UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO
"Una nueva Universidad para el Desarrollo"

REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNASAM

Dirección del Instituto de Investigación

FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PARA A OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI.
Resolución del Consejo Directivo de SUNEDU Nº 033-2016-SUNEDU/CD

1. Datos del Autor:

Apellidos y Nombres: **MAGUIÑA ESPIRITU JOSE ALBERTO**

Código de alumno: 081.0802.488 Teléfono: 943820969

Correo electrónico: jose_me_23@hotmail.com DNI o Extranjería: 45537102

2. Modalidad de trabajo de investigación:

( ) Trabajo de investigación ( ) Trabajo académico

( ) Trabajo de suficiencia profesional (x) Tesis

3. Título profesional o grado académico:

( ) Bachiller (x) Título ( ) Segunda especialidad

( ) Licenciado ( ) Magister ( ) Doctor

4. Título del trabajo de investigación:

"APLICACIÓN DEL SOFTWARE VENTSIM PARA EL DISEÑO Y OPTIMIZACION PROYECTADA DEL SISTEMA DE VENTILACION EN LA MINA HERCULES DE LA COMPAÑÍA MINERA LINCUNA S.A.– AÑO 2017"

5. Facultad de: Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia

6. Escuela, Carrera o Programa: de Ingeniería de Minas

7. Asesor:

Apellidos y Nombres: Dr. Ing. Isidro Giraldo Jacinto Cornelio Teléfono: 944641112

Correo electrónico: jisidrog@hotmail.com DNI o Extranjería: 31672151

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma: ……..

D.N.I: 45537102

Fecha: 21 / 01 / 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y METALURGIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS

APLICACIÓN DEL SOFTWARE VENTSIM PARA EL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN PROYECTADA DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN LA MINA HÉRCULES DE LA COMPAÑÍA MINERA LINCUNA S.A. – AÑO 2017

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

Presentado por:

Bach. MAGUIÑA ESPIRÍTU, José Alberto

Asesor:

Dr. Ing. ISIDRO GIRALDO, Jacinto Cornelio

HUARAZ - PERÚ

2018

DEDICATORIA

A la luz del señor, nuestro guía y maestro,

A mi padre Héctor y madre Julia a quienes siempre los llevo

Presente y por su apoyo incondicional,

A mis hermanos y enamorada.

AGRADECIMIENTO

Al señor por ser la luz de todos los días al guiar mis pasos, a mi alma mater Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo” quien fue la que me brindo los conocimientos teóricos y prácticos para poderlos aplicar en mi desempeño profesional. También agradecer a los profesionales que laboran.

En forma especial mi reconocimiento y agradecimiento a los colaboradores de la Empresa NOOVA S.A.C., la cual me brindó la oportunidad de desempeñarme profesionalmente, así mismo a mis asesores que contribuyeron en el enriquecimiento contextual con sus aportes y sugerencias precisas y objetivas.

Especial gratitud a mis padres por enseñarme a ser fuerte, a la perseverancia, al respeto hacia el prójimo y por tener siempre su apoyo incondicional.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado “APLICACIÓN DEL SOFTWARE VENTSIM PARA EL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN PROYECTADA DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN LA MINA HÉRCULES DE LA CIA. MINERA LINCUNA S.A. – AÑO 2017”, cuyos trabajos realizados comprende los estudios de evaluación, diagnostico, calculo, medición, calibración y simulación en 3D, mediante el uso del Software Ventsim, con el fin de conocer las condiciones operativas de la mina, determinar la necesidades de aire para los trabajadores, consumo de madera, temperaturas en las labores de trabajo, equipo con motor petrolero y fugas, la ubicación de ventiladores, su caracterización según su curva de trabajo y el consumo actual de energía.

Cuyo Objetivo general es que se logre la optimización del sistema de ventilación de la Mina Hércules, que conlleve a la implementación y aseguramiento de los requerimientos básicos de aire fresco para el óptimo desarrollo de los procesos de exploración, desarrollo, preparación y explotación, subterránea; cumpliendo con las normas de ventilación vigentes.

Para la evaluación y diseño del sistema de ventilación se empleó el algoritmo de aproximaciones sucesivas conocido como la teoría de Hardy-Cross, integrado en el Ventsim, que cuenta con una interface gráfica que permite visualizar la mina como un diagrama unifilar en el que se pueden apreciar los caudales que circulan y las caídas de presión que se producen a través de cada ramal del circuito por una variación de colores y valores numéricos

Se realizó un levantamiento de ventilación (trabajos en campo) con los instrumentos y personal adecuado, luego de realizados los trabajos de gabinete para simulación con el Software Ventsim, el cual ha sido de gran beneficio ya que gracias a esta herramienta se ha podido diseñar y optimizar los circuitos de ventilación actual y proyectados.

Palabra clave: Aplicación del software ventsim en la Mina Hércules.

ABSTRACT

The present worked of investigation named "APPLICATION OF SOFTWARE VENTSIM FOR THE DESIGN AND OPTIMIZATION PROJECTED OF THE VENTILATION SYSTEM IN THE HERCULES MINE OF THE CIA. MINING LINCUNA S.A. - YEAR 2017 ", whose work includes the studies of evaluation, diagnosis, calculation, measurement, calibration and simulation in 3D, through the use of the Software Ventsim, in finish to know the operating conditions of the mine, determine the air needs for the workers, wood consumption, temperatures in labors of work, equipment with motor petroleum and leaks, the location of fans, their characterization according your work curve and current energy consumption.

Whose overall objective is to achieve the optimization of the ventilation system of the Hercules Mine, which entails the implementation and assurance of the basic requirements of fresh air for the optimum development of the processes of exploration, development, preparation and exploitation, underground; complying with current regulations ventilation. For the evaluation and design of the ventilation system, the successive approximation algorithm known as the Hardy-Cross theory was used, integrated in the Ventsim, which has a graphical interface that allows visualizing the mine as a single-line diagram in which appreciate the flow rates and pressure drops that occur through each branch of the circuit by a variation of colors and numerical values.

A ventilation survey was carried out (works in the field) with the appropriate instruments and personnel, after the cabinet work was done for simulation with the Software Ventsim, which has been of great benefit since thanks to this tool it has been possible to design and optimize current and projected ventilation circuits.

Keyword: Application of the ventsim software in the Hércules Mine

INTRODUCCIÓN

A medidas que las minas se hacen más profundas y más calientes, con más equipos con motor petrolero, los sistemas de ventilación necesitan un cuidadoso diseño, por ello la importancia de diseñar redes de ventilación que suministren suficiente cantidad de aire fresco, proporcionando un ambiente de trabajo aceptable tanto para el trabajador, para el rendimiento eficiente de los equipos con motor petrolero, así como para eliminar el calor y los gases producidos por los equipos con motor petrolero. Además, los sistemas de ventilación deben ser diseñados para eliminar los gases tóxicos de las voladuras con rapidez y eficiencia.

Normalmente, en el pasado mediato, el diseño del sistema de ventilación de una mina se efectúa en base a criterios empíricos, prácticos hasta cierto punto, ero costosos. Hoy, la mayoría de los problemas de ventilación son solucionados con el soporte de Software, usando criterios más científicos.

El presente trabajo de investigación está enmarcado en el desarrollo de una propuesta para el sistema de ventilación para la Compañía Minera Lincuna S.A. en la Mina Hércules, con el objetivo de se logre el diseño y optimización del sistema de ventilación, que conlleve a reducir el costo de operaciones y trabajar con estándares aceptables de seguridad.

El caudal de aire que se debe mantener de manera constante durante la jornada de trabajo tiene la misión de suministrar el aire respirable, además de garantizar la dilución de polvo, gases, e impedir la elevación de la temperatura en las labores, con el fin de disminuir los riesgos que puedan afectar la salud y la integridad física del trabajador.

Compañía Minera Lincuna S.A., tiene como objetivo poner el sistema de ventilación de su mina teniendo en cuenta las diferentes variables que este sistema involucra, tales como: circulación de aire limpio, evacuación de aire viciado producido por voladura y equipos con motor petrolero, trabajadores, velocidades de flujo, ventiladores, y entre otras.

La implementación y puesta a punto del sistema de ventilación de la mina, se complementa con la simulación en el Software Ventsim Visual Premium. El presente trabajo de investigación está constituido por los siguientes capítulos:

CAPÍTULO I. Generalidades. Relacionados con el entorno físico como reseña histórica, ubicación y acceso, Topografía, recursos naturales, del mismo modo el entorno geológico, y también descripción de las operaciones mineras.

CAPÍTULO II. Fundamentación. Relacionados con el marco teórico que describen los antecedentes de la investigación, definición de términos que describen cada una de las variables en estudio y fundamentación teórica referidos al sustento de las leyes de los gases perfecto y principios relacionados sobre el conocimiento y aplicación de la ventilación de minas, para mejorar la calidad de aire en las labores mineras.

CAPÍTULO III. Metodología. El problema de investigación relacionado con la descripción de la realidad problemática sobre la deficiencia del sistema de ventilación, debe implicar la mejora de la calidad de aire de la empresa minera, representada por la unidad minera en explotación; asimismo se realiza el planteamiento y formulación del problema, objetivos, justificación, limitaciones y alcance de la investigación.

CAPÍTULO IV. Se indica el resultado de la investigación. Se detalla la descripción y procesamiento de datos, análisis e interpretación de la información, discusión de los resultados, sobre el costo del sistema de ventilación y presupuesto de las alternativas planteadas, el trabajo de investigación es un aporte al tema de aplicación de la ventilación de minas a nivel de la pequeña y mediana minería subterránea. Por ultimo en la parte final las conclusiones y recomendaciones del estudio.

EL Autor.

INDICE

Pág.

Portada ……..…..…I

Dedicatoria ……..……...……II

Agradecimiento ……III

Resumen-Abstract ..……IV-V

Introducción...……...……VI-VII

Índice……...……..VIII-XI

CAPÍTULO I GENERALIDADES

1.1 ENTORNO FÍSICO 1
1.1.1 Reseña Histórica 1
1.1.2 Ubicación y acceso 2
1.1.3 Topografía 3
1.2 ENTORNO GEOLÓGICO 4
1.2.1 Geomorfología 4
1.2.2 Geología Regional 5
1.2.3 Geología Local 6
1.2.4 Geología Estructural 8
1.2.5 Geología Económica 9
1.3 DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES MINERAS 14
1.3.1 Descripción del Método de Minado 14
1.3.2 Operaciones mineras unitarias 18

CAPÍTULO II FUNDAMENTACIÓN

2.1 MARCO TEÓRICO 21
2.1.1 Antecedentes de la investigación 21
2.1.2 Definición de términos 23

2.1.2.1 Diseño del sistema de ventilación……..…23
2.1.2.2 Optimización del sistema de ventilación……..23
2.1.2.3 Ventsim Visual Premium…….24
2.1.3 Fundamentación Teórica.....24
2.1.3.1 Gases presentes en las minas.…….…24
2.1.3.2 Ventilación subterránea……..25
2.1.3.3 Tipos de ventilación…….…25
2.1.3.4 Tipos de ventiladores……..26
2.1.3.5 Clasificación según su desempeño en mina……...28
2.1.3.6 Sistemas de ventilación auxiliar……28
2.1.3.7 Componentes de un ventilador axial……30
2.1.3.8 Ventilador en serie…….…..31
2.1.3.9 Ventilador en paralelo……32
2.1.3.10 Perdida de presión por fricción……...33
2.1.3.11 Formula de Atkinson……33
2.1.3.12 Determinación del factor de fricción……...34
2.1.3.13 Pérdida por choque……...35
2.1.3.14 Pérdida por presión dinámica…….……35
2.1.3.15 Curva característica del ventilador……36
2.1.3.16 Calculo del requerimiento de aire……...38

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 EL PROBLEMA 43
3.1.1 Descripción de la realidad problemática 43
3.1.2 Planteamiento y Formulación del Problema 44
3.1.3 Objetivos 44
3.1.3.1 Objetivo general……...44
3.1.3.2 Objetivo específicos……45
3.1.4 Justificación de la investigación.....45
3.1.5 Limitaciones 45
3.1.6 Alcances de la investigación 46
3.2 HIPÓTESIS 46

3.2.1 Hipótesis General. 46
3.2.2 Hipótesis Específicas. 46
3.3 VARIABLES 46
3.3.1 Variable Independiente 46
3.3.2 Variable Dependiente. 46
3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN 46
3.4.1 Tipo de Investigación 46
3.4.2 Población y muestra 47
3.4.2.1 Población 47
3.4.2.2 Muestra 47
3.4.3 Técnicas, instrumentos de recolección de datos 47
3.4.3.1 Técnicas 47
3.4.3.2 Instrumentos 48
3.4.3.3 Método de medición usada _ ANSI/ACHRAE Standard 49
3.4.3.4 Metodología del trabajo en campo 50
3.4.4 Forma de tratamiento de los datos 51
3.4.4.1 Procesamiento de datos 51
3.4.4.2 Presentación de datos 51

CAPÍTULO IV RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD Y PROCESAMIENTO DE DATOS 52
4.1.1 Estaciones Principales 53
4.1.2 Estaciones Secundarias 53
4.1.3 Requerimiento de aire total 54
4.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN 59
4.2.1 Modelamiento en el Software Ventsim 59
4.2.2 Simulación del sistema Actual 63
4.2.3 PROYECTO MEDIANO PLAZO (1 Año) 71
4.2.3.1 Proyecto N°01-Integración Raise Borer Paralelas 71
4.2.3.2 Proyecto N°02 Eje de Extracción B_07 77
4.2.3.3 Proyecto N°03 Eje de ingreso de aire fresco RP_400 86

4.2.4 PROYECTO A LARGO PLAZO (3 Años) 87
4.2.4.1 Proyecto N°04 Nuevo Eje de extracción _10……..87
4.2.4.2 Proyecto N°05 Nuevo eje de ingreso zona sur……..95
4.2.4.3 Proyecto N°06 Nuevo eje de ingreso zona norte……..96
4.2.5 Contrastación de las hipótesis.....97
4.3 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....98
4.3.1 Costo de ventilación ..... …….98
4.3.1.1 Costo de capital - CAPEX……..98
4.3.1.2 Costo de operación _ OPEX……100
4.3.1.3 Costo unitario _ Sistema de ventilación……101
4.3.2 Resumen Comparativo Actual vs Proyectado... ……102
4.3.2.1 Caudal total de ingreso……102
4.3.2.2 Potencia instalada……..……...102
4.3.2.3 Consumo de energía……..…103
4.4 APORTES DEL TESISTA.....105
CONCLUSIONES……..107
RECOMENDACIONES ……108
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ……...109
ANÉXOS……110

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 ENTORNO FÍSICO

1.1.1 Reseña Histórica

La compañía Minera Ticapampa trabajó la zona de Collaracra y sus alrededores a fines del siglo pasado, la cual desde 1904 siguió operando con el nombre de Anglo-French Ticapampa Silver Mining CO. Hasta 1966, fecha en que se formó la Compañía Minera Alianza S.A. paralelamente, varios pequeños mineros han trabajado en esta región en forma esporádica alentados por la subida de los precios de los metales; uno de estos fue Compañía Minera Santo Toribio que trabajo la mina Tarugo, instaló una planta de flotación de Huancapetí, la que después fue adquirida por Alianza.

A partir del año 2007 se sesiona a Cía. Minera Huancapetí S.A.C., la cual viene trabajando con una producción mensual de 60,000 TM.

A partir del mes de agosto de 2016, inicia sus operaciones la Compañía Minera Lincuna S.A., continuando en esta primera etapa con la misma producción de Huancapetí, con 60,000 TM.

1.1.2 Ubicación y acceso

- **Ubicación:**

La Compañía Minera Lincuna S.A., se encuentra ubicado en el Distrito de Aija, Provincia de Aija, Departamento de Ancash. Se desarrolla sobre los 4100 msnm en la vertiente oriental (cuenca del Río Santa) y 3900 msnm en la vertiente oriental (cuenca del Río Huarmey) hasta los 4700 msnm.

La zona de estudio, tiene la siguiente ubicación: ***(VER ANEXO N° 02)***

- ✓ Distritos : Ticapampa y Aija
- ✓ Provincias : Recuay, Aija
- ✓ Departamento: Ancash

El campamento de la Mina Hércules tiene las siguientes coordenadas:

Coordenadas Geográficas:

Longitud Oeste : 77°33´

Latitud Sur : 90°46´

Altitud (msnm) : 4,160

Coordenadas UTM:

Este : 219,565

Norte : 8´919,502

- **Acceso:**

El acceso a la Cía. Minera Lincuna S.A., se realiza mediante una vía asfaltada de Lima – Pativilca – Catac – Ticapampa – Recuay – Huaraz. ***(Ver tabla 1)***

Distancias aproximadas:

Tabla 1. Acceso a la Cía. Minera Lincuna S.A.

VIA TERRESTRE					
Punto de partida	**Punto de llegada**	**Distancia (Km)**	**Tiempo (hh:mm)**	**Tipo de carretera**	**Móvil**
Lima	Huaraz	375	05:00	Asfaltado	Camioneta
Huaraz	Recuay	30	00:30	Asfaltado	Camioneta
Recuay	Mina	35	01:00	Afirmado	Camioneta
Total		**440**	**06:30**		

Fuente: Elaboración Propia

1.1.3 Topografía

Se encuentran sobre los terrenos de la Cordillera Negra. En la parte sur de la Región Ancash en el ramal occidental de la Cordillera de los Andes se encuentra constituida por dos subramales, los cuales son: la Cordillera Blanca al lado oriental y la Cordillera Negra en la parte occidental, divididas por el valle del Río Santa o Callejón de Huaylas. Los subramales oriental y occidental del sector Centro-Norte de la Cordillera Occidental de los Andes corren paralelos en dirección Sudeste – Noroeste.

La Cordillera Negra es llamada así porque las elevaciones que los constituyen no están cubiertas de nieve. La zona de la Cordillera Negra en la cual se encuentran las concesiones mineras que se estudian, tienen una altura en la parte contigua a la Mina Hércules de 4,000 msnm y las cúspides tienen una altura de 4,770 msnm, donde se sitúan Cía. Minera Lincuna y cercanamente la planta de tratamiento metalúrgico.

Las áreas de influencia directas comprenden aproximadamente 2,874.58 has de extensión, en parte de ellas se ubican las referidas concesiones mineras y en la otra de esta área se encuentran fuera de las concesiones. Las áreas de influencia directas de los proyectos abarcan las áreas de los denuncios acumulación alianza N° 10 y 15, y la mitad de la parte norte de la concesión Acumulación Alianza N° 1. Además, se enmarcan dentro de los micros cuencas del Sipchoc, Hércules, Santiago y Pallca.

1.1.3.1 Condiciones del terreno o área física del proyecto

El área de la producción minera y metalúrgica de la UEA Lincuna, se ubican en las áreas de las cúspides de la Cordillera Negra, donde los terrenos presentan formaciones superficiales abruptas y onduladas para dar lugar a pampas algo inclinadas sobre las que se conforman lagunas. Las cúspides intermedias son constituidas por batolitos ígneos que conforman una geomorfología estructural característica. Las descripciones de las características geomorfológicas pueden ser las siguientes:

- Meseta Alto Andina
- Cañón de Erosión
- Valles de Erosión

La Meseta Alto Andina se encuentra identificada por pampas de gradientes pronunciadas, en las cuales se tienen lagunas cuyas aguas drenan hacia la vertiente occidental sobre los ríos que desembocan en el Océano Pacífico y otros ríos que drenan hacia la vertiente oriental para ser tributarios del Río Santa, que también drena al Pacífico, por el lado norte. La meseta alto andina se ubicaría entre los 4,500 y 4,700 msnm.

Los Cañones de Erosión están constituidas por valles estrechos y pequeños que bajan hacia las vertientes oriental y occidental de la Cordillera Negra y que dan lugar al drenaje de aguas de la meseta alto andina y se ubican entre los niveles de 4, 000 y 4, 500 msnm.

Más abajo entre los 3,600 y los 4,000 msnm se encuentran las unidades geomorfológicas denominadas Valles de Erosión, que dan inicio a los valles algo empinados de las cabeceras de los valles de la costa y los valles laterales del río Santa en la parte oriental.

Los yacimientos del proyecto se ubican entre las unidades fisiográficas Meseta Alto Andina y el Cañón de Erosión, entre las alturas de 4,000 y 4,700 msnm.

Los yacimientos de las operaciones mineras Lincuna se encuentran en la franja más alta de la Cordillera Negra en partes de la Meseta Alto Andina.

La actual planta de tratamiento metalúrgico Lincuna en reconformación se encuentra en la unidad fisiográfica Meseta Alto Andina de la Cordillera Negra, a una altura de 4,500 msnm.

La geomorfología del área del proyecto presentará alteraciones locales por las aperturas de las operaciones mineras y los relaves de la planta de tratamiento, las cuales modificarán las fisiografías superficiales por las acumulaciones de desmontes resultantes de los trabajos mineros y el almacenamiento de relaves.

1.2 ENTORNO GEOLÓGICO

1.2.1 Geomorfología

La geomorfología en esta región, corresponde al sector Occidental de la Cordillera de los Andes, del Perú, como resultado de la interacción de factores asociados a la "geodinámica interna y externa" entre ellos fundamentalmente "el vulcanismo asociado a la tectónica andina, la litología y la inter-acción de los agentes meteóricos".

La unidad geomorfológica predominante en esta región es la "Cordillera de los Andes", donde el agente geológico responsable del modelado actual es la acción de los glaciares. Esta unidad geomorfológica presenta una de las elevaciones más altas dentro del territorio peruano alcanzando alturas hasta los 6768 (Huascarán) m.s.n.m.

Las morfologías más características en el área de estudio corresponden a los depósitos de morrenas laterales asociados a antiguas lenguas glaciales y también la morfología típica de valle en "U", con afloramientos rocosos escarpados en los sectores altos, morfologías agrestes y superficies un tanto suavizadas en sectores más bajos.

1.2.2 Geología Regional

La geología regional en este sector está definida por la “Cordillera de los Andes”, que constituye una unidad definida “geográfica, geomorfológica y geológicamente”. En esta unidad se reconocen los Intrusivos Terciarios correspondientes a cuerpos porfiríticos compuestos por dacitas y riodacitas. Además, se presenta el Grupo Calipuy, el cual se encuentra distribuido a lo largo de la “Cordillera Negra” conformando la parte más elevada, emplazado como una franja de rumbo “NW - SE”, con un ancho variable entre los “25 a 40 Kilómetros”. Debido a la profundidad de los valles transversales correspondientes a los principales ríos como el “Pativilca, Fortaleza, Aija y Pira”, su límite oriental en gran parte lo constituye el río Santa; sin embargo, existen afloramientos de éste grupo en el extremo Sur de la “Cordillera Blanca y en la Cordillera de Huayhuash”, la potencia del Calipuy según escritos (INGEMMET) es aproximadamente 2000 metros y en algunos lugares hasta 3000 metros de estratos volcánicos variados, los cuales principalmente se constituyen de rocas piroclásticas gruesas de composición andesítica; también es necesario precisar que son abundantes las lavas andesíticas e ignimbritas dacíticas. La secuencia es extremadamente variable, de manera que una sección medida en cualquier localidad tiene poca semejanza a otra medida en cualquier otro lugar.

A) Estratigrafía en el contexto regional

A nivel regional estratigráficamente el Grupo Calipuy descansa con gran discordancia sobre todas las formaciones mesozoicas. Siendo la unidad más joven la “Formación Casapalca y la Formación Chicama la más antigua”. Se presume que el Grupo Calipuy, fue emplazado después de los periodos de “plegamiento, erosión y levantamiento” que afectaron a las unidades anteriores y que culminaron con una amplia superficie de erosión.

B) Edad y correlación

En el contexto regional, existen ocasionales depósitos sedimentarios dentro del Grupo Calipuy los cuales fueron depositados en lagunas de agua fresca. Ellos usualmente se constituyen de “lutitas y areniscas”. Estratigráficamente es conocido que los depósitos del “Grupo del Calipuy” descansan sobre una superficie de erosión bien desarrollada, en este contexto es presumible que pertenezca al Cenozoico. Ha sido demostrado que el Grupo Calipuy, se extiende desde el “Eoceno al Mioceno” y que el plegamiento de los estratos subyacentes y el desarrollo de la superficie de erosión se llevó a cabo durante el “Paleoceno”.

El Grupo Calipuy ha sido reconocido por diferentes autores, tanto en el norte como en el centro del Perú y está representado por las “Formaciones Tembladera, Llama

y Porculla en el norte del Perú", se le correlaciona con la "Formación Yantac en el centro del Perú" y como parte de los "Grupos Toquepala y Tacaza en el sur del Perú".

1.2.3 Geología Local

La presente información está referida al cartografiado "litológico-estructural" correspondiente a los alrededores de la Quebrada Hércules, donde principalmente se emplaza la mineralización de las estructuras "Hércules", las cuales están asociadas a las fases mineralizantes de los volcánicos del Grupo Calipuy de edad "Oligoceno-Mioceno (Paleógeno)", típicamente representadas por "flujos lávicos" de composición andesítica y en menor proporción flujos piroclásticos. También es necesario precisar en el área evaluada la ocurrencia de pequeños apófisis de cuerpos porfiríticos de composición dacítica: Descripción petrográfica macroscópica. La columna estratigráfica conceptual en el contexto local, está representada por las siguientes unidades litológicas. ***(ver figura 1 y figura 2)***

- **Cenozoico**
  - **Andesita piroclásticas**.- Corresponde a un flujo piroclástico de composición andesítica, el que presenta una textura porfirítica con abundante presencia de plagioclasas desarrolladas en una matriz microfanerítica de coloración gris violácea a verduzca. Las morfologías de los cristales de plagioclasas son mayormente sub-hedrales debido al fracturamiento de los mismos, y heterométricos. El afloramiento se observa como una ventana, restringido al área de las lagunas al sur de la quebrada Hércules, enmarcado y delimitado por el volcánico andesítico suprayacente. Su afloramiento es de morfologías prominentes y masivas, debido al alto grado de cementación de la roca. Presenta marcado fracturamiento vertical.
  - **Volcánico andesítico inferior. -** Corresponde a flujos lávicos de composición andesítica, con texturas mayormente afaníticas a porfiríticas, de coloraciones verdosas a grisáceas. Las rocas están conformadas en su mayoría por cristales de plagioclasas euhedrales. Presenta morfologías agrestes, con sectores escarpados, sin embargo, sus superficies de afloramiento tienden a ser algo redondeadas. Se reconoce en todo el afloramiento la pseudo-estratificación, con ángulos bajos y con direcciones variadas. Aflora en el sector occidental.
  - **Volcánico andesítico superior**. - Similar que la unidad anterior, corresponde a flujos lávicos andesíticos intercalados en menor proporción con niveles piroclásticos andesíticos y dacíticos bien consolidados. Estas rocas piroclásticas se caracterizan por presentar matriz de coloración violácea a grisácea, en muchos casos leucócrata, con clastos angulosos a subredondeados andesíticos

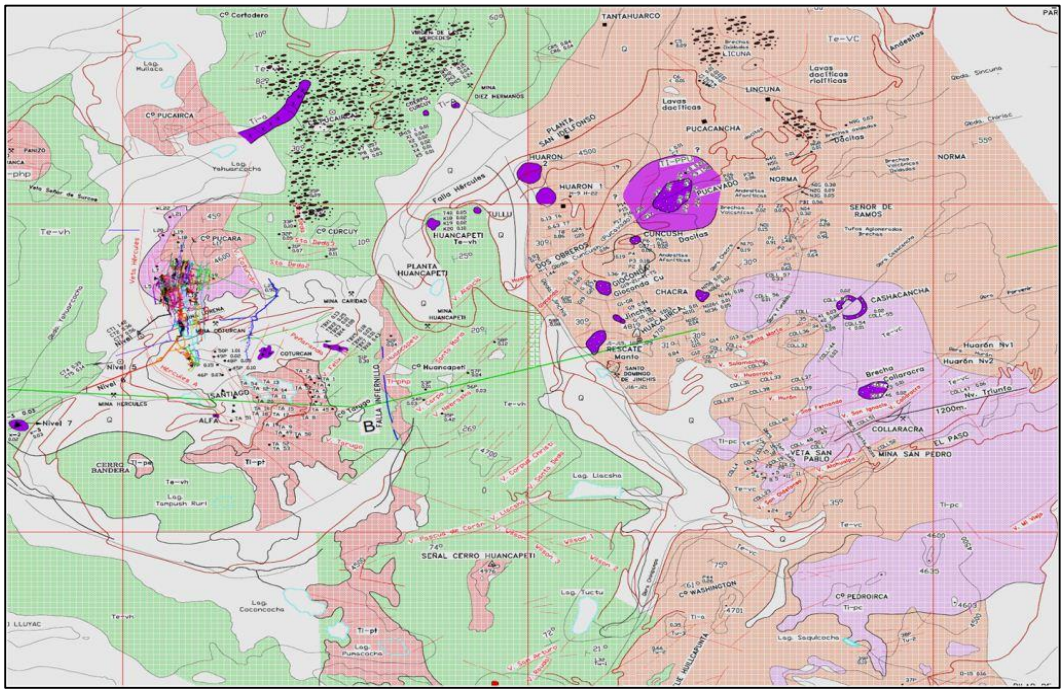
de texturas porfiríticas, además de clastos angulosos de tobas. Sus composiciones van de dacitas a andesitas. A la base de esta unidad se presentan niveles gruesos de brechas piroclásticas de soporte de clastos, heterométricas, y con tamaño máximo de clastos de 25cm de diámetro. Presentan pseudo-estratificación marcada, con ángulos variados según topografía. Además, el fracturamiento le otorga una morfología abrupta y escarpada, con ciertos sectores más suaves. Se reconoce en el sector oriental del área de estudio con contacto marcado sobre la unidad anterior descrita.

- **Pórfido dacítico. -** Pequeñas apófisis de cuerpos hipabisales de texturas porfiríticas han sido reconocidas afectando a la unidad volcánica andesítica inferior. Es posible que corresponda a un cuerpo dómico mayor, emplazado a una mayor profundidad. Aflora en el flanco izquierdo aguas abajo de la quebrada Hércules.

