{ m/s})^2}{2} = 338.72 \text{ Pa.}$$

$$P_T = P_s + P_d$$

$$P_s = P_t - P_d$$

$$P_s = 6.32 \text{ "H}_2\text{O} - 4.97 \text{ "H}_2\text{O} = 1.36 \text{ "H}_2\text{O} \text{ (ver cuadro 29)}$$

Tabla 32.

Calculo de presión dinámica y presión estática.

Caudal (CFM)		Sección	Velocidad	P total	P. Dinámica		P estática
(CFM)	m3/s	m2	m/s	Pulg. H2O	Pa.	Pulg. H2O	Pulg. H2O
33223	15.68	0.66	23.76	6.32	338.65	1.36	4.97
34452	16.26	0.66	24.64	6.11	364.17	1.46	4.65
35681	16.84	0.66	25.52	5.85	390.61	1.57	4.30
36931	17.43	0.66	26.41	5.56	418.46	1.68	3.89
38160	18.01	0.66	27.29	5.23	446.78	1.79	3.45
39389	18.59	0.66	28.17	4.85	476.02	1.91	2.96
40618	19.17	0.66	29.05	4.44	506.18	2.03	2.43
41847	19.75	0.66	29.92	3.99	537.28	2.16	1.85
43097	20.34	0.66	30.82	3.50	569.86	2.29	1.24
45555	21.5	0.66	32.58	2.41	636.71	2.56	-0.13

Fuente: Elaboración propia.

4.5.4.2 Curva de resistencia característica de mina

Con los datos proporcionados por la simulación obtenemos la curva de resistencia característica de mina, usando la siguiente formula.

$$R = \frac{H_L}{Q^2} = \frac{5 \text{ pulg H}_2\text{O}}{40000^2} = 3.12 \times 10^{-9}$$

Tabla 33.

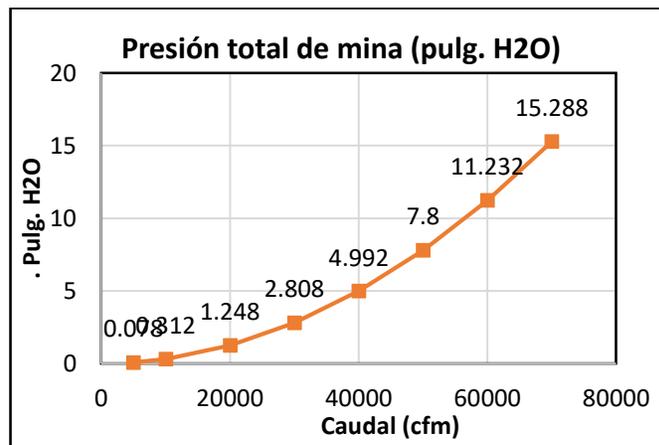
Presión total de la mina para diferentes caudales

Caudal (CFM)	Presión total de mina (pulg. H ₂ O)
5000	0.078
10000	0.312
20000	1.248
30000	2.808
40000	4.992
50000	7.8
60000	11.232
70000	15.288

Fuente: Elaboración propia.

Figura 38.

Curva de presión total de la mina para diferentes caudales



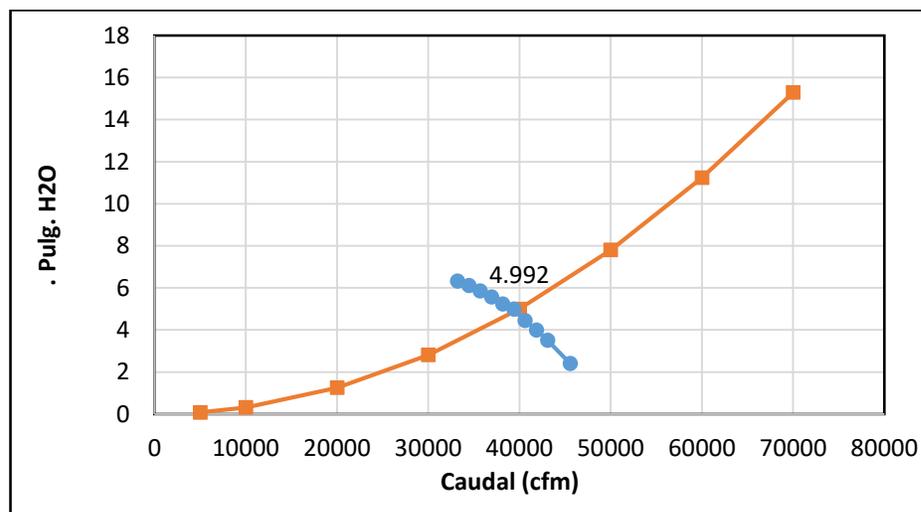
Fuente: Elaboración propia.

4.5.4.3 Punto de operación del ventilador principal

El punto de operación para el ventilador principal es la intersección entre la curva de presión total del ventilador y la curva característica de mina. (ver Figura 38)

Figura 39.

Punto de operación del ventilador principal.



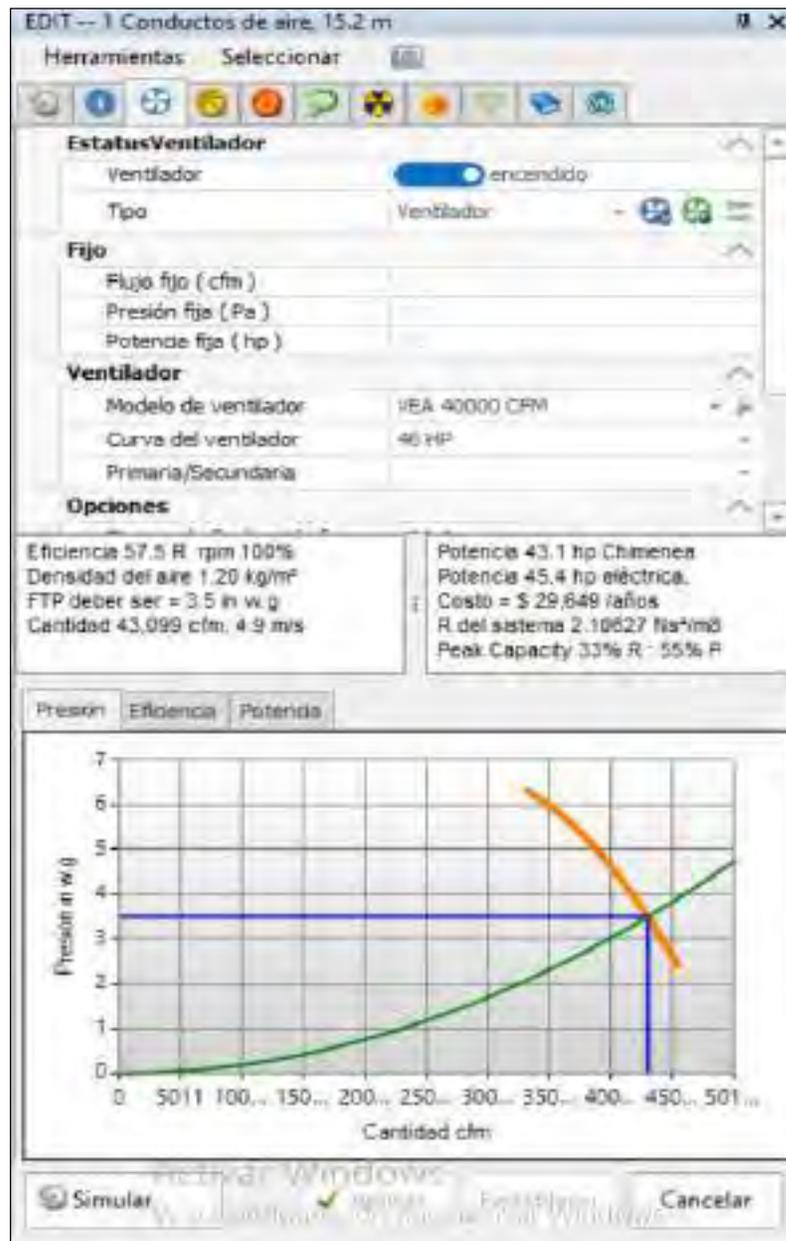
Fuente: Elaboración propia.

Datos del punto de operación del ventilador extractor principal de la zona Mercedes.

- P_{total} = 5 pulg. H2O
- Caudal = 43 099 CFM
- Densidad = 1.20 kg/m^3
- BHP = 43.1 HP
- Eficiencia = 57.5 %

Figura 40.

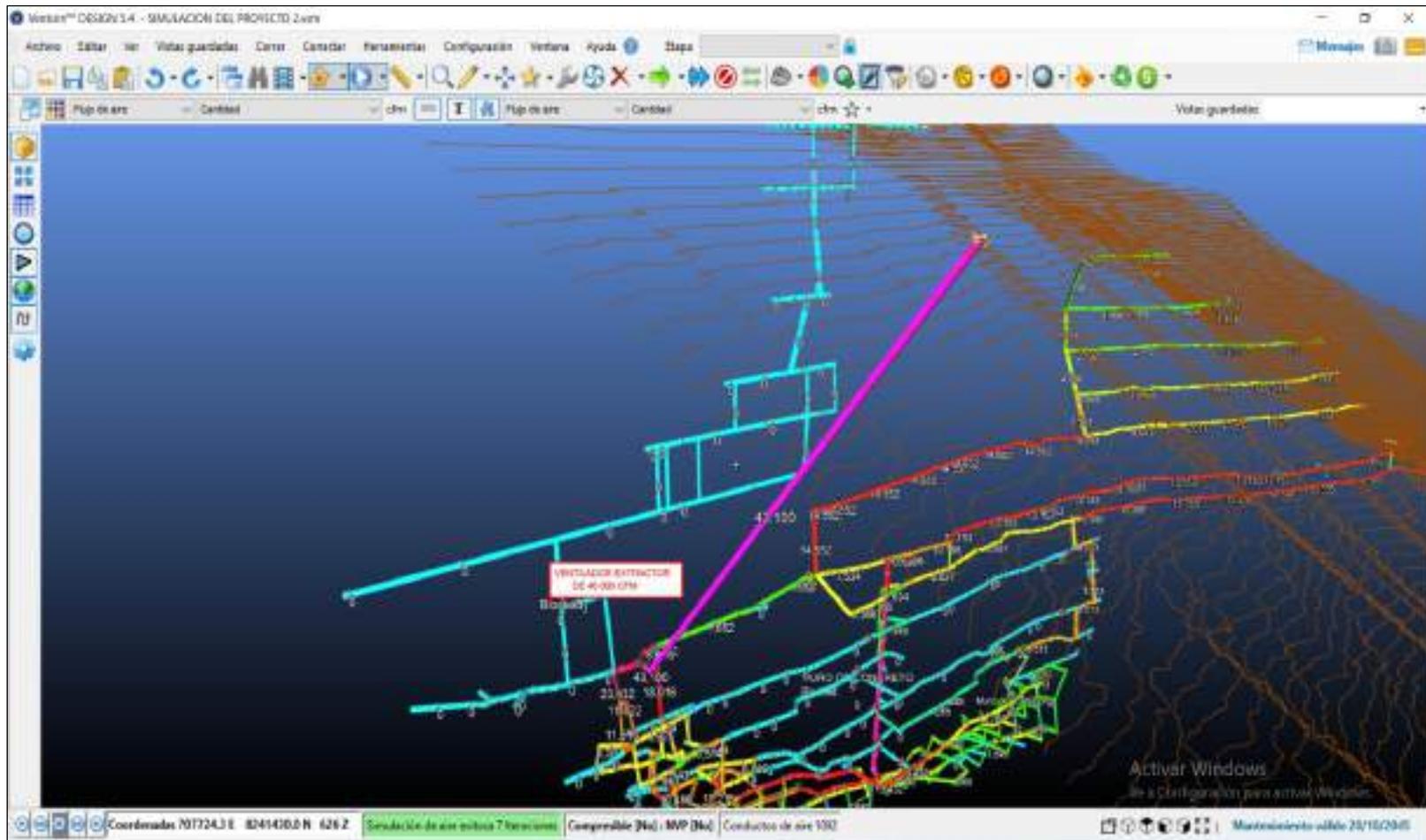
Punto de operación del ventilador principal.



Fuente. Software Ventsim.

Figura 41.