➢ **Holoceno.**

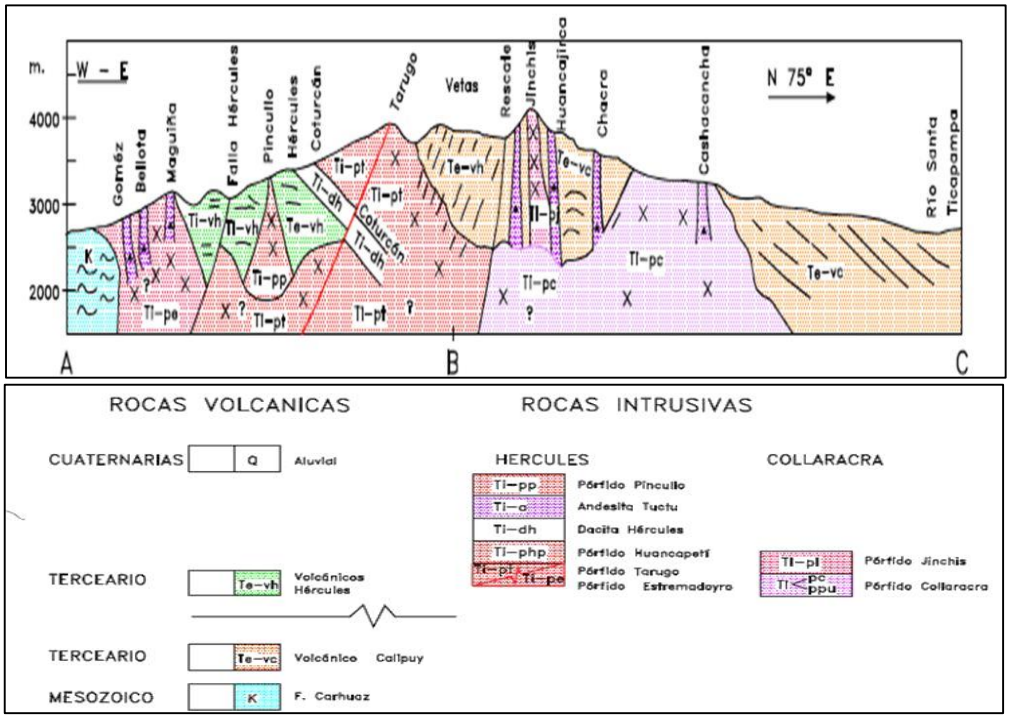
- Q-glacial. - Depósitos morrénicos están presentes en toda el área, sobre las laderas y también sobre el mismo valle, dando la morfología de valle glacial en "U". Estos presentan granulometrías finas.
- Q-aluvial. - Desarrollados sobre las quebradas, las que además están asociadas a drenaje de lagunas en algunos sectores, cubren poca área superficial.

Figura 1. Geología del Yacimiento



Fuente: Área Geologia Cía. Minera Lincuna S.A.

Figura 2. Sección geológica longitudinal.



Fuente: Área Geologia Cía. Minera Lincuna S.A.

1.2.4 Geología Estructural

Dentro la Cordillera Negra se define tres tipos de estructuras: Fallas, Pliegues y estructuras circulares

FALLAS. - Están divididas en dos sistemas.

1. Sistema Andino de dirección NW-SE corresponden a fallas regionales que han controlado la evolución andina y la geodinámica de las cuencas del Mesozoico.
2. Sistema de fallas de dirección NE_SW se encuentra entre los sistemas de fallas Huanllac-Churin y Huaraz-Recuay. Aparentemente se trata de fallas de cizalla originada por el movimiento transcurrente de las fallas de rumbo andino.

ESTRUCTURAS CIRCULARES. - Están alineadas según una dirección NW-SE. Se encuentra principalmente entre el sistema de fallas Huaraz-Recuay y el sistema de fallas de Huanllac-Churin y corresponde a centros volcánicos que fueron fuentes de emisión de la lava del arco magmático del grupo Calipuy.

Las estructuras circulares presentan una elongación NE-SW y que se habrían emplazado a través de las fallas tensionales desarrolladas dentro una zona de cizalla transcurente con movimiento dextral, cuyo dirección de esfuerzos de la región Cajamarca para la misma época, donde se emplazaron los importantes yacimientos de Yanacocha, El Galeno, Michiquillay y Minas Conga.

Hay dos estructuras principales: Centro Volcánico Hércules y el Stock Collaracra.

a) **Centro Volcánico Hércules**. - Está ubicado en el cerro Tarugo y está limitado por las quebradas Carán y Hércules. De él han salido lavas andesíticas y brechas piroclásticas que reposan en discordancia angular sobre las rocas Cretáceas y los volcánicos Calipuy.

   Dentro de la estructura semicircular se emplazó el Pórfido Tarugo de composición dacítica, en el probable foco volcánico y el Pórfido Pincullo. Alrededor del centro volcánico se emplazaron otros pequeños stocks como la Dacita Hércules (comúnmente conocida como Tufo Hércules), en el cerro Pucara, de donde salen diques al norte y al sur; el Pórfido Huancapeti emplazado casi en el borde de la fractura circular, el Pórfido Bellota Maguiña, al oeste de la confluencia de las quebradas Hércules y Carán; el Pórfido Señor de Burgos y el Pórfido Olga, los tres últimos de composición similar al de Tarugo.

   Los impulsos magmáticos dentro del centro volcánico determinaron el modelo del fracturamiento principal, que son fracturas del rumbo N 30° W, principalmente en los contactos del dique Dacítico (tufo), que fueron afectadas por el fallamiento principal tipo Tarugo, Wilson, con el cual se asocian un sistema de fracturas conjugado tipo Huancapeti. Fracturas tensiónales tipo Nebraska, Carpa, Félix II, San Arturo, Santa Deda, Lorena, etc. están fuera del centro volcánico y tienen un modelo groseramente radial.

   Las fallas Señor de Burgos, Hércules, Tucto, de rumbo N-E, desplazan a las fracturas NW-SE en el sentido dextrógiro. A lo largo de la falla Hércules hay pequeños cuerpos intrusivos de brecha, turmalina, cuarzo, pirita.

b) **Stock Collaracra**. -Está ubicada en el cerro del mismo nombre, el cuerpo principal está a ambos lados de la quebrada Ismopata, tiene una forma más o menos circular, de él salen numerosos diques y diques capas (sills), que se extienden hacia Jinchis y Florida, este stock es Porfirito y de composición dacitica, está emplazado en los volcánicos Calipuy.

1.2.5 Geología Económica

- **Origen y tipo del yacimiento**

  Los depósitos minerales en la zona de Hércules son de origen hidrotermal, del tipo de vetas de relleno y reemplazamiento de fracturas en rocas volcánicos e intrusivos terciarios, íntimamente vinculados con los procesos volcanogeneticos. Los depósitos de minerales son de carácter polimetálico con rumbo N30°W y buzamiento 45° NE, longitudes de 1 a 4 Km.

- **Mineralización**

La mineralización es fundamentalmente de plata-plomo-zinc y cobre, en menor proporción.

Minerales de Mena: Galena (PbS), esfalerita (SZn), argentita (PbAgS), calcopirita (CuFeS), tetraedrita (AsAgCuS) y otros.

Los minerales extraídos son: 2.66 Onz Ag/TM, 1.45 %Pb y 2.43 %Zn.

Minerales de Ganga: cuarzo (SiO_2), arsenopirita (AsFeS), pirita (FeS_2), calcita ($CaCO_3$), rodocrosita ($MnCO_3$).

- **Mineralización en vetas**

Los clavos de minerales están restringidos a vetas individuales, algunas veces en formas de columnas como en Manto 2. En las vetas del sistema Hércules, los clavos de mineral tienen anchos que no sobrepasan los 2.50 m con longitudes entre 40m y 200m, separados por zonas estériles. Hay más de un clavo de mineral, pero también hay uno solo conocido, como en Florida, Jesús, Wilson.

- **Mineralización en cuerpos**

Estos se han formado por la proximidad de dos vetas, como aquellos entre las vetas “Hércules A” y “Manto 2” o por la presencia de un ramal de vetas como Manto 2A, por la unión de dos vetas principales como Hércules A y Manto 2 en su extremo sur, por la intersección con una falla como en Huancapeti y Hércules.

Estas estructuras tienen una mineralización concentrada en la veta respectiva y diseminación entre ellas generalmente de menor ley, pero en promedio son económicas y fuentes de gran tonelaje. Los cuerpos formados por la proximidad de la veta Hércules A y Manto 2 en el nivel 6 llegan hasta el nivel 5 y por debajo unos 50 m; tienen la forma de troncos de pirámides con anchos variables entre 4 m a 20 m, y longitudes de 50 m a 200 m aquel cuerpo en vetas individuales de los niveles altos tiene anchos de 3 m a 5 m, están asociados casi invariablemente a la mineralización de las vetas. Los cuerpos controlados por las fallas son los más persistentes y más anchos hasta de 30 m, en el frontón 2 Sur.

- **Normas de Cubicación**

Las Reservas de Mineral están calculadas en base al muestreo sistemático de canales y leyes de producción, en algunos casos. Están definidas como la suma de mineral de mena: probado y probable, más el total o parte del mineral marginal

siempre y cuando el promedio pesado sea mayor que la ley mínima de explotación.

a. <u>Ancho Mínimo de minado y leyes de minado</u>

Para todos los bloques con potencias inferiores a 2.00m, se considera un factor de dilución del 10%, se considera un ancho mínimo de minado de 1.50m para la veta Hércules A; 1.20m para otras vetas. En el caso de las leyes de ensayos son castigadas por un factor proveniente de dividir la potencia de ensayos entre el ancho de minado, es decir por el factor de dilución.

Algunos bloques de mineral en la veta Hércules A no han sido diluidos ni sus leyes castigadas por las siguientes razones:

- Se cubica como veta, la preparación muestra que es un cuerpo de mineral, se gana en ancho (tonelaje) y también en ley.
- En los cuerpos de mineral, generalmente no se explota la parte pegada al techo, por problemas de sostenimiento. Con esto se reduce el ancho de la mineralización y se evita introducir la dilución.
- En los cuerpos limitados por las vetas Manto 2 y Hércules A, la explotación está limitada; se dejan pilares mineralizados, que reducen el tonelaje, compensando el tonelaje adicional por dilución.
- Hay muchos castigos por leyes altas, durante la explotación generalmente aumentan las leyes debido a la erraticidad de la mineralización. Por este motivo se evita en lo posible castigar las leyes de ensayos por errores de muestreo o de ensayos, principalmente en los cuerpos. Las leyes de producción de los bloques de mineral lo confirman.

b. <u>Altura de los bloques</u>

Los datos sobre altura se refieren a un plano vertical, para efectos de cálculos son modificados sobre el plano de veta o reducidos a este plano.

Para los bloques de mineral con una sola labor de muestreo, la longitud mineralizada correspondiente, para la respectiva altura de los bloques se refiere a la longitud total del clavo o cuerpo mineralizado. Hay bloques individuales dentro de un mismo clavo o cuerpo de mineral, estos son diferenciados por razones de trabajo o de valores. Los bloques individuales tienen la misma altura correspondiente a la longitud del clavo o cuerpo mineralizado.

Para bloques de mineral con dos o más labores de muestreo, la altura está dada por las chimeneas o niveles. El criterio geológico referente a la forma del cuerpo de mineral, a la continuidad mineralógica, a su estructura, etc. prevalece, modificando a veces las normas de altura.

Las alturas indicadas son máximas para bloques probados, medidos en un plano vertical, para efectos de cálculo, ellos se reducen a la distancia inclinada. Los bloques probables pueden tener igual o menor altura de acuerdo al criterio geológico.

La altura mínima es de 10m. Y la longitud mínima mineralizada es de 15m.

Tabla 2. Altura de los bloques de mineral Probados

Veta	Longitud mineralización	Altura
Hércules A	20m – 100m	35m
	100m -500m	50m
	Más de 500m	65m
Manto 2	Menos de 20m	12m
	20m – 50m	14m
	50m – 100m	20m
	Más de 100m	28m

Fuente: Elaboración Propia

c. <u>Área de los Bloques</u>

Se calcula multiplicando la longitud por la altura, en figuras simples o empleando formulas geométricas en figuras más complicadas, en ambos casos el resultado se multiplica por el factor de corrección por buzamiento (30°= 2, 35°=1.74, 40°=1.55, 45°=1.41, 50°=1.30).

d. <u>Volumen de los Bloques</u>

Se calcula multiplicando el área por el ancho de minado.

e. <u>Tonelaje de los Bloques</u>

Se calcula multiplicando el volumen por el peso específico.

f. <u>Clasificación de los Bloques</u>

- <u>Por accesibilidad.</u>

  Accesible. - Fácilmente minable o cuya extracción es económica a corto plazo.

  Eventualmente accesible. - Mineral que satisface las condiciones económicas anteriores, pero que será minada después de muchos años o al final de la vida de la mina: pilares, puentes en piques, en regiones inundadas o por debajo de instalaciones de superficies que

serán desmontadas. Esta categoría comprende los bloques de recuperación.

Inaccesible. - Son antieconómicos para explotarlos (zonas inaccesibles). No forman parte de las Reservas de Mineral.

- Por certeza geológica.

  Probado. - Mineral delimitado por una o más labores en donde prácticamente no hay riesgo de discontinuidad.

  Probable. - Adyacente al block probado, su continuidad está garantizada por factores geológicos.

- Por valores.

  Mena. - Mineral que cubre todos los gastos, es mayor que la ley mínima de explotación.

  Marginal. - Mineral que cubre gran parte de los gastos indirectos.

  Submarginal. - mineral que no cubre los gastos indirectos. Los bloques submarginales no tendrán bloques probables. No forman parte de las reservas de mineral.

  Informativo. - Block referencial donde ha habido laboreo minero con muestreos antiguos. Indican zonas prospectivas o bloques de mineral que debieran de haber sido eliminados, pero con posibilidades de encontrar mineral cuando se hagan trabajos adicionales.

g. Reservas de Mineral

Las reservas de mineral de Hércules son:

Tabla 3. Altura de los bloques de mineral Probados

VETA	CATEGORIA	TMS	ANCHO	PROMEDIOS DILUIDOS			US$
				Ag Oz/TM	%Pb	%Zn	Equiv.
HERCULES A	Probado	50,525	1.62	2.76	1.48	2.65	55.34
	Probable	52,381	1.61	2.73	1.68	2.76	57.82
	TOTAL	**102,906**	**1.61**	**2.74**	**1.58**	**2.71**	**56.60**
MANTO 2	Probado	73,694	2.33	4.63	3.45	2.98	91.89
	Probable	43,154	2.62	5.46	4.38	3.40	110.59
	TOTAL	**116,848**	**2.44**	**4.96**	**3.82**	**3.15**	**99.31**
TOTAL DE RESERVAS		**219,754**	**2.10**	**4.18**	**2.47**	**2.63**	**74.25**

Fuente: Elaboración Propia

1.3 DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES MINERAS

1.3.1 Descripción del Método de Minado

El método de explotación seleccionado en vetas y cuerpos mineralizados según el análisis de caracterización geomecánica, ventilación, servicios auxiliares, sostenimiento, etc., se tiene los siguientes métodos de explotación:

A) Corte y Relleno Ascendente Mecanizado en Breasting

Aplicado en blocks mineralizantes donde el tipo de roca encajonante y el block mineralizante es de tipo <= Regular IIIB (RMR = 41-50).

El minado se realizará en bancos horizontales de 3m de altura de corte (breasting), que se iniciará desde el nivel inferior hasta llegar al nivel superior dejando un puente por seguridad. Cuando un banco o piso ha sido explotado, los vacíos se rellenan con material detrítico, que forma una nueva plataforma o piso de minado para el siguiente corte, la limpieza del material se realiza con equipos Scooptram. Según la geometría del yacimiento (Potencia, buzamiento, longitud) se tiene dos variantes:

a. Corte y Relleno Ascendente – Breasting (Pot =<2.50 - 3.50>= m); Fases de Minado

- **Preparación:** Una vez desarrollado la estructura mineralizada en longitud y haber realizado los muestreos respectivos, determinamos la zona económica. A partir de una rampa Auxiliar se construyen brazos de batidos cada 20 m de altura en vertical, con buzamiento a 35º es 28.28 m en inclinado, se construyen accesos de 3.50 x 3.50 m, con gradientes de -15% y longitudes de 60 m para dar acceso a los frentes de ataque. Se realzan los accesos conforme sube la explotación hasta lograr una gradiente de +15%.

- **Explotación:** Se realiza el desquinche de la caja piso del mineral, sin comprometer la corona, cuyo objetivo será elevar la caja piso (con el desarrollo de la galería se llegó a la altura de gradiente). Este disparo se hará en retirada en tramos de 10 m.

  Culminado el relleno se procede a formar el banco de explotación de 3.0 m. Los taladros de producción serán en forma horizontal con voladura controlada (Pre corte), en toda la longitud del block. Este ciclo operativo continuara hasta que la Rampa (-) 15 % de acceso, forme una RP (+) 15%. Longitud máxima de Tajeo a explotar 100m. a cada ala (N-S), según sea el caso.

- **Extracción:** Se utiliza Scoop de 4.2 a 6 yd3, hacia un echadero y/o cámaras de acumulación de mineral cercano a la zona de explotación (Max 150 m).
- **Relleno:** Para el proceso de relleno, se realiza en retirada dejando una luz máxima de 1.50 m (Por el buzamiento) y formar el banco de explotación, el área de topografía es el encargado de pintar la línea de rasante para el relleno respectivo de acuerdo a la altura sugerida.
- **Transporte:** Se utiliza volquetes VOLVO FMX, de capacidad 10 m3, acondicionadas para interior mina (Tolva y cabina recortadas para sección 4.00x4.00 m).

b. Corte y Relleno Ascendente – Breasting Cámaras y pilares (Pot >= 3.50 m)

Fases de Minado

- **Preparación:** Se realiza una vez desarrollado la estructura mineralizada (control caja piso) en longitud y potencia (cámaras y pilares, al techo según diseño geomecánica) y determinando la zona económica. El criterio de diseño de rampa de acceso se toma del método anterior (Corte y relleno estándar), a partir de una rampa auxiliar se construyen brazos de batidos cada 20 m de altura en vertical, con buzamiento a 35º es 28.28 m en inclinado, se construyen accesos de 3.50 x 3.50 m, con gradientes de -15% y longitudes de 60 m para dar acceso a los frentes de ataque. Se realzan los accesos conforme sube la explotación hasta lograr una gradiente de +15%.
- **Explotación:** Se realiza el desquinche de la caja piso del mineral (galería inicial), sin comprometer la corona, cuyo objetivo será elevar la caja piso (con el desarrollo de la galería se llevó a la altura de gradiente). Este disparo se hará en retirada en tramos de 10 m.

  Culminado el relleno se procede a formar el banco de explotación de 3.00 m. Los taladros de producción serán en forma horizontal con voladura controlada (Pre corte), en toda la longitud del block.

  Debido a que el buzamiento de la estructura mineralizada es <=35°; se tiene que dejar en el siguiente corte otra fila de pilares por el ancho de explotación y para proteger la caja techo y rampa de acceso. Estos pilares estarán de acuerdo a la evaluación geomecánica.

  Este ciclo operativo continuara hasta que la Rampa (-) 15 % de acceso, forme una RP (+) 15%.

  Longitud máxima de Tajeo a explotar 50m a cada ala (N-S), según sea el caso.

- **Relleno:** Luego se procede al relleno en retirada dejando una luz máxima de 1.50 m (por el buzamiento) y formar el banco de explotación. El área de topografía es el encargado de pintar la línea de rasante para el relleno respectivo de acuerdo a la altura sugerida.
- **Extracción:** Se utiliza Scoop de 4.2 a 6 yd3, hacia un echadero y/o cámaras de acumulación de mineral cercano a la zona de explotación (Max 150 m.).

B) Corte y relleno ascendente en Realce

Aplicado en blocks mineralizantes donde el tipo de roca encajonante y el block mineralizante es de tipo <= Regular III A (RMR = 51-60).
El minado se realizará, a partir de la galería base, con perforación en realce, hasta llegar al nivel superior dejando un puente por seguridad. Luego de la voladura se procederá a sostener de acuerdo a la recomendación geomecánica. En seguida viene el relleno con material detrítico en avanzada, dejando una altura de perforación de 3.50 m.

Según la geometría del yacimiento (potencia, buzamiento y longitud) se tiene dos variantes:

a. Corte y Relleno Ascendente Con perforación en realce (<2.00 – 3.50 > m)
Fases de Minado

- **Preparación:** Se realiza una vez desarrollado la estructura mineralizada (control caja piso) en longitud y determinando la zona económica. El criterio de diseño de rampa de acceso se toma del método anterior (Corte y relleno estándar), a partir de una rampa auxiliar se construyen brazos de batidos cada 20 m de altura en vertical, con buzamiento a 35º es 28.28 m en inclinado, se construyen accesos de 3.50 x 3.50 m, con gradientes de -15% y longitudes de 60 m para dar acceso a los frentes de ataque. Se realzan los accesos conforme sube la explotación hasta lograr una gradiente de +15%.
- **Explotación:** Se inicia con la cara libre en el extremo de cada tajo generando una salida de sección (Pot.vetax2 m), para luego continuar con la perforación de los taladros de producción paralelos a la cara libre, cuya inclinación será acorde al buzamiento de la estructura.
  Se realiza la voladura en retirada, con tramos cortos (10 m), este proceso se realiza hasta el inicio de la zona de explotación.
  Luego se inicia el relleno en avanzada dejando una luz máxima de Techo – piso de 3.50 m, para realizar el sostenimiento de acuerdo a la recomendación geomecánica.

Este ciclo operativo continuara hasta que la Rampa (-) 15 % de acceso, forme una RP (+)15%.

Longitud máxima de Tajeo a explotar 100m. a cada ala (N-S), según sea el caso.

- **Extracción:** Se utiliza Scoop de 4.2 a 6 yd3, hacia un echadero y/o Cámaras de acumulación de mineral cercano a la zona de explotación (Max 150 m).
- **Relleno:** El relleno se realiza en avanzada dejando una luz máxima de techo – piso de 3.50 m; el área de topografía es el encargado de pintar la línea de rasante para el relleno respectivo de acuerdo a la altura sugerida.

b. Corte y Relleno Ascendente Con cámaras y pilares realce (Pot>= 3.50 m)

Fases de Minado

- **Preparación:** Se realiza una vez desarrollado la estructura mineralizada (control caja piso) en longitud y potencia (cámaras y pilares, al techo según diseño geomecánica), y determinando la zona económica. El criterio de diseño de rampa de acceso se toma del método anterior (Corte y relleno estándar), a partir de una rampa auxiliar se construyen brazos de batidos cada 20 m de altura en vertical, con buzamiento a 35º es 28.28 m en inclinado, se construyen accesos de 3.50 x 3.50 m, con gradientes de -15% y longitudes de 60 m para dar acceso a los frentes de ataque. Se realzan los accesos conforme sube la explotación hasta lograr una gradiente de +15%.
- **Explotación:** Se inicia con la cara libre en el extremo de cada tajo generando una salida de sección (Pot.vetax2.00 m), para luego continuar con la perforación de los taladros de producción paralelos a la cara libre, cuya inclinación será acorde al buzamiento de la estructura. La Explotación será en retira tanto en longitud y potencia, que significa que primero se realizar el corte típico en realce en la cámara del piso, para luego pasar a la cámara del techo. Con la idea que la intercamaras del Cámara 1 (Caja techo), puedan servir como ventanas de extracción de mineral del material disparado.

  También se realiza la voladura en retirada, con tramos cortos (10m), este proceso se realiza hasta el inicio de la zona de explotación.

  Luego se inicia el relleno en avanzada, iniciando por la cámara 1 para pasar a la cámara 2 dejando una luz máxima de Techo – piso de 3.50 m, para realizar el sostenimiento de acuerdo a la recomendación geomecánica en avanzada.

Debido a que el buzamiento de la estructura mineralizada es <=35°; se tiene que dejar para el siguiente corte, otra fila de pilares por el ancho de explotación y para proteger la caja techo y rampa de acceso; estos pilares estarán de acuerdo a la evaluación geomecánica.

Este ciclo operativo continuara hasta que la Rampa (-) 15 % de acceso, forme una RP (+) 15%.

Longitud máxima de Tajeo a explotar 50m a cada ala (N-S), según sea el caso.

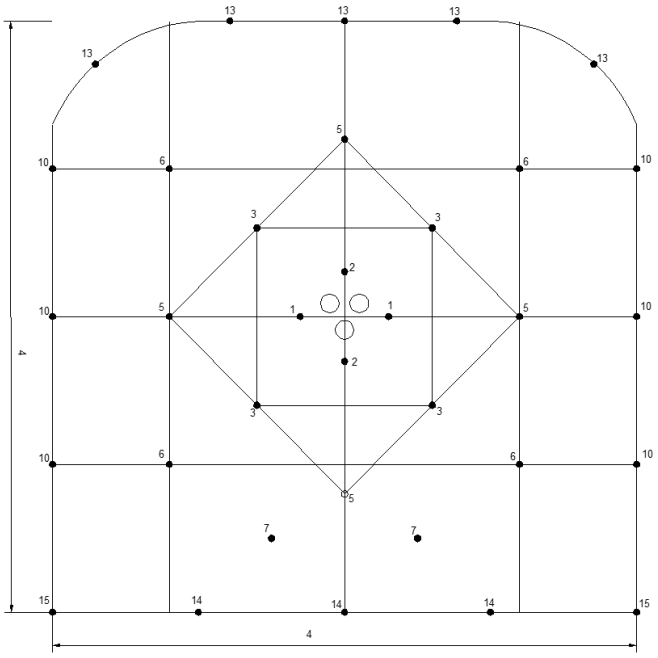
- **Extracción:** Se utiliza Scoop de 4.2 a 6 yd3, hacia un echadero y/o cámaras de acumulación de mineral cercano a la zona de explotación (Max 150 m).
- **Relleno:** El relleno en avanzada, iniciando por la cámara 1 para pasar a la cámara 2 dejando una luz máxima de techo – piso de 3.50 m. el área de topografía es el encargado de pintar la línea de rasante para el relleno respectivo de acuerdo a la altura sugerida.

1.3.2 Operaciones mineras unitarias

A. Perforación

La perforación es parte principal del ciclo de minado, siendo el inicio de la operación unitaria, se realiza con los jumbos sección 4.00x4.00 m.

Figura 3. Diseño de la malla de perforación.



Fuente: Área perforación y voladura Cía. Minera Lincuna S.A.

Tabla 4. Estándares de perforación y voladura.

MALLA DE PERFORACION (4.0x4.0) Y FACTOR DE CARGUIO (ANFO)									
			Explosivos				Accesorios		
DISTRIBUCION DE TALADROS	N° taladros	Cartuchos/Taladro	Emulex 65 11/8"X8"	Emulex 80 11/4"X8"	Anfo	Pentacord	Fanel	Carmex	Mecha rapida
ALIVIOS (RIMADO)	3								
ARRANQUE	4	1	0	4	16.22	25.00	4	2	0.2
PRIMERAS AYUDAS	4	1	0	4	16.22		4		
SEGUNDAS AYUDAS	4	1	0	4	14.60		4		
AYUDA CUADRADORES	4	1	0	4	11.36		4		
CUADRADORES	6	1	0	6	17.03		6		
AYUDA CORONA	2	1	0	2	0.00		2		
CORONAS	5	9	45	0	0.00		5		
ARRASTRES	5	13	0	65			5		
TOTAL DE TALADROS	37		45.00	89.00	75.43	25.00	34.00	2.00	0.20

Cantidad de explosivo (Kg)	97.79

Factor por metro l	32.60	Kg/mt
Factor de carga	2.66	Kg/m3

Fuente: Área perforación y voladura Cía. Minera Lincuna S.A.

B. Preparación y voladura

- Limpiar bien el taladro con cucharilla y/o soplete.
- Superficie de la punta atacador debe ser lisa, convexa y de mayor diámetro.
- El cebado debe ser centrado no introducir el fulminante hasta la mitad del cartucho.
- Colocar los cartuchos una detrás de otra hasta que se peguen o se unan entre ellas y atacar levemente cada dos o tres cartuchos y confinar todos los cartuchos al final, para que exista continuidad de carga.
- Para facilitar el acoplamiento entre cartuchos se puede hacer uno o dos orificios en el cartucho para que acople al cartucho que le sigue.
- Usar tacos de arcilla en todos los taladros para disminuir las vibraciones por golpe de aire.
- El cebo debe introducirse al fondo del taladro en dirección a la boca del taladro.
- En taladros sobre cabeza cada dos cartuchos de emulsión picar 2 huecos cortos para que al momento de introducir los cartuchos éste se adhiera al taladro se confine y acople.
- No tarjar los cartuchos.
- Al momento de atacar el explosivo no es necesario reventar el plástico, solamente acoplar y atacar al final.
- Paralelismo y distancia adecuada es importante para evitar el efecto de presión de muerte o congelamiento

C. Limpieza

Para la Limpieza de labores de mineral y desmonte se emplearán equipos diésel (minería trackless) que permitirán alcanzar una mayor productividad en el desarrollo de las actividades mineras, en este caso la CML S.A. contará con equipos de las siguientes capacidades: 08 Scoops Caterpillar R1300G de 4,2 yd3, 01 Scoop R1600G de 6,0 yd3, 01 Scoop LH-310 de 4,2 yd3 y 01 Scoop LH-410 de 6,0 yd3, 02 Scoops Wagner 2,2 yd3, 02 Scoop Wagner 3,5 yd3 y 01 Scoop Yarvis 01 yd3. Estos equipos sirven para poder realizar la limpieza del frente mismo donde se realizó la voladura, para luego realizar la acumulación o el carguío directo hacia los volquetes para la extracción del material de caja (desmonte) o de mineral.

D. Transporte

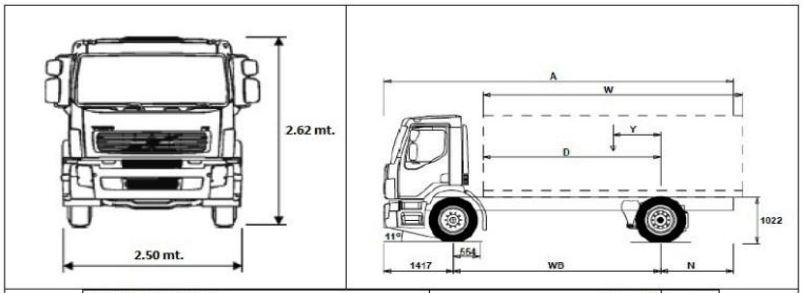
Se cuenta con equipos de 15 m^3 recortados a 12 m^3 debido a la sección que se cuenta en interior mina.