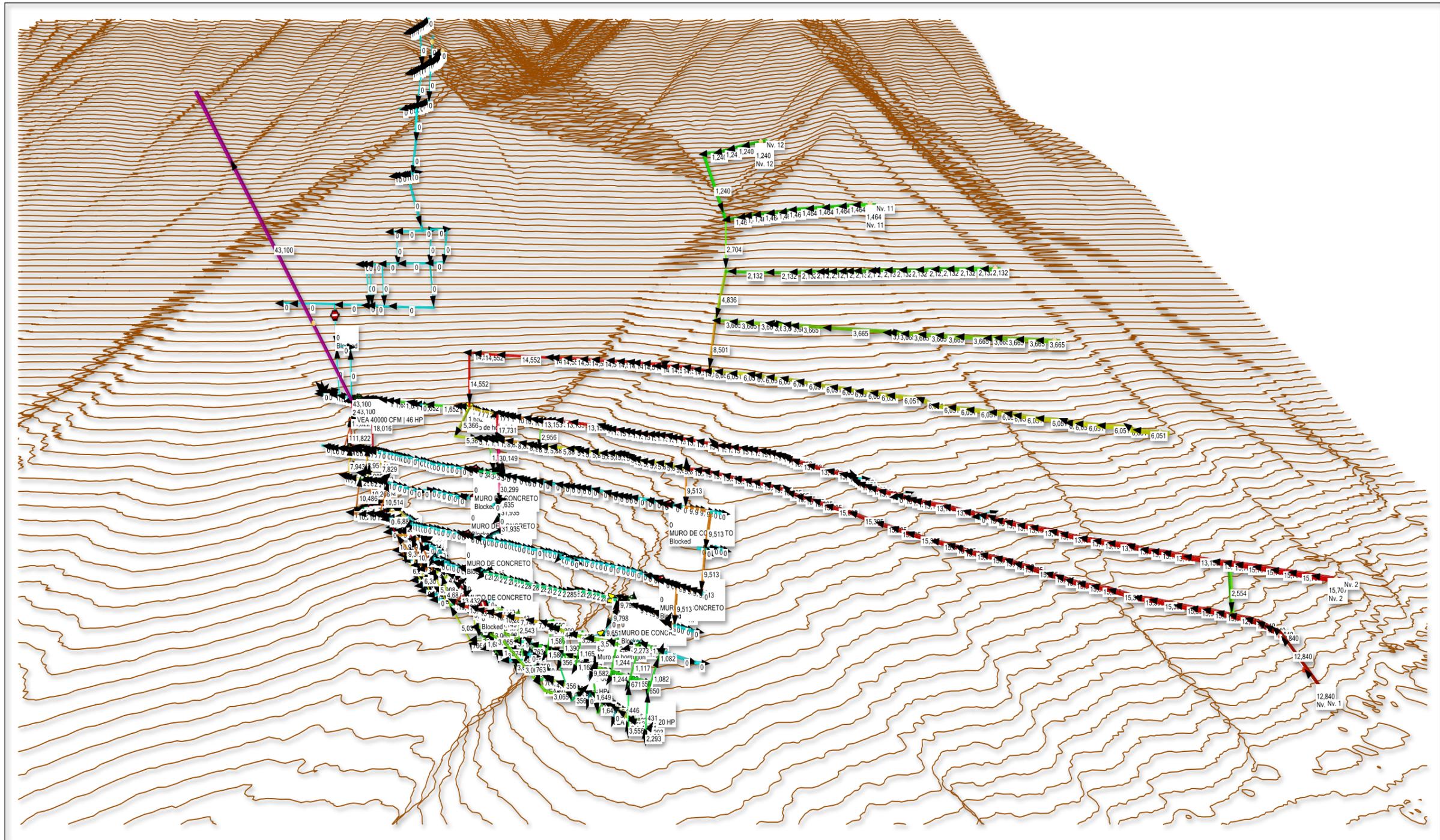
Ubicación del ventilador VAV-36-21-1750-I-B



Fuente. Software Ventsim.

Figura 42.

Vista isométrica del circuito de ventilación de la zona Mercedes



Fuente. Software VenTsim.

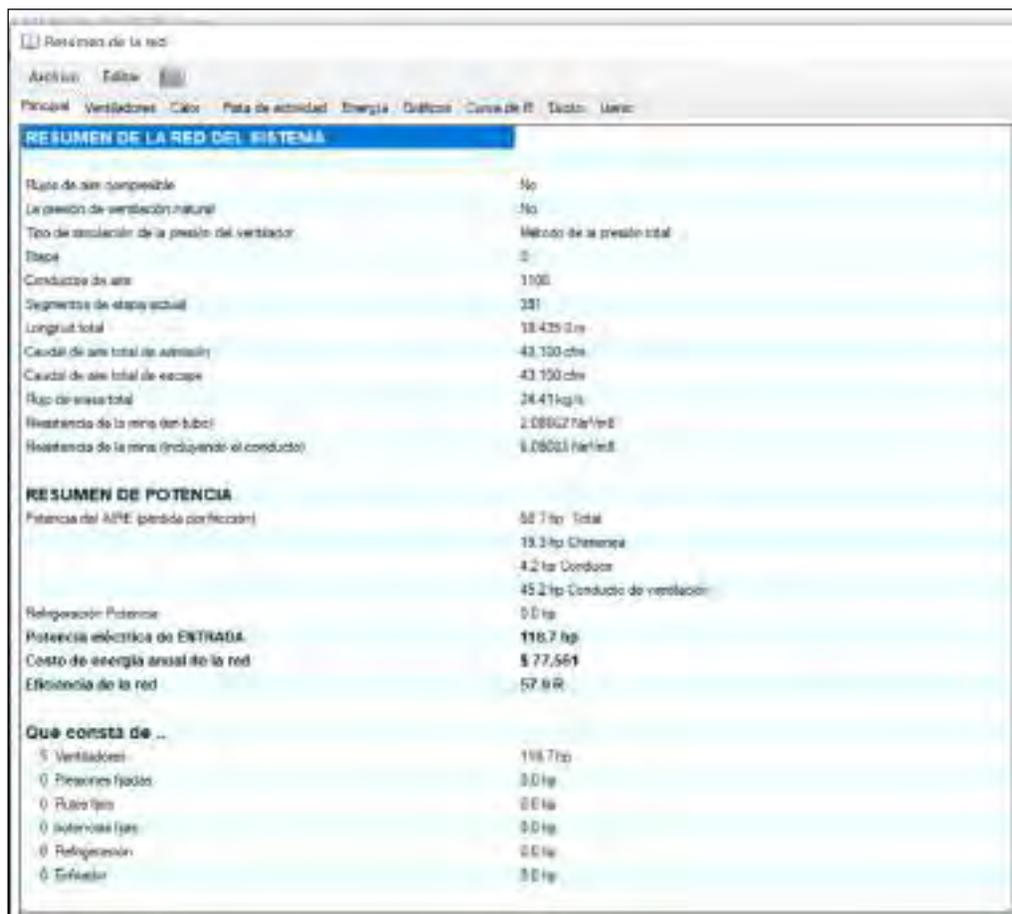
4.5.5 Resumen de la red del sistema

En el siguiente cuadro se muestra el cuadro de resumen de la red del sistema, donde se muestra los siguientes datos.

- El caudal de ingreso es de 43 100 CFM.
- La resistencia total de la mina es de 2.08662 Ns/m⁸.

Figura 44.

Resumen de la red del sistema de ventilación.



RESUMEN DE LA RED DEL SISTEMA	
Ratio de aire comprimible	No
La presión de ventilación natural	No
Tipo de circulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Etapa	0
Conductos de aire	1100
Segmentos de etapas actual	331
Longitud total	18.439 0m
Caudal de aire total de admisión	43.100 cfm
Caudal de aire total de escape	43.100 cfm
Rap de masa total	24.41 kg/s
Resistencia de la mina (sin túnel)	2.08662 ns/m ⁸
Resistencia de la mina (incluyendo el conducto)	3.08031 ns/m ⁸
RESUMEN DE POTENCIA	
Potencia del AIRE (pérdida por fricción)	58.7 hp Total
	19.3 hp Chorro
	4.2 hp Conducto
	45.2 hp Conducto de ventilación
Relajación Potencia	0.0 hp
Potencia eléctrica de ENTRADA	116.7 hp
Costo de energía anual de la red	\$ 77,561
Eficiencia de la red	57.6 %
Que consta de ...	
5 Ventiladores	116.7 hp
0 Presiones fijas	0.0 hp
0 Rutas fijas	0.0 hp
0 Interiores fijas	0.0 hp
0 Reflejosión	0.0 hp
0 Enfriador	0.0 hp

Fuente. Software VentSim.

4.6 COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA CHIMENEA 7485

4.6.1 Tiempo estimado de construcción de la chimenea

Tabla 34.

Tiempo estimado de construcción de la chimenea

TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCIÓN	
Longitud	452.87 m
Eficiencia promedio por disparo	1.8 m
Número de disparos	252 m
Tiempo de ejecución estimada (meses)	6 mes
Tiempo de ejecución estimada (días)	180 días

Fuente. Elaboración propia.

4.6.2 Número de personal necesario

La siguiente distribución de personal se determina por guardia.

Tabla 35.

Número de trabajadores por guardia

NÚMERO DE TRABAJADORES POR GUARDIA	
Ing. Jefe de guardia	1
Perforista alimakero	1
Ayudante de mina	1
Valvulero	1
Mecánico eléctrico	1
Chofer	1
Bodeguero	1
TOTAL	7

Fuente. Elaboración propia.

4.6.3 Costo unitario de excavación de la chimenea 7485

4.6.3.1 Costo unitario de los trabajos preliminares

Tabla 36.

Valorización de los trabajos preliminares

N°	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	Und. Med.	Cantidad	Precio Unitario* US\$	programa	COSTO (US\$)
1.00	TRABAJOS PRELIMINARES					
1.01	Movilización de Equipos (Lima - Unidad Minera San Juan de Arequipa)	Glb	1	3833.48	1	3,833
1.02	Movilización de Equipos (Unidad Minera San Juan de Arequipa - Lima)	Glb	1	3833.48	1	3,833
1.03	Movilización de personal (Lima - Unidad Minera San Juan de Arequipa)	Glb	1	1736.11	1	1,736
1.04	Movilización de personal (Unidad Minera San Juan de Arequipa-Lima)	Glb	1	1736.11	1	1,736
1.05	Instalación en Obra	Glb	1	601.04	1	601
1.06	Desinstalación en Obra	Glb	1	601.04	1	601
1.07	Proceso de Afiliación e inducción de personal (4 días)	Glb	1	5941.51	1	5,942
					TOTAL	18,283

Fuente. Área de costos mina.

4.6.3.2 Costo unitario de traslado, montaje, desmontaje de equipos y carriles

Tabla 37.

Valorización de los trabajos de traslado, montaje, desmontaje de equipos y carriles

N°	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	Und. Med.	Cantidad	Precio Unitario* US\$	programa	COSTO (US\$)
2.00	TRASLADO , MONTAJE, DESMONTAJE DE EQUIPOS Y CARRILES					
2.01	Traslado de Equipo de Superficie a cámara de estación o viceversa	Gdia	1	2,350.29	4	9,401
2.02	Montaje de Elevador en cámara de estación	Glb	1	2,056.50	1	2,057
2.03	Desmontaje de Elevador en cámara de estación	Glb	1	1,762.72	1	1,763
2.04	Desmontaje de carriles en Chimenea	Pza	1	54.51	75	4,088
					TOTAL	17,309

Fuente. Área de costos mina.

4.6.3.3 Costo unitario de excavación de chimenea

Tabla 38.

Valorización de excavación de chimenea

N°	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	Und. Med.	Cantidad	Precio Unitario* US\$	programa	COSTO (US\$)
3.00	EXCAVACION DE CHIMENAS DE 2.15 M X 2.15 M					
3.01	Excavación de Chimenea de 2.15 m x 2.15m, Longitud de 0 a 100 m ROCA IA-IIB	ML	1	573.37	100	57,337
3.02	Excavación de Chimenea de 2.15 m x 2.15m, Longitud de 101 a 200 m ROCA IA-IIB	ML	1	622.53	100	62,253
3.03	Excavación de Chimenea de 2.15 m x 2.15m, Longitud de 201 a 300 m ROCA IA-IIB	ML	1	656.78	100	65,678
3.04	Excavación de Chimenea de 2.15 m x 2.15m, Longitud de 301 a 400 m ROCA IIA-IIB	ML	1	673.51	100	67,351
3.05	Excavación de Chimenea de 2.15 m x 2.15m, Longitud de 401 a 500 m ROCA IIA-IIB	ML	1	702.89	100	70,289
3.06	Excavación de Chimenea de 2.15 m x 2.15 m, Longitud de 0 a 100 m ROCA IIIA-IVB	ML	1	586.77	0	0
3.07	Excavación de Chimenea de 2.15 m x 2.15 m, Longitud de 101 a 200 m ROCA IIIA-IVB	ML	1	630.29	0	0
3.08	Excavación de Chimenea de 2.15 m x 2.15 m, Longitud de 201 a 300 m ROCA IIIA-IVB	ML	1	687.01	0	0
3.09	Excavación de Chimenea de 2.15 m x 2.15 m, Longitud de 301 a 400 m ROCA IIIA-IVB	ML	1	703.23	0	0
3.10	Excavación de Chimenea de 2.15 m x 2.15 m, Longitud de 401 a 500 m ROCA IIIA-IVB	ML	1	728.62	0	0
					TOTAL	322,908

Fuente. Área de costos mina.

4.6.3.4 Costo unitario servicios adicionales y stand by paralizaciones de equipo.

Tabla 39.

Valorización de servicios adicionales y stand by paralizaciones de equipo

N°	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	Und. Med.	Cantidad	Precio Unitario* US\$	programa	COSTO (US\$)
4.00	SERVICIOS ADICIONALES Y STAND BY PARALIZACIONES DE EQUIPO					
4.01	Stand By Paralización, Personal planilla MOD Alimak	Hr	1	7.2	139.05	1,001
4.02	Stand By Paralización, Jaula Trepadora Alimak	Hr	1	65.43	139.05	9,098
4.03	Tareas, Horas Cuenta Administración	Hr	1	7.42	695.25	5,159
					TOTAL	15,258

Fuente. Área de costos mina.

4.6.3.5 Costo unitario de sostenimiento

Tabla 40.

Valorización de los trabajos de sostenimiento

N°	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	Und. Med.	Cantidad	Precio Unitario* US\$	programa	COSTO (US\$)
5.00	SOSTENIMIENTO (No Incluye precio unitario de elemento de sostenimiento)					
5.01	Instalación de Malla Electrosoldada	M2	1	9.63	7200	69,336
5.02	Instalación de Split Set de 3 Pies	Pza	1	13.2	0	0
5.03	Instalación de Split Set de 4 Pies	Pza	1	13.84	0	0
5.04	Instalación de Split Set de 5 Pies	Pza	1	15.1	1005	15,176
5.05	Instalación de Split Set de 7 Pies	Pza	1	18.36	0	0
5.06	Instalación de Roof Straps	Pza	1	31.23	0	0
5.07	Instalación de Perno Helicoidal de 5 Pies con resina y cemento	Pza	1	17.33	0	0
5.08	Instalación de Perno Helicoidal de 7 Pies con resina y cemento	Pza	1	21.32	225	7,027
					TOTAL	91,538

Fuente. Área de costos mina.

4.6.3.6 Costo unitario en gastos generales costos fijos mensuales

Tabla 41.

Valorización de gastos generales costos fijos Mensual

N°	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	Und. Med.	Cantidad	Precio Unitario* US\$	programa	COSTO (US\$)
6.00	Gastos generales costos fijos Mensual					
6.01	Gastos generales costos fijos Mensual	Hr	1	31,100.41	3	93,301

Fuente. Área de costos mina.

Tabla 42.*Costos directos y Total de valorización*

COSTOS DIRECTOS			\$ 558,596.84
* Considerar 10% adicional por Utilidad	glb	10%	\$ 55,859.68
Total Valorización			\$ 614,456.52

Fuente. Área de costos mina.**4.6.3.7 Gastos realizados por Orex SAC.****Tabla 43.***Casto unitarios gastos realizados por Orex sac*

N°	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	Und. Med.	Cantidad	Precio Unitario* US\$	programa	COSTO (US\$)
7.01	Alimentación y alojamiento	Und	1	20.0	3,375.0	67,500
7.02	Explosivos					
	Emulsion	kg	1	1.7	5,132.5	8,910
	Fanel	Pza	1	0.9	7,547.8	6,888
	Fulmelec	Pza	1	1.0	251.6	252
	Pentacord	m	1	0.2	2,515.9	454
7.03	Acarreo y limpieza	hr	1	5.0	6,480.0	32,400
7.04	Energía Eléctrica	kwh	1	0.5	104,102.6	52,051
7.05	Aire comprimido	pp	1	0.5	114,564.7	57,282
7.06	Agua	m3	1	0.3	508.2	127
7.07	Sostenimiento					
	Malla electrosoldada	m2	1	3.6	7,200.0	25,560
	Split Set	Pza	1	3.3	1,005.0	3,317
	Roof Straps	Pza	1	13.0	300.0	3,900
7.08	Supervisión Orex SAC	hr	1	17.0	270.0	4,590
7.09	Control topográfico	hr	1	5.0	1,200.0	6,000
COSTOS MINERA OREX SAC						263,231

Fuente. Área de costos mina.

4.6.3.8 Costo total de la excavación de la chimenea 7485

Tabla 44.

Costo total de excavación de la Ch 7485

Total Valorización ALIMAK	\$ 614,457.00
COSTOS OREX SAC	\$ 269,230.90
TOTAL	\$ 883,687.90

Fuente. Elaboración propia.

4.6.4 Cronograma de ejecución

La construcción de la chimenea de ventilación 7485 se está ejecutando a partir del mes de junio del 2023 y se está cumpliendo satisfactoriamente con el cronograma de trabajos.

Tabla 45.

Cronograma de ejecución de la chimenea 7485

Longitud de Avance (m)	2023					
	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
0-76 m	x					
76 m-152 m		x				
152 m-228 m			x			
228 m-304 m				x		
304 m-380 m					x	
380 m-453 m						x

Fecha de entrega de la chimenea será el 30 de noviembre de 2023

Fuente. Elaboración propia.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1.1 Evaluación integral del sistema de ventilación de la zona Mercedes

El diagnóstico del sistema de ventilación es la siguiente:

Sistema de Ventilación principal de la zona Mercedes es por tipo natural. En el aforo de

Caudales de la Zona Mercedes se reportó los siguientes valores:

- Caudal Total de Ingreso: 24,080 CFM
- Caudal Total de Salida: 25,115 CFM

Desbalance: 1.036 cfm.

Diferencia: 4.1%.

5.1.1.1 El requerimiento de aire del sistema actual de la zona mercedes

- Por número de trabajadores: **16,915 cfm.**
- Por consumo madera: **2,472 cfm.**
- Para dilución de gases: **23,925 cfm.**
- Para temperaturas en labores de trabajo: **9,069 cfm.**

Siendo el Caudal requerido (Personal, consumo madera y temperatura de trabajo) de **28,491 cfm.** Incluyendo por fugas (15% más) el caudal de aire total es **32,765 cfm.**

5.1.1.2 Cobertura de aire de la zona mercedes:

Para determinar el porcentaje de cobertura de aire para la zona Mercedes se realiza una comparación del caudal de ingreso de aire menos el caudal requerido, donde se determina que se tiene un déficit de **8,685 CFM**, el caudal de ingreso es el 73% del caudal de aire que se necesita para la zona Mercedes.(ver tabla 49)

Tabla 46.

Cobertura de aire actual

COBERTURA DE AIRE	m3/s	m3/min	CFM
Qi= CAUDAL INGRESO	11.365	681.89	24,080
Qs= CAUDAL DE SALIDA	11.853	711.18	25,115
Qr= CAUDAL REQUERIDO	15.464	927.82	32,765
COBERTURA ACTUAL (%)		73%	
Deficit (CFM)		-8,685	

Fuente. Elaboración propia.

Al hacer una evaluación de temperatura en las diversas labores de la zona Mercedes, se concluye que tiene temperaturas mayores a 29° C debido al déficit de caudal de aire en interior mina.

El caudal de aire generado por presión de ventilación natural es de 15379.81 cfm, este resultado es mucho menor del requerimiento de caudal que necesita la zona Mercedes, por eso se recomienda utilizar ventilación mecanizado para llegar a cumplir con el requerimiento de aire.

5.1.2 Proyecto de chimenea alimak para la ventilación

Según el DS 024 – 2016 – EM, su modificatoria 023 - 2017 – EM y proyectando el incremento de actividades mineras en la zona determina que el caudal es de 40,000 cfm y la sección mínima para la chimenea de ventilación debe ser de 4.53 m² para cobertura el requerimiento de aire.

Con la topografía de la zona superficial y la zona subterránea se hace un estudio para poder diseñar la chimenea, donde determinamos que la chimenea debe ser del nivel 2 a superficie, teniendo como desarrollo del proyecto una longitud de crucero de 17.25 m y la longitud de chimenea es de 452.87 m.

5.1.2.1 Caída de presión total del sistema de extracción de aire

Se determinó los siguientes cálculos para especificar las características que debe tener el ventilador.

- Caída de presión por fricción
- Presión por velocidad.
- Pérdidas por accesorios
- presión por extracción de aire viciado

$$0.79''H_2O + 0.038''H_2O + 0.5''H_2O + 2.00''H_2O = 3.33''H_2O$$

Las pérdidas de presión total para el proyecto de chimenea de ventilación es de **3.33" H_2O** , para vencer esta resistencia se debe adquirir un ventilados con presión mayor o igual a **5.00" H_2O** .

Con la simulación se determina las características que debe tener el ventilador principal extractor:

- P_{total} = 5 pulg. H_2O
- Caudal = 43 099 CFM
- Densidad = 1.20 kg/m³
- BHP = 43.1 HP
- Eficiencia = 57.5 %

Con los datos ingresados correctamente a la simulación en el software VENTSIM más la topografía de la zona, se visualiza en el software una simulación exitosa que nos garantiza la cobertura de caudal del aire, el buen funcionamiento del ventilador principal extractor de la zona Mercedes y las mejoras a realizar en el nuevo sistema de ventilación.

5.1.3 Costo total de construcción de la chimenea 7485

El tema de costos es una de las partes importantes de todo proyecto, lo cual se determinó el costo total del proyecto.

La valorización de la excavación de la chimenea por parte de la contrata propietaria de la maquina alimak es de **614 457 dólares**, que comprende las siguientes actividades.

- Trabajos preliminares.
- Traslado, montaje, desmontaje de equipos y carriles.
- Excavación de la chimenea.
- Servicios adicionales.
- Sostenimiento.

En las siguientes actividades se describe el costo asumido por la compañía Orex S.A.C. que es un total de **263 231 dólares.**

- Alimentación y alojamiento
- Explosivos
- Acarreo y limpieza
- Energía eléctrica
- Aire comprimido
- Agua
- Materiales para Sostenimiento
- Supervisión
- Control topográfico

La construcción de la chimenea para ventilación con plataforma alimak llegara a costar en su totalidad la suma de **883 688 dólares.** (Ver tabla 50)

Tabla 47.

Costos totales de construcción

Total Valorización ALIMAK	\$ 614,457.00
COSTOS OREX SAC	\$ 269,230.90
TOTAL	\$ 883,687.90

Fuente. Elaboración propia.

El cronograma se ejecución para el proyecto de ventilación según el avance realizado por la contrata será aproximadamente de 6 meses.

5.1.4 Estimación de mejoras en el circuito de ventilación

5.1.4.1 Comparación del balance de aire antes y después del proyecto

El caudal de ingreso antes de la construcción de chimenea para la ventilación es de 24 098 CFM, Con el apoyo del software VENTSIM se realiza la simulación con la chimenea de ventilación y el extractor principal, donde nos muestra que la sumatoria del caudal de ingreso es de 43 098 CFM, con un incremento de caudal en un 179%. Como se muestra en el cuadro siguiente.

Tabla 48.

Comparación de los caudales de ingreso

INGRESOS DE AIRE	CAUDAL (CFM)		INCREMENTO DE CAUDAL
	ANTES	DESPUES	
PV. 1 Zona Mercedes Baja - II BM Nv 1	5,491	12,840	234%
Galería 8751W Nv.2 (PVM 02) Zona Mercedes	3,926	15,706	400%
Bocamina Nv.5 Zona Mercedes Alta -I	2,781	6,051	218%
Bocamina Nv.7 Zona Mercedes Alta -I	2,060	3,665	178%
Bocamina Nv.9 Zona Mercedes Alta -I	1,558	2,132	137%
Bocamina Nv.11 Zona Mercedes Alta -I	1,999	1,464	73%
Cortada Millonaria 7533 Nv.12 Zona Mercedes I	2,825	0	0%
Galería 206W Nv.12 Zona Mercedes I	3,438	1,240	36%
Qi Total	24,080	43,096	179%

Fuente. Elaboración propia.

Con los datos recolectados de la simulación determinamos el balance de aire entre el ingreso y la salida de caudal de aire:

- Caudal de ingreso : 43 096 CFM
- Caudal de salida : 43 098 CFM

Desbalance: 2.00 cfm.

Diferencia: 0.004 %

5.1.4.2 Cobertura de aire con la implementación del proyecto de ventilación

Se tiene una cobertura de aire para la zona Mercedes de un 132% con un superávit de 10 333 CFM, Como muestra el siguiente cuadro.

Tabla 49.

Cobertura de aire del nuevo sistema de ventilación

COBERTURA DE AIRE	m3/s	m3/min	cfm
Qi= CAUDAL INGRESO	20.34	1,220.42	43,096
Qs= CAUDAL DE SALIDA	20.34	1,220.38	43,098
Qr= CAUDAL REQUERIDO	15.46	927.82	32,765
COBERTURA ACTUAL (%)		132%	
Superavit (cfm)		10,333	

Fuente. Elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Con la construcción de la chimenea de ventilación a partir del nivel 2 y la implementación de un ventilador extractor se tiene un superávit de caudal de 10,333 CFM en la zona Mercedes, disminuyendo la temperatura y minimizando la recirculación de aire.
2. Con la evaluación del sistema de ventilación de la zona Mercedes, se determina el caudal de ingreso de aire, que es de 24,080 CFM; y el caudal de salida es de 25,115 CFM con un desbalance de 1,036 CFM que se incrementa por el uso de máquinas con aire comprimido. Según el cálculo de requerimiento la zona necesita un caudal de 32,765 CFM, teniendo un déficit de caudal de 8,685 CFM.
3. Con el uso de la simulación del sistema de ventilación en Software VentSIM determinamos la construcción de la chimenea que inicia en el Nivel 2 con coordenadas N 8 241 290.0, E 707 479.2 y Z 765.6; la salida a superficie con las siguientes coordenadas N 8 241 028.0, E 707 531.6 y Z 1 133.5; que tiene una longitud de 452.87 m y su inclinación es de 76°, se complementará con un ventilador extractor principal de 40 000 CFM de modelo **VAV-36-21-1750-I-B** que se instalará en el nivel 2 para garantizar que sea una ventilación mecánica sin oscilaciones.
4. la construcción de la chimenea con plataforma trepadora alimak está presupuestada en costos de valorización de alimak mas los costos de la empresa Orex SAC en 883 688 dólares.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar direccionadores de flujo para conducir el aire contaminado a los ductos de salida a superficie, minimizando la recirculación y evitando que se conviene con el aire fresco.
2. La construcción de la chimenea se realizará en roca competente y con las mínimas resistencias en el ducto de salida.
3. En la voladura de la chimenea utilizar espaciadores en los taladros de contorno para minimizar la sobre rotura de rocas en los hastiales.
4. Utilizar un ventilador extractor con las características mencionadas en el trabajo de investigación para evitar fallos en el sistema de ventilación.
5. Se recomienda realizar evaluaciones semestrales y según los resultados obtenidos, realizar las correcciones respectivas en el sistema de ventilación principal, secundario, auxiliar.