Se está solicitando equipos de 25 m^3 para llevar mineral de superficie – Hércules a planta concentradora.

Para tener una buena eficiencia y rendimiento en cuanto a la extracción de mineral mediante volquetes, se debe tener en cuenta las características para este tipo de trasporte que se detallan a continuación:

- Vis en buen estado de mantenimiento, para minimizar el costo por las llantas y optimizar los tiempos de transporte.
- Cámaras de carguío tanto para el mineral como para el desmonte, que tengan una ubicación estratégica.
- Pendientes no mayores a +/- 12%.
- Capacidad de carga por cada volquete.

Figura 4. Especificaciones técnicas equipo de transporte.



CAPACIDAD	25-30	t
CAPACIDAD	15	m^3

Especificaciones técnicas de equipo de transporte

Fuente: Área perforación y voladura Cía. Minera Lincuna S.A.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Antecedentes de la investigación

A nivel internacional

- Autor, Alejandro Novitzky, Ingeniero de Minas e Ingeniero Geólogo. Ex profesor de Explotación de Minas de la Universidad de Chile – 1962, trabajo: “Ventilación de minas – Ventiladores para minas, acondicionamiento del aire, incendios subterráneos y salvamento”.

  Cuyas consideraciones principales son:

  Se considera lo fundamental las propiedades físicas del aire y aerodinámica minera, dentro de ello tenemos propiedades físicas del aire y parámetros básicos del aire, en lo cual se considera que en la ventilación de minas se utiliza el peso específico estándar P.E. = 1.2 kg/m^3; que es el peso de 1 m^3 de aire, con la

presión de 1 atm; temperatura de 15° y la humedad de 60%, las resistencias de las labores mineras al movimiento de aire se divide en contra las paredes de la labor y de las partículas entre sí, resistencias locales y resistencias frontales.

- Autor, Anna Felsner. Austria – 2013, Tesis: “Application of Ventsim Visual at the show mine Erzberg”.

  Concluye:
  La complejidad de ventilación subterránea de la mina no se debe solo a las leyes matemáticas y físicas, que necesita ser considerado, sino que también por las bastantes influencias geológicas en cada mina. La simulación de ventilación de la mina es de manera eficiente con Ventsim Visual, de facilidades para revisar esta complejidad.

  El ejemplo de la mina de función Erzberg demuestra que bastantes medidas y bastantes observaciones son requeridas antes de que puedan hacerse las simulaciones. Por eso es significativo diseñar la mina en un programa de simulación, aunque un cambio del sistema de ventilación no es planificado todavía. El modelo de la mina de función Erzberg en Ventsim Visual mostrando el modelo lo más realista posible, ahora puede ser la base, pues todas de las más consideraciones guardaron relación con el sistema de ventilación. Si allí está la necesidad para detallar el diseño, toda apreciación puede ser especificada fácilmente dentro del modelo existente. Aun si una ventilación artificial nunca sería necesario, las ayudas de programa para estimar el cambio de flujo de aire provocado, por ejemplo, por la conexión de sentidos existentes, la excavación de sentidos nuevos o el movimiento e instalaciones de puertas de ventilación.

A nivel Nacional

- Autor, Ing. Aníbal Mallqui Tapia – 2006; trabajo: “Ventilación de minas”.

  Cuyas características establece:

  El trabajo de ventilación de minas tiene por objeto suministrar a las labores en operación suficiente aire fresco en función a las necesidades del personal, equipo diésel autorizado y dilución de contaminantes, de modo que la atmosfera en dichas zonas mantenga sus condiciones termo – ambientales en compatibilidad con la seguridad, la salud y rendimiento del personal. En base al expuesto, me complace brindar el presente proyecto, producto de una variada recopilación de obras de la especialidad y de conocimiento y experiencia

adquiridos en el ejercicio de la profesión en diferentes empresas mineras y las universidades.

- Autor, Pablo Giménez Ascanio, Ingeniero de Minas; trabajo de aplicación en minería clásica: “Ventilación de minas subterráneas y túneles”.

  Cuyas principales conclusiones establece:

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

2.1.2 Definición de términos

2.1.2.1 Diseño del Sistema de Ventilación

Para determinar los parámetros principales del diseño de ventilación, se considera, la densidad de aire. Coeficiente de fricción, presión barométrica de la ventilación natural, etc.

También es fundamental a determinación el caudal requerido por trabajadores, consumo de madera, temperatura en la labor de trabajo, equipo con motor petrolero y fugas; para ello es necesario determinar la capacidad del ventilador, caída de presión, diámetro de la manga, longitud de la manga y costos apropiados.

2.1.2.2 Optimización del Sistema de Ventilación

Según: Mallqui T. A. (1981), en la tesis titulada “Proyecto optimización del sistema de ventilación” en su conclusión indica:

- Se acepta que el incremento de la temperatura del aire debido al auto compresión es el orden de 1° C por cada 100 metros de profundidad.
- El incremento de la temperatura es como resultado de la oxidación el carbón, de la pirita, putrefacción de la madera, velocidad del flujo de aire, el trabajo de equipos motorizados que influyen en el incremento de la temperatura.
- El movimiento de aire es originado en interior mina por la diferencia de presiones entre dos puntos del aire creados en forma natural o artificial.

2.1.2.3 Ventsim Visual Premium

Software de ventilación computacional que permite la simulación de grandes modelos de ductos subterráneos, el cual busca hacer el diseño y simulación de una red de ventilación.

2.1.3 Fundamentación Teórica

La terminología propia de la presente investigación estará agrupada en los 3 principales campos de ejecución: levantamiento de campo de estaciones de monitoreo de ventilación, diseño de circuito de ventilación y caracterización de ventiladores y caracterización en el Software Ventsim Visual™.

2.1.3.1 Gases presentes en las minas

Los gases contaminantes se producen con frecuencia en las minas tanto en condiciones normales como anormales. Por ejemplo, el CO_2 es producido por equipos con motores petroleros y los disparos. ***(Ver tabla 5)***

A continuación, se detallan los gases presentes en las minas:

- Nitrógeno (N_2), Oxigeno (O_2), Anhídrido carbónico (CO_2), Monóxido de carbono (CO), Óxidos de nitrógeno, Anhídrido sulfuroso (SO_2), Ácido sulfhídrico (H_2S) y Metano (CH_4).

En toda actividad minera, en cuanto la calidad de aire, deberá mantenerse dentro del límite de exposición ocupacional para agentes químicos:

✓ **Tipos de límites**[1]:

TMA: Medida Moderada en el tiempo (Time Weighted Average). Para comparar con el promedio ponderado en el tiempo de exposición a concentraciones individuales durante la jornada de trabajo. Los limites TWA para 8 horas necesitan corrección al ser aplicados a jornadas de trabajo diferentes.

STEL: Exposición de Corta Duración: Short Time Exposure Level. Limita las exposiciones a corto tiempo, normalmente 15 minutos. Limite a comparar con la exposición promedio ponderada en el tiempo acumulada durante 15 minutos continuos. La exposición a concentraciones mayores no debe superar los 15 minutos y puede ocurrir un máximo de 4 veces por jornada con descansos de 1 hora mínimo entre exposiciones.

[1] Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería D.S. 024-2016-EM y su modificatoria D.S. 023-2017-EM, Anexo N° 15.

C: Celling. Nivel Techo de Exposición. Limite que en ningún momento deberá ser sobrepasado.

Tabla 5. Límites de exposición Ocupacional para Agentes Químicos.

Nº	Agentes Químicos (en el aire)	Límites de Exposición Ocupacional					
		TWA		STEL		Techo (C)	
1	Anhídrido Sulfuroso (SO2)	2	ppm	5	ppm		
2	Dióxido de Carbono (CO2)	5000	ppm	30000	ppm		
3	Dióxido de Nitrógeno (NO2)	3	ppm	5	ppm		
4	Metano (CH_4)					5000	ppm
5	Monóxido de Carbono (CO)	25	ppm				
6	Monóxido de Nitrógeno	25	ppm				
7	Oxígeno (O_2)	19.5	%			22.5	%
8	Polvo inhalable (1)	10	mg/m^3				
9	Polvo respirable (1)	3	mg/m^3				

Fuente: D.S. 024-2016-EM, Anexo N°15.

2.1.3.2 Ventilación Subterránea

Es el suministro de aire a las labores mineras, requerido por los trabajadores, consumo de madera, temperatura en las labores de trabajo, equipo con motor petrolero y fugas; con la ayuda y buen grado de utilización de ventiladores y los diversos dispositivos de control de flujos, tales como puertas de ventilación, tapones, reguladores, instalados para este fin (distribución) al interior de los circuitos principales y secundarios.

2.1.3.3 Tipos de Ventilación

- **Ventilación Natural**

El “tiro natural”, en las minas se debe a la diferencia de densidad del aire que ingresa y el saliente. Esta diferencia de densidad proviene principalmente de la diferencia de temperatura del aire (>T° a < T°), en menor grado a la diferencia de presión (>H a < H), y menos aún a la variación de humedad y composición química del aire.

La ventilación natural puede ser importante para la ventilación de algunas minas, particularmente de las muy profundas, pero no es muy confiable por su variabilidad por las estaciones del año.

La temperatura en el exterior puede variar desde menos 0° hasta 35°C entre el verano y el invierno, mientras que la temperatura en el interior de la mina permanece más o menos constante, excepto en las temperaturas en el interior de la mina permanece más o menos constante, excepto en las cercanías de las

conexiones a superficie. Esto hace que la ***Presión de Ventilación Natural*** (Hvn), varié de acuerdo con las fluctuaciones estacionales de la temperatura en la superficie.

La Hvn varía entre 125 y 750 Pa (1 – 7 mm H_2O) y el caudal entre 10 y 500 m^3/min; dependiendo de las resistencias de la mina.

- **Ventilación Mecánica**

  El aire en la mina es inducido por una diferencia de presión, entre el ingreso de aire, generado por un ventilador, como la ventilación auxiliar o secundaria y son aquellos sistemas que, haciendo uso de ductos y ventiladores auxiliares, ventilan áreas restringidas de las minas subterráneas, empleando para ello los circuitos de alimentación de aire fresco y de evacuación del aire viciado que le proporcione el sistema de ventilación general.

  Objetivo de la ventilación auxiliar es mantener las galerías en desarrollo, con un ambiente adecuado para el buen desempeño de los trabajadores y equipos con motor petroleros, esto es con nivel de contaminación ambiental bajo las concentraciones máximas permitidas, y con una alimentación de aire fresco suficiente para cubrir los requerimientos de los equipos con motores petroleros utilizados en el desarrollo y preparación de nuevas labores.

2.1.3.4 Tipos de Ventiladores

Los ventiladores se dividen en 2 tipos: ventiladores axiales y centrífugos. Para cada uno de estos tipos se pueden disponer con variedad de posiciones de descarga y distintos tipos de accionamiento del rodete.

Para realizar este trabajo el ventilador requiere de una potencia en el eje del motor que lo acciona y que vine dada por la expresión:

$$Potencia\ (Watios) = \frac{Caudal\ \left(\frac{m3}{s}\right) x\ Presión\ total\ (Pa)}{n_{ventilador}\ (\%)}$$

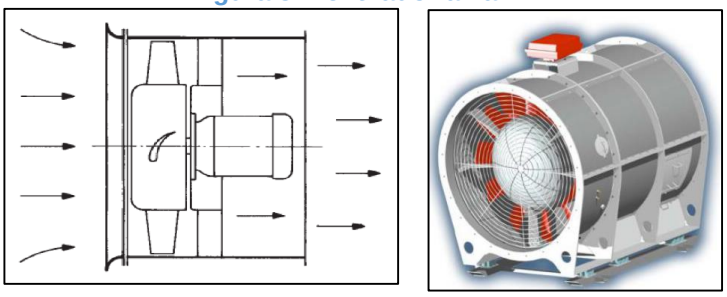
Un ventilador funcionando a una determinada velocidad y conectado a un sistema que tiene una resistencia dada, desarrolla una presión que representa su capacidad de realizar trabajo útil. Una vez estabilizado el flujo de aire a través del sistema, una parte de la energía impartida por el ventilador se convierte en velocidad (presión de velocidad), y el resto será la energía disponible para vencer la resistencia del circuito (presión estática o útil). La suma de estas dos

presiones constituye la presión total del aire en un punto determinado del circuito.

- **Ventilador Axial.**

En este tipo de ventiladores, el aire ingresa a lo largo del eje del rotor y luego de pasar a través de las aletas del impulsor o hélice es descargado en dirección axial. También se les llama ventiladores de hélice. Ofrece el más alto flujo de aire, su eficiencia eta entre 70% y 80% y son capaces de trabajar a las velocidades más altas, presentan una gama fuerte de inflexión e inestabilidad, producen los niveles más altos de ruidos, son más versátiles y son más baratos. ***(Ver figura 5)***

Figura 5. Ventilador axial.

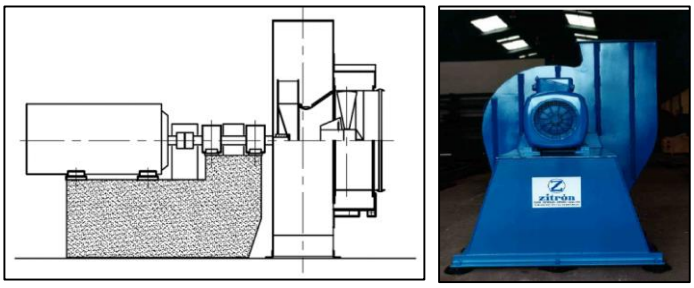


Fuente: (2013). Tesis "Sistema de ventilación de diez kilómetros del túnel de conducción de la Central Hidroeléctrica Huanza". Carlos Manuel Quevedo Chanamé. (2007). Zitrón, Ventilación de Minas.

- **Ventilador Centrífugo**

En estos ventiladores, el aire entra por el canal de aspiración que se encuentra a lo largo de su eje, cogido por la rotación de una rueda con alabes. Ofrece la más alta presión estática y flujo mediano. Su eficiencia varía entre 60% y 80%, pueden trabajar a altas velocidades. Son ventiladores que pueden considerarse "quietos" si se observa su curva característica, produce menos ruido que las axiales, son rígidos, son más serviciales, pero más costosos. ***(Ver figura 6)***

Figura 6. Ventilador Centrifugo.



Fuente: (2013). Tesis "Sistema de ventilación de diez kilómetros del túnel de conducción de la Central Hidroeléctrica Huanza". Carlos Manuel Quevedo Chanamé. (2007). Zitrón, Ventilación de Minas.

2.1.3.5 Clasificación Según su Desempeño en Mina

- ✓ **Ventilación Principal**

  Es el uso de ventiladores principales las cuales gobiernan en todo el circuito global de ventilación, y que cumplen con suministrar el aire requerido (Qr). Principalmente se instalan en superficie conectados a chimeneas.

- ✓ **Ventilación Secundaria**

  En ventilador secundario es instalado para ayudar al ventilador primario en controlar la presión del aire y reducir fugas dentro de labores mineras.

- ✓ **Ventilación Auxiliar**

  Como ventilación auxiliar se define aquellos sistemas que, haciendo uso de ductos y ventiladores auxiliares, ventilan áreas restringidas de las minas subterráneas, empleando para ello circuitos de alimentación de aire fresco y de evacuación del aire viciado que le proporcione el ventilador general.

2.1.3.6 Sistemas de ventilación Auxiliar

A. Elementos de una instalación auxiliar

Una instalación de ventilación estará formada principalmente por un ventilador y una manga de ventilación.

a. **Ventilador:** un ventilador o más instalados en serie dependiendo de las exigencias. Generalmente son de tipo axial.
b. **Manga:** está formada por un tejido textil su resistencia revestido con PVC, el poliéster proporciona al conducto su resistencia mecánica. Se utilizan varios espesores en función a la presión que estará sometida. En el caso de ventilación aspirante las tuberías pueden ser también de poliéster llevando anillos de refuerzo que le proporcionan rigidez.

Las tuberías totalmente rígidas de PVC o metálicas no se recomiendan por su elevado costo, su alto peso y la dificultad para salvar obstáculos tales como curvas, estrechamente, etc.

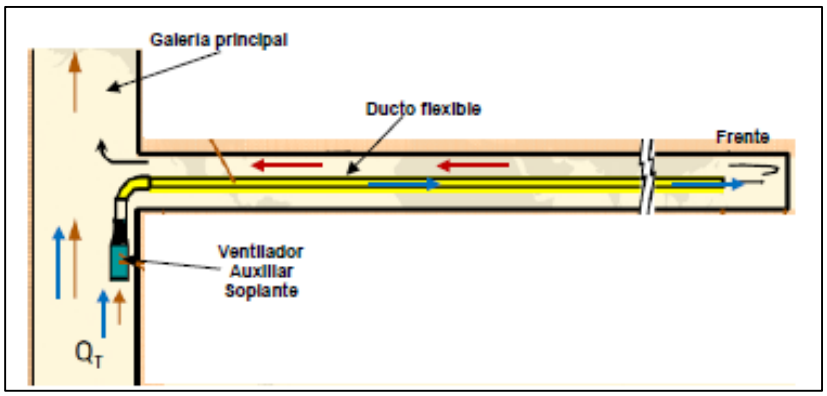
Un sistema de ventilación auxiliar puede ser:

- **Impelente**

  El aire entra al frente de la labor a través de un conducto (manga), impulsado por un ventilador, y desplaza la masa de aire viciado hacia la corriente principal de aire. Este es el sistema predominante usado en la mayoría de minas y túneles subterráneos.

La corriente de aire limpio que se genera en este sistema, a una velocidad relativamente alta, provoca al entrar en contacto con los gases existentes una mezcla turbulenta con lo que elimina la acumulación o estratificación de gases en zonas próximas al frente. ***(Ver figura 7)***

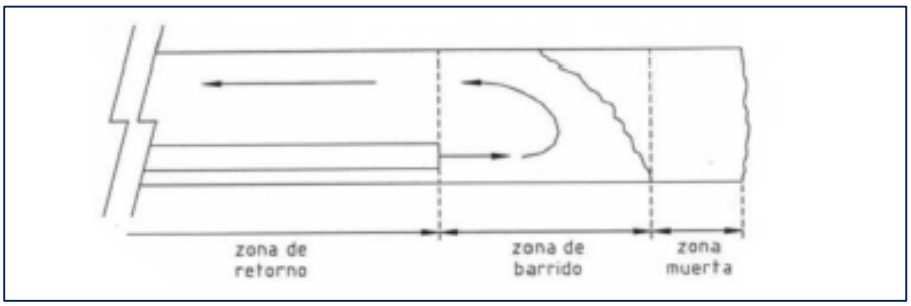
Figura 7. Ventilador Impelente.



Fuente: Curso de ventilación de Minas (2010) – Intercade.

La salida del conducto debe estar situada a una distancia adecuada del frente, de modo que la zona de barrido se extienda hasta este. Si la distancia es excesiva, se crea una zona muerta, en la que el aire no se renueva. ***(Ver figura 8)***

Figura 8. Ventilador Centrifugo.

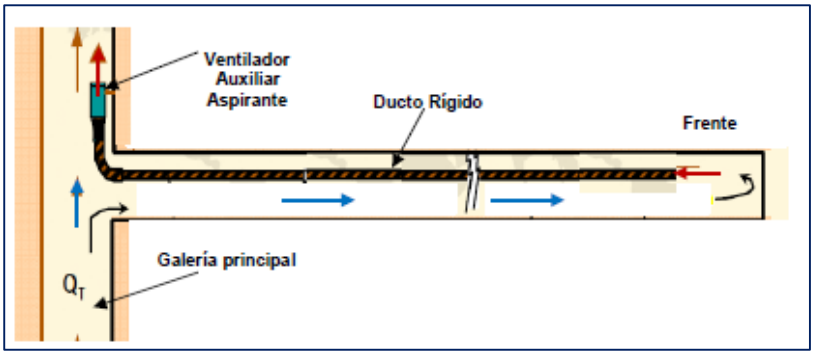


Fuente: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (1989). Ventilación de minas.

- **Aspirante**

  El ventilador auxiliar se ubica fuera de la labor a ventilarse y después del ingreso a esta. El aire contaminado es extraído del frente de trabajo a través del ducto y el aire limpio que proviene de superficie o de la red principal ingresa al frente a través de la galería. ***(Ver figura 9)***

Figura 9. Ventilador Centrifugo.

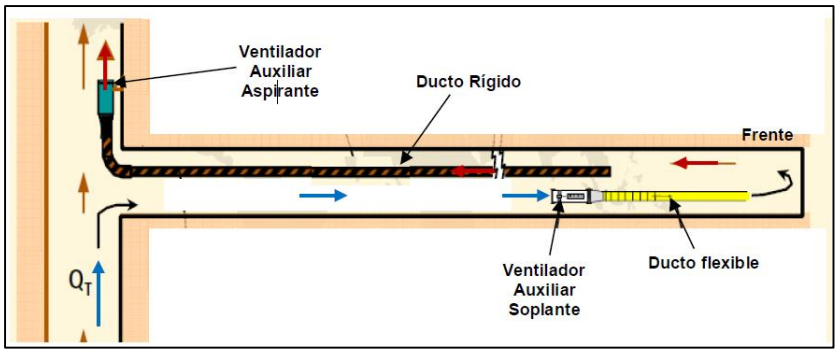


Fuente: Curso de ventilación de Minas (2010) – Intercade.

- **Combinado o Mixto**

  Una combinación de los anteriores. ***(Ver figura 10)***

Figura 10. Ventilador Centrifugo.



Fuente: Curso de Ventilación de Minas (2010) – Intercade.

2.1.3.7 Componentes de un ventilador axial

Las partes importantes que componen en ventilador y que efectúan sus propiedades aerodinámicas son: ***(Ver figura 11)***

a. **Rodete o impulsor:** es la parte móvil del mismo, se compone de alabes y cubo o soporte de los alabes. En función de las necesidades, el rodete puede ser de alabes regulables o no regulables.

- Alabes regulables manualmente por regulación central.
- Alabes regulables manualmente por regulación central.
- Alabes regulables hidráulicamente. En este caso existe la posibilidad de que dicha regulación se haga con el ventilador en marcha.

b. **Carcasa o cilindro base:** es la envolvente que protege el rodete y el motor del ventilador.

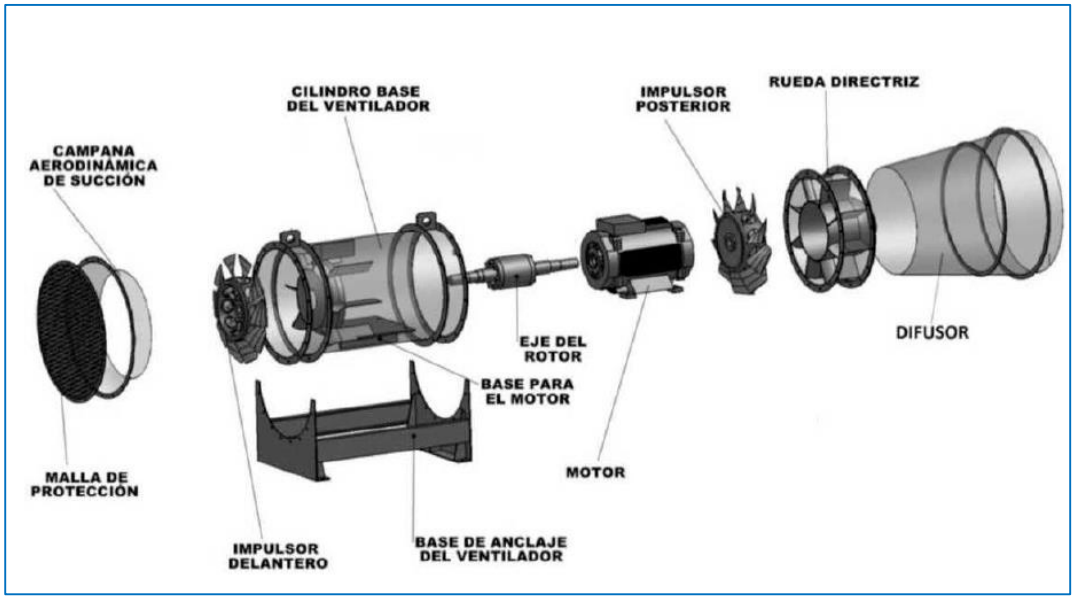
c. **Motor:** transforma la energía eléctrica en energía mecánica.

d. **Tobera o admisión o campana aerodinámica:** se trata de un accesorio que sirve para minimizar las pérdidas de carga producidas en la entrada del aire en el ventilador.

e. **Cono difusor:** es un elemento que se acopla a la descarga del ventilador para reducir la presión dinámica, esta una pérdida del sistema, es decir, es una energía que el ventilador genera, pero que no realiza trabajo.

f. **Rueda Directriz:** accesorio aerodinámico cuya función es direccionar el flujo de aire a la salida del ventilador, y así evitar pérdidas turbulencia.

Figura 11. Componentes de un ventilador axial.



Fuente: Manual de servicio de ventiladores axiales mineros – AIRTEC.

2.1.3.8 Ventilador en Serie

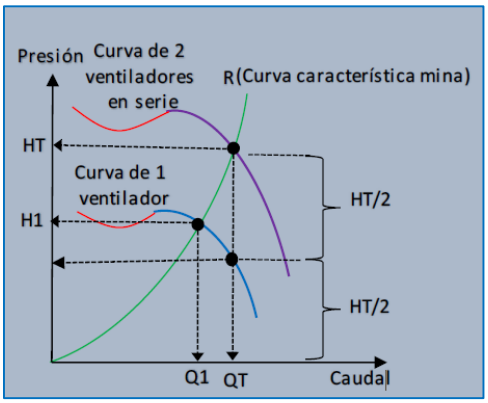
Con el trabajo en serie de dos ventiladores, el caudal de aire que pasa por ambos ventiladores es igual, al valor Q1 y la depresión total es igual a la suma de las depresiones producidas por cada ventilador.

$$HT = HT/2 + HT/2$$

El caudal total de dos ventiladores iguales, instalados en serie y que giran con igual número de revoluciones, es mayor que cada caudal parcial, pero siempre inferior a la suma de los caudales del trabajo individual; es decir:

$$Q1 < QT < Q1 + Q2 = 2 \times Q_1$$

Figura 12. Curva de ventilador en serie.



Fuente: (2013). Tesis "Sistema de ventilación de diez kilómetros del túnel de conducción de la Central Hidroeléctrica Huanza". Carlos Manuel Quevedo Chanamé.

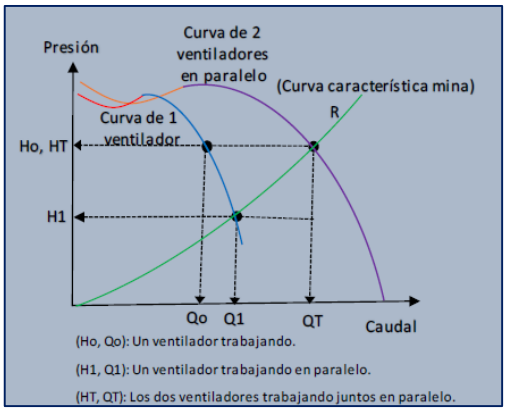
Para una resistencia dada, como se observa en la **figura 12**, un solo ventilador podría trabajar en un punto próximo al bombeo, en cambio, al acoplarle otro ventilador, se observa que (HT, QT), está bastante alejado del régimen inestable.

2.1.3.9 Ventilador en Paralelo

En un sistema de trabajo de dos ventiladores en paralelo, cada ventilador es concebido para la mitad del caudal de diseño.

Cuando los dos ventiladores trabajan en paralelo, forman un sistema que caracterizado por la curva resultante de la suma de las abscisas de sus curvas características individuales. ***(Ver figura 13)***

Figura 13. Curva de ventilador en paralelo.

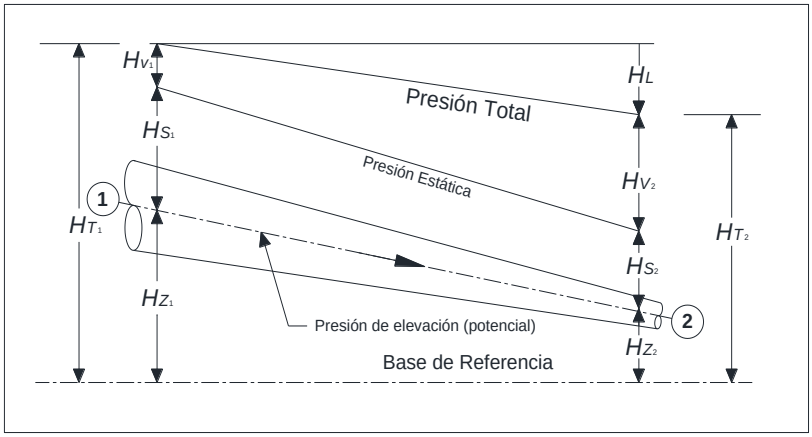


Fuente: (2013). Tesis "Sistema de ventilación de diez kilómetros del túnel de conducción de la Central Hidroeléctrica Huanza". Carlos Manuel Quevedo Chanamé.

2.1.3.10 Perdida de Presión por Fricción

En ventilación de minas la pérdida de presión por fricción representa del 70 % al 90 % de la presión total de la mina, consiguientemente será muy útil determinar con la suficiente precisión utilizando los coeficientes apropiados. ***(Ver figura 14)***

Figura 14. Gradiente de presiones



Fuente: (Hartman, 1991)

2.1.3.11 Formula de Atkinson[2]

El valor de la resistencia (R) depende de ciertas características del conducto de ventilación o del ducto; por ejemplo, si uno de los conductos de aire cuenta con un área pequeña y otra grande y todos los factores son constantes, el aire circula con mayor facilidad a través del segundo conducto de ventilación. En otras palabras, mientras el conducto de ventilación sea de mayor tamaño, más baja será la resistencia (R) del conducto.

Si en un conducto el aire debe friccionar contra un área o superficie de mayor tamaño, la resistencia será mayor en el conducto con la "superficie de fricción" de mayor tamaño. La superficie de fricción se calcula multiplicando la circunferencia por la longitud.

Finalmente, si las paredes de un conducto son lisas y las de otro son ásperas y el resto de los factores son iguales, la resistencia del conducto liso será menor que la del conducto áspero, es decir, el "factor de fricción" depende de la naturaleza de la superficie del conducto de ventilación.