BIBLIOGRAFICA

1. Calizaya Felipe (2018). “Simulación y análisis computacional”. Diplomado en ventilación minera INTERCADE, Lima.
2. Carpio Pizarro Daniel (2017). “control geológico estructural de mineralización y correlación de flujos hidrotermales en veta mercedes unidad minera san juan de chorunga” de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa de la facultad de geología, geofísica y minas.
3. C. Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado, Pilar Baptista Lucio, (1991). “metodología de investigación”. 5nt Edición
4. Hartman, H.L., Mutmanky, J.M., and Wang, Y.J. (1982) “Mine ventilation and air conditioning. s.l. : John Wiley & Sons, INC.
5. Herrera Alonso (1996). “Elementos de ventilación en mina” de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Ingeniería de Minas.
6. Jiménez Ascanio Pablo (1997). “Ventilación de minas subterráneas y túneles”. Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, Lima.
7. Llano Yoman Caxi (2017). “estudio de ventilación e implementación de mejoras en el circuito de ventilación de minera sotrami s.a. – uea santa filomena – aplicando el software ventsim” de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa de la facultad de geología, geofísica y minas.
8. Malcolm Mc. Pherson. (1993) “Subsurface mine ventilation” Mine Ventilation Services 2nd. Edition.
9. Ministerio de Energía y Minas. (2016). D.S. 024-2016-EM. Congreso de la Republica, Minería, Seguridad y Salud ocupacional. Lima, Perú.

10. Ministerio de Energía y Minas. (2017). D.S. 023-2017-EM. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. Lima, Perú.
11. Quispe Díaz Carlos Alberto (2017). “Diseño del sistema de ventilación principal para mejorar las condiciones termo – ambientales en mina mercedes u.m. san juan de Arequipa” de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa de la facultad de geología, geofísica y minas.
12. Zitron (2010). "Ventilación de minas"

ANEXOS

ANEXO 01

AMBITO DE ESTUDIO

6.1 MARCO CONTEXTUAL

La unidad minera San Juan de Arequipa, se encuentra ubicado en el distrito de Rio Grande, Provincia de Condesuyos y Departamento de Arequipa. La zona donde se realiza el estudio se encuentra ubicada en la vertiente occidental de la Cordillera Occidental de los Andes del Sur del Perú, ubicado en el valle de Ocoña aguas arriba al lado izquierdo de la quebrada Chorunga.

coordenadas utm:

- NORTE: 8'241,017.95 m.
- ESTE: 709,038.50 m.
- ALTITUD: 734 m.s.n.m.

Figura 45.

Ubicación de la unidad minera San Juan de Arequipa.



Fuente: Google Earth.

Figura 46.

Unidad Minera San Juan de Arequipa.



Fuente: Fuente Propia.

6.1.1 Accesibilidad

A la unidad minera San Juan de Arequipa se llega por la carretera Panamericana Sur desde la ciudad de Arequipa pasando por la ciudad de Camaná hasta el poblado de Ocoña, donde se toma el desvío para la unidad minera que se encuentra aproximadamente a 170 Km al NE de la ciudad de Arequipa. El acceso es por vía terrestre y es como se muestra:

Tabla 50.

Acceso a la unida minera San Juan de Arequipa

RUTA	TRAMO	VÍA	DISTANCIA (KM)	TIEMPO (HORAS)
1	Arequipa – Ocoña	Vía terrestre (asfaltado)	250	3h 30'
2	Ocoña - San Juan de Arequipa	Vía terrestre (trocha)	80	3h 30'
Total			330	7h 00'

Fuente: Elaboración propia.

Figura 47.

Quebrada de Chorunga



Fuente: Fuente Propia

6.1.2 Clima

El clima en la zona donde se realiza el estudio es de tipo desértica-hiperárido, con muy esporádicas precipitaciones fluviales, temperaturas bastante elevadas en verano, humedad y neblinas en invierno.

La temperatura promedio Máxima es de 33° C y la temperatura promedio Mínima es de 13° C en la zona donde se desarrolla toda la operación minera.

La unidad minera San Juan de Arequipa está ubicada en un desierto desecado subtropical, se tiene una humedad relativa máxima de 90% y humedad mínima de 60%.

6.2 MARCO GEOLÓGICO

6.2.1 Geomorfología

Las distintas fases orogénicas que formaron los Andes Peruanos, su geología y el tiempo geológico tienen un rol principal en la formación de las grandes unidades y subunidades geomorfológicas.

En el área de estudio, se ha diferenciado tres grandes unidades geomorfológicas principales; el origen de ellas, se les atribuye a diferentes ciclos erosivos a través del tiempo y como consecuencia también del levantamiento de la Cordillera de los andes; ellas son:

- La escarpa costera.
- Meseta costanera (superficie desértica del pie de monte).
- Valles (zonas de depresión topográfica).

6.2.1.1 Escarpa costera

Esta unidad en la zona de estudio corresponde al relieve formado por la cadena costanera, donde las diferentes cumbres alcanzan alturas de 1800, hacia la costa terminan bruscamente en el océano pacífico y las playas litorales son casi ausentes salvo en las desembocaduras

de los grandes valles dichas escarpas se encuentran constituidas por rocas metamórficas, graníticas y sedimentarias con edades desde el Precámbrico hasta el Mesozoico.

Figura 48.

Vista al Sur-Oeste Grupo Moquegua en tonos blancos.



Fuente. (Google Earth).

6.2.1.2 Valles

Esta unidad geomorfológica, es el resultado de la intensa actividad erosiva desarrollada, por una parte, por la erosión de los ríos (Chorunga y Ocoña), y otra por los deslizamientos de materiales de ambos flancos de los valles formados. Como consecuencia de esta actividad dando origen a numerosas quebradas y valles profundos, en ellos se diferencian preferencialmente dos tipos de relieves:

Los grandes valles transversales son cañones muy profundos (Ocoña y Chorunga), tienen flancos bien escarpados y cortan las pampas del pie de monte, la dirección de estos, está

determinado en algunas zonas por fallas regionales, y en otras por fracturas, resultado del levantamiento Andino.

6.2.2 Geología regional

En la región de estudio y alrededores de san Juan de chorunga, se observa una variada secuencia de rocas de diversa naturaleza. En el área de estudio, predominan rocas intrusivas plutónicas, revertidas por otras sin importancia económica, constituidas por formaciones volcánico - sedimentarias de origen continental y marino; sin embargo, se cree firmemente para determinar la génesis o proponer un modelo hipotético de origen de un yacimiento es imprescindible sujetarse a las leyes irrestrictas de la naturaleza en forma más global, como el de relacionar debidamente aspectos y causas imprevistas localmente.

El proceso inicia con una sedimentación y acumulación de grandes paquetes de sedimento pertenecientes al grupo yura, específicamente las formaciones labra, cachíos. Luego comienza un intenso magmatismo generando arcos de isla acompañada de un proceso tectónico orogénico llamada fase hercínica, que genera los primeros esfuerzos de compresión. Junto con este proceso se introduce en el continente un magmatismo calcoalcalino de tipo plutónico generando cuerpos batolíticos con ligera dirección al eje andino. Después del ingreso de cuerpos batolíticos, se genera una intensa actividad compresiva que genera estructuras geológicas con fallas y fracturas que luego son rellenadas por rocas hipoabisales, generando andesitas con textura porfirítica arrastrando mineralización hipotermal a mesotermal, el proceso termina con una sedimentación terciaria conformada por el grupo moquegua y la formación camaná, cubierta por productos volcánicos cuaternarios.

6.2.3 Geología local

La geología local de la zona de estudio se compone básicamente de rocas hipoabisal (Complejo Bella Unión) e intrusivo de origen plutónico (Batolito de la Costa).

El Complejo Bella Unión que aflora en la zona de estudio representada por diques Andesíticos y Monzoníticos es responsable de la migración de la mineralización.

Los estudios de Pitcher y Cobbing (1983) dan a conocer detalladamente las unidades y súper unidades y segmentos para el plutonismo del Batolito de la Costa, comparando los segmentos en unidades y súper unidades según su composición y tectónica.

Figura 49.

Columna estratigráfica local



Fuente. Departamento de Geología.

6.2.3.1 Super unidad incahuasi (ks-gd/to-in)

Es la Superunidad más importante que aflora en el área de estudio, ocupa la parte SE del complejo ígneo, siguiendo naturalmente una zona de fracturamiento. La zona central de este intrusivo, está constituido por granodiorita y tonalita, teniendo limitaciones para determinar su contacto, ya que son mayormente gradaciones.

Se la determina como principal receptora de la mineralización en sus zonas fracturadas.

Dicha superunidad, ocupa la parte superior del complejo ígneo.

6.2.3.2 Granodiorita

En nuestra zona de estudio este tipo de roca generalmente está presente a lo largo de toda la longitud de la veta mercedes gradualmente los cambios entre la mineralógico y la textura de la granodiorita varían tanto en profundidad como en afloramiento.

Figura 50.

Granodiorita.



Fuente. Departamento de Geología.

6.2.3.3 Diorita

Esta roca aflora en las zonas oeste del yacimiento san juan pertenecientes a la súper unidad Tiabaya, al parecer la parte oeste de la veta mercedes esta encajonada entre dioritas.

En la figura N°52, muestra la oxidación que ha sufrido los sulfuros encajonada entre rocas de composición diorítica.

Figura 51.

Diorita como roca encajonante.



Fuente. Departamento de Geología.

6.2.4 Intrusiones menores.

6.2.4.1 Dique de andesita

Los diques son cuerpos tabulares discordantes que generalmente rellenan fracturas, este dique en la zona de investigación se encuentra instruyendo al gran cuerpo batolítico y su dirección generalmente es E-W con buzamiento variables, a lo largo de veta mercedes el dique pórfido andesítico se comporta como un control litológico ya que entre el contacto de la andesita con el intrusivo se encuentra el fluido mineralizaste.

6.2.4.2 Dique monzonítico

El dique monzonítico se encuentra ubicada en la parte Este de veta Mercedes, el dique pórfido monzonítico tiene un mayor ancho que el pórfido andesítico, la presencia del pórfido monzonita entre la veta norte y veta sur indicando una estructura con tendencia tabular que sirvió como canal para la circulación de fluidos.

El dique pórfido monzónico también se comporta al igual que la andesita como un control litológico.

6.2.5 Geología estructural

Los rasgos estructurales más saltantes de la región son dos fallas denominadas Iquipi y Choclón; la primera se emplaza al pie de la ladera SE de la quebrada chorunga, siguiendo un rumbo general de S68°W y la segunda pasa al sur de la quebrada chorunga limitando el extremo sur del intrusivo, que tiene rumbo S75°W y buza al norte.