La Fórmula de Atkinson considera estos factores y expresa:

$$P = \frac{KCLQ^2}{A^3} * \frac{w}{1,2}; \qquad P = \frac{KCLV^2}{A} * \frac{w}{1,2}$$

[2] ISTEC, 2000, pag. 29-30.

Donde:

P	=	pérdida de presión	(Pa)
C	=	perímetro	(m)
L	=	longitud	(m)
A	=	área	(m^2)
Q	=	flujo de cantidad	(m^3/s)
V	=	velocidad	(m/s)
K	=	factor de fricción	($Ns^2/m4$)
w	=	densidad del aire	(kg/m^3)

Cualquiera de las ecuaciones es correcta puesto que $\mathrm{Q} = \mathrm{V} * \mathrm{A}$

$$V = \frac{Q}{A} \qquad \text{y} \qquad V^2 = \frac{Q^2}{A^2}$$

El término $\frac{\mathrm{w}}{1{,}2}$ está incluido en la formula Atkinson para expresar que los requisitos de presión dependen de la densidad del aire. Obviamente, se requerirá de mayor presión para hacer circular aire más pesado (de mayor densidad) a través del sistema. De hecho, los requisitos de presión son directamente proporcionales con la densidad del aire (p α w).

2.1.3.12 Determinación del Factor de Fricción "K"

Para determinar el factor de fricción "K", se realizó trabajos en campo, calculándose con la fórmula de Atkinson[3] y a la vez se comparó los resultados con la ecuación de Colebrook[4], ajustándose estos cálculos, a las condiciones actuales de la mina, que son muy sensibles y variables, también se compararon a los valores establecidos en las tablas de Hartman[5].

Ecuación modificada de Colebrook:

$$\boxed{\frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{sqrt}(\lambda)} = \mathbf{1.74} - \mathbf{2}\boldsymbol{log}_{\mathbf{10}}(\mathbf{2}\boldsymbol{e})}$$

Donde:

- λ = 6.67 K ($lb*min^2$ / pie^4)
- e = Rugosidad (m) / Diámetro hidráulico de la labor (m)

[3] Malcolm J. McPherson…Subsurface Ventilation Engineering, Brisbane 4th Edition, 1988 – Chapter 5. Incompresisible Flow Relationships, Pag. 5-2.
[4] By Lewis F. Moody1, Princeton, N.J…Friction Factors For Pipe Flow, November, 1944.
[5] Howard L. Hartman, Jan M. Mutmansky, R.V. Ramani, Y.J Wang…Mine Ventilation and air Conditioning, Third Edition, 1997, Canadá.

2.1.3.13 Pérdida por Choque

Las pérdidas por choques son de origen local, producidas por turbulencias, remolinos, frenadas del aire al enfrentar diversos accidentes dentro del circuito. Los accidentes son cambios de dirección, entradas, contracciones, etc.

$$\boxed{\Delta \boldsymbol{P_x} = £ \frac{\boldsymbol{\rho x V^2}}{\mathbf{2}}}$$

Donde:

- ΔP_x : Caída de presión por choque (Pa)
- £ : Coeficiente de pérdida, valor obtenido experimentalmente.
- ρ : Densidad de aire (Kg/m3)
- V : Velocidad del aire en el conducto (m/s)

También dependen de la velocidad y del peso específico del aire.

2.1.3.14 Pérdidas por Presión Dinámica

Al final del circuito, usualmente a la salida del ducto (sistema impelente) o la salida del ventilador (sistema aspirante) se ha de tener en cuenta la velocidad con la que el aire sale, ya que esta es una perdida más. Estas pérdidas no tienen mayor complicación y deberá ser calculada con la siguiente formula:

$$\boxed{\Delta \boldsymbol{P_d} = \frac{\boldsymbol{\rho x V^2}}{\mathbf{2}}}$$

Donde:

- ΔP_d : Caída de presión dinámica (Pa)
- ρ : Densidad de aire (Kg/m3)
- V : Velocidad del aire en el conducto (m/s) Potencia Instalada

Gran parte de los ventiladores de las minas son impulsados por motores eléctricos (de corriente alterna); la energía eléctrica que consume dicho motor puede calcularse de la siguiente manera:

$$\boxed{\mathbf{W = E \times I \times Pf \times \sqrt{3}}}$$

Donde:

- W = Potencia Eléctrica (Kw)
- E = Voltaje (Kv)
- I = Corriente (Amp.)
- Pf = Factor de potencia, cosϕ.

Las consideraciones que debemos tener en cuenta para calcular la potencia del motor son:

a) El caudal de aire que necesitamos mover, ello depende de nuestro requerimiento por el número de trabajadores, por el consumo de madera, por temperatura en las labores de trabajo, por equipo con motor petrolero y por fugas, (Q)

b) Cuál es la presión del sistema, ello está sujeto al caudal y la topografía de los ductos de la mina, (H)

c) La eficiencia del ventilador, la cual varía entre 70 a 85% dependiendo de la fabricación, tamaño y punto de trabajo, (n).

d) Cuanta es la potencia necesaria para mover el caudal Q de aire en un circuito cuya depresión es H, en Kw. (AHP)

$$AHP = Q \times H$$

e) La potencia del ventilador en Kw, (BHP).

$$BHP = \frac{Q \; x \; H}{n}$$

2.1.3.15 Curva Característica del Ventilador

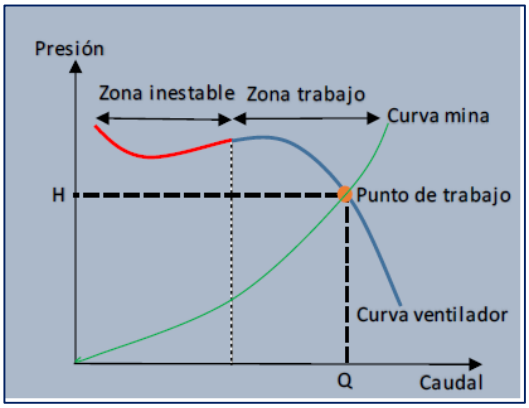
Un ventilador funcionando a una determinada velocidad y conectado a un sistema que tiene una resistencia dada, desarrolla una presión que representa su capacidad de realizar trabajo útil. Una vez estabilizado el flujo de aire a través del sistema, una parte de la energía impartida por el ventilador se convierte en velocidad (presión de velocidad), y el resto será la energía disponible para vencer la resistencia del circuito (presión estática o útil). La suma de estas dos presiones constituye la presión total del aire en un punto determinado del circuito.

La curva característica de un ventilador es la representación gráfica de la relación existente entre la presión desarrollada por la máquina y el caudal de aire que fluye a través de la misma para una velocidad de rotación determinada.

En la curva característica de los ventiladores, se muestra generalmente la presión estática desarrollada y la potencia al eje requerida para cada condición de flujo. En algunos casos, se incluye además la eficiencia del ventilador para todo el rango en el que es capaz de operar. Un ventilador podemos caracterizarlo por su curva, que es el lugar geométrico de los puntos de funcionamiento del mismo. ***(Ver figura 15)***

$$\boxed{H=F(Q)}$$

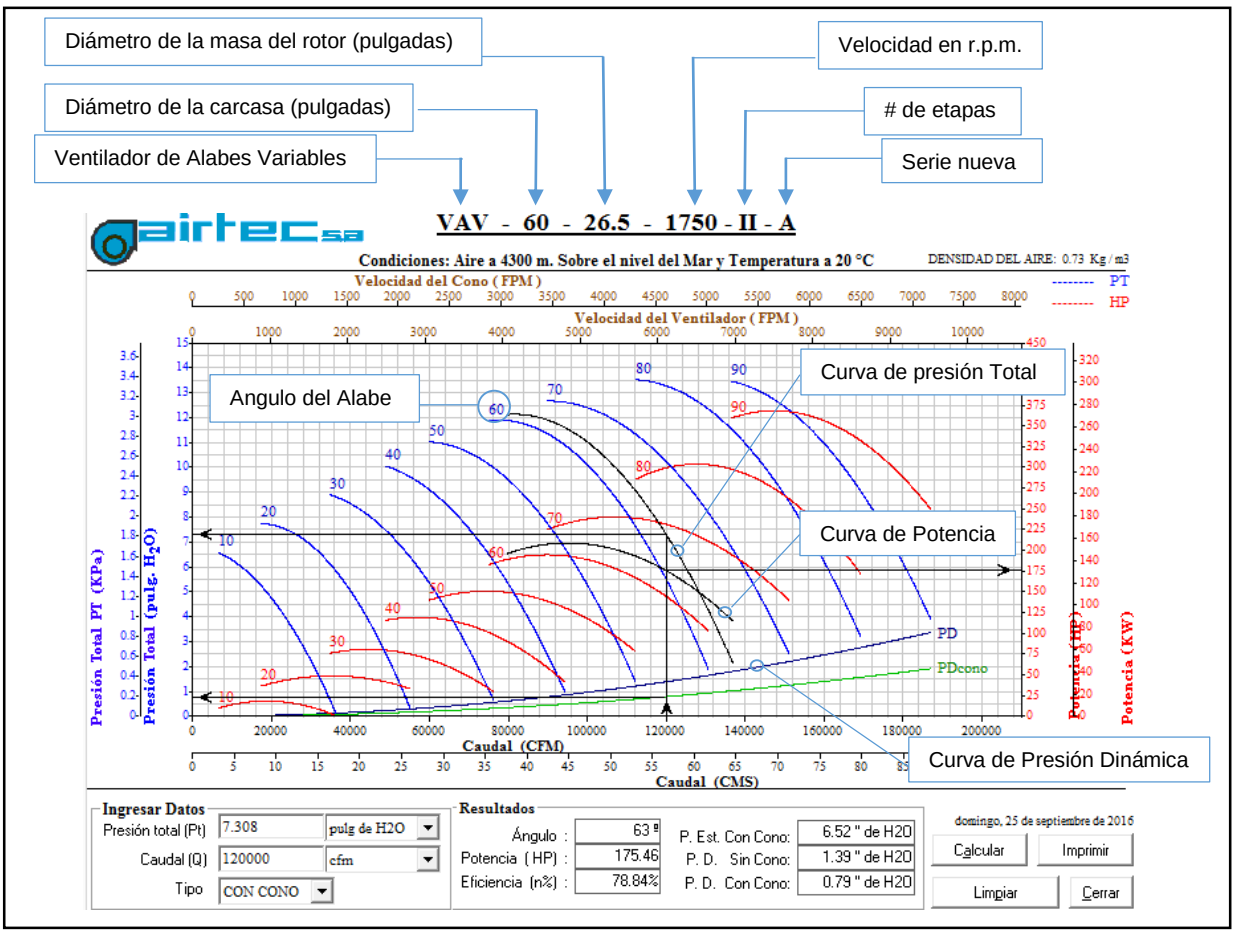
Figura 15. Intersección curva característica de ventilador y resistencia de la mina.



Fuente: (2013). Tesis "Sistema de ventilación de diez kilómetros del túnel de conducción de la Central Hidroeléctrica Huanza". Carlos Manuel Quevedo Chanamé.

Para cada ángulo de regulación de los álabes tendremos una curva distinta. El punto de corte de la curva del ventilador con la resistencia del circuito es el punto de funcionamiento del ventilador (H, Q). ***(Ver figura 16)***

Figura 16. Curva Característica del ventilador a cota de trabajo.



Fuente: Programa Airtec.

2.1.3.16 Calculo del Requerimiento de Aire

- **Análisis de normas de ventilación**

  Se realizó un análisis de la normatividad peruana vigente a la fecha "Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería D.S. 2016-EM y su modificatoria D.S. 023-2017-EM", correspondiente a ventilación en minas subterráneas y el análisis de otras normas internacionales.

  Basándonos en estas normas para el requerimiento de aire para el número de trabajadores, consumo de madera, temperatura en labores de trabajo, numero de equipo con motor petrolero y fugas, se realizaron los cálculos de caudal de aire necesario para ventilar adecuadamente la mina.

- **Requerimiento de Aire Total (Q_{T0})**

  Cuando en la operación de utilice equipos con motor petrolero, la demanda de aire al interior de la mina, como es el caso de la Mina Hércules, deberá ser calculado considerando la formula siguiente:

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

Donde:

- Q_{T0} = Caudal total para la operación
- Q_{T1} = La sumatoria de caudal requerido por, número de trabajadores
- Q_{Tr}), el consumo de madera (Q_{Ma}), temperatura en labores de trabajo
- Q_{Te}) y equipos con motor petrolero (Q_{Eq}).
- Q_{Fu} = 15% del Q_{T1}

a) Caudal requerido por el número de trabajadores (Q_{Tr})

Titulo Cuatro, Articulo 247 inciso 3. Establece que se requiere 6.0 m3/min de aire por cada trabajador para una cota de trabajo de 4000 m.s.n.m. a más, deberá ser calculado considerando la formula siguiente:

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

Donde:

Q_{Tr} = Caudal total para "n" trabajadores (m^3/min).

F = Caudal mínimo por persona de acuerdo a escala establecida en el artículo 247 del reglamento.

N = Número de trabajadores de la guardia más numerosa.

b) Caudal requerido por el consumo de madera (Q_{Ma})

Titulo Cuarto, Articulo 252 enciso d). establece que la madera empleada al interior de mina para labores de sostenimiento, entre otras, genera emisiones de gases de CO2 y CH, factor que debe ser tomado en cuenta para el cálculo del aire necesario al interior de la mina. Este factor se determina de manera proporcional a la producción. Para mantener la temperatura de confort en el lugar de trabajo, se debe considerar en el cálculo del requerimiento de aire una velocidad mínima de 30 m/min, cuando la temperatura se encuentre en el rango de 24°C como máximo.

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

Donde:

Q_{Ma} = Caudal requerido por toneladas de producción (m^3/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.

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

c) Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo (Q_{Te})

Deberá ser calculado considerando la formula siguiente:

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

Donde:

Q_{Te} = Caudal por temperatura (m^3/min)

V_m = Velocidad mínima

A = Area 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.

VELOCIDAD MÍNIMA

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

d) Caudal requerido por equipo con motor petrolero (Q_{Eq})

Titulo cuarto, Articulo 252 enciso e). establece que se requiere 3.0 m3/min de aire por la capacidad efectiva de potencia (Hps) y en función a su disponibilidad mecánica y utilización de acuerdo a la evaluación realizada por la titular de la actividad minera que considere también la altitud.

$$\boxed{Q_{Eq} = 3 \times HP \times D_m \times F_u \ (m^3/min)}$$

Donde:

Q_{Eq} = Volumen de aire necesario para la ventilación (m^3/min)
HP = Capacidad efectiva de potencia (HPs)
D_m = Disponibilidad mecánica promedio de los equipos (%)
F_u = Factor de utilización promedio de los equipos (%)

Para los equipos con motor petrolero se aplica un factor de corrección por altura, dando somo sustentó técnico el estudio realizado en la Universidad de Castilla – la Mancha, escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales[6] y Universidad de Antioquia, grupo GASURE, calle 67 N°.53-108, A.A. 1226, Medellín-Colombia[7]: *ESTUDIO DEL EFECTO DE LA ALTITUD SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE MOTORES DE COMBUSTION INTERNA. Parte 1: Funcionamiento*[8], donde se muestra la siguiente ecuación:

$$\boxed{F.A. = \frac{N_i}{N_{io}} = \left(\frac{P}{P_o}\right)^1 x \left(\frac{T}{T_o}\right)^{-2}}$$

Donde:
F.A. : Factor de corrección por altura.
N_i : Potencia efectiva.
N_{io} : Potencia Nominal.
P : Presión Barométrica a cota de trabajo.
P_o : Presión barométrica a nivel del mar.
T : Temperatura a cota de trabajo.
T_o : Temperatura a nivel de mar.

[6] Magín Lapuerta, Octavio Armas.
[7] John R. Agudelo, Carlos A. Sánchez.
[8] http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642006000500005.

e) Caudal requerido por fugas (Q_{Fu})

Deberá ser calculado considerando la formula siguiente:

$$\boxed{Q_{Fu} = 15\% \times Q_{T1}\ (m^3/min)}$$

Donde:

$Q_{T1} = Q_{Tr} + Q_{Te} + Q_{Ma} + Q_{Eq}$

El reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (D.S.024-2016-EM y su modificatoria D.S.023-2017-EM), Articulo 247, 248 y 252 establece lo siguiente:

Artículo 247:

En los lugares de trabajo de las minas ubicadas hasta mil quinientos (1,500) metros sobre nivel de mar, la cantidad mínima de aire necesario por hombre será de tres metros cúbicos por minuto (3 m3/min). En otras altitudes la cantidad de aire será acuerdo a l siguiente escala:

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

Artículo 248:

En ningún caso la velocidad de aire será menor de veinte metros por minuto (20 m/min) ni superior de doscientos cincuenta metros por minuto (250 m/min) en las labores de explotación, incluidos el desarrollo y preparación. Cuando se emplee explosivo ANFO u otro agente de voladura, la velocidad del aire no será menor de veinticinco metros por minuto (25 m/min).

Artículo 252, inciso:

d) La demanda de aire de mina debe ser la cantidad de aire requerida por los trabajadores, para mantener una temperatura de confort del lugar de trabajo y para la operación de los equipos petroleros. Cuando en la operación no se usen equipos con motor petrolero debe considerarse el aire requerido para diluir los gases de las voladuras de acuerdo al ANEXO 38. La madera empleada al interior de la mina para labores de sostenimiento, entre otras, genera emisiones de gases de CO2 y CH, factor que debe ser tomado en cuenta para el cálculo del aire necesario al interior de la mina. Este factor

se determina de manera proporcional a la producción. Para el cálculo debe considerarse la siguiente escala:

- Si el consumo e madera es del 20% hasta el 40% del total de la producción, el factor de producción de be ser de 0.60 m^3/min.
- Si el consumo de madera es de 41% hasta el 70% del total de la producción, el factor de producción debe ser de 1.00 m^3/min.
- Si el consumo de madera es mayor de 70% del total de la producción, el factor de producción debe ser de 1.25 m^3/min.

Para mantener la temperatura de confort en el lugar de trabajo, se debe considerar en el cálculo del requerimiento de aire una velocidad mínima de 30 m/min, cuando la temperatura se encuentre en el rango de 24 °C hasta 29°C como máximo.

e) El requerimiento de aire para los equipos que operan con motores petroleros no debe ser menor de tres (3) m^3/min, por la capacidad efectiva de potencia (Hps) y en función a su disponibilidad mecánica y utilización de acuerdo a la evaluación realizada por la titular de actividad minera que considere también la altitud, el calor de los motores y las emisiones de gases y partículas en suspensión.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 EL PROBLEMA

3.1.1 Descripción de la realidad problemática

En la minería actual, se requiere una explotación permanente y continua, con lo cual el requerimiento de aire se ha convertido en un factor de clave para que los trabajadores puedan cumplir con la producción en los tiempos estimados y bajo los estándares requeridos, ya sea mediante una ventilación natural o forzada, este requerimiento debe ser administrado a todos los frentes de trabajo en la cantidad y calidad necesarias.

Es con la inserción de los equipos TRACKLESS que las unidades de producción, transporte y servicios, los requerimientos de aire sufren un incremento dramático al punto de poner en evidencia que muchas operaciones mineras no están en la capacidad operativa, logística ni de diseño de poder mecanizar la mina, debido

principalmente a que los requerimientos de los equipos con motores petroleros pueden llegar a representar el 60-80% del requerimiento de aire global.

De igual forma, el actual marco legal minero peruano (Reglamento de Seguridad Salud Ocupacional en Minería D.S. N° 024-2016-EM, y su Modificatoria D.S. 023-2017-EM) contempla una serie de estándares en el caudal requerido por trabajadores, consumo de madera, temperatura en las labores de trabajo, equipo con motor petrolero y fugas como en la calidad del aire que es administrado a las labores en general. De igual forma también contempla una serie de aspectos relacionados con la ventilación dentro de la mina, desde los estándares de trabajo de los ventiladores, aspectos de seguridad de sistema de ventilación, respuesta frente a emergencias, ventilación en cámaras de carga y polvorines, hasta la disponibilidad logística de planos isométricos y evaluaciones semestrales/anuales del sistema de ventilación general y de cada circuito existente en la unidad minera.

La Cía. Minera Lincuna S.A., para suplir las necesidades de aire que requiere la mina, se requirió realizar un estudio de diseño y optimización del sistema de ventilación, ya que en la actualidad no tienen un buen diseño del sistema de ventilación. Presentan problemas de ventilación de insuficiencia de aire, recirculación de aire por el estancamiento de gases nocivos debido a bajas velocidades de aire que dificultan las operaciones de producción de la Mina Hércules.

3.1.2 Planteamiento y Formulación del Problema

Preguntas Generales:

- ¿Cómo aplicar el software Ventsim?

Preguntas Específicas:

- ¿Cuáles son los procedimientos de aplicación del software Ventsim?
- ¿Qué parámetros considera el software Ventsim?
- ¿Cuáles serán los resultados a los que se llegue después de la aplicación del software Ventsim?

3.1.3 Objetivos

3.1.3.1 Objetivo General

Aplicar el software Ventsim.

3.1.3.2 Objetivos Específicos

1. Determinar los procedimientos de aplicación del software Ventsim
2. Determinar los parámetros que considera el software Ventsim.
3. Analizar y evaluar los resultados a los que se llegue después de la aplicación del software Ventsim

3.1.4 Justificación de la investigación

El presente trabajo de investigación está orientado al estudio de ventilaciones de minas, con la aplicación del software Ventsim para el diseño y optimización proyectada del sistema de ventilación en la Mina Hércules de la Compañía Minera Lincuna S.A.; se justifica, en la medida de que se da solución al problema de ventilación, es decir se busca una adecuada ventilación para los trabajadores que laboran en dicha mina, el cual se suministra aire limpio para liberar el aire viciado y contaminado por sustancias gaseosas producto de las operaciones unitarias de perforación y voladura, mejorando las condiciones de trabajo, asimismo notando en los trabajadores el mejor desempeño en sus tareas y labores encomendadas, consecuentemente minimiza las enfermedades ocupacionales, a su vez busca reducir los costos de operativo bajo el menor consumo de energía en las operaciones, así mismo brindar mayores resultados de efectividad e incrementar la productividad de la empresa.

Se justifica también, porque será de utilidad a los estudiantes de la FIMGM – UNSASAM, para enriquecer sus conocimientos de investigación respecto a la ventilación de minas.

Al suscrito, porque con ello obtendré el título profesional de ingeniero de minas.

3.1.5 Limitaciones

Las investigaciones de campo estarán limitadas a un presupuesto ajustado y a la disponibilidad de instrumentos de mediciones de campo.

La investigación se limita al análisis de los circuitos de ventilación, dilución de gases de voladura de los frentes de desarrollo y preparación en la Mina Hércules de la Compañía Minera Lincuna S.A.

La investigación solo se limita a indagar, analizar y proponer a la empresa las recomendaciones de solución a los problemas planteados.

3.1.6 Alcances de la investigación

Prevenir los accidentes, incidentes (por Inhalación de gases, partículas, humos, aire con vapor de agua) realizando las simulaciones en el software ventsim de contaminantes gases (CO2, CO, O2, NO2, N2), calor (T°, HR), polvo e incendio para visualizar así las zonas críticas y plantear las alternativas de solución y así mejorar las condiciones de trabajo del personal que labora; es necesidad primordial de toda empresa dedicada a esta industria; por ello, la Compañía Minera Lincuna S.A. no escapa de esta necesidad para estar dentro de los márgenes de competitividad con otras unidades mineras nacionales e internacionales.

3.2 HIPÓTESIS

3.2.1 Hipótesis General.

Aplicando el software Ventsim permitiría realizar diseños y optimización del sistema de ventilación.

3.2.2 Hipótesis Específicas.

1. Los procedimientos si influirán en la aplicación del software Ventsim.
2. La aplicación de los parámetros que considera el software Ventsim será favorable.
3. Aplicando el software Ventsim no existirá recirculación de aire viciado después del diseño.

3.3 VARIABLES

3.3.1 Variable Independiente.

- Aplicación del software Ventsim Visual™ Advanced 4.8.

3.3.2 Variable Dependiente.

- Diseño y optimización del sistema de ventilación en la Mina Hércules de la Compañía Minera Lincuna S.A.

3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación que realizaremos en la presente investigación es:

- Es Aplicada: Porque la investigación está orientada a lograr un nuevo conocimiento destinado a procurar soluciones de problemas prácticos.
- Es transaccional o transversal: Porque los datos recolectados en el campo prácticamente han correspondido un momento, siendo el propósito describir las

variables y analizar sus relaciones en un momento dado, definiendo sus correspondientes alcances.

- Descriptiva: Porque se toma los datos de campo, realiza los tratamientos correspondientes y hace una breve descripción de la situación de la mina Hércules. Es decir, responde a la pregunta ¿Cómo es actualmente la mina?
- Explicativa: Analiza la información resultante del tratamiento de los datos, los contrasta con los planteamientos teóricos para probar las hipótesis; es decir responde a la pregunta ¿Por qué es necesario seleccionar las alternativas?

  Cabe indicar que el tipo de estudio que se realizara es explicativo, de causa-efecto, porque van a responder a las causas de un fenómeno de estudio.

3.4.2 Población y muestra

3.4.2.1 Población

La población está constituida por 06 niveles principales operativos y todas las labores en la Mina Hércules de la Compañía Minera Lincuna S.A.

3.4.2.2 Muestra

Para el presente estudio la muestra es igual al número de la población es decir 06 niveles principales operativos, asimismo también estará conformada por:

- Raise borers, Tajos, 06 Bocaminas y 11 ventiladores.

3.4.3 Técnicas, instrumentos de recolección de datos

3.4.3.1 Técnicas

Una vez se haya recopilado la información de campo se iniciará la interpretación de la misma, la cual nos llevará al estudio y valoración de los resultados obtenidos para formular las posibles soluciones y finalmente optimizar el circuito de ventilación, elaborando las alternativas para aumentar la cobertura de aire.

De conformidad con la naturaleza de las variables cruzadas en las hipótesis específicas, se va a recurrir a la siguiente técnica que se va indicar a continuación:

a) La técnica de observación de campo: Utilizando como instrumentos, formatos preparados de levantamiento de campo y planos con anticipación, para obtener los datos de las variables ingenieriles como caudal, temperatura, humedad relativa, presión barométrica, área de la sección de la galería y

datos de los gases. Los instrumentos de recolección de datos para esta técnica se indica en el siguiente ítem (instrumentos).

3.4.3.2 Instrumentos

Instrumentos de ventilación usadas con certificados de calibración: ***(Ver figura 17)***

- 01 Medidor multifuncional digital Testo 435-4 Part. N° 02298440
- 05 Sondas Testo 435-4:
  - ✓ Sonda Térmica, Part. N° 10325820
  - ✓ Sonda de hilo caliente, Part. N° 10326376
  - ✓ Sonda de molinete de 16 mm Ø, Part. N° 10326089
  - ✓ Sonda molinete de 60 mm Ø, Part. N° 10297068
  - ✓ Sonda de CO. Part. N° 2273853
- 01 Barómetro digital Testo 511, Part. N° 206573621
- 01 Distanciometro digital Skil Xact 0530. Part. N° 206573621
- 01 Tubo de Pitot 123 mm.
- 01 Tubo de Pitot 50 mm.
- 01 cronometro Casio Lap 100x2: SN.
- Tubos de humo MSA.
- Programa VENTSIM VISUAL™ PREMIUM.
- Formato de levantamiento de los puntos de monitoreo.
- Formatos de caracterización de ventiladores.

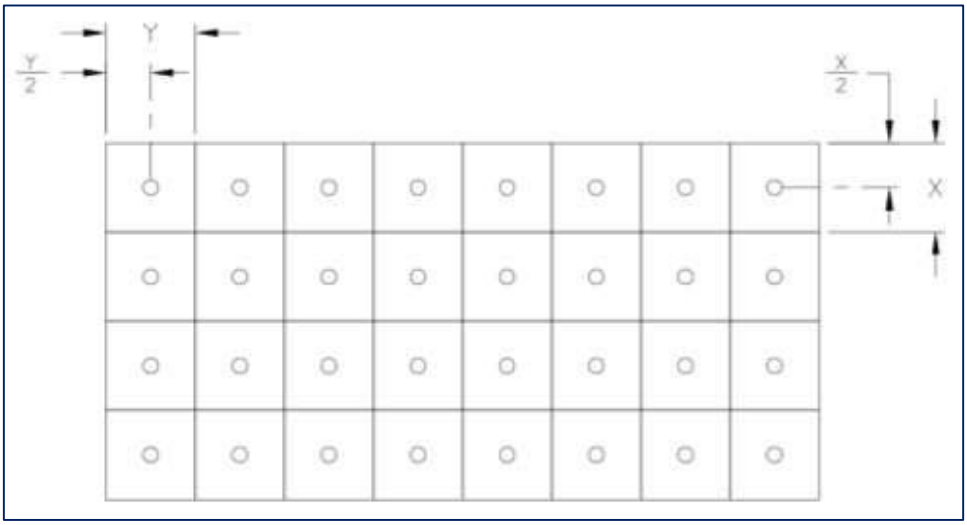
Figura 17. Instrumentos de Medición de flujo de aire.

Fuente: Manual de equipos TESTO – www.testo.com

3.4.3.3 Método de medición usado – ANSI/ACHRAE Standard 111-1988.

This Standard provides uniform procedures for measurement, testing, adjusting, balancing, evaluating, and reporting the performance of building heating, ventilating, and air-conditioning systems in the field. Las mediciones de los flujos de aire, se basan según la Norma *"ASHRAE 111; Practices for measurement, testing, adjusting and balancing of building heating, ventilation, Air-conditioning and refrigeration Systems"* usando el método de áreas iguales *"Method of equal areas"*. Se fundamenta principalmente en la aproximación del área transversal del túnel a un rectángulo para luego ser divido en áreas iguales y en su centro realizar las mediciones de velocidad que posteriormente se promediarán. ***(Se muestra en la figura 18).***

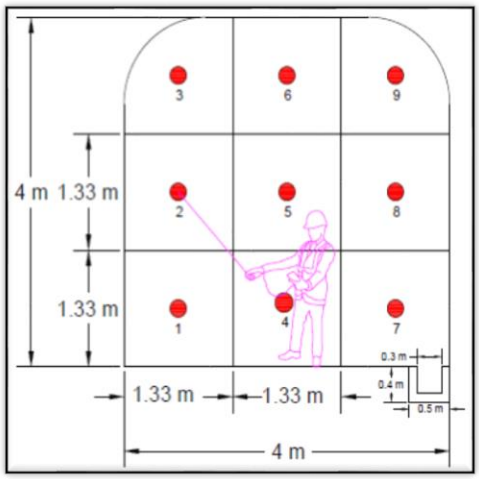
Figura 18. "Method of equal areas"



Fuente: Elaboración propia.

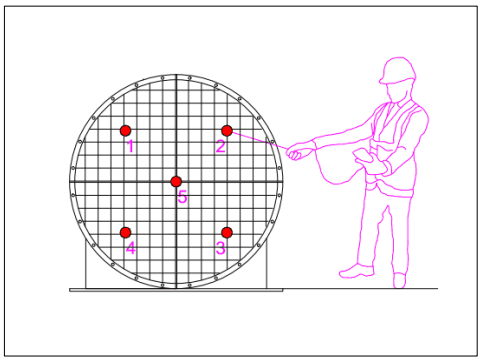
a) Esquemas de la medición de velocidad

Figura 19. Esquema de mediciones de velocidad del aire en labores Secc. Típica 4 mx 4 m.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 20. Esquema de medición de velocidad del aire en ventiladores



Fuente: Elaboración propia.

3.4.3.4 Metodología del trabajo en campo

Los trabajos de campo son realizados por personal entrenado en prácticas y en la aplicación de los estándares, para realizar mediciones de ventilación (velocidad y condiciones psicométricas de la mina) y mensuras de la calidad del aire, usando detectores de gases. Además, los colaboradores deben estar actualizados con los planos de la mina, planear la ruta de trabajo para levantar los circuitos principales y los controles de ventilación deberán ser utilizados para dirigir el aire a los centros de trabajo, es importante que todo el sistema esté operando, asegurarse el encendido de los ventiladores, por ningún motivos se deberán apagar o modificar los circuitos hasta una vez haber terminado con el levantamiento global (no deberán ser instalados ventiladores ni principales o secundarios una vez se haya iniciado con el trabajo de levantamiento, pues este detalle es muy importante para el momento de calibración de la mina).

El mapeo de ventilación generalmente consiste de las siguientes actividades:

- Identificar las principales entradas y salidas de aire de la mina.
- Tener codificadas todas las estaciones de monitoreo, indicando el nivel al que pertenece, se identificará claramente la dirección del flujo, midiendo la velocidad del aire, así como la sección de la labor y condiciones psicométricas.
- Anotar el estado de puertas, reguladores, cortinas de ventilación, mangas, puntos de recirculación de aire; ubicación de las chimeneas de ventilación, derrumbes, cierre de labores, es decir todos los detalles físicos y químicos que se pudieran tomar nota en las tablas de control. Formato Levantamiento de ventilación.
- Concluido el levantamiento de aforos, se deberá determinar el balance de entradas y salidas de aire, no debiendo exceder la diferencia en un valor ±10%.

  El caudal del aire en una chimenea es normalmente medido al pie de la misma, tomando como base la galería de llegada. La velocidad del aire es tomada a una distancia mayor de 8 m del pie de la chimenea, fuera de la zona de turbulencia. Hacer una medición de velocidad usando el anemómetro en la misma chimenea, no es factible, es insegura y puede resultar en medidas inexactas por la incomodidad y la turbulencia del aire.

3.4.4 Forma de tratamiento de los datos

3.4.4.1 Procesamiento de datos

La información primaria brindada por los datos de campo se evaluará superficialmente; luego se le dará una confiabilidad adecuada al nivel de la investigación, para lo que se utilizará el software MS EXCEL, AutoCAD, Programa Airtec y software Ventsim Visual Avanzado.

3.4.4.2 Presentación de datos

- Cuadros descriptivos del levantamiento de campo.
- Planos de levantamiento de puntos de monitoreo de ventilación en AutoCAD 2D e isométrico en AutoCAD 3D.
- Evaluaciones primigenias de los balances de ventilación.
- Curvas características de los ventiladores principales, secundarios y auxiliares.

CAPÍTULO IV

RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Después de haber recopilado la información en campo se inició la interpretación de la misma, la cual nos llevara al estudio y valoración de los resultados obtenidos para formular las posibles soluciones y finalmente optimizar el circuito de ventilación y las actividades a desarrollar para mejorar las condiciones ambientales.

Se utilizó diferentes programas de la minería para calcular los siguientes diseños y cálculos.

- ✓ Programa aplicativo (Ventsim Visual Premium V.4.8)
- ✓ Bases de dato
- ✓ Hojas de calculo
- ✓ Graficadores: AutoCAD y Excel, y entre otras.

4.1.1 Estaciones Principales

Los puntos de medición de las estaciones han sido tomados en cada bocamina (BM) y chimenea por donde ingresa o sale el aire a superficie, en una distribución sistemática, cuya data se ha llevado al registro. Estos datos son de importancia para el cálculo de la cobertura de la mina, así como para la calibración del modelo en el software Ventsim. ***(Ver tabla 6 y 7)***

La siguiente tabla muestra un resumen de los puntos aforados:

Tabla 6. Medición de Caudales de Ingreso.

Estac.	UBICACIÓN		Condiciones Ambientales			AREA	VELOCIDAD	CAUDAL		DISTR
	Labor	Nivel	Temp °C	HR %	TD C°	m2	m/min	m3/min	cfm	%
EPI-01	BM NV-6	6	8.60	79.20	5.20	16.22	144.33	2,341	82,663	53%
EPI-02	BM NV-5	5	10.50	82.00	7.50	24.37	59.67	1,454	51,353	33%
EPI-03	BM NV-4	4	12.00	70.00	6.90	12.91	49.00	633	22,343	14%
TOTAL INGRESO								4,428	156,359	100%

Fuente: Levantamiento en campo.

Tabla 7. Medición de Caudales de Salida

Estac.	UBICACIÓN		Condiciones Ambientales			AREA	VELOCIDAD	CAUDAL		DIST
	Labor	Nivel	Temp°C	HR %	TD C°	m2	m/min	m3/min	cfm	%
EPS-01	BM NV-03	3	14.80	99.90	14.80	15.69	61.27	961	33,945	21%
EPS-02	NV-03 CH	3	15.00	99.90	15.00	5.42	65.60	356	12,559	8%
EPS-03	BM LORENA	BM LORENA	19.30	99.90	19.20	10.18	135.20	1,376	48,582	30%
EPS-04	CH-AK-04	CH-AK-04	20.00	99.90	20.00	4.90	386.20	1,893	66,860	41%
TOTAL SALIDA								4,586	161,946	100%

Fuente: Levantamiento de Campo.

La relación entre ingresos y salidas de aire de la mina varía entre un 3%.

4.1.2 Estaciones Secundarias

Las estaciones de ventilación secundarias, se ubican en labores de mayor representatividad del flujo de aire, contabilizando 109 estaciones secundarias. ***(Ver tabla 8)***

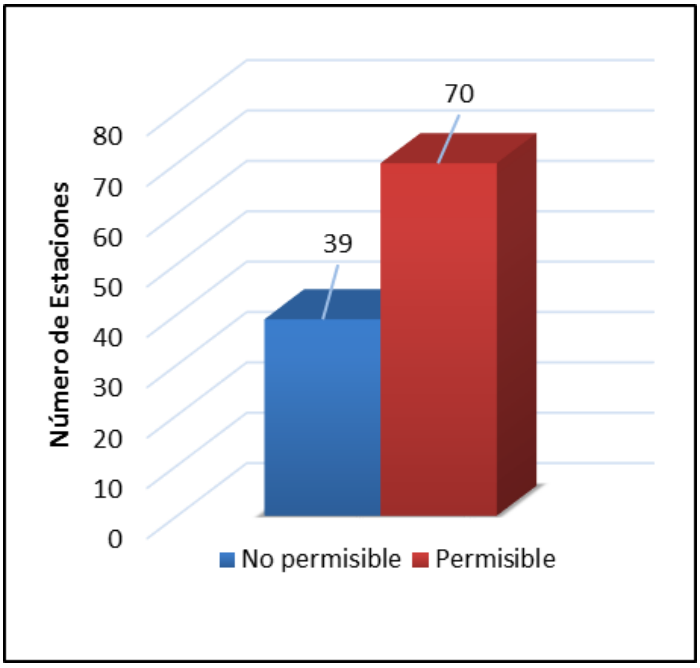
Cabe mencionar que estas mediciones se realizaron tanto para rampa principal, así como los niveles de producción y laboreos. ***(VER ANEXO 04).***

Tabla 8. Distribución de estaciones de velocidad.

Norma D.S. 055-2010-EM	Rango	N° Estac.	%
No permisible	< 25 m/min.	39	36
Permisible	25 - 250 m/min	70	64
Total		109	100

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 1. Resumen de estaciones con velocidad críticas.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 Requerimiento de aire total

a) Caudal requerido por el número de trabajadores (Q_{Tr})

Según el D.S. 024-2016-EM, Titulo Cuarto, Articulo 247 inciso 3 establece que se requiere 6.0 m3/min de aire por cada trabajador para una cota de trabajo de 4000 m.s.n.m.

Este requerimiento se ha calculado considerando por separado, el personal de compañía y las diferentes empresas especializadas que laboran en interior mina, con el criterio de priorizar las guardias de mayor afluencia de trabajadores. ***(Ver tabla 9)***

Tabla 9. Requerimiento de aire por el número de trabajadores.

Formula : **QTr = N*6 m^3/min.**
Dónde : N = Número de personas /Gdia.

Descripción	Guardia/ Dia	m3/min	Caudal		Distrib. %
			m3/min	cfm	
HERCULES	22	6	132	4,661	55%
ZVZ	6	6	36	1,271	15%
SERVICIOS	4	6	24	848	10%
TRANSPORTES	8	6	48	1,695	20%
TOTAL	**40**		**240**	**8,475**	**100%**

Fuente: Elaboración propia.

b) Caudal requerido por el consumo de madera (Q_{Ma})

Según el D.S. 024-2016-EM, Titulo Cuarto, Articulo 252 enciso d). establece que la madera empleada al interior de mina para labores de sostenimiento, entre otras, genera emisiones de gases de CO2 y CH, factor que debe ser tomado en cuenta para el cálculo del aire necesario al interior mina. ***(Ver tabla 10)***

Tabla 10. Requerimiento de aire por consumo de madera.

Formula :	**QMa = T*u m^3/min.**			
Dónde :	T = Producción en TMH/Gdia.			
	u = Factor de producción.			
DESCRIPCIÓN	**T**	**u**	**Caudal**	
			m3/min	**cfm**
HERCULES	726	0.00	0.00	0.00
TOTAL			**0.00**	**0.00**

Fuente: Elaboración propia.

c) Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo (Q_{Te})

Para el cálculo de caudal requerido por temperatura se considera 02 niveles con temperatura mayor de 23°C, que son el Frontón 10 con una temperatura de 24.10°C y frontón 11 con una temperatura de 24.40°C (Zona de profundización) y área promedio de 15.00 m2. ***(Ver tabla 11)***

Tabla 11. Requerimiento de aire por temperatura en labores de trabajo.

Formula :	**QTe = Vm*A*N m^3/min.**				
Dónde :	Vm = Velocidad minima.				
	A = Area de labor promedio				
	N = Numero de niveles con temperatura mayor a 23°C.				
Descripción	**Vm**	**A**	**N**	**Caudal**	
				m3/min	**cfm**
HERCULES	30.00	15	2	900.48	31,800
TOTAL				**900.48**	**31,800**

Fuente: Elaboración propia.

d) Caudal requerido por equipo con motor petrolero (Q_{Eq})

Según el D.S. 024-2016-EM, Titulo Cuarto, Articulo 252 enciso e). establece que se requiere 3.0 m3/min de aire por la capacidad efectiva de potencia (HPs) y en función a su disponibilidad mecánica (D.M) y factor de utilización (F.U) de acuerdo a la evaluación realizada por la titular de la actividad minera que considere también la altitud. (F.A). ***(Ver tabla 12)***

Tabla 12. Requerimiento de aire por equipo con motor petrolero.

Formula: **QEq = HPs *DM*FU*FA* 3 m^3/min**

Donde FA: Factor de corrección por Altura*
DM = Disponibilidad Mecanica
FU = Factor de Utilización
HPs = Capacidad efectiva de potencia

Item	Equipo	Potencia Equipo					Cant.	Total Pot Desarrollada	Caudal Requerido		Distr.
		HPs	F.A	D.M	F.U	HPs		@ 4058 m HP	m3/min	cfm	(%)
1.1	Jumbo	72	80%	95%	65%	36	2	71	213	7,536	3%
1.2	Scoop (6.0 yd3)	268	80%	95%	70%	143	1	143	428	15,105	5%
1.3	Scoop (6.0 yd3)	268	80%	95%	70%	143	1	143	428	15,105	5%
1.4	Scoop (6.0 yd3)	268	80%	95%	70%	143	1	143	428	15,105	5%
1.5	Scoop (4.2 yd3)	165	80%	95%	70%	88	1	88	263	9,300	3%
1.6	Scoop (6.0 yd3)	268	80%	95%	70%	143	1	143	428	15,105	5%
1.7	Volquete	420	80%	95%	88%	281	7	1,966	5,899	208,311	72%
1.8	Camioneta	80	80%	95%	75%	46	1	46	137	4,831	2%
Sub Total		**4,401**				**1,020**	**15**	**2,741**	**8,223**	**290,397**	**100%**
Total		**4,401**				**1,020**	**15**	**2,741**	**8,223**	**290,397**	**100%**

Fuente: Elaboración propia.

e) Caudal requerido por fugas (Q_{Fu})

Para el cálculo de caudal requerido por fugas se considera el 15% de la sumatoria de caudal requerido por trabajador, temperatura en labores de trabajo, consumo de madera y equipo con motor petrolero. ***(Ver tabla 13)***

Tabla 13. Requerimiento de aire por fugas.

Formula : **QFu = 15%*Qt1 m^3/min.**
Dónde : Qt1 = QTr + QTe + QMa + QEq

Descripción	Qt1	Caudal	
		m3/min	cfm
HERCULES	49,601	1,405	49,601
TOTAL		**1,405**	**49,601**

Fuente: Elaboración propia.

f) Requerimiento de aire para dilución de gases de voladura.

Según el D.S. 024-2016-EM, Articulo 252, cuando en la operación no se emplea equipos con motor petrolero, se debe calcular y tener en cuenta la necesidad de aire requerido por consumo de explosivos, para ellos tenemos los siguientes cálculos.

1. Según D.S. 024-2016-EM:

Igualmente, el Decreto Supremo N° 024-2016-EM, Subcapítulo VIII - VENTILACION, Artículo 248, nos refiere que en ningún caso la velocidad del

aire será menor de 20 m/min ni superior a los 250 m/min en las labores de explotación incluido en desarrollo y preparación. Cuando se emplee explosivo ANFO u otro agente de voladura la velocidad de aire no será menor de 25 m/min.

El caudal requerido se obtiene de la siguiente relación:

$$Q = A \times V \times N \left(\frac{m^3}{min}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (\theta)$$

Dónde:

- A = Área promedio de labores (m^2)
- V = Velocidad mínima requerida (m/min)
- N = Número de niveles operativos.

2. Según ecuación de Novitsky:

$$Q = (100 \times K \times a) / (d \times T); (m3/min) \ldots\ldots\ldots\ldots (\alpha)$$

Donde:

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

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

a = Volumen de gases generados por cada Kg, de explosivo. Valor sugerido: 0.04 (m3/Kg de explosivo).

d = Porcentaje de dilución de los gases, deben ser diluidos a no menos de 0.008% y se aproxima a 0.01%.

T = Tiempo de dilución de los gases (min).

Basándonos en la relación (θ) y (α), determinamos el caudal necesario para la dilución de los gases: ***(Ver tabla 14)***

Tabla 14. Requerimiento para dilución de gases.

Método	Área Prom. (m2)	Vel. Aire (m/min)	N° Nv Opert.	Consumo Explosivos (kg/Gdia)	Tiempo Vent. (min)	Caudal (m3/s)	Caudal (m3/min)	Caudal (cfm)
D.S. 024	15.01	25	6	-	-	37.52	2,251	79,499
Novitsky				567	60	78.72	4,723	**166,804**

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que el consumo de aire por explosivos según el D.S. 024-2016-EM es de **79,499 cfm** y según la ecuación de Novitsky se tiene **166,804 cfm**, para el requerimiento global de aire se tendrá en cuenta el requerimiento de aire por equipos con motor petrolero que es de **290,397 cfm** ya que la demanda de aire es mayor que el requerimiento de aire por consumo de explosivos.

g) Requerimiento global de aire

A partir de los caudales requeridos para trabajadores, consumo de madera, temperatura en labores de trabajo, equipo con motor petrolero y fugas, se calculará el requerimiento global de aire: ***(Ver tabla 15)***

Tabla 15. Requerimiento de caudal de aire

RESUMEN	m3/min	cfm
QTr: Personal (40 Trabajadores)	240	8,475
QEx: Dilución Explosivos (6 Nvs, Veloc 25m/min	4,723	166,804
QMa: Consumo de madera	0	0
QTe: Temperatura en labores de trabajo	900	31,800
QEq: Equipos Diesel (15 equipos, 3,521 HP)	8,223	290,397
QFu: Requerido por fugas	1,405	49,601
Qr= QTr + QMa + QTe + QEq + QFu	**10,768**	**380,272**

Fuente: Elaboración propia.

h) Balance y cobertura actual

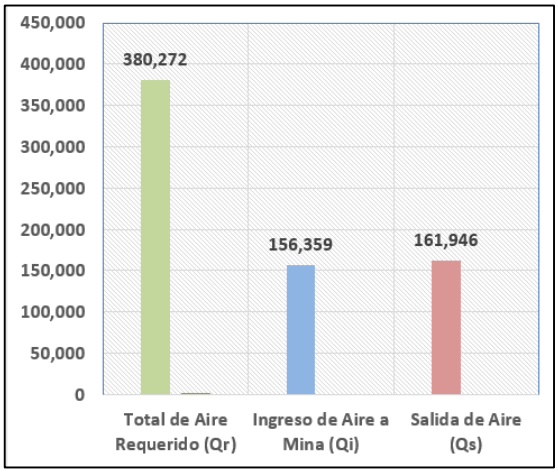
El sistema de ventilación actual tiene una cobertura de 41%, siendo la demanda de 380,272 cfm, cuyo déficit es de 223,914 cfm. ***(Ver tabla 16)***

Tabla 16. Balance de ventilación

Balance Total de Aire - Hércules		
Caudal de Aire	**m3/min**	**cfm**
Total de Aire Requerido (Qr)	10768	**380,272**
Ingreso de Aire a Mina (Qi)	4428	**156,359**
Salida de Aire (Qs)	4586	**161,946**
Déficit (Qr- Qi)	**6,341**	**223,914**
Cobertura	**41%**	

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2. distribución balance de ventilación.



Fuente: Elaboración propia.

4.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN

El análisis de los datos obtenidos se realizó de forma cuantitativa y cualitativa, con el objetivo de recomendar las modificaciones necesarias para obtener un diseño, optimización del sistema de ventilación y modelamiento con el software de ventilación; que ofrezca un mejor ajuste para las necesidades de la mina, por lo que se planificaran las etapas de trabajo; la última etapa es la más importante que la mayoría de las empresas no realizan, que consiste ver si las alternativas necesitan algún ajuste durante su implementación. ***(VER ANEXO N°05)***

- ✓ Diagnostico-análisis
- ✓ Implementación
- ✓ Optimización-seguimiento

Presentándose los resultados mediante tablas, gráficos de comparación de las acciones que se corrijan con la implementación del diseño y optimización del sistema de ventilación. Se empleará para el procesamiento de datos el Microsoft office Excel.

Debido a la gran cantidad de información generada en la simulación no se menciona en detalle la totalidad de los resultados numéricos de la simulación.

Se presentan los resultados del balance de aire en las bocaminas, chimeneas principales y niveles que conectan circuitos. Zonas por donde ingresa y sale aire de cada circuito. Adicionalmente en las siguientes tablas, se proponen las estaciones de ventilación, para la medición de flujos de aire, que permiten caracterizar el aire que ingresa y sale de cada circuito de forma general; también los requerimientos, coberturas de aire, análisis de costo de la construcción del raise catuva y los resultados de simulación.

4.2.1 Modelamiento en el Software Ventsim

Una vez definido el Requerimiento para las Operaciones, con el soporte de Ventsim seleccionaremos que tipo de ventiladores son los óptimos para satisfacer esta demanda de aire. Para ello necesitamos modelar la topografía de la mina y comenzar a caracterizarla.

1. **Modelamiento del sistema Actual en el Software Ventsim**

   Con la data topográfica actualizada visualizando la mina y la superficie terrestre en 3D. Para el modelamiento y simulación del sistema de ventilación en el software VENTSIM™ Visual Avanzado, se tomó como referencia los planos en AutoCAD 2D y 3D, según su topografía.

2. **Recopilación de información digital de la mina**

Se procedió con el área de Planeamiento e Ingeniería a obtener toda la información topográfica disponible y actualizada, los modelos en 3D de la superficie tienen la ventaja de estar en coordenadas UTM, pero no cuentan en la mayoría de los casos con las líneas de eje de los túneles. Información necesaria para alimentar al modelo de ventilación en VENTSIM™.

3. **Estudio Geométrico de la mina**

Después de efectuar el reconocimiento de campo de las labores y recopilar toda la información topográfica, se procedió en implementar el modelo 3D global.

A continuación, se describen los pasos para la construcción del modelo en el software VENTSIM™:

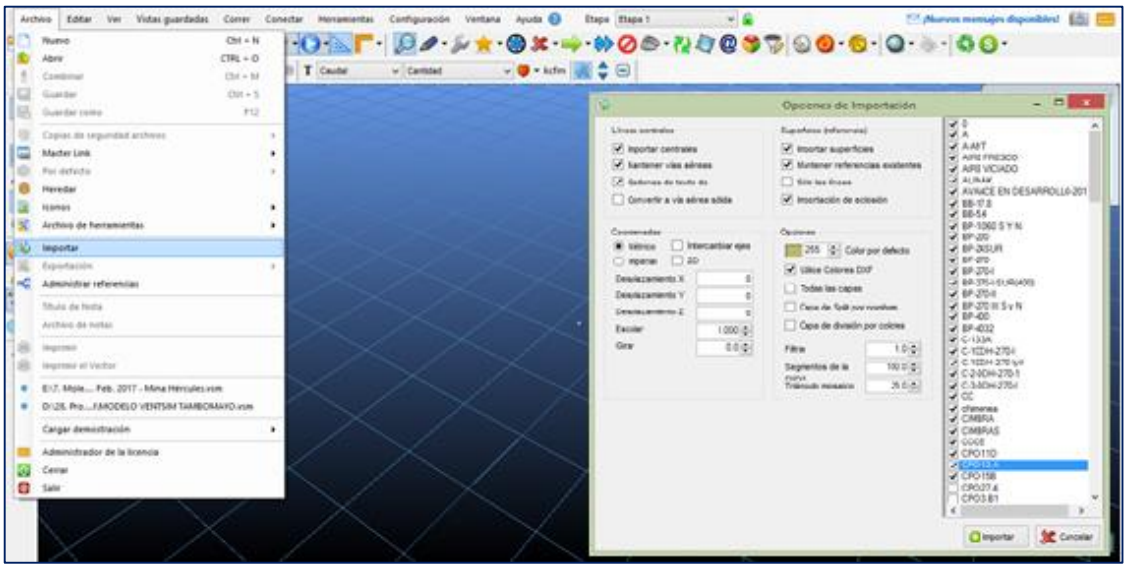
Paso 1. Entrega de la Información topográfica triangulada en 3D, detallando todos los niveles por capas, labores horizontales y verticales (cruceros, galerías, chimeneas, accesos, cámaras, etc.).

Paso 2. Construcción de las líneas centrales, se dibuja preferentemente al piso; para el caso de las chimeneas al eje; también pueden presentarse como sólidos a escala.

Paso 3. Guardar la información en archivo DXF.

Paso 4. Guardados los archivos en formatos DXF, éstos se importarán al software VENTSIM™, siguiendo la siguiente operación: ***(Ver figura 21)***

Figura 21. Importación de data topográfica a VENTSIM.

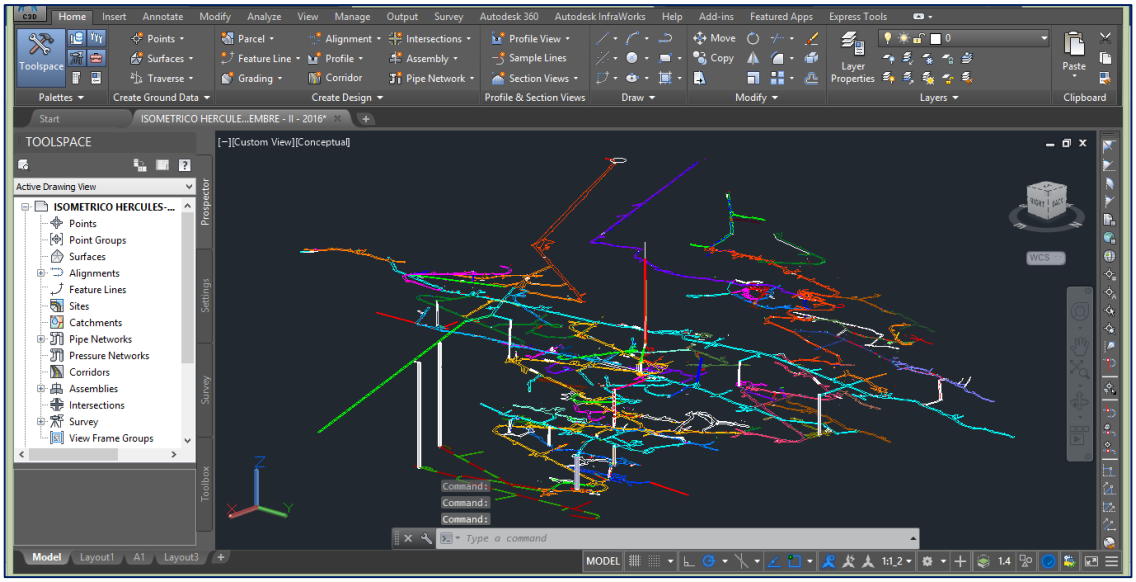


Fuente: Software VENTSIM.

Paso 5. Conciliar la información topográfica en DXF ó plano isométrico en AutoCAD 3D, con el área de planeamiento de la Compañía Minera Lincuna S.A., y verificar que la data haya sido importada adecuadamente.

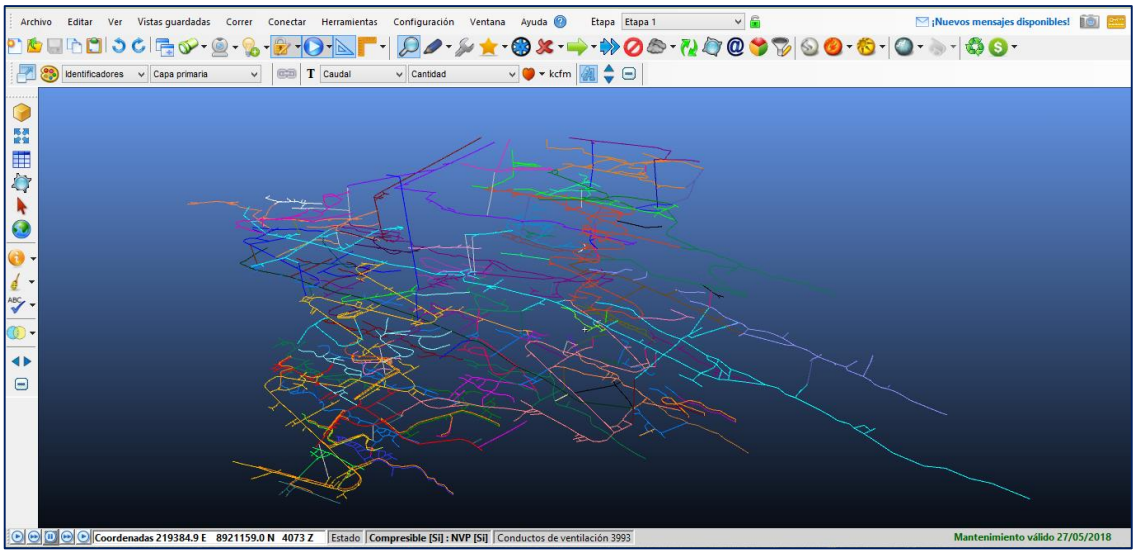
Se muestran las Figuras que describen los pasos de la construcción del modelo, una vez conciliado con el área de planeamiento, se procede a importar la data al software VENTSIM Premium, para modelar a partir de las líneas en 3D importados del AutoCAD 3D, de tal modo que en el Ventsim nos ayudara visualizar el modelo en solido 3D, ***(como se muestra en la figura 22, 23 y 24).***

Figura 22. Plano isométrico en AutoCAD 3D.



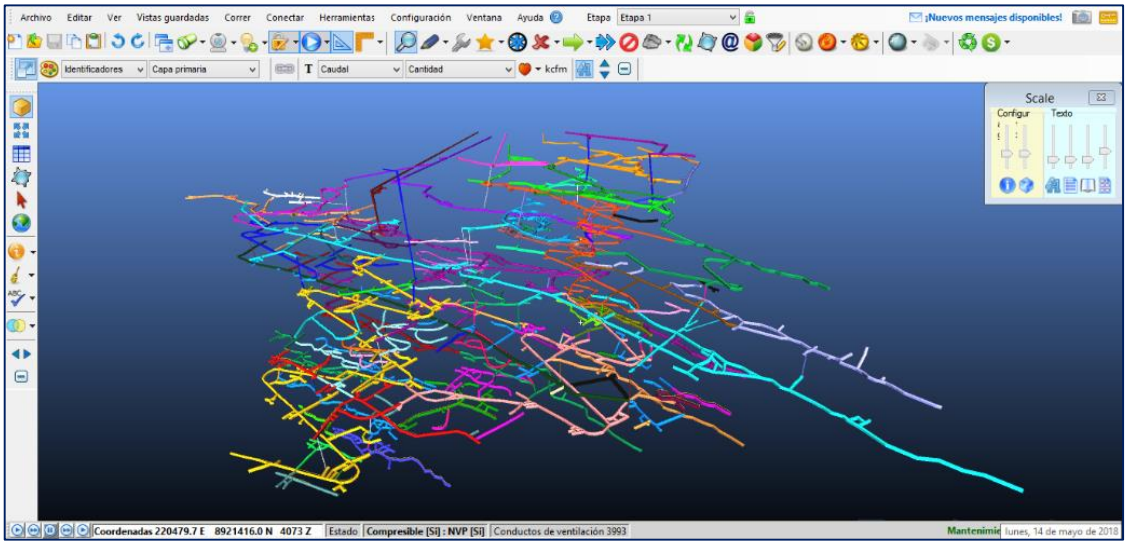
Fuente: Departamento de planeamiento de la mina.