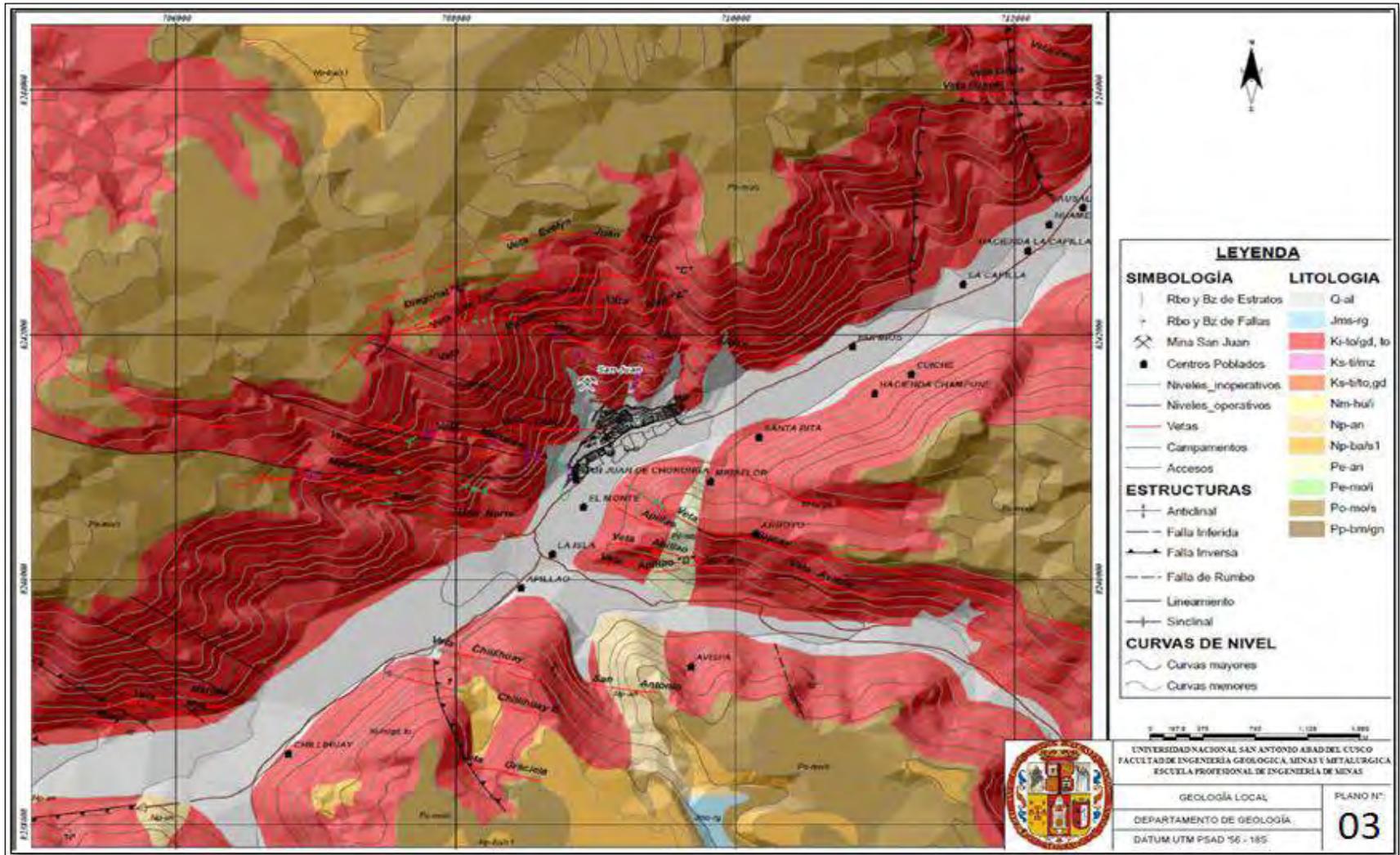
Los sistemas NW-SE, NE-SW y E-W son los de mayor interés económico por cuanto fueron el receptáculo de las soluciones mineralizantes que conformaron las vetas: San Juan, Mercedes, Rosario, Chillihuay, Alpacay, Jessica, Santa Mónica, Matilde, etc. Así también existe un sistema de fracturamiento en distintas direcciones que dieron lugar a la formación de depósitos de tipo stock-work de Au-Cu como Santa Clarita y Champune.

Las fallas post-minerales se agrupan en dos:

Las que tienen rumbo N20°W, N30°W y tienen buzamiento 35° a 45° SW, estas fallas dislocan a las vetas produciendo un desplazamiento inverso dextral de 15 a 30m. Como en veta San Juan.

Las fallas de rumbo N50°E, N70°E, que buzan entre 60° y 70°NW, la que desplazan a distancias de 100 a 140m con movimiento sinistral, como en veta Mercedes

Plano 3.
Geología local de la zona Mercedes



Fuente: Departamento de Geología.

6.2.6 Geología económica

El yacimiento de San Juan de Chorunga tiene contenido de oro, es una formación de yacimiento mesotermal con vetas sulfuradas de pirita con contenido de cuarzo, contenidas en cajas intrusivas de granodiorítico -Tonalítico (Unidad Tiabaya) cuarzo - monzonítico (Unidad Linga).

6.2.6.1 Mineralogía

El yacimiento demuestra dos combinaciones mineralógicas característicos; el primer ensamble de mayor importancia consiste en la combinación de "Cuarzo-Pirita-Oro", seguido de ensamble polimetálico, "Cuarzo-Esfalerita-Calcopirita-Galena, estas son característico de los minerales en la zona de San Juan de Chorunga.

El oro se halla como inclusiones en cristales de pirita y calcopirita con una ley de corte de 18 gr/tm, preferencialmente.

Figura 52.

Ensamble mineralógico de cuarzo- pirita-oro



Fuente: Veta Norte, Nv.480 zona Mercedes baja

6.2.6.2 Oro –Pirita-Cuarzo

Esta asociación es la más frecuente en vetas meso termales, generalmente el oro está asociado con el mineral de hierro, en las secciones delgadas se parecía con mayor abundancia a esta asociación mineralógica, se observa en la microfotografía el oro nativo como inclusión en el cuarzo, también se puede estar presente en la pirita, el ion hierro tiene mucha afinidad geoquímica con el oro es por esta razón que la pirita es un muy buen indicador de encontrar mineralización económica de Au.

6.2.6.3 Reservas de la unidad minera San Juan de Arequipa

Tabla 51.

Reservas de unidad minera San Juan de Arequipa.

RESERVAS DE LA MINA SAN JUAN DE AREQUIPA			
	Volumen TM	Tiempo	Unidades
Reservas probable (aprox.)	6750000	15	años
Reservas probadas	450000	5	años
Producción anual	90000	12	meses
Producción mensual	7500	30	días
Producción diaria	250	2	guardias

Fuente: Departamento de Geología.

6.2.7 GEOMECAÁNICA

La determinación de los tipos de las rocas, dureza, grado de fracturamiento y el tipo de sostenimiento es determinado por la tabla GSI.

Figura 53.

Cartilla geomecánica GSI.

GSI ESTANDARIZADO				
ESTRUCTURA		CONDICION SUPERFICIAL		
		<p>I Sin requisitos de mantenimiento; occasionalmente puntales en tajos.</p> <p>II Puntos puntuales en fondo tajos y puntales en tajos.</p> <p>III Puntos discontinuos a 1.0 a 1.4 mts c/u (P.R. labores permanentes, P.T.E. labores temporales); occasionalmente media electrovibrada.</p> <p>IV Puntos discontinuos a 1.4 a 1.4 + media electrovibrada; esta c/u (P.R. labores permanentes, P.T.E. labores temporales); Cuadro de Madera 1.0 x 1.0, en tajos colocación de puntales en línea a 1 m4 c/u.</p> <p>V Destemplado con cimbras a 1.0 a 1.5 mts y Cuadro de madera 0.5 x 1.0 mts; enclavado y tapado, ensamblado con clavijas en tajos preferencia horizontal y armado de cuadro completo y puntales con plantilla sistemática cada 1.0 mts.</p>		
<p>FRACTURADA (F) Bien trabada, poco disturbada. Bloques cúbicos formados por tres sistemas de discontinuidades ortogonales. (RQD= 50% - 75%) (6 a 10 fracturas / m2)</p>	<p>I</p> <p>II</p> <p>III</p>	<p>I</p> <p>II</p> <p>III</p>	<p>I</p> <p>II</p> <p>III</p>	<p>I</p> <p>II</p> <p>III</p>
<p>MUY FRACTURADA (MP) Moderadamente trabada, parcialmente disturbada. Bloques angulosos formados por 4 ó más sistemas de discontinuidades. (RQD= 25% - 50%) (11 a 20 fracturas / m2)</p>	<p>I</p> <p>II</p> <p>III</p> <p>IV</p>	<p>I</p> <p>II</p> <p>III</p> <p>IV</p>	<p>I</p> <p>II</p> <p>III</p> <p>IV</p>	<p>I</p> <p>II</p> <p>III</p> <p>IV</p>
<p>INTENSAMENTE FRACTURADA (IF) Plegamiento y fallamiento. Muchas discontinuidades interseptadas formando trozos angulosos e irregulares. Espaciamiento entre diaclasas de < 5cm. (RQD= <25%) (Mas de 20 fracturas / m2)</p>	<p>I</p> <p>II</p> <p>III</p> <p>IV</p>	<p>I</p> <p>II</p> <p>III</p> <p>IV</p>	<p>I</p> <p>II</p> <p>III</p> <p>IV</p>	<p>I</p> <p>II</p> <p>III</p> <p>IV</p>
<p>TRITURADA (T) Masa rocosa extremadamente rota con una mezcla de fragmentos fácilmente desagregables, angulosos y redondeados en matriz arcillosa. (Sin RQD)</p>			<p>I</p> <p>II</p> <p>III</p> <p>IV</p>	<p>I</p> <p>II</p> <p>III</p> <p>IV</p>

Fuente: Área geomecánica.

6.2.7.1 Tipos de roca en labores de desarrollo

En la zona Mercedes se tiene generalmente los siguientes tipos de roca:

a. Bypass: Roca Tipo IIB

Principalmente zona labores permanente de sección 2.1m x 2.1m, el tipo de sostenimiento es con 11 pernos helicoidales con resina y cemento más malla electrosoldada de 4" x4" en una malla de 1.20 m x 1.70m.

b. Chimeneas de tajo: Roca tipo IIIB – IVB

Las chimeneas en los tajos son de sección de 1.2m x 1.2m en su ejecución y su sostenimiento es encribado.

c. Subniveles: Roca tipo IIIB – IVB

Los subniveles son de sección de 0.9m x 2.10m y su sostenimiento es con cuadros completos de madera con 1.5m de espaciamento.

Los puntales de madera se utilizan en tipo de IIIB.

d. Chimeneas en estéril: Roca tipo II A – IIIB.

Son Las chimeneas que se utilizan para la ventilación de la mina con sección de 1.2m. x 2.40m, son ejecutados en doble compartimento que son camino y buzón.

6.2.7.2 Tipos de roca en labores de explotación

En los tajos el tipo de explotación es en breasting con cuadros cojos a una distancia de 1.5m.

6.2.8 Método de explotación

6.2.8.1 Diseño de tajo

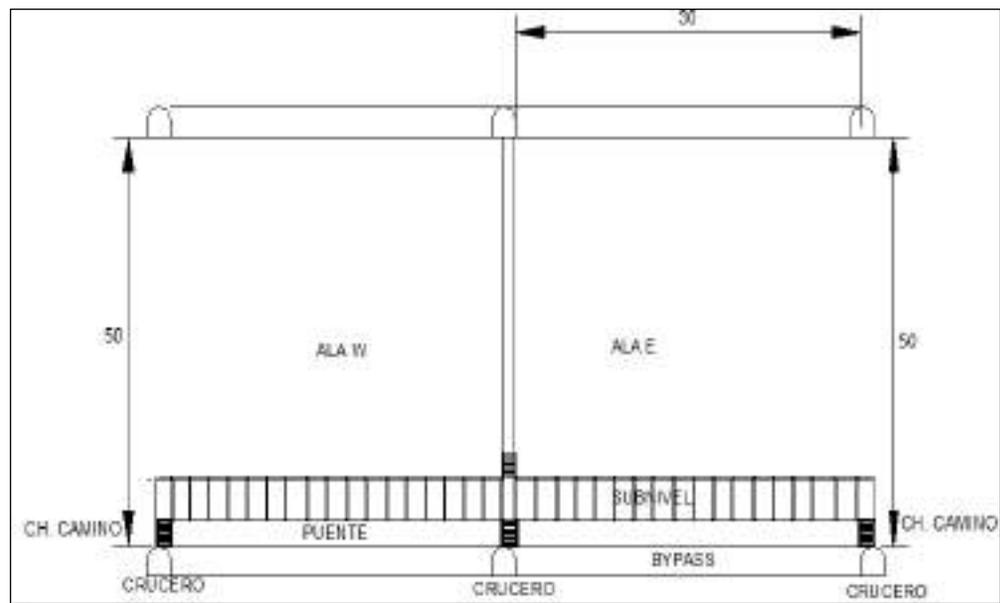
la preparación de los tajos se inicia con la excavación de un bypass y cruceros en el medio y ambos extremos del tajo, para luego iniciar con la excavación de un subnivel y de este iniciar con la chimenea central que servirá para rellenar y de ventilar el tajo.

Características de los tajos.