Figura 23. Modelo de ejes en VENTSIM.



Fuente: Software VENTSIM.

Figura 24. Modelo de sólidos en VENTSIM



Fuente: Software VENTSIM.

4. **Planos de referencia**

Adicional a la extracción de los ejes se utilizan planos de AUTOCAD™ como referencia para mantener las labores actualizadas y los nombres de los tajos y labores activas. Adicionalmente es una fuente de información importante para la ubicación de chimeneas.

5. **Modelo 3D Ventsim**

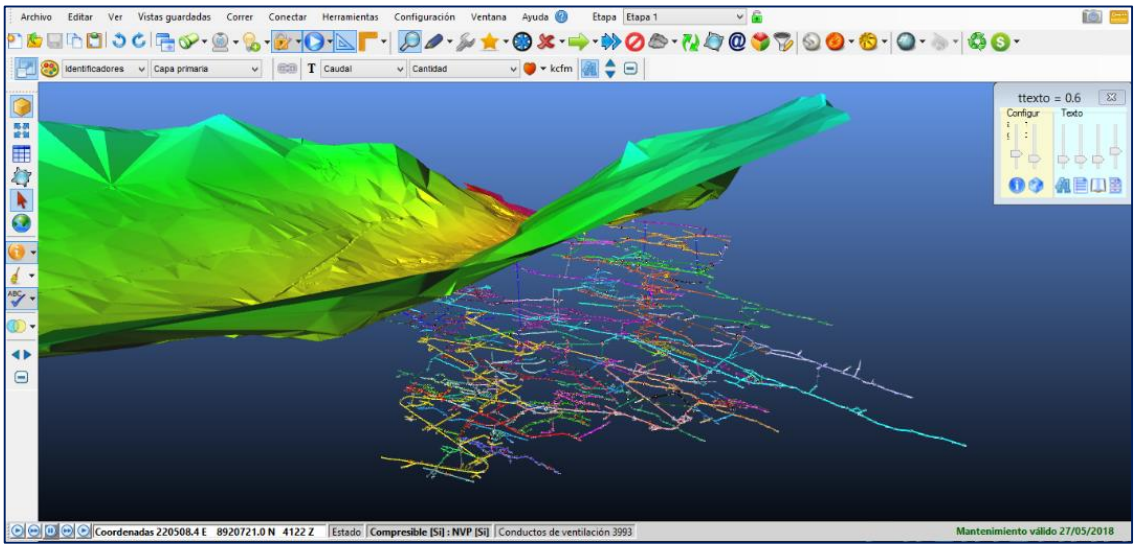
A partir de los datos suministrados se implementa el modelo en Ventsim utilizando como base las líneas de eje de los túneles. Con los ·modelos anteriormente mostrados en Ventsim, se construyó el modelo volumétrico de la mina, se asignan sus propiedades, como; tipo de roca, áreas, formas y recubrimiento de túneles, avances, bloqueos, etc.

Ventsim hace uso de capas primarias y secundarias para sus visualizaciones y capas de tiempo llamadas etapas, facilitando una visualización integral del sistema de ventilación en periodos de tiempo.

6. **Calibración**

Se valida la información recolectada en campo y se ajusta el modelo final en Ventsim (puesta a punto). El fin es corroborar que el modelo corresponde a las condiciones reales y actuales (ubicación de ventiladores, puertas, topografía y otros). La calibración nos permite garantizar que el modelo se encuentra listo para realizar las simulaciones. ***(Ver figura 25)***

Figura 25. Modelo 3D en el Software VENTSIM.



Fuente: Software VENTSIM.

4.2.2 Simulación del sistema Actual

De acuerdo a la configuración actual de la mina en el software Ventsim y a los resultados de las mediciones en campo, se ajusta el modelo para poder caracterizarla, finalizar su diagnóstico actual y poder calibrar el modelo en el software Ventsim. Una vez obtenido el modelo base se realiza el análisis y evaluación del sistema de ventilación diseñando y obteniendo alternativas de mejora. El proceso de análisis y planteamiento de alternativas se realizó en conjunto con el equipo de mina, basados en las deficiencias de aire, recirculación de aire viciado, configuración del estado actual de la mina, condiciones de operación y proyecciones.

a) Configuración de parámetros en Ventsim

Para la configuración de los parámetros en el Ventsim Premium, se considera según medición en campo y la información entregada por la Compañía Minera Lincuna S.A.

- Altura de nivel de referencia en superficie: 4,058.0 msnm.
- Densidad del aire: 0.75 kg/m^3.
- Temperatura de bulbo seco: 7 °C.
- Temperatura de bulbo húmeda: 10 °C.
- Presión barométrica en la superficie: 612 hPa.
- Método aplicado: Presión total.
- Flujo de aire aplicado: Compresible.
- Costo de energía: 0.11 US$/Kw-Hora.

b) Parámetros actuales de operación

- Cota de operación: 4,058 msnm (Nivel 06).
- Sistema de minado: Mecanizado (trackless)
- Método de minado: Corte y relleno ascendente (Cut and Fill).
- Perforación: Electrohidráulico (Jumbo)
- Limpieza: Scooptrams (4 a 6 yd^3)
- Transporte de mineral: Volquetes Diésel (25 TN)
- Número de Guardias: 02/día
- Horario de trabajo:
  - ✓ Turno día: 8 am a 6 pm.
  - ✓ Turno noche: 8 pm a 6 am.
- Personal por guardia: 40 trabajadores (Mina Hércules).
- Número de equipos Diésel: 17 unidades Mina Hércules.
- Total, Potencia Desarrollada de equipos Diésel: 3,521 HP Mina Hércules.
- Consumo explosivo: 566.81 Kg Mina Hércules.
- Número de disparos: 2/día.
- Los tiempos de ventilación después de las voladuras son:
  - ✓ Turno día = 60 min de 7:00 pm a 8:00 pm.
  - ✓ Turno noche = 60 min de 7:00 am a 8:00 am.
- Los horarios para las voladuras primarias (chispeos) son:
  - ✓ Turno día = 7:00 pm.
  - ✓ Turno noche = 7:00 am.
- Tipo de Explosivo: Emulsión y ANFO.
- Velocidad mínima del Aire: 25 m/min.
- Velocidad máxima del Aire: 250 m/min. (en zonas de transito de personal).
- Producción de Mineral (Diaria)
  - ✓ Mina Hércules 483.87 TMS.

c) Aplicación del Software Ventsim

Una vez creado el modelo, el siguiente paso es verificar su validez, comparando los datos obtenidos por el simulador con los medidos en campo (correlación). Estos pueden tener una variación que no debe superar el +-10 %; esto se debe por error del uso de los instrumentos de medición, los equipos en movimiento, las puertas o

reguladores y otros disturbios temporales que afectan las mediciones de los caudales.

La calibración de la mina tuvo grandes inconvenientes, principalmente porque el sistema de ventilación es a tiro natural, con recirculaciones de aire debido a la gran cantidad de conexiones a superficie (chimeneas) y la dificultad que implica tener abiertos la mayor parte de los tajos explotados por los cuales circula el aire en los inter-niveles, desequilibrando el sistema y complicando su balance.

Además, por la inestabilidad y falta de acceso a estas labores no se puede determinar cuáles permanecen abiertos y cuales han colapsado, por todo ello se obtuvo una correlación +- 10 %.

Para verificar la validez del modelo se utiliza la siguiente ecuación:

$$\textbf{Variación} = \frac{Flujo\ Campo - Flujo\ Simulación}{Flujo\ Campo} x100$$

Se muestra los aforos de entrada y salida de aire, entre los valores obtenidos en campo y los obtenidos en la simulación en el software Ventsim, observándose el grado de correlación o de distribución entre ambos, asimismo se observa que no supera el +-10%, que quiere decir que el modelo se encuentra calibrado y que se puede realizar simulaciones confiables: ***(Ver tabla 17 y 18)***

Tabla 17. Variación calibración – Ingreso de aire fresco.

Estac.	Nivel	Caudal (cfm)		Distrib. %
		Campo	Ventsim	
EPI-01	BM NV-6	82,663	79,385	4.0
EPI-02	BM NV-5	51,353	49,572	3.5
EPI-03	BM NV-4	22,343	21,479	3.9
Total Ingreso		**156,359**	**150,436**	3.8

Fuente: Levantamiento de ventilación y Software VENTSIM.

Tabla 18. Variación calibración – Salida de aire viciado.

Estac.	Nivel	Caudal (cfm)		Distrib. %
		Campo	Ventsim	
EPS-01	BM NV-03	33,945	31,810	6.3
EPS-02	NV-03 CH	12,559	11,768	6.3
EPS-03	BM LORENA	48,582	48,107	1.0
EPS-04	CH-AK-04	66,860	66,613	0.4
Total Salida		**161,946**	**158,297**	2.3

Fuente: Levantamiento de ventilación y Software VENTSIM.

d) Simulación del modelo actual

Se muestra el resumen del sistema actual obtenido de la simulación, observando el aforo de ingreso de aire de 150,436 cfm y salidas de aire viciado de 158,297 cfm de la mina, monitoreadas en campo. Adicionalmente a esto demuestra la resistencia de la mina, la longitud y demás parámetros. ***(Ver figura 26)***

Figura 26. Resumen del Sistema Actual.

RESUMEN DE LA RED DEL SISTEMA	
Flujo de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	Si
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Etapa	0: Etapa 1
Conductos de ventilación	3992 y 1 Exclusión
Longitud total	190,261.9 ft
Caudal de aire total de admisión	150.436 kcfm
Caudal de aire total de escape	158.297 kcfm
Flujo de masa total	115.56 lb/s
Resistencia de la mina (sin tubo)	0.21409 Ns²/m8
Resistencia de la mina (Incluyendo el conducto)	0.46933 Ns²/m8
RESUMEN DE POTENCIA	
Potencia del AIRE (pérdida por fricción)	243.4 hp Total
	89.4 hp Chimenea
	21.6 hp Conducir
	132.3 hp Conducto de ventilación
Refrigeración Potencia de entrada	0.0 hp
Potencia eléctrica de ENTRADA	**319.5 hp**
Costo de energía anual de la red	**$ 229,617**
Eficiencia de la red	**76.2 %**
Que consta de ..	
11 Ventiladores	319.5 hp
0 Presiones fijadas	0.0 hp
0 Flujos fijados	0.0 hp
0 Refrigeración	0.0 hp

Fuente: Simulación de flujos en el software VENTSIM.

e) Distribución de energía

El software además nos permite conocer cómo se distribuye esta energía identificando las principales pérdidas del sistema.

Las pérdidas por fricción en las chimeneas (32.58%), se debe a la sección (2.50x2.50m), como también los Raise Borer presentan una sección angosta

(1.50Øm), por ello es recomendable realizar chimeneas de ventilación de sección más amplia.

Las pérdidas por fricción en galerías (labores horizontales) (46.98%), por ello se recomienda llevar un control riguroso en la perforación y voladura, con el objetivo de tener una superficie homogénea, principalmente en las labores de desarrollo ya que ello aumenta la resistencia al paso del aire y por tanto representa un mayor consumo de energía.

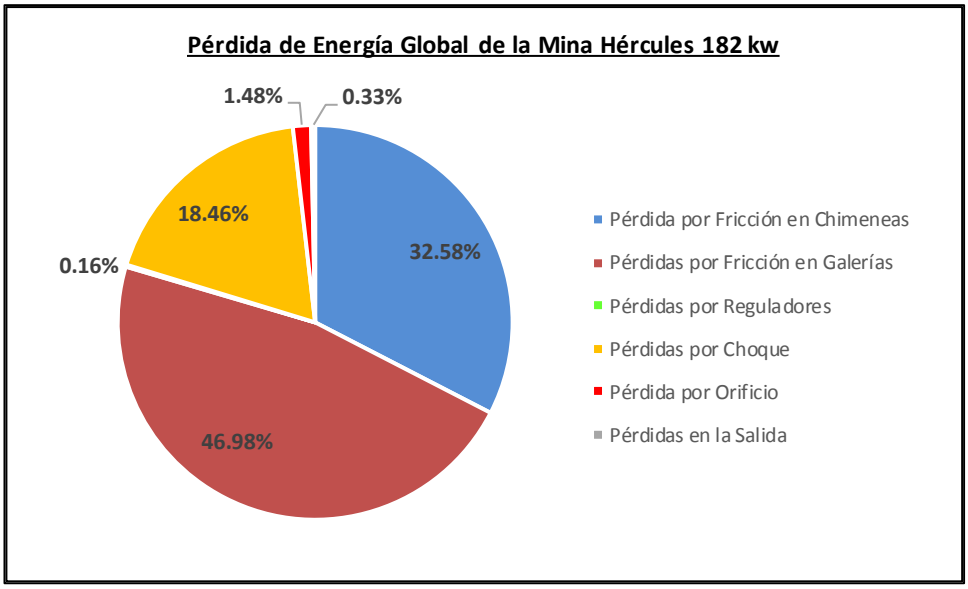
Las pérdidas por choque (18.46%) al igual que las pérdidas por fricción, también pueden ser controladas e inclusive reducidas, brindando un margen para optimizar la eficiencia del sistema. Se recomienda suavizar las intersecciones de las labores horizontales con las chimeneas de ventilación, Además, se tienen perdidas por reguladores (0.16%), las perdidas por orificio (1.48%) y perdidas en la salida (0.33%), estos valores son insignificantes. ***(Ver tabla 19)***

Tabla 19. Perdida de Energía global

ítems	Descripción	%
1	Pérdida por Fricción en Chimeneas	32.58%
2	Pérdidas por Fricción en Galerías	46.98%
3	Pérdidas por Reguladores	0.16%
4	Pérdidas por Choque	18.46%
5	Pérdida por Orificio	1.48%
6	Pérdidas en la Salida	0.33%
Total		100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 3. Perdida de Energía global



Fuente: Elaboración propia.

f) Determinación del Factor de Fricción "K"

Ecuación modificada de Colebrook:

$$\frac{1}{sqrt(\lambda)} = 1.74 - 2log_{10}(2e)$$

Donde:

- λ = 6.67 K, (lb*min^2 / pie^4)
- e = Rugosidad (m) / Diámetro hidráulico de la labor (m)

Se debe tener en cuenta que el programa Ventsim Visual™ determina la resistencia de la labor en función del Factor de fricción "K", que se selecciona según el tipo de rugosidad de la labor. Además, se debe seleccionar el tipo de regulador existente (Ejemplo: puerta de ventilación, relleno, orificio, muro de concreto, relleno, etc.). ***(Ver tabla 20)***

De acuerdo al inventario de ventiladores proporcionados y validado con los trabajos de campo, se modeló los ventiladores operativos (marzo-2017). Se tuvo cuidado en la caracterización de los ventiladores principales y secundarios, como es de entender estos generan la depresión del sistema para mover el flujo de aire en la mina.

Tabla 20. Valores "K" Ecuación Colebrook.

ÍTEMS	TIPO DE LABOR	K Kg/m3
1	Alimak	0.016365
2	Galería Mecanizada	0.012844
3	Galería Convencional	0.012587
4	Galería Nivel 6	0.011879
5	Raise Borer Ø (1.5m)	0.006292
6	Rampa 400	0.012589
7	Rampa 1000	0.013100
8	Rampa 700	0.012072
9	Rampa 790	0.012488
10	Rampa 820	0.012163
11	Rampa 880	0.012488
12	Ductos Flexibles (mangas)	0.004437

Fuente: Elaboración Propia.

g) Calculo de la Caída de presión de la mina "H"

Como sabemos, la resistencia de la mina se basa en la siguiente relación:

$$H = R \times Q^2$$

Dónde:

- *H*: Presión del sistema en Pascales (Pa)
- *R*: Resistencia de la mina (Ns^2/m^8)
- *Q*: Caudal total de ingreso de aire (m^3/s)

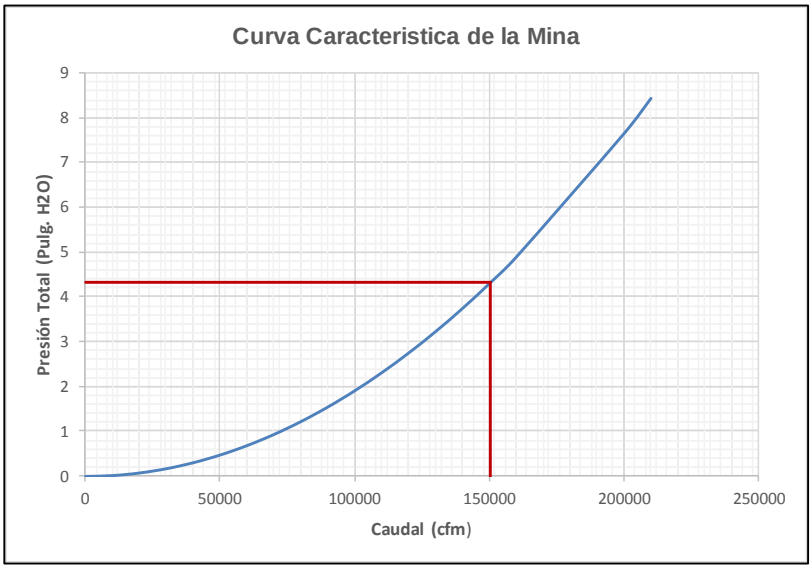
Tabla 21. Caída de presión del sistema.

CALCULO DE CAIDA DE PRESION DEL SISTEMA		
Caudal de ingreso de aire	150,436	cfm
	71.00	m3/s
Resistencia Total de la mina	0.21	Ns2/m8
Presión de la mina	1079.163	Pa
Caida de presion de la mina	4.33	"CA

Fuente: Elaboración propia.

La curva de la mina es importante para intersectar con la curva de presión del ventilador.

Gráfica 4. Curva característica de la Mina Hércules.



Fuente: Elaboración propia.

h) Curva característica de ventiladores operativos

Muestra el resumen de los principales parámetros de los ventiladores auxiliares caracterizados y simulados en el software Ventsim, en el cual indica su punto de trabajo, el consumo de energía y costo anual de los ventiladores. ***(Ver tabla 22)***

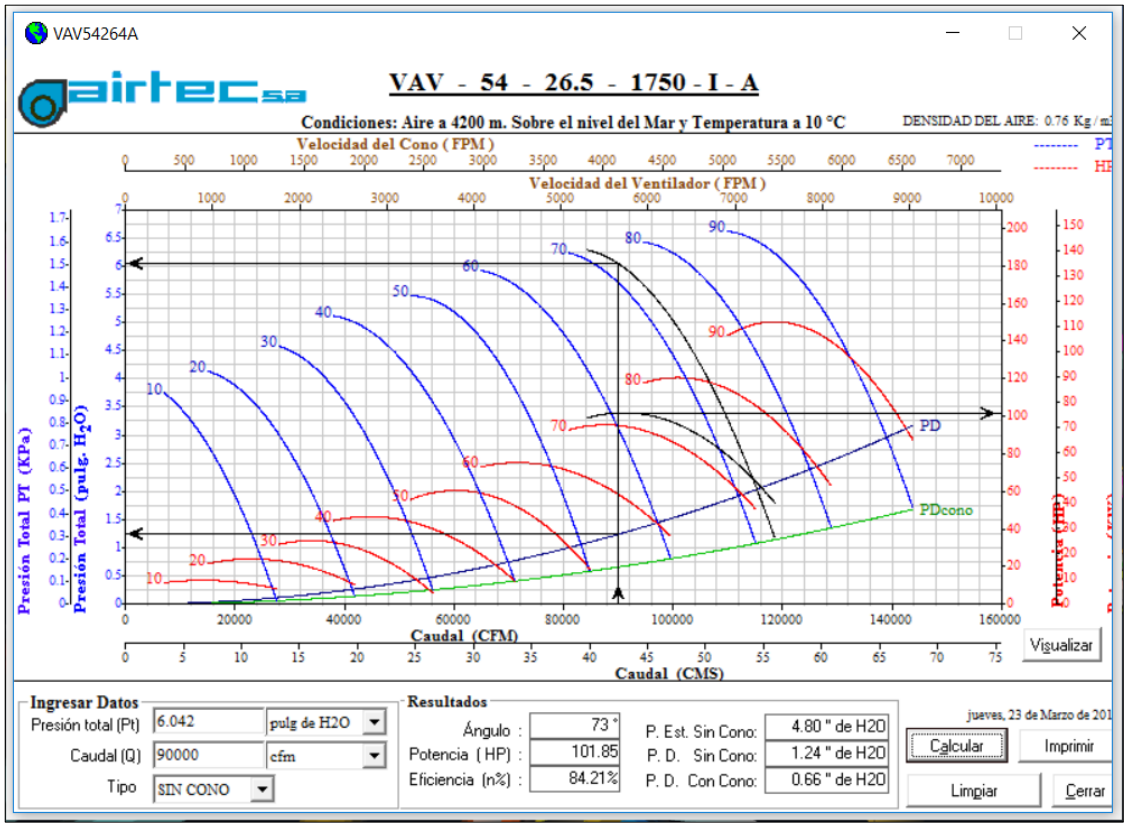
Se obtuvo la curva característica de 90,000 cfm según la recopilación de los datos de campo, se realizó el cálculo de su eficiencia de cada ventilador, con lo cual se completa la data por el software Ventsim. ***(VER ANEXO N° 06)***

Tabla 22. Parámetros del ventilador de 90k cfm.

Codiciones de trabajo	Caudal cfm	Presión Total "CA	Presión Estática "CA	Presión Dinamica "CA	Potencia BHP	
					Kw	HP
0 msnm, T: 25°C	90000	9.500	7.5	1.0	119	160
4200 msnm, T: 10°C	90000	6.042	4.8	0.66	76	102

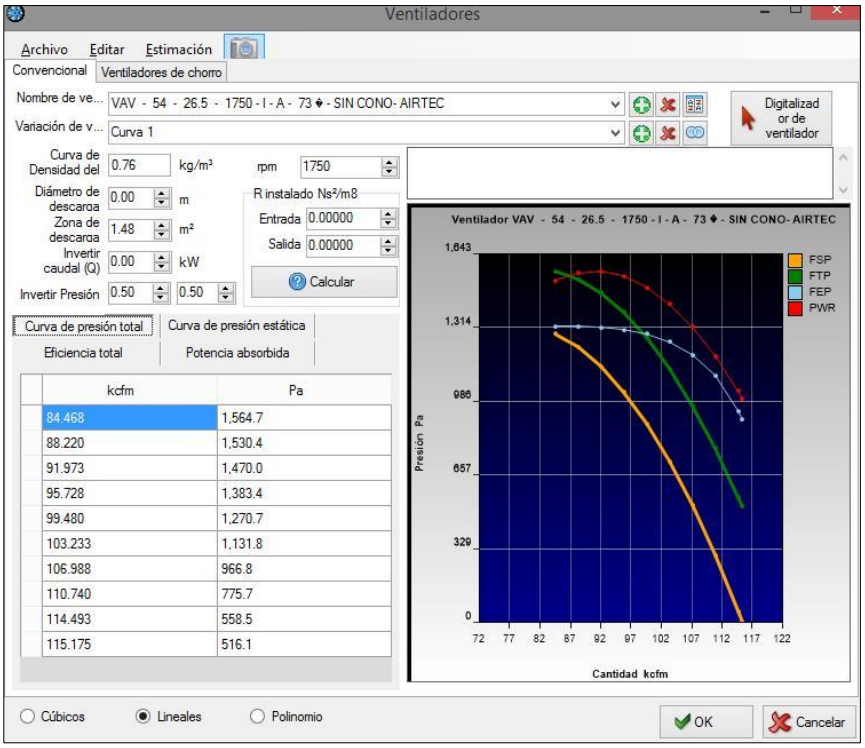
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 5. Curva característica del ventilador de 90k cfm.



Fuente: Programa AIRTEC.

Figura 27. Curva del ventilador 90k cfm en software VENTSIM.



Fuente: Simulación ventilador de 90k cfm en Software VENTSIM.

4.2.3 PROYECTO MEDIANO PLAZO (1 Año)

Uno de los problemas principales que presenta la Compañía Minera Lincuna S.A., es la operación con Raise Borer de 1.50m de diámetro, ya que estos ofrecen mucha resistencia al ser tan pequeños en diámetro (cuellos de botella), debido a que la mina se está profundizando.

Además de ello la deficiencia de ventilación en las zonas de tajeo y/o producción, no dispone de un eje de extracción exclusivo para esta zona ventilándose con ventiladores auxiliares de 20k cfm y 30k cfm, da como resultado velocidades bajas, incluso en algunas menores a 20 m/min. Tanto, este sistema es deficiente y caro.

Todas estas deficiencias en el sistema de ventilación fueron tomadas en cuenta para desarrollar el nuevo eje de ventilación tanto de entrada y de salida de aire, a continuación, se detallarán el plan de trabajo, cabe indicar que el orden que se menciona corresponde al orden de prioridad para su ejecución.

4.2.3.1 Proyecto N° 01 – Integración Raise Borer Paralelas

Se proyecta desarrollar labores paralelas al eje de salida AK-04, ya que este sistema contempla chimeneas en escalones con diámetros tan reducidos de 1.50 m, (RC de 2.50 x2.50, RB 1.50 x1.50m) que generan mucha resistencia al sistema de ventilación, lo que se propone es desarrollar RBs de 2.4m de diámetro paralelas a estas chimeneas obteniéndose, así como resultado una chimenea de mayor diámetro, de este modo ofrecemos al ventilador una menor resistencia al paso de aire.

A. Plan de Trabajo

- ✓ En el Fr 12 desarrollar un crucero XC-01, sección de 3.50mx3.50m, longitud 25m para construir el RB 01.
- ✓ Desarrollar una nueva chimenea RB 01, de 2.4m de diámetro, con una longitud de 107.9m.

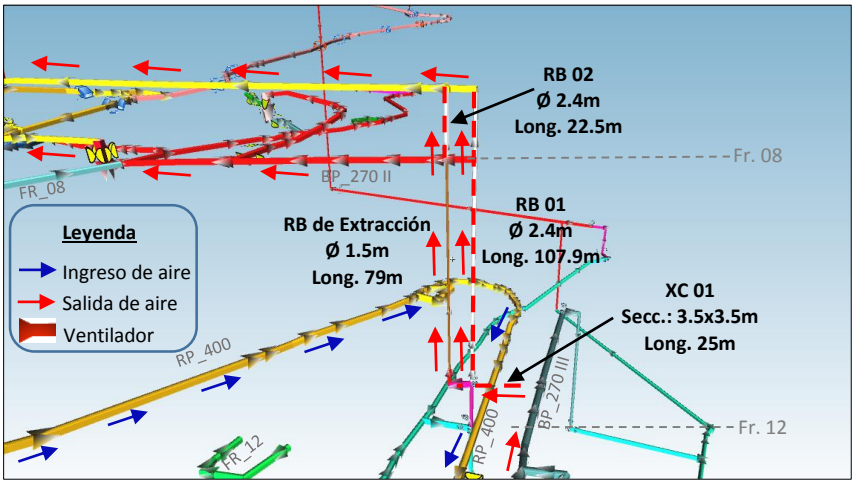
  Coordenadas proyectadas UTM ([1]) :
  - Inicio: 220,789.8 E; 8,920,425.2 N; 3,840.7 Z
  - Fin: 220,790.2 E; 8,920,424.8 N; 3,948.6 Z
- ✓ Desarrollar una nueva chimenea RB 02, de 2.4m de diámetro, con una longitud de 22.5m.

[1] *Coordenadas que deben ser validadas por el área de Planeamiento de Cía. Minera Lincuna S.A.*

Coordenadas proyectadas UTM:

- Inicio: 220,782.2 E; 8,920,420.2 N; 3,926.0 Z
- Fin: 220,782.2 E; 8,920,420.2 N; 3,948.5 Z

Figura 28. Proyecto N° 01, Integración RB 01-RB 02 paralelas.



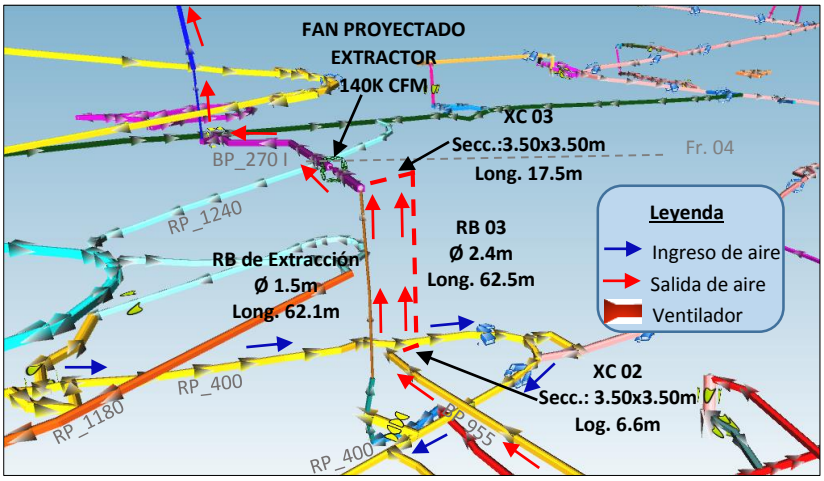
Fuente: Software VENTSIM.

- ✓ En el BYPASS 955 desarrollar el XC-02, sección de 3.50mx3.50m, longitud 6.6m que servirá para construir RB 03.
- ✓ En el Fr-4 desarrollar el XC-03 que intercepte al RB 03, sección de 3.50mx3.50m, con una longitud 17.5m.
- ✓ Desarrollar la chimenea RB 03, de 2.4m Ø, con una longitud de 62.5m; que comunicara al Fr 4, teniendo al final dos chimeneas en paralelo.

  Coordenadas proyectadas UTM:

  - Inicio: 220,595.9 E; 8,920,384.8 N; 3,947.1 Z
  - Fin: 220,595.9 E; 8,920,384.8 N; 4,009.2 Z

Figura 29. Proyecto N° 01, nuevo eje de extracción RB 03.

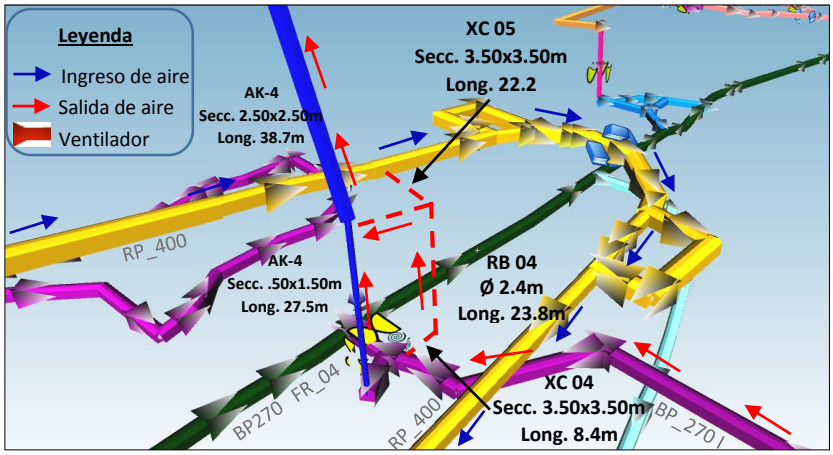


Fuente: Software VENTSIM.

- ✓ En el Fr 4 desarrollar el XC-04, sección de 3.50mx3.50m, longitud 8.4m que servirá para construir la RB04.
- ✓ En la RP 400 se desarrollará un crucero XC-05, sección 3.50mx3.50m, Longitud 22.2m.
- ✓ Desarrollar una chimenea RB 04, de 2.4m Ø, longitud 23.8m; integrando el Fr 4 al pie del Raise Climber 04 (AK-04).

  Coordenadas proyectadas UTM:
  - Inicio: 220,501.6 E; 8,920,360.7 N; 4,008.9 Z
  - Fin: 220,501.6 E; 8,920,360.7 N; 4,032.7 Z

Figura 30. Proyecto N° 01, nuevo eje de extracción RB 04.



Fuente: Software VENTSIM.

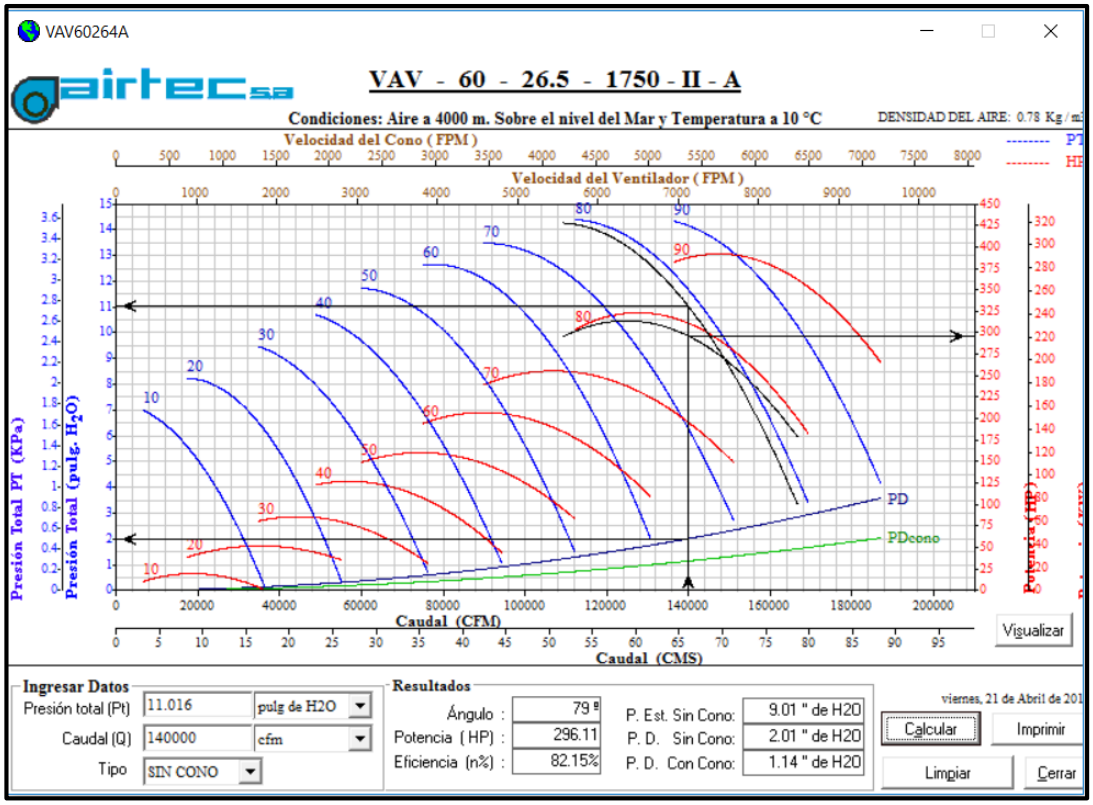
B. Selección del Ventilador Principal 140k cfm

Desarrollado esta nueva infraestructura, se proyecta utilizarla como apoyo principal al eje de extracción de aire viciado AK-04, para ello se debe instalar en el Fr 4, en la BP_270 I, un ventilador extractor eléctrico axial de 140,000 cfm.

Con el soporte del software Ventsim™ determinamos los parámetros del ventilador extractor proyectado de 140k cfm, que para vencer la caída de presión del sistema este ventilador debe generar una presión total de 11'' CA, presión estática de 9.01"CA, presión dinámica de 2.01" CA y una potencia de 296 HP, @ 4,009 m.s.n.m. (densidad del aire 0.78 Kg/m3).

Con la ayuda del programa Airtec se caracteriza la curva del ventilador extractor de 140k cfm, que nos da el punto de operación en la cota de trabajo, para luego importar al software Ventsim y realizar la simulación correspondiente. ***(Ver gráfico 6)***

Gráfico 6. Curva Característica ventilador 140k cfm proyectado.



Fuente: Programa AIRTEC.

Tabla 23. Parámetros Ventilador Principal 140k cfm Proyectado.

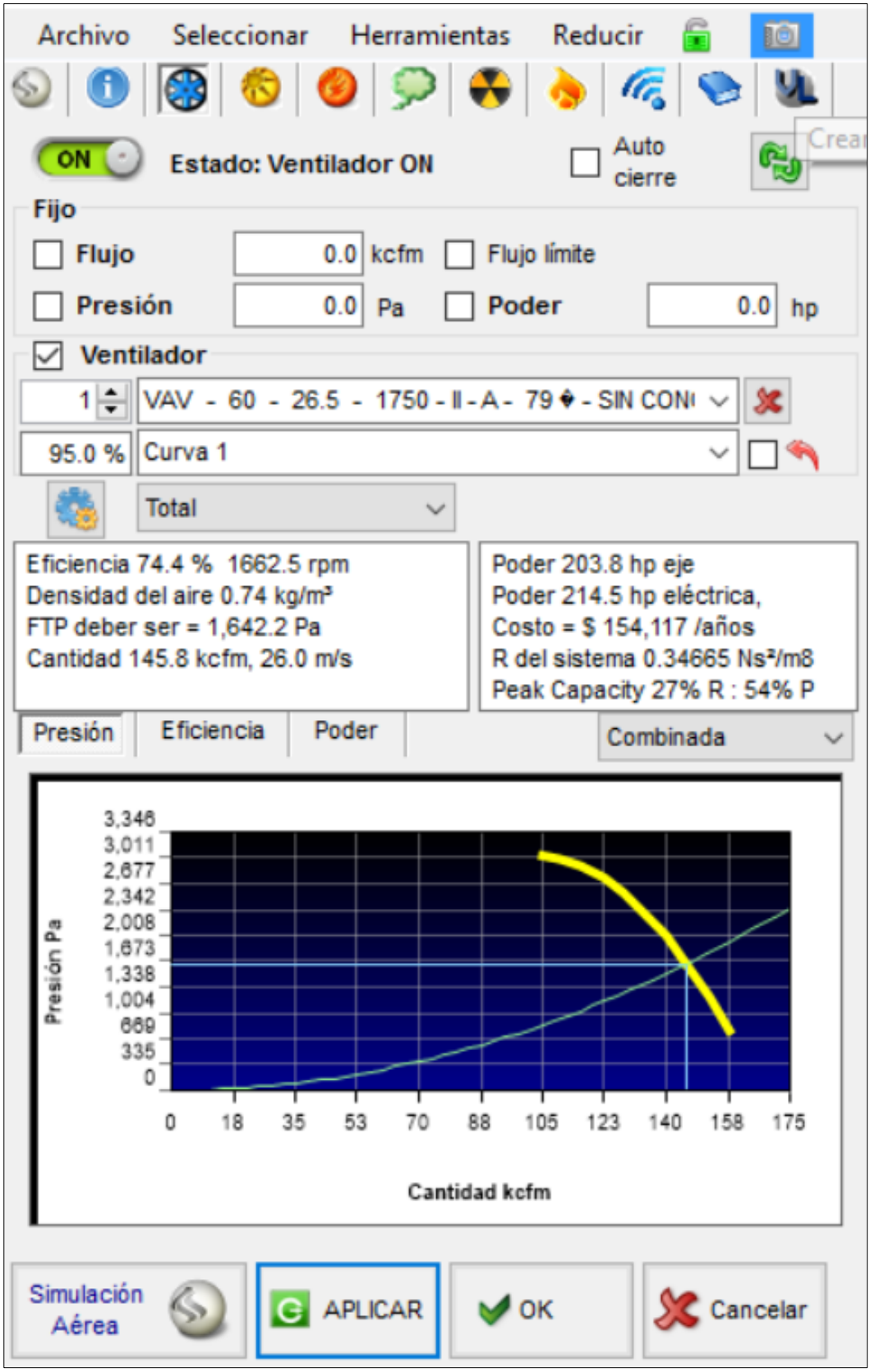
Condiciones de trabajo	Caudal cfm	Presión Total " CA	Presión Estática " CA	Presión Dinámica " CA	Potencia BHP	
					Kw	HP
0 msnm, T: 25°C	140,000	17	13.9	3.1	340	456
4000 msnm, T: 10°C	140,000	11	9.01	2.01	221	296

Fuente: Elaboración propia.

C. Curva Característica Ventilador 140k cfm Proyectado

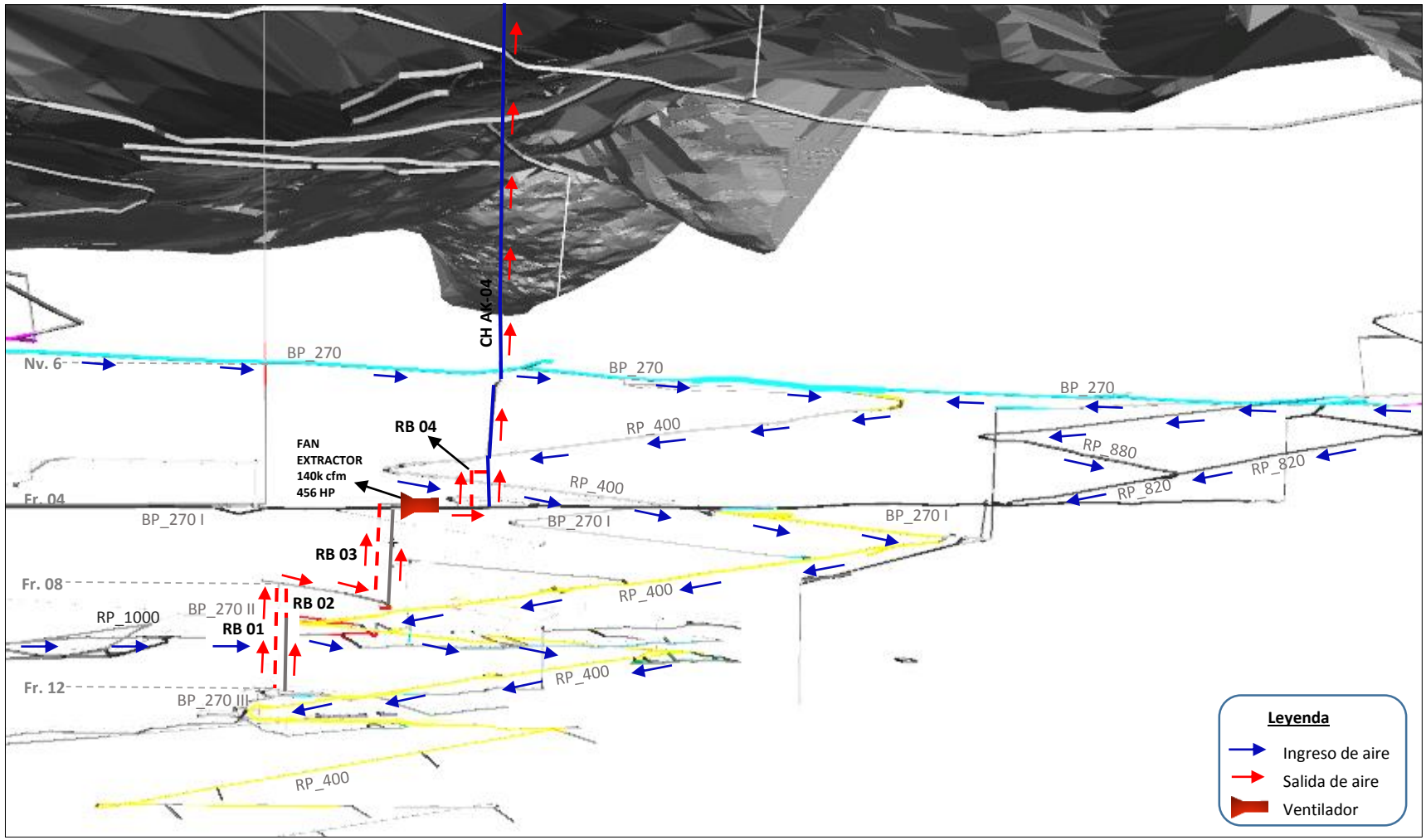
Se caracterizó y simuló el ventilador de 140k cfm recomendado al 100% de su revolución nominal con el objetivo de conocer su punto de operación, se observa que trabaja dentro de su curva operacional, a una presión total de 1,642.2 Pa (6.5" CA) a cota de trabajo, moviendo un caudal de 145,800 cfm, con un costo de energía anual de US$ 154,117. ***(Ver figura 31)***

Figura 31. Ventilador Principal 140k cfm en VENTSIM™



Fuente: Software VENTSIM.

Figura 32.. Vista en 3D, proyecto N° 01 nuevos ejes de extracción RB 01, RB 02, RB 03 y RB 04.



Fuente: Software VENTSIM.

4.2.3.2 Proyecto N° 02 Eje de Extracción RB 07

Actualmente la extracción de aire viciado es la RP 700 que comunica a los niveles superiores Nv3, Nv4, Nv Lorena, presentando un alto riesgo de colapso y siendo esta la única zona de evacuación del aire viciado se estaría bloqueando su paso.

Además de ello parte del ingreso de aire fresco por el Nv4, sale directamente por el Nv3 ocasionando una mezcla de aire originando una recirculación de aire en el sistema, por ello es la urgencia de buscar otra labor de salida, siendo el eje de extracción RB-07.

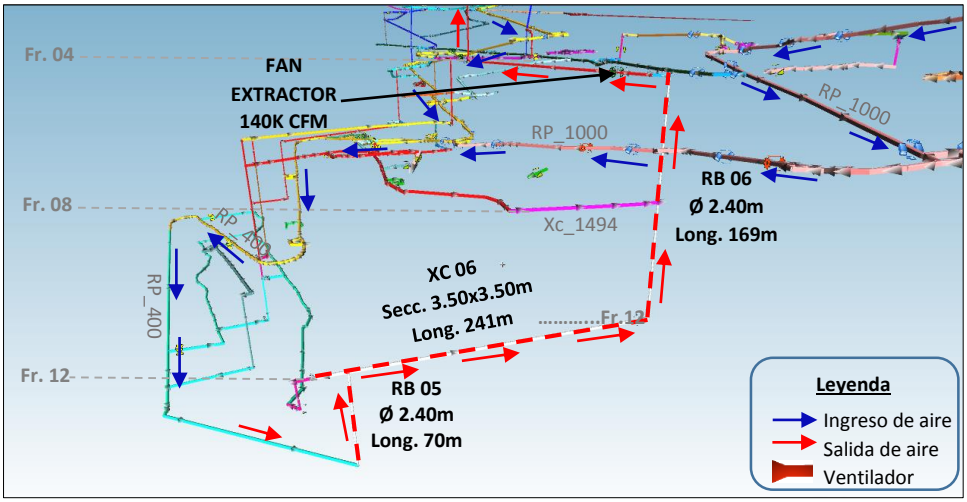
A. Plan de trabajo

- ✓ En el Fr 12 desarrollar un XC-06, sección de 3.50mx3.50m, longitud de 241m, que servirá para construir el RB 05.
- ✓ Desarrollar una chimenea RB 05, de 2.4m Ø, con una altura de 70m; que integre la RP 400.

  Coordenadas proyectadas UTM ([2]) :
  - Inicio: 220,742.2 E; 8,920,654.5 N; 3,769.6 Z.
  - Fin: 220,742.3 E; 8,920,654.5 N; 3,839.6 Z
- ✓ Desarrollar una chimenea RB 06, de 2.4m Ø, con una altura de 169m; que integre Fr 12, Fr 8 y Fr4.

  Coordenadas proyectadas UTM:
  - Inicio: 220,532.6 E; 8,920,653.7 N; 3,840.4 Z.
  - Fin: 220,532.6 E; 8,920,653.7 N; 4,009.4 Z

Figura 33. Proyecto N° 02, nuevo eje de extracción RB 05 y RB 06.



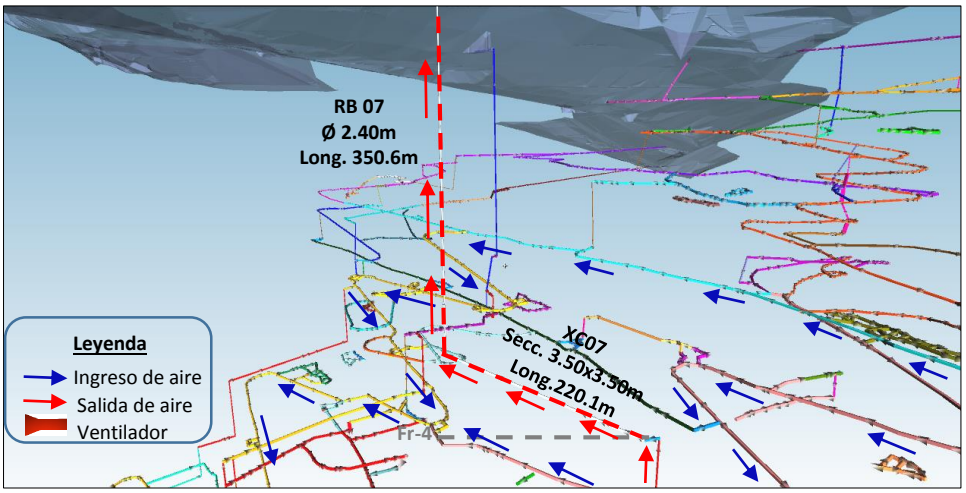
Fuente: Software VENTSIM.

[2] *Coordenadas que deben ser validadas por el área de Planeamiento de Cía. Minera Lincuna*

- ✓ En el Fr 4 sur desarrollar el XC 07, sección de 3.50mx3.50m, con una longitud de 220.1m.
- ✓ Desarrollar una chimenea RB 07, de 2.4m Ø, con una altura de 350.6m. Del Fr4 a superficie.

  Coordenadas proyectadas UTM ([3]) :
  - Inicio: 220,594.5 E; 8,920,437.2 N; 4,360.4 Z.
  - Fin: 220,591.0 E; 8,920,452.0 N; 4,009.8 Z.

Figura 34. Proyecto N° 02, nuevo eje de extracción RB 07.



Fuente: Software VENTSIM.

B. Selección del diámetro optimo – simulación financiera

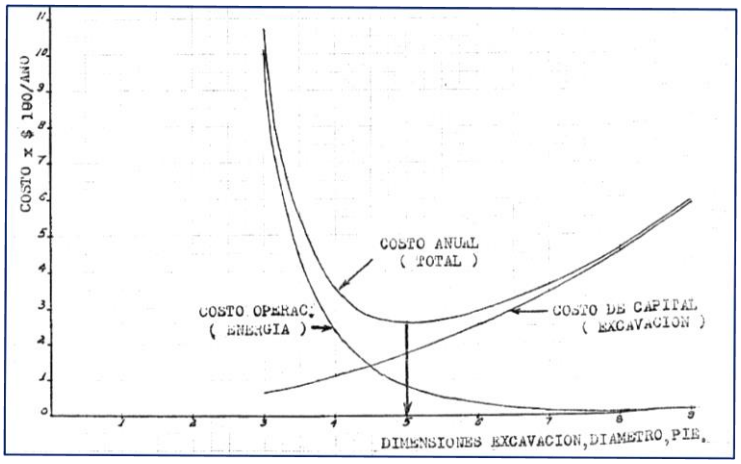
Una vez determinada la ubicación de la chimenea proyectada, se procederá a seleccionar su diámetro óptimo, considerando los costos totales por año (C), que equivale a la suma del costo de capital (Cc), es decir, cuánto va a costar ejecutar la chimenea y los costos de operación (Co), es decir, cuánto de energía consumiría el ventilador acorde a la sección de la chimenea, puesto que estos dos tienden a variar inversamente uno con relación al otro:

$$\boxed{C = Cc + Co}$$

La tangente a la curva del costo total representa el punto de menor costo y, por tanto, el tamaño óptimo del conducto. Se muestra en la siguiente ***(Ver figura 35)***.

[3] *Coordenadas que deben ser validadas por el área de Planeamiento de Cía. Minera Lincuna S.A.*

Figura 35. Dimensión optima del conducto de ventilación.



Fuente: Ventilación de minas subterráneas y túneles – P. Jiménez, 2002.

Para determinar el costo de capital utilizamos la siguiente relación y lo anualizamos a un periodo de la vida de la mina (años) y una tasa Interés (%): ***(Ver tabla 24)***

$$C_c = C_f + L \times C_x$$

Dónde:

C_c: Costo de Capital.

C_f: Costo fijo.

L: Longitud de la labor.

Cx: Costo unitario de Excavación.

Tabla 24. Costo de Capital Anualizado vs Sección de RB 07.

Ítems	Diámetro (m)	Tipo de Chimenea	Cf US$	L (m)	CX US$/m	Cc US$	Cc (3 años, 10%) US$
1	1.5	RB	30,000	534.1	1,250	697,625	280,525
2	1.8	RB	30,000	534.1	1,280	713,648	286,968
3	2.1	RB	30,000	534.1	1,300	724,330	291,264
4	**2.4**	**RB**	**30,000**	**534.1**	**1,400**	**777,740**	**312,741**
5	3.0	RB	30,000	534.1	1,600	884,560	355,695
6	3.5	RB	30,000	534.1	1,800	991,380	398,649
7	4.1	RB	30,000	534.1	2,100	1,151,610	463,079
8	4.5	RB	30,000	534.1	2,900	1,578,890	634,895

Fuente: Elaboración propia.

Se entiende por costo fijo al generado por la instalación y desinstalación del equipo, así como su traslado entre una estación y otra.

Para determinamos los puntos para la curva del costo de operación (Co), se deberá utilizar las siguientes ecuaciones: ***(Ver tabla 25)***

$$\Delta H = \frac{\rho \times K \times C \times L \times Q^2}{1.2 \times A^3}$$

$$BHP = \frac{Q \times \Delta H}{\eta}$$

$$C_o = BHP \times C_e \times 24 \times 360$$

Donde:

ρ: Densidad del aire a cota de trabajo (0.74 kg/m^3).

K: Factor de fricción RB (0.006 Ns^2/m^8).

C: Perímetro de la chimenea (7.54 m)

L: Longitud total de la chimenea (534.1 m).

Q: Caudal de aire a trasladar (130,000 cfm ó 61.35 m^3/s).

ΔH: Caída de Presión (Pa).

η: 80% (*Eficiencia del ventilador*).

C_o: Costo de operación energía.

C_o: Costo unitario de energía (0.11 US$/kW-hr).

Tabla 25. Costo de Operación vs sección de RB 07.

Ítems	Diámetro (m)	Perimetro m	Área m2	Caudal m3/s	ΔH Pa	BHP Kw	Co Anual US$
1	1.5	4.71	1.77	66.07	7,310	450	427,905
2	1.8	5.65	2.54	66.07	2,938	181	171,965
3	2.1	6.60	3.46	66.07	1,359	84	79,562
4	**2.4**	**7.54**	**4.52**	**66.07**	**697**	**43**	**40,808**
5	3.0	9.42	7.07	66.07	228	14	13,372
6	3.6	11.31	10.18	66.07	92	6	5,374
7	4.1	12.88	13.20	66.07	48	3	2,805
8	4.5	14.14	15.90	66.07	30	2	1,761

Fuente: Elaboración propia.

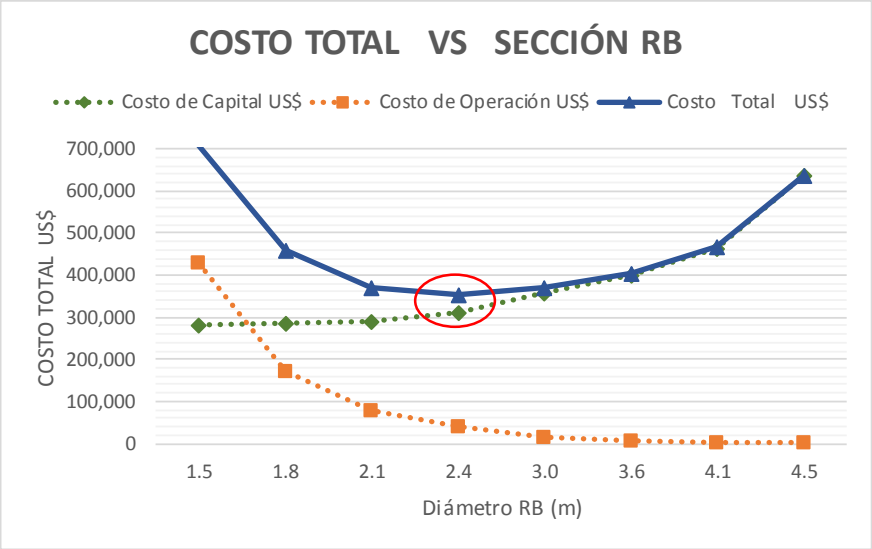
La Tabla N°23, muestra el resumen de valores con los que se determina el tamaño óptimo de la chimenea al plotear la sección de labor vs el costo total anual. ***(Ver tabla 26)***

Tabla 26. Costo Total vs Sección RB 07.

Ítem	RB Diámetro m	Costo Capital US$	Costo (Anual) US$		
			Costo de Capital US$	Costo de Operación US$	Costo Total US$
1	1.5	697,625	280,525	427,905	708,430
2	1.8	713,648	286,968	171,965	458,934
3	2.1	724,330	291,264	79,562	370,826
4	2.4	777,740	312,741	40,808	353,549
5	3.0	884,560	355,695	13,372	369,067
6	3.6	991,380	398,649	5,374	404,022
7	4.1	1,151,610	463,079	2,805	465,884
8	4.5	1,578,890	634,895	1,761	636,656

Fuente: Elaboración propia.

Grafico 7. Curvas de costos vs Sección RB 07.



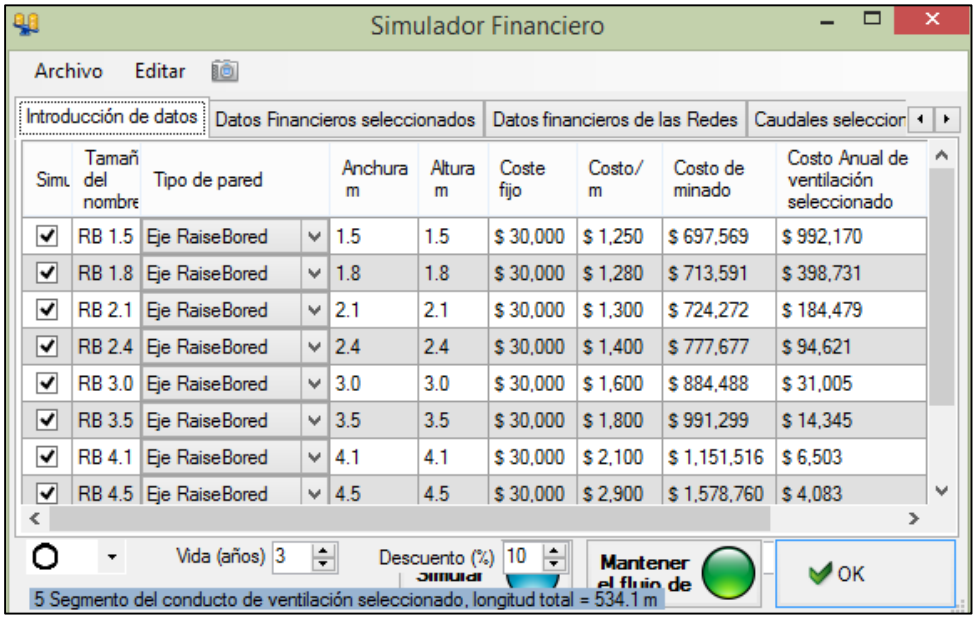
Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, el costo mínimo para una chimenea Raise Borer 07 ocurre para un diámetro de 2.40m, como se muestra en el **grafico 7**.

Este mismo grafico se puede realizar una simulación financiera en VENTSIM, para ello seleccionamos el ducto a optimizar y alimentamos los siguientes datos al programa: ***(Ver figura 36)***

- Costo fijo.
- Costo unitario de Excavación.
- Costo unitario de energía.
- Tasa de interés y tiempo del proyecto.

Figura 36. Simulación Financiera.