- Longitudes: 60 m.
- Altura: 40m – 50m.
- Potencias de veta: 0.3m – 0.8 m
- Inclinación: 85°

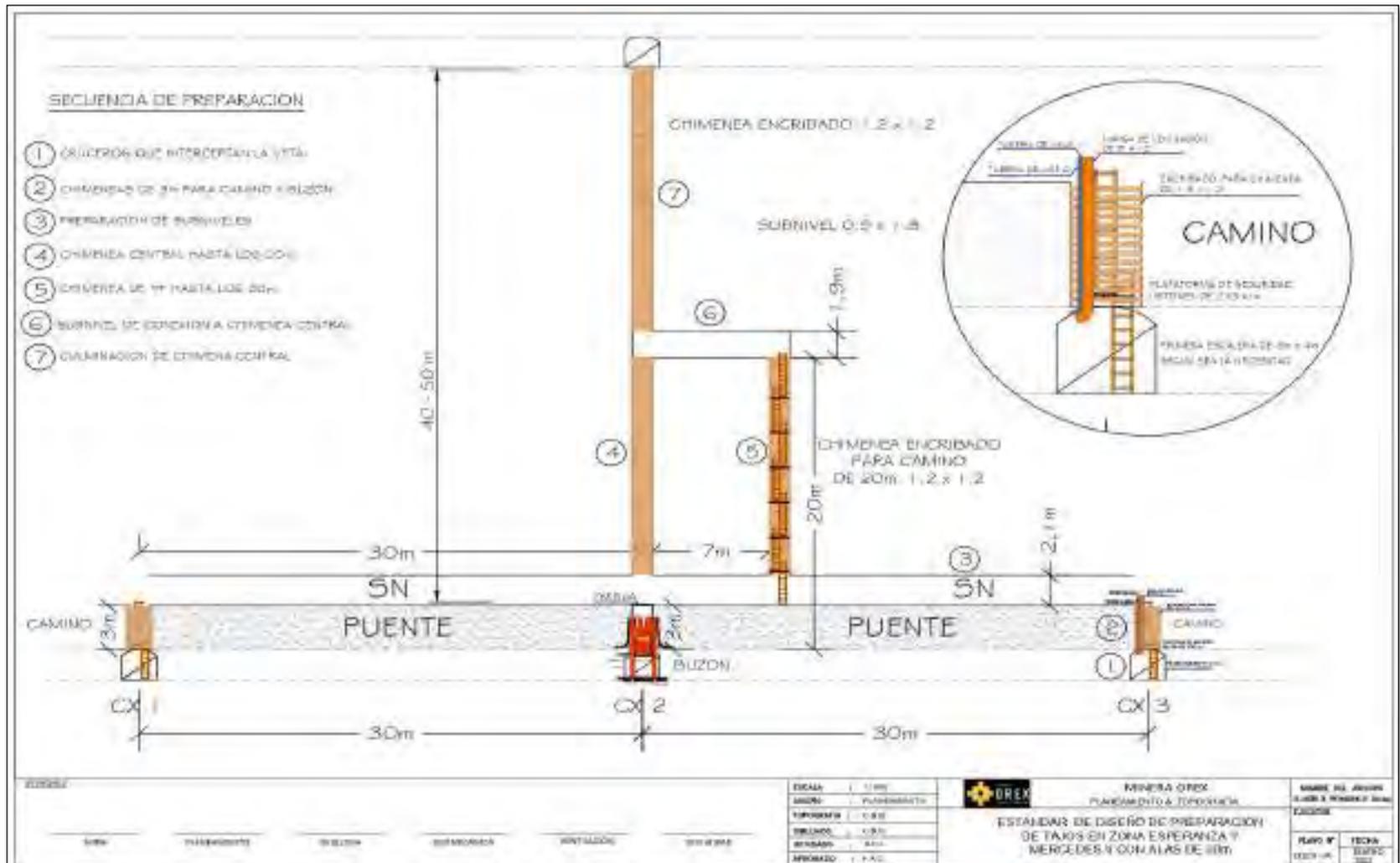
Figura 54.

Diseño de tajo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 55.
Preparación de tajos de 60 m.



Fuente: Área de Planeamiento

6.2.8.2 Productividad y vida de tajeo

Tabla 52.

Vida de tajos.

VIDA DE TAJO		UNID.
Altura de Tajo	50	m
Altura de Corte	2.1	m
Altura de subnivel	2.1	m
Puente dejado	3	m
Altura a Tajear	41.9	m
Numero de cortes	20	cortes
Avance/día	1.8	m
N° días/corte	41	días
Tiempo/tajo	820	días
Tiempo/tajo	27.3	meses

Fuente: Elaboración propia.

PRODUCTIVIDAD POR TAJO

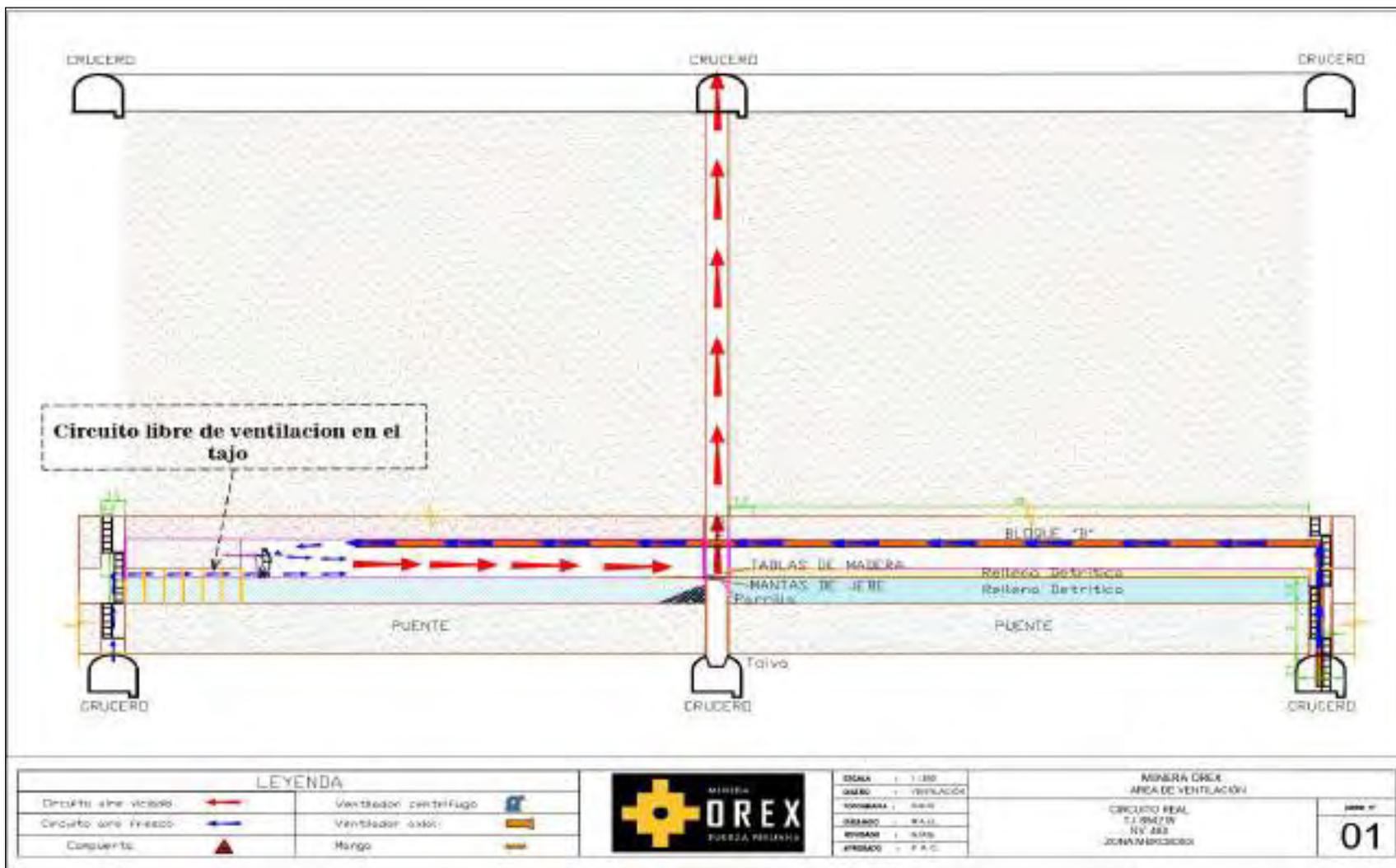
- Guardias disponibles por mes: 60 guardias.
- Potencias promedio de veta: 0.5 m
- Numero de cortes por mes: 0.75 cortes/mes.
- Rotura por disparo: 4.91 TM/corte.
- Rotura por mes: 294.84 TM/mes.
- Rotura por tajo: 5896.8 TM/tajo.

6.2.9 OPERACIONES UNITARIAS DE TRABAJO

6.2.9.1 Ventilación

El tajo tiene un sistema de ventilación definido, donde el aire fresco ingresa de los niveles inferiores con la ayuda de un ventilador centrifugo de 1500 CFM, direccionando con mangas hacia las labores de explotación para luego salir por la chimenea central de los tajos. (ver figura 56)

Figura 57.
Sistema de ventilación de tajos



Fuente: Área de ventilación.

6.2.9.2 Limpieza

En los tajos y subniveles la limpieza de mineral se realiza con winche de arrastre de dos tamboras, principalmente JOY y DARENA de 15HP, 18 HP, El winche eléctrico es colocado sobre una plataforma en el piso entre 4 -6.5 m del echadero del tajo o subnivel.

Tiene como componentes:

- 2 pastecas o rondanas.
- Cable jalador de 1/2" de 30m.
- Cable retorno de 3/8" de 60m.
- Rastrillo o lampón de 18" o 21".

La limpieza en los frentes de desarrollo se realiza de manera convencional con pala neumática EIMCO 12B, con capacidad de cuchara de 0.12 yd³, necesitándose para un trabajo adecuado una altura mínima de 2. 10m.Se necesita contar con ancho de trocha de 0.60m.

Figura 58.

Componentes de rastrillaje en limpieza.



Fuente: Elaboración propia

6.2.9.3 Sostenimiento

En los tajeos se utiliza cuadros cojos, donde el tipo de roca según la cartilla GSI es normalmente de IV – V y la mayor presión es en la caja techo.

Los rajados son colocados en forma separada con una luz 15cm entre sí, para que la caída de roca que se origina através de estas aberturas no produzca ninguna lección a los trabajadores que realizan sus actividades en la labor.

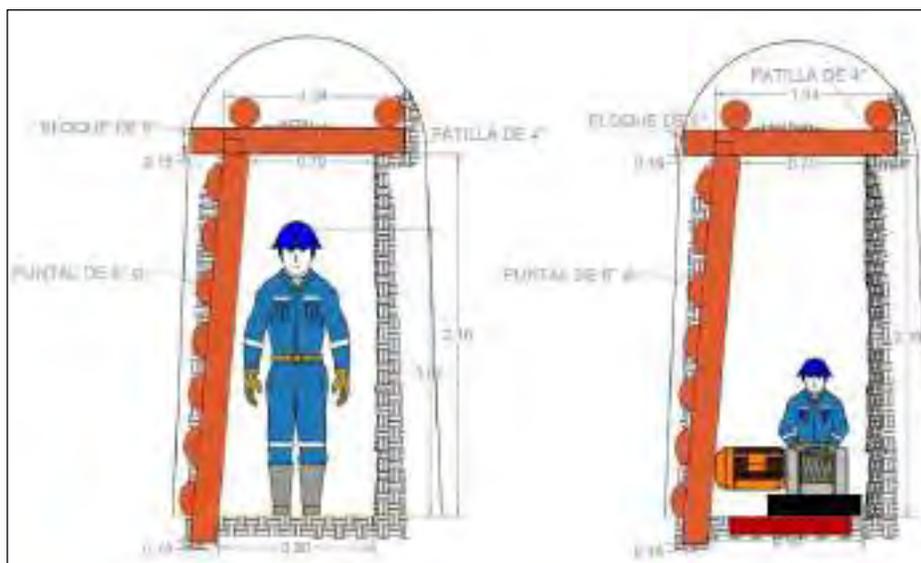
El espaciado entre cuadros es de 1.50m normalmente, salvo que el tipo de roca se de tipo V, para que su espaciado se entre 1 -1.20m.

Los elementos de cuadro son:

- Sombrero: redondo de 7" x 1.25 m.
- Poste: redondo de 7" x 3 m.
- Enrejado: rajados de 6" x 3 m.

Figura 59.

Cuadro cojo en explotación de tajeos en breasting.



Fuente. Área Geomecánica.

En labores de avance:

Malla más perno:

Se aplica principalmente en labores principales como en bypass y cruceros

Para la instalación de la malla electrosoldada de 4" x 4" se utiliza con pernos helicoidales de 22mm más 2 cartuchos resina y 4 cemento, con una malla de perforación de dimensiones de 1.20 x 170m.

Los taladros por paño de malla de 2m son 11 taladros.

Los pernos deben resistir aproximadamente 20 toneladas

Cuadro cónico:

Estos cuadros se utilizan en terreno mediano a muy fracturado, El espaciado entre cuadros varía de 1.50 a 1.20m.

Figura 60.

Diseño de cuadro completo.



Fuente: Área de mina.

6.2.9.4 Perforación

La perforación en la labor se realiza haciendo uso de la máquina perforadora JACK LEG y STOPPER seco S250, con los siguientes accesorios.

Figura 61.

Máquina perforadora Jack leg.



Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 53.

Juego de aceros de perforación.

Juego de barrenos	longitud (pies)	broca (mm)
patero	3	41
seguidor	4	38
Pasador	6	36

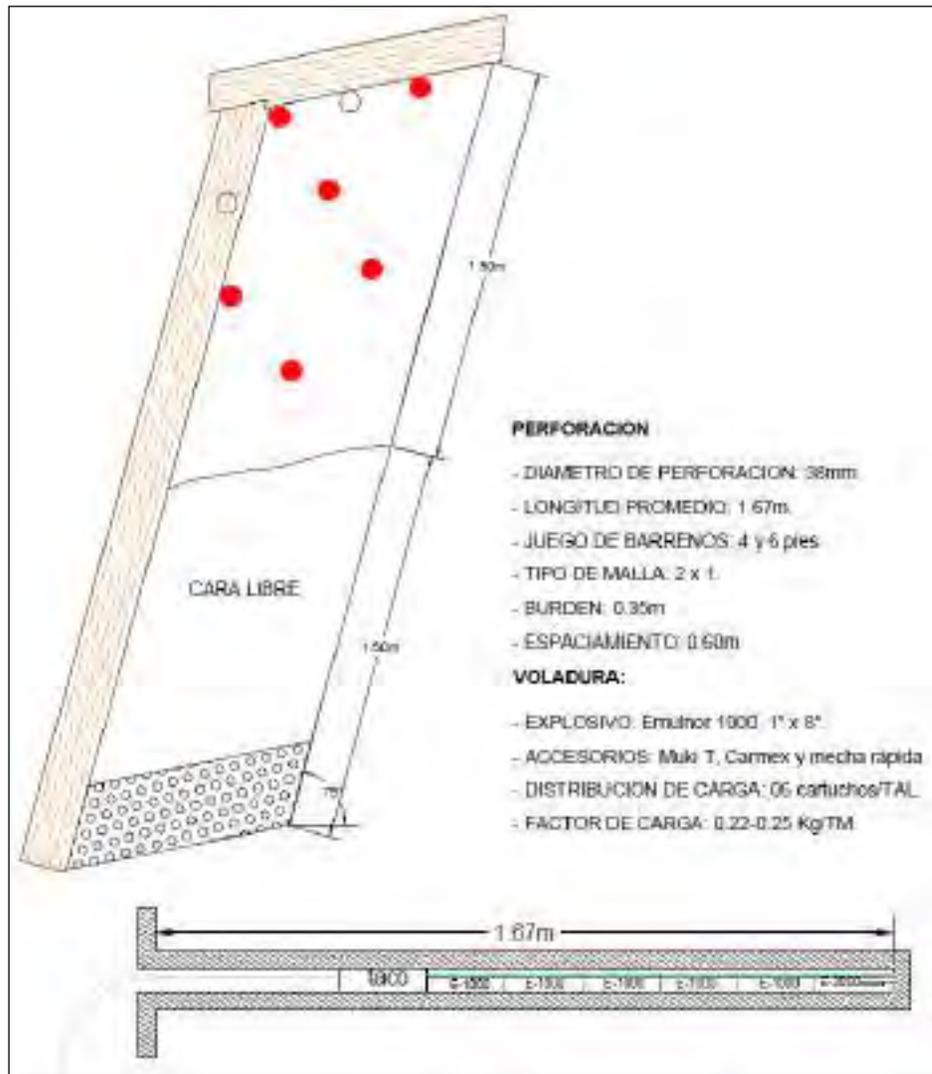
Fuente: Elaboración propia

- **Perforación en breasting.**

La perforación en los tajos es en breasting, que consiste en realizar taladros horizontales en la veta. Como se muestra en la siguiente figura.

Figura 62.

Malla de perforación en tajeos tipo breasting.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 63.

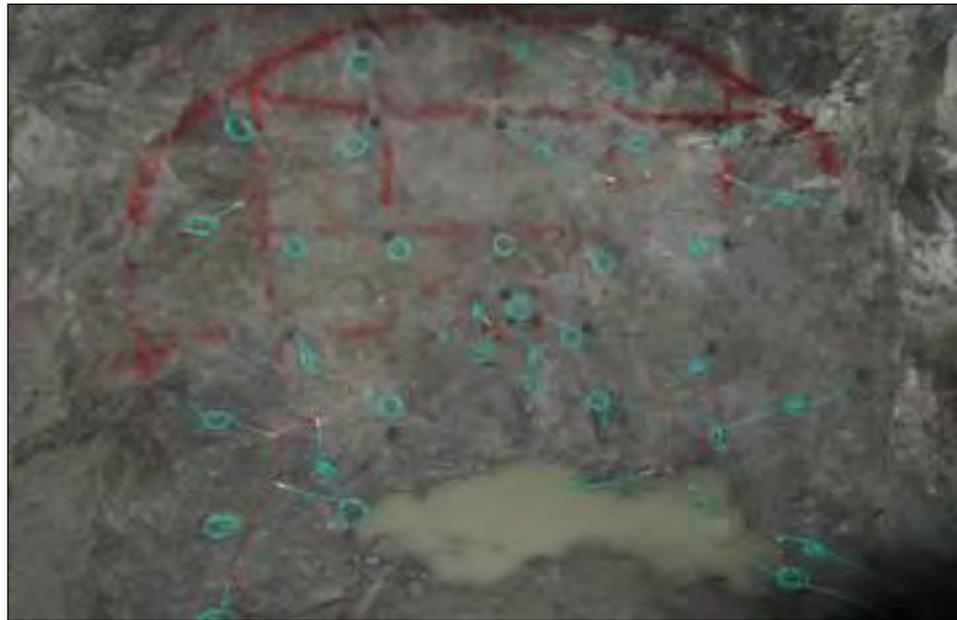
Malla de perforación en frentes de 2.1m x 2.1m.



Fuente: Área de mina.

Figura 64.

Malla de perforación en bypass



Fuente: Elaboración propia

6.2.9.5 Explosivo y accesorios de voladura

Características de explosivo:

- Los explosivos usados principalmente en tajeos es Emulnor de 1000 de marca FAMESA de 1" x 8".
- Los explosivos usados en los frentes de desarrollo y preparación es el Emulnor 1000, 3000 de 1" x 8".

Figura 65.

Características técnicas del emulnor.

Características técnicas		EMULNOR [®] 500	EMULNOR [®] 1000	EMULNOR [®] 3000	EMULNOR [®] 5000
DENSIDAD RELATIVA (g/cm ³)		1,10	1,13	1,14	1,10
VELOCIDAD DE DETONACIÓN (m/s)	CONFINADO ¹	3 400	3 900	3 700	3 500
	DESCONFINADO ²	3 500	4 000	4 400	4 200
PRESIÓN DE DETONACIÓN (kbar)		44	55	55	56
ENERGÍA (kcal/kg)		620	780	820	1010
VOLUMEN NORMAL DE GASES (Litro)		552	527	590	493
POTENCIA RELATIVA EN PESO ³ (%)		68	85	100	95
POTENCIA RELATIVA EN VOLUMEN ³ (%)		75	120	140	150
SENSIBILIDAD AL FULMINANTE:		Nº 5	Nº 5	Nº 8	Nº 8
RESISTENCIA AL AGUA		Existente	Existente	Existente	Existente
CATEGORÍA DE HUMOS		H3000	H3000	H3000	H3000

¹ Velocidad de detonación en tubo de 1 litro pulgada de diámetro.
² Velocidad de detonación como castro de 1 pulgada de diámetro.
³ Potencia relativa referida al ANFO con potencia convencional de 100.

Fuente: FAMESA explosivos.

Figura 66.

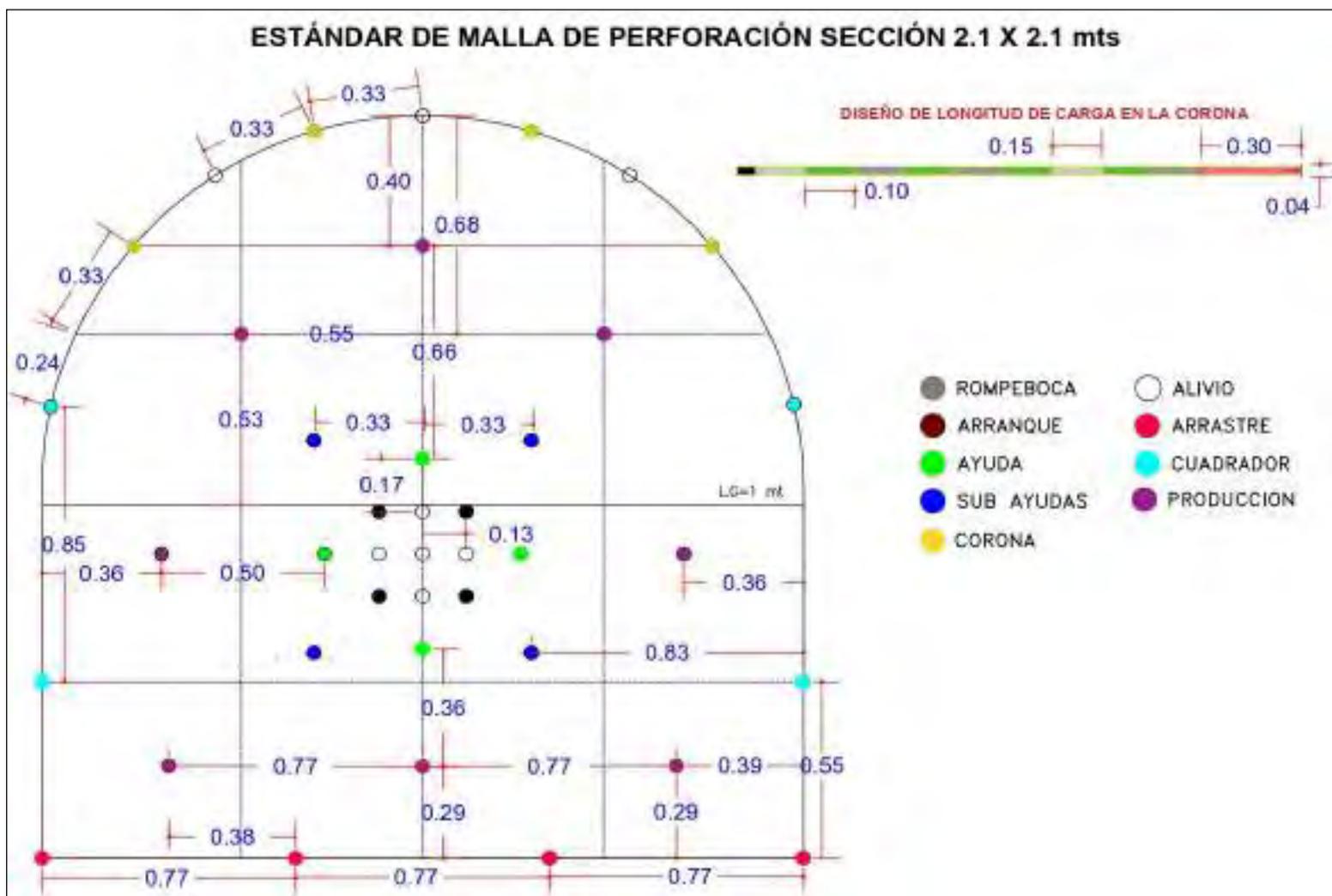
Presentación del Emulnor.

Presentación	MATERIAL DE CAJA	CAPACIDAD DE CAJA (Pzs.)	PESO NETO (kg)	PESO BRUTO (kg)	DIMENSIONES ESTÁNDARES (cm)
EMULNOR [®] 500 1" x 7"	Cañón	190	25,0	28,5	40,0 x 37,0 x 23,7
EMULNOR [®] 500 1" x 8"	Cañón	204	25,0	28,5	45,0 x 37,0 x 33,7
EMULNOR [®] 1000 1" x 7"	Cañón	141	25,0	28,5	35,5 x 38,0 x 26,8
EMULNOR [®] 1000 1" x 8"	Cañón	230	25,0	28,5	40,5 x 38,0 x 30,8
EMULNOR [®] 1000 1" x 12"	Cañón	140	25,0	28,5	47,0 x 34,5 x 31,0
EMULNOR [®] 3000 1" x 7"	Cañón	200	25,0	28,5	45,5 x 38,0 x 26,8
EMULNOR [®] 3000 1" x 8"	Cañón	220	25,0	28,5	45,5 x 38,0 x 26,8
EMULNOR [®] 3000 1" x 12"	Cañón	144	25,0	28,5	47,0 x 34,5 x 31,0
EMULNOR [®] 5000 1" x 7"	Cañón	240	25,0	28,5	45,5 x 38,0 x 26,8
EMULNOR [®] 5000 1" x 8"	Cañón	216	25,0	28,5	45,5 x 38,0 x 26,8
EMULNOR [®] 5000 1" x 12"	Cañón	147	25,0	28,5	47,0 x 34,5 x 31,0

Ómnibus tipos de emulnor de acuerdo a D1906.

Fuente: FAMESA explosivos.

Figura 67.
 Estándar de malla de perforación sección 2.1 x 2.1 mts.



Fuente: Área de mina.

Tabla 54.

Parámetros de perforación de y voladura de una sección 2.25m x 2.2.5m.

SECCIÓN 2.25 x 2.25		ROCA DURA				
PARÁMETROS GENERALES		EXPLOSIVOS 12" X 1"				
Tipo de Roca	I-II	TIPO	DENSIDAD			
Densidad	2.7 gr/cc	EMULNOR 1000	1.13 gr/cc			
Área de Sección	5.06 m2	EMULNOR 3000	1.14 gr/cc			
Volumen Teórico	9.11 m3	Peso de Explosivo	170 gr			
PERFORACIÓN		CARGUÍO				
Longitud de Barreno	6 pies	Densidad de Carguío	60%			
Longitud de Taladro	1.8 m	Volumen de Taladro Cargado	1221.6 cm3			
Eficiencia de Voladura	94%	Volumen de Explosivo	149.12 cm3			
Diametro de Taladro	36 mm	N° cartuchos/Taladro	4.92 und			
GRANULOMETRIA		VOLADURA				
Factor de Esponjamiento	45%	Avance Real	1.71 m			
		Factor de Carga	2.67 kg/m3			
CANTIDAD DE CARGA						
DESCRIPCIÓN	N° TAL	CART/TAL	TIPO 3000	TIPO 1000	CANTIDAD	KG.
Alivio	21	0				
Arranque	4	5	20	0	20	3.4
Ayuda	4	5	20	0	20	3.4
Sub Ayuda	4	4	16	0	16	2.72
Producción	4	4	12	4	16	2.72
Contorno	16	4	48	16	64	10.88
Total	53		116	20	136	23.12

Fuente. Área de planeamiento.

Anexo 02. Matriz de consistencia: “CONSTRUCCIÓN DE UNA CHIMENEA ALIMAK PARA MEJORAR LA VENTILACIÓN DE LA ZONA MERCEDES EN LA EMPRESA OREX SAC DE LA UNIDAD MINERA SAN JUAN DE AREQUIPA”

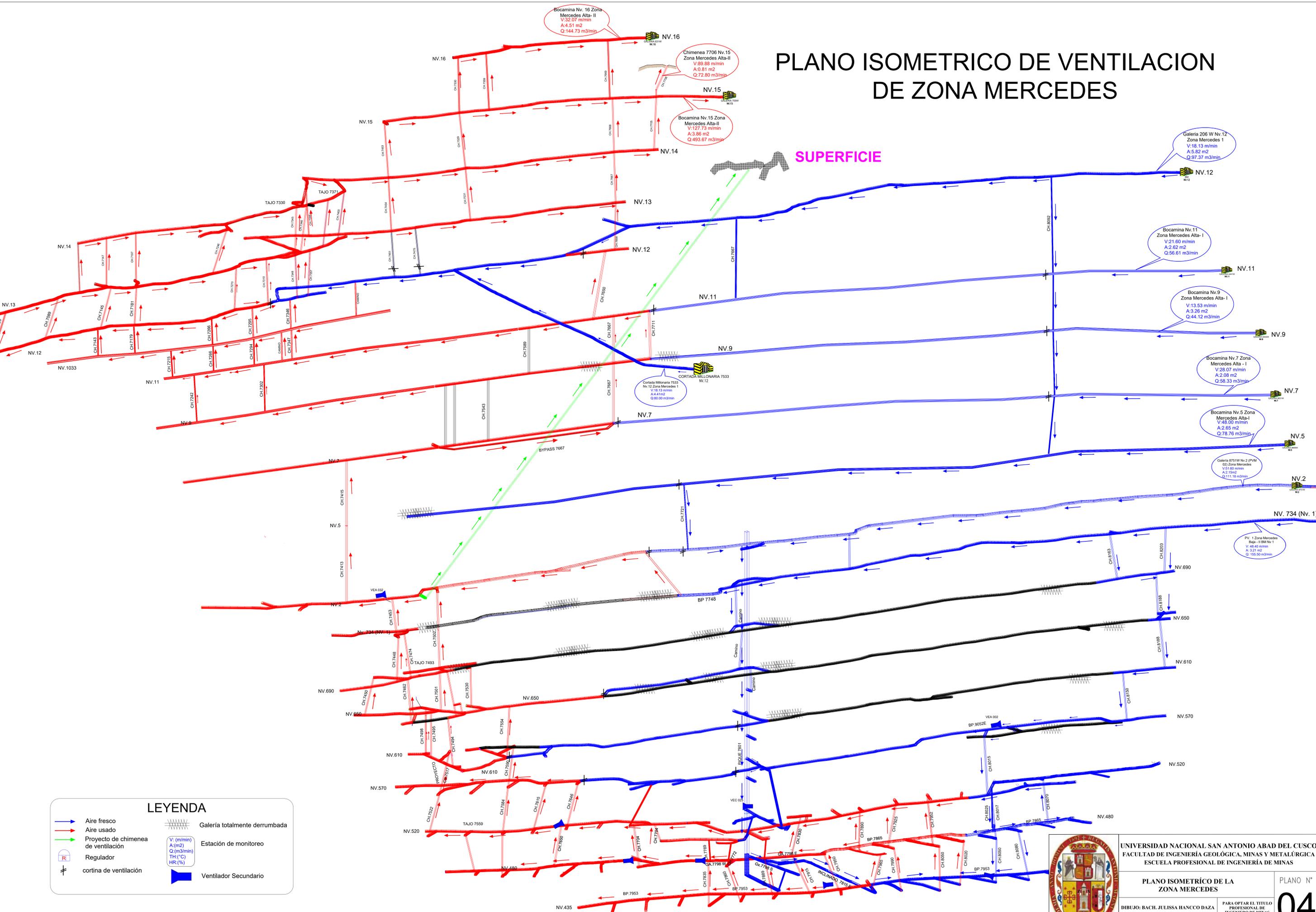
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES		METODOLOGIA
GENERAL	GENERAL	GENERAL	INDEPENDIENTE		
¿Cómo mejorar la ventilación en la zona Mercedes de la Unidad Minera San Juan de Arequipa de la Empresa OREX SAC?	Proponer la construcción de una chimenea de salida de ventilación en la zona Mercedes de la unidad minera San Juan de Arequipa de la empresa OREX SAC.	Con la construcción de la chimenea con plataforma alimak se cumplirá el requerimiento de caudal de aire en la zona Mercedes de la Unidad Minera San Juan de Arequipa de la Empresa OREX SAC.	Construcción de la chimenea		TIPO DE INVESTIGACION
					El tipo de investigación es Cuantitativo
					NIVEL DE INVESTIGACION
ESPECIFICO	ESPECIFICO	ESPECIFICO	DEPENDIENTE		
¿Cuál es el requerimiento de aire para mejorar la ventilación en la zona Mercedes de la Unidad Minera San Juan de Arequipa de la Empresa OREX SAC?	Determinar el requerimiento de aire para mejorar la ventilación en la zona Mercedes de la Unidad Minera San Juan de Arequipa de la Empresa OREX SAC.	Con la determinación del requerimiento de aire se calcula las características geométricas de la chimenea de ventilación en la zona Mercedes de la Unidad Minera San Juan de Arequipa en la Empresa OREX SAC.	Requerimiento de caudal de aire	cobertura de aire	El nivel del proyecto es exploratorio, descriptivo y correlacional
¿Dónde se ubicará la chimenea, cuál será su diseño y construcción para mejorar el sistema de ventilación en la zona Mercedes de la Unidad Minera San Juan de Arequipa de la Empresa OREX SAC?	Determinar la ubicación de la chimenea, el diseño y su construcción para mejorar el sistema de ventilación en la zona Mercedes de la Unidad Minera San Juan de Arequipa de la Empresa OREX SAC.	Con el soporte del software VentSim se determina las coordenadas de inicio y final de la chimenea en la zona Mercedes de la Unidad Minera San Juan de Arequipa en la Empresa OREX SAC.		resistencia de ductos	POBLACION
					Zona Mercedes
					MUESTRA
¿Cuál será al implicancia del costo de construcción de la chimenea para mejorar la ventilación en la zona Mercedes de la Unidad Minera San Juan de Arequipa en la Empresa OREX SAC?	Determinar el costo de construcción de la chimenea de ventilación para la mejora de la ventilación en la zona Mercedes de la Unidad Minera San Juan de Arequipa en la Empresa OREX SAC.	Se evaluó el costo para determinar la factibilidad del proyecto de la chimenea de ventilación en la zona Mercedes en la zona Mercedes de la Unidad Minera San Juan de Arequipa en la Empresa OREX SAC.		costo de excavación	El sistema de ventilación de la zona Mercedes

Fuente: Elaboración propia.

PLANOS

PLANO ISOMETRICO DE VENTILACION DE ZONA MERCEDES

SUPERFICIE



LEYENDA

- Aire fresco
- Aire usado
- Proyecto de chimenea de ventilación
- Regulador
- cortina de ventilación
- Galería totalmente derrumbada
- Estación de monitoreo
- Ventilador Secundario

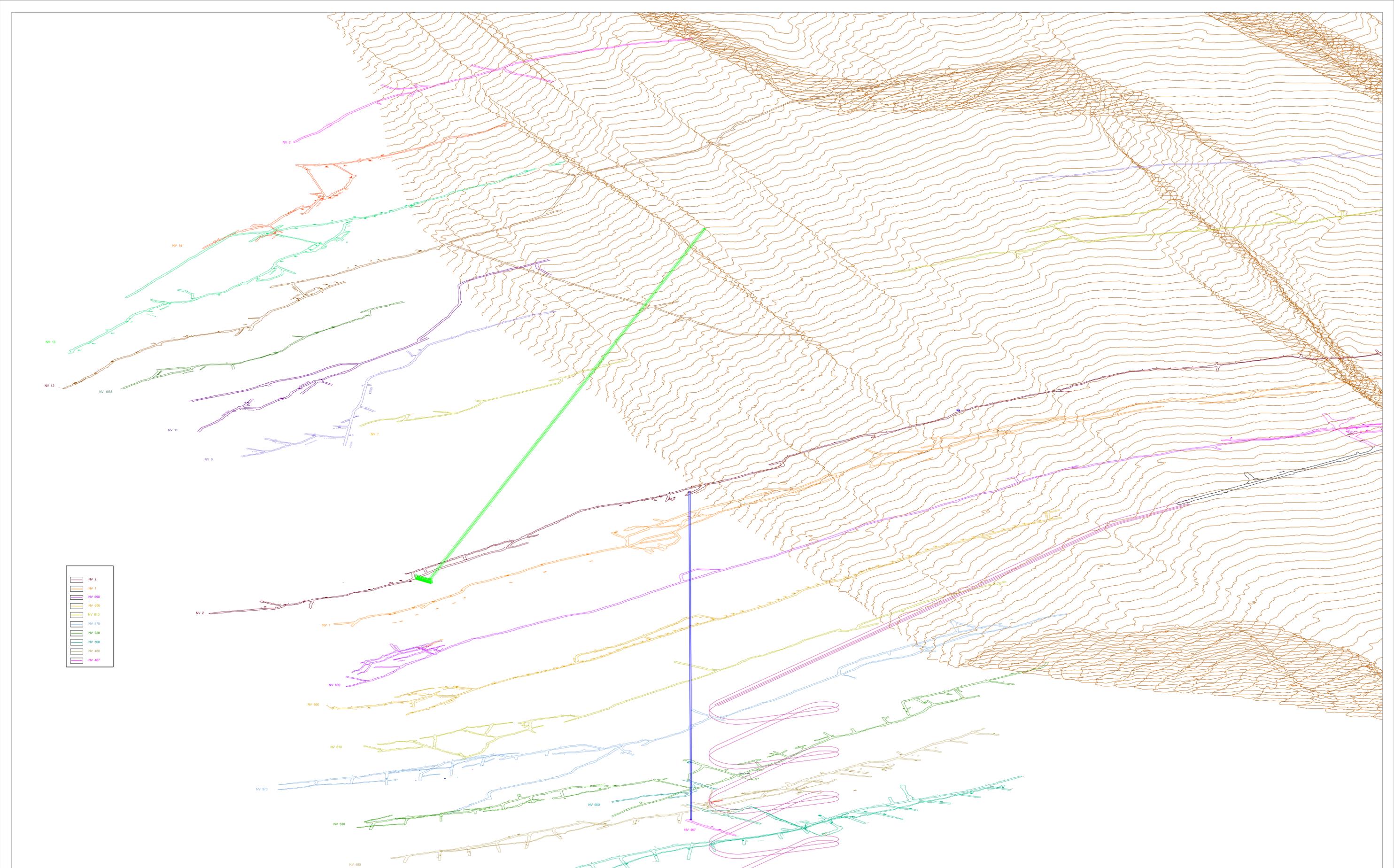
V: (m/min)
 A: (m²)
 Q: (m³/min)
 TH: (°C)
 HR: (%)



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

PLANO ISOMETRICO DE LA ZONA MERCEDES
 DIBUJO: BACH. JULISSA HANCCO DAZA
 PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS
 FECHA: JULIO 2023
 ESCALA: 1:1

PLANO N°
04



[Green box]	NV 2
[Orange box]	NV 1
[Purple box]	NV 600
[Light Purple box]	NV 600
[Yellow box]	NV 610
[Light Yellow box]	NV 570
[Light Green box]	NV 520
[Light Blue box]	NV 500
[Light Blue box]	NV 480
[Pink box]	NV 467

	UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS	
	PLANO TOPOGRFICO DE LA ZONA MERCEDES	PLANO N° 05
	DIBUJO: BACH. JULISSA HANCCO DAZA	PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS
	FECHA: JUNIO 2023	ESCALA: 1/1000