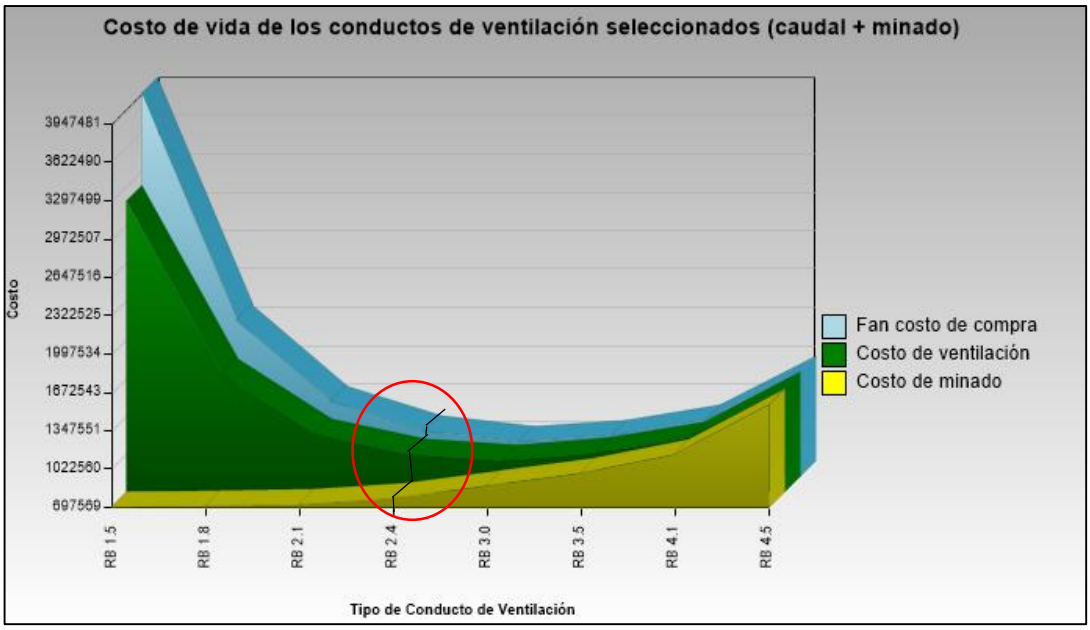


Simu	Tamañ del nombre	Tipo de pared	Anchura m	Altura m	Coste fijo	Costo/ m	Costo de minado	Costo Anual de ventilación seleccionado
✓	RB 1.5	Eje RaiseBored	1.5	1.5	$ 30,000	$ 1,250	$ 697,569	$ 992,170
✓	RB 1.8	Eje RaiseBored	1.8	1.8	$ 30,000	$ 1,280	$ 713,591	$ 398,731
✓	RB 2.1	Eje RaiseBored	2.1	2.1	$ 30,000	$ 1,300	$ 724,272	$ 184,479
✓	RB 2.4	Eje RaiseBored	2.4	2.4	$ 30,000	$ 1,400	$ 777,677	$ 94,621
✓	RB 3.0	Eje RaiseBored	3.0	3.0	$ 30,000	$ 1,600	$ 884,488	$ 31,005
✓	RB 3.5	Eje RaiseBored	3.5	3.5	$ 30,000	$ 1,800	$ 991,299	$ 14,345
✓	RB 4.1	Eje RaiseBored	4.1	4.1	$ 30,000	$ 2,100	$ 1,151,516	$ 6,503
✓	RB 4.5	Eje RaiseBored	4.5	4.5	$ 30,000	$ 2,900	$ 1,578,760	$ 4,083

Fuente: Software VENTSIM.

Una vez alimentado esta data al software Ventsim, realizaremos la simulación financiera teniendo como resultado en la **Imagen 35**, donde se confirma que el tamaño o diámetro óptimo de la chimenea RB 07 proyectada es de Ø 2.40 m.

Figura 37. Curva de costos vs sección de RB 07 en VENTSIM.



Fuente: Software VENTSIM.

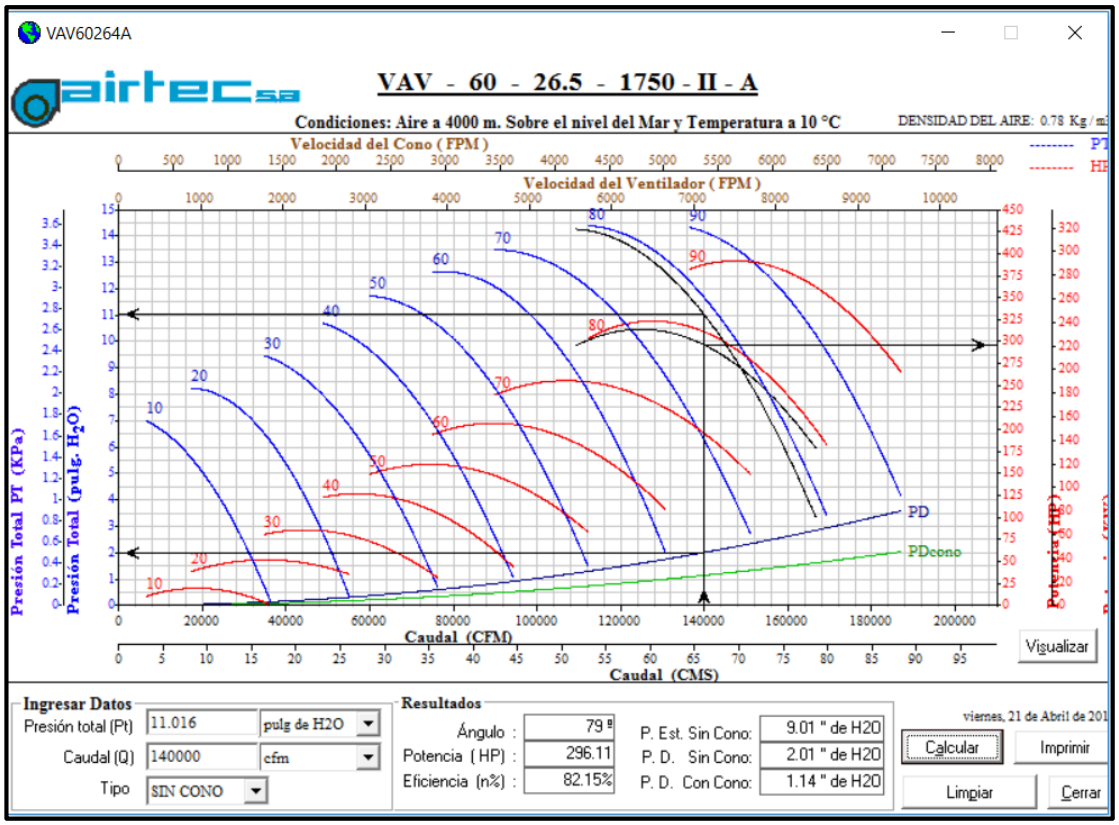
C. Selección del ventilador principal de 140k cfm

Desarrollado esta nueva infraestructura, se proyecta utilizarla como un eje de extracción de aire viciado, para ello se debe instalar en el Fr 4, en el CX-07 un ventilador eléctrico axial de 140k cfm.

Con el soporte del software Ventsim™ determinamos los parámetros del ventilador extractor proyectado de 140k cfm, que para vencer la caída de presión del sistema este ventilador debe generar una presión total de 11'' CA, presión estatica 9.01“ CA, presión dinámica 2.01“ CA y una potencia de 296 HP, @ 4,000 msnm (densidad del aire 0.78 Kg/m3).

Con la ayuda del programa Airtec se caracteriza la curva del ventilador extractor de 140k cfm, que nos da el punto de operación en la cota de trabajo, para luego importar al software Ventsim y realizar la simulación correspondiente. ***(Ver gráfico 8)***

Gráfico 8. Curva Característica ventilador 140k cfm proyectado 1 Año.



Fuente: Programa AIRTEC.

Tabla 27. Parámetros Ventilador Principal 140k cfm Proyectado 1 Año.

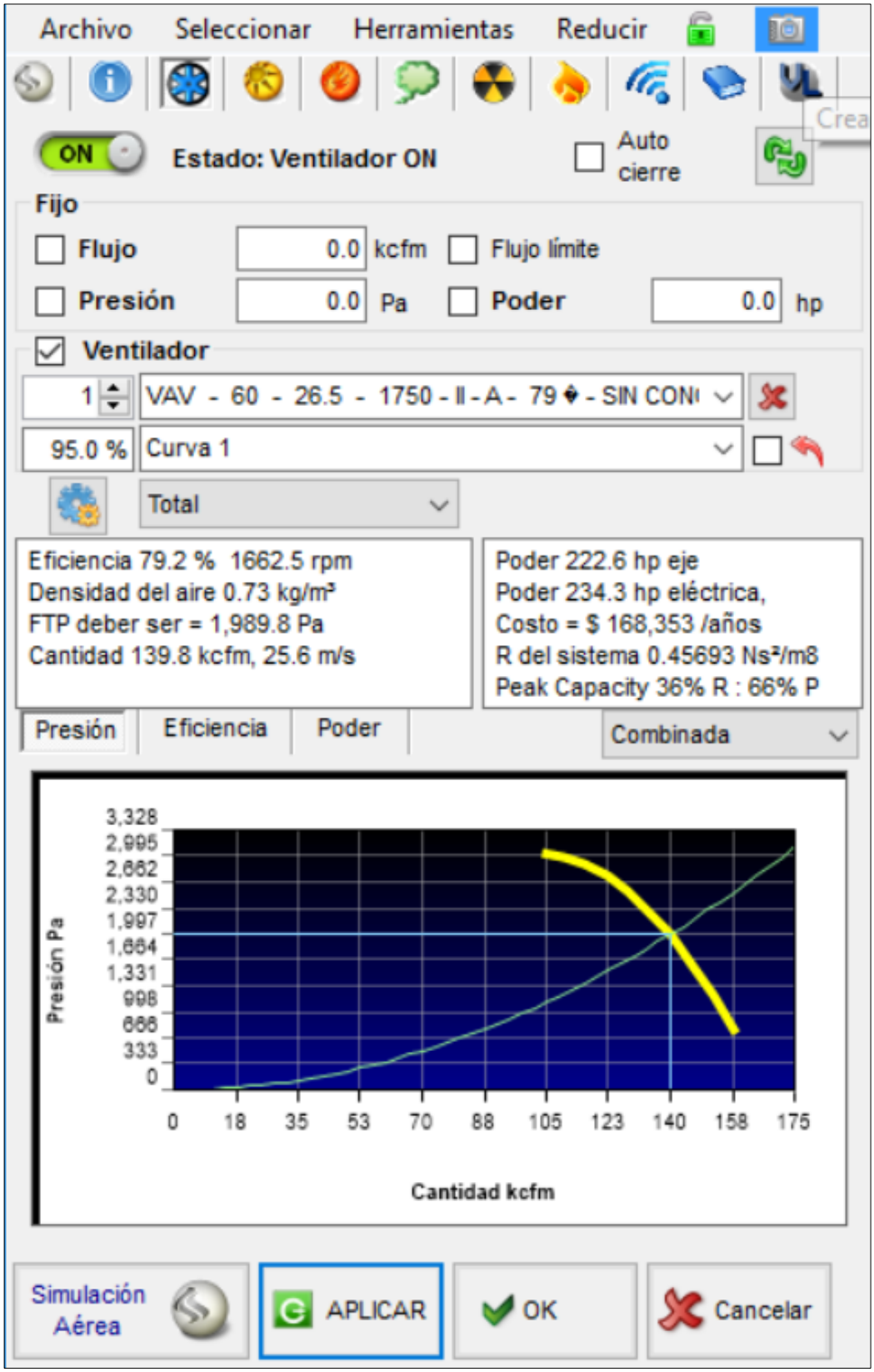
Condiciones de trabajo	Caudal	Presión Total	Presión Estática	Presión Dinámica	Potencia BHP	
	cfm	" CA	" CA	" CA	Kw	HP
0 msnm, T: 25°C	140,000	17	13.9	3.1	340	456
4000 msnm, T:10°C	140,000	11	9.01	2.01	221	296

Fuente: Elaboración propia.

D. Curva Característica Ventilador Principal 140k cfm 1 Año

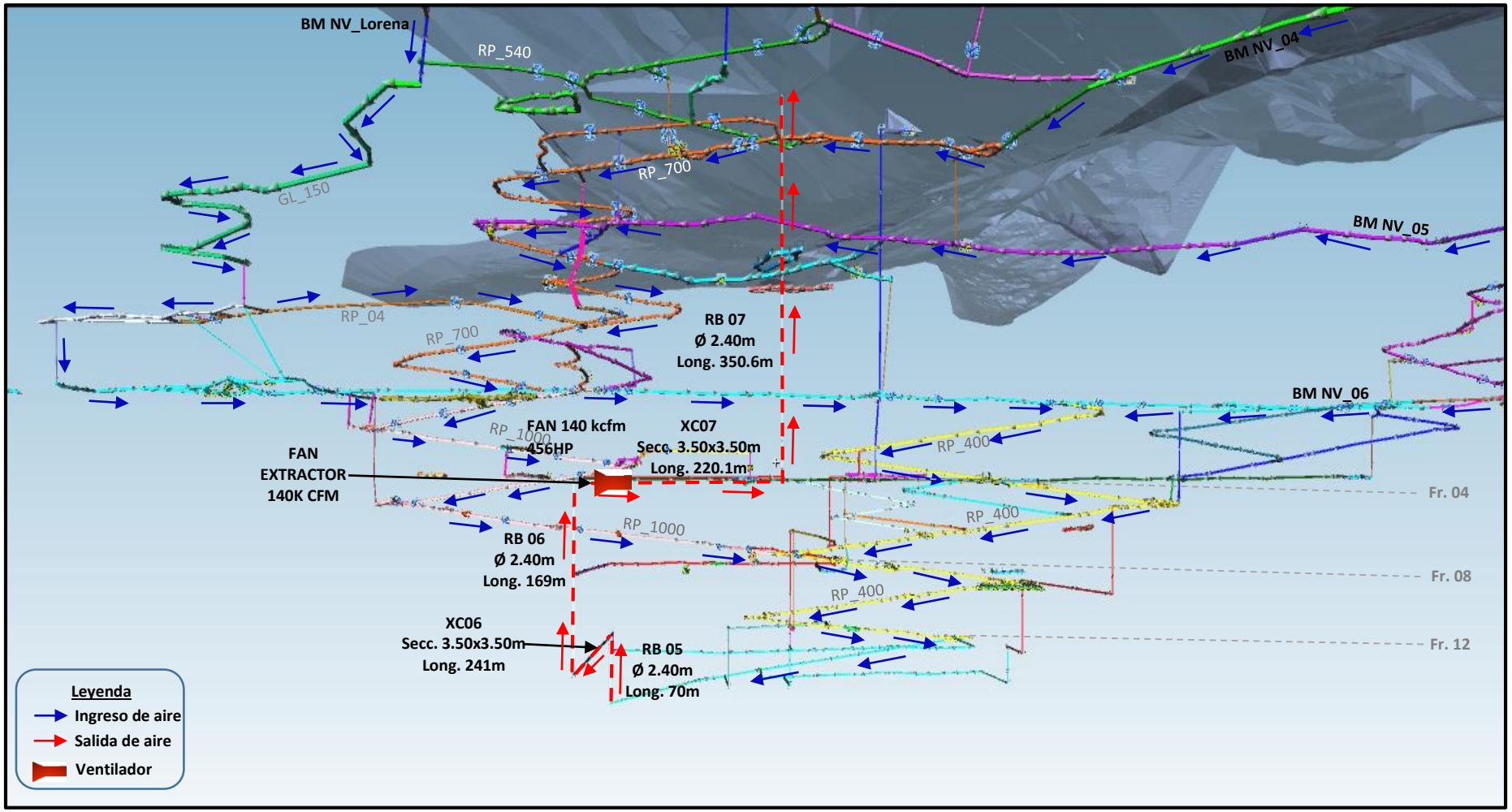
Se caracterizó y simuló el ventilador de 140,000 cfm recomendado, al 100% de su revolución nominal con el objetivo de conocer su punto de operación, se observa que trabaja dentro de su curva operacional, a una presión total de 1,989.8 Pa (7.9" CA) a cota de trabajo, moviendo un caudal de 139,800 cfm ó 25.6 m/s, con un costo de energía anual de US$ 168,353. Se muestra en la **figura 36.**

Figura 38. Ventilador Principal 140k cfm en VENTSIM™ en 1 Año.



Fuente: Software VENTSIM.

Figura 39. Vista en 3D, Proyecto N° 02 nuevos ejes de extracción RB-05, RB-06 y RB-07



Fuente: Software VENTSIM.

4.2.3.3 Proyecto N° 03 Eje de ingreso de aire fresco – RP 400.

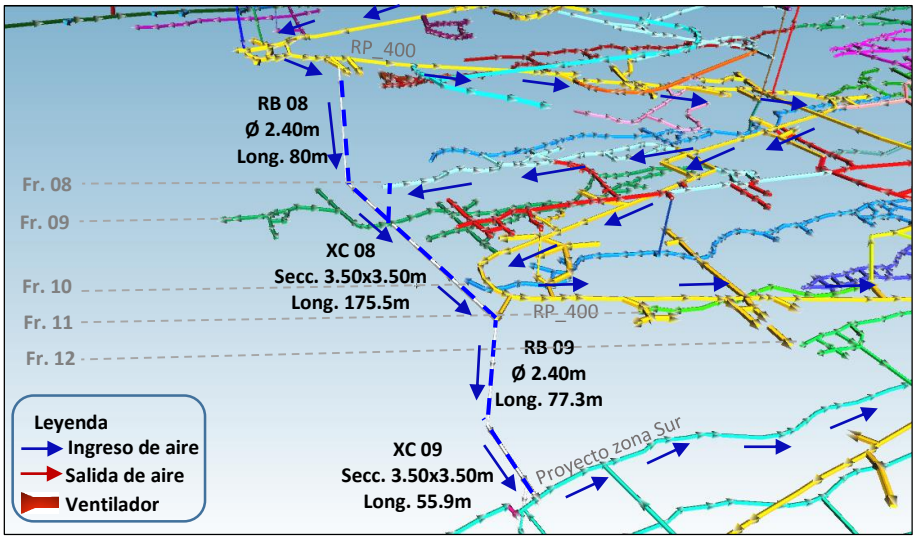
Necesitamos proporcionar aire fresco a los proyectos de la zona sur de la mineralización, para ello se plantea la alternativa siguiente proyecto N° 03 y la simulación correspondiente en el software Ventsim.

En tal sentido desarrollaremos un eje que conectara a un XC, a una cota promedio al Fr 4, por este medio ingresara aire fresco del Nv.6 a la profundización.

A. Plan de trabajo

- ✓ Desarrollar el XC-08, de sección 3.50x3.50m, con una longitud de 175.5m.
  Coordenadas proyectadas UTM:
  - Inicio: 220,753.5 E; 8,920,128.7 N; 3,897.6 Z
  - Fin: 220,586.6 E; 8,920,075.0 N; 3,903.3 Z
- ✓ Desarrollar una chimenea RB 08, con un Ø 2.4m, y una longitud de 80m.
  Coordenadas proyectadas UTM:
  - Inicio: 220,586.6 E; 8,920,075.0 N; 3,983.3 Z
  - Fin: 220,586.6 E; 8,920,075.0 N; 3,903.3 Z
- ✓ Desarrollar el XC-09, de sección 3.50x3.50m, con una longitud de 55.9m.
  Coordenadas proyectadas UTM:
  - Inicio: 220,798.0 E; 8,920,136.2 N; 3,820.3 Z
  - Fin: 220,762.0 E; 8,920,130.1 N; 3,820.3 Z
- ✓ Desarrollar una chimenea RB 09, de Ø 2.40m, con una longitud de 77.3m.
  Coordenadas proyectadas UTM:
  - Inicio: 220,753.5 E; 8,920,128.7 N; 3,897.6 Z
  - Fin: 220,753.5 E; 8,920,128.7 N; 3,820.3 Z

Figura 40. Proyecto N° 03, Nuevos ejes de ingreso RB 08 y RB 09.



Fuente: Software VENTSIM.

4.2.4 PROYECTO A LARGO PLAZO (3 Años)

Para poder suplir las necesidades y estar por encima de la cobertura de la mina Hércules, se proyectan trabajos a largo plazo, con los trabajos a mediano plazo se estima estar a una cobertura del 70% y al largo plazo 108%, estando por encima de lo que la ley exige.

Por lo tanto, se platearán reise borer de ingreso de aire fresco tanto para la zona sur como para la zona norte de la mina, asimismo se planteará ejes de salida de aire viciado.

4.2.4.1 Proyecto N° 04 Nuevo Eje de Extracción RB 10

Uno de los principales problemas que presenta la mina Hércules es la deficiente ventilación en las zonas de tajeo y/o producción, no dispone de un eje de extracción exclusivo para esta zona ventilándose con ventiladores auxiliares de 30k cfm, el RB 10, nos va a permitir evacuar todo el aire viciado dando movimiento al flujo de aire necesario, especialmente en la RP 400, se proyecta profundizar hasta el Fr 21.

A. Plan de Trabajo

- ✓ Desarrollar el XC-10, de sección 3.50x3.50m, con una longitud de 32m.

  Coordenadas proyectadas UTM:

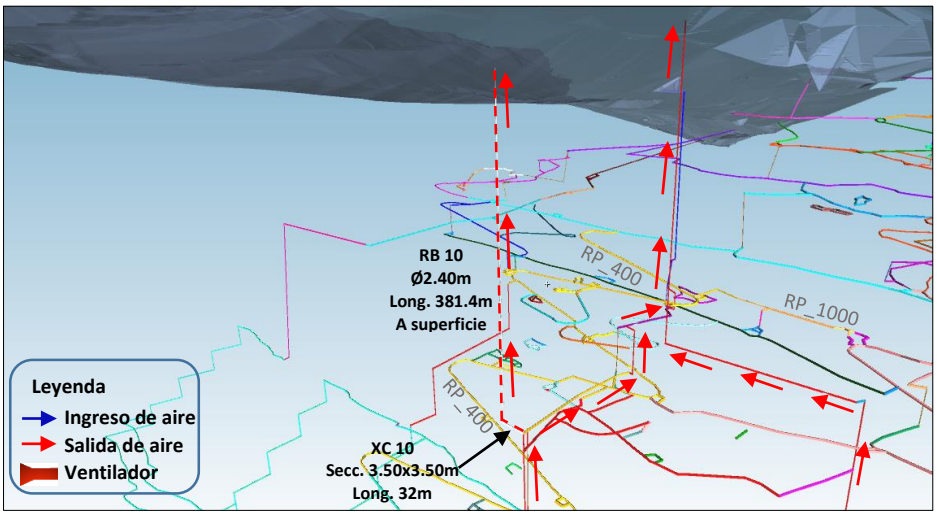
  - Inicio: 220,790.2 E; 8,920,424.8 N; 3,948.6 Z
  - Fin: 220,796.0 E; 8,920,393.3 N; 3,948.6 Z

- ✓ Posterior a esto se completará con la chimenea de extracción de aire viciado RB 10, de Ø2.4m, hasta superficie, con una longitud de 381.4m.

  Coordenadas proyectadas UTM:

  - Inicio: 220,796.0 E; 8,920,393.3 N; 3,950.5 Z
  - Fin: 220,796.0 E; 8,920,393.3 N; 4,330.0 Z

Figura 41. Proyecto N° 04 nuevo eje de extracción RB 10 a superficie.



Fuente: Software VENTSIM.

B. Selección del diámetro optimo

Determinado la ubicación de la chimenea proyectada, vamos a seleccionar su tamaño óptimo, considerando los costos totales por año (*C*), que equivale a la suma del costo de capital (*Cc*), es decir cuánto va a costar ejecutar la chimenea y los costos de operación *(Co*), es decir cuánto de energía consumiría el ventilador acorde a la sección de la chimenea, puesto que estos dos tienden a variar inversamente uno con relación al otro, se tomara los mismos cálculos del ítem anterior ecuación (a) y (b), y obtendremos los siguientes resultados para determinar el costo de capital utilizamos la siguiente relación y lo anualizamos a un periodo de 3 años y una tasa de 10%. ***(Ver tabla 28)***

Tabla 28. Costo de Capital Anualizado Vs Sección CH "RB-10".

Diámetro (m)	Tipo de Chimenea	Cf US$	L (m)	CX US$/m	Cc US$	Cc (3 años, 10%) US$
1.5	RB	30,000	381.4	1,250	506,750	203,772
1.8	RB	30,000	381.4	1,280	518,192	208,373
2.1	RB	30,000	381.4	1,300	525,820	211,440
2.4	**RB**	**30,000**	**381.4**	**1,400**	**563,960**	**226,777**
3.0	RB	30,000	381.4	1,600	640,240	257,450
3.5	RB	30,000	381.4	1,800	716,520	288,123
4.1	RB	30,000	381.4	2,100	830,940	334,133
4.5	RB	30,000	381.4	2,900	1,136,060	456,827

Fuente: Elaboración propia.

Se entiende por costo fijo al generado por la instalación y desinstalación del equipo, así como su traslado entre una estación y otra, se aplica las ecuaciones del ítem anterior (c), (d) y (e), donde determinamos los puntos para la curva del costo de operación (C0) y lo resultados son las siguientes: ***(Ver tabla 29)***

Tabla 29. Costo de Operación Vs Sección de CH "RB-10".

Ítems	Diámetro (m)	Perimetro m	Área m2	Caudal m3/s	ΔH Pa	BHP Kw	Co Anual US$
1	1.5	4.71	1.77	66.07	5,261	324	307,930
2	1.8	5.65	2.54	66.07	2,114	130	123,750
3	2.1	6.60	3.46	66.07	978	60	57,255
4	**2.4**	**7.54**	**4.52**	**66.07**	**502**	**31**	**29,366**
5	3.0	9.42	7.07	66.07	164	10	9,623
6	3.6	11.31	10.18	66.07	66	4	3,867
7	4.1	12.88	13.20	66.07	34	2	2,018
8	4.5	14.14	15.90	66.07	22	1	1,267

Fuente: Elaboración propia.

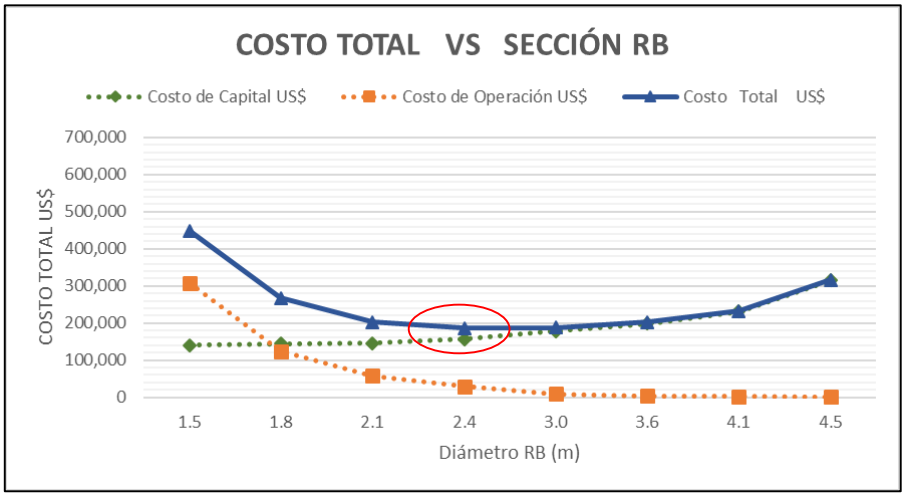
Se muestra el resumen de valores con los que se determina el tamaño o diámetro óptimo de la chimenea al plotear la sección de labor vs el costo total anual. (***Se muestra en la tabla 30).***

Tabla 30. Costo Total Vs Sección CH "RB-10".

Ítem	RB Diámetro m	Costo Capital US$	Costo (Anual) US$		
			Costo de Capital US$	Costo de Operación US$	Costo Total US$
1	1.5	506,750	203,772	307,930	511,702
2	1.8	518,192	208,373	123,750	332,123
3	2.1	525,820	211,440	57,255	268,695
4	2.4	563,960	226,777	29,366	256,143
5	3.0	640,240	257,450	9,623	267,073
6	3.6	716,520	288,123	3,867	291,990
7	4.1	830,940	334,133	2,018	336,152
8	4.5	1,136,060	456,827	1,267	458,094

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 9. Curvas de Costos Vs Sección CH "RB-02".



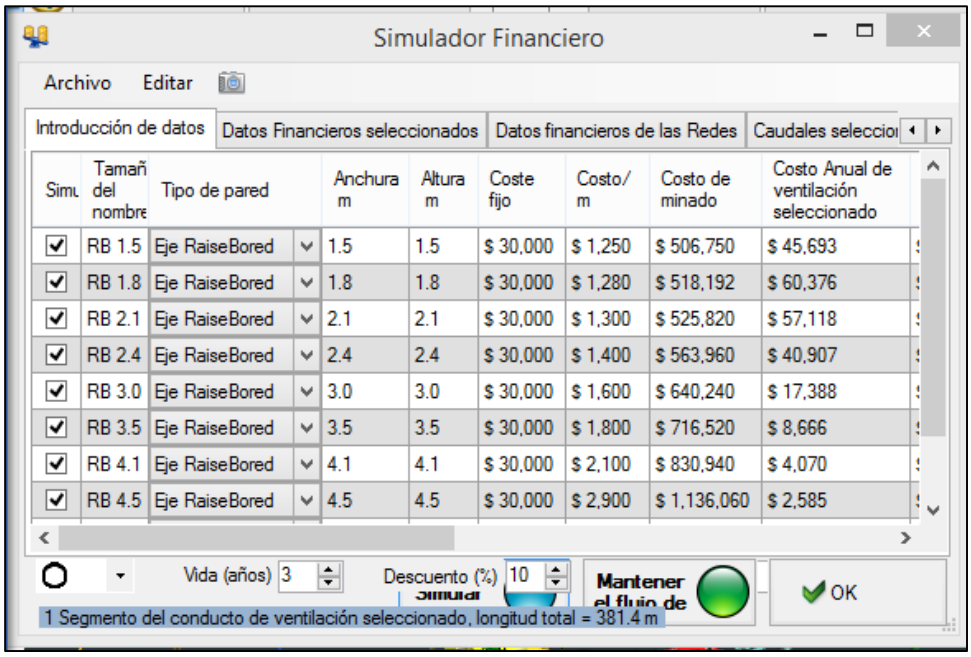
Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, el costo mínimo para una chimenea Raise Borer 10 ocurre para un diámetro de 2.40 m, como se muestra en el **Gráfico 9.**

Este mismo grafico se puede realizar en software Ventsim que corresponde a la simulación financiera, para ello seleccionamos el ducto a optimizar y alimentamos los siguientes datos al programa:

- Costo fijo.
- Costo unitario de Excavación.
- Costo unitario de energía.
- Tasa de interés.
- Tiempo del proyecto.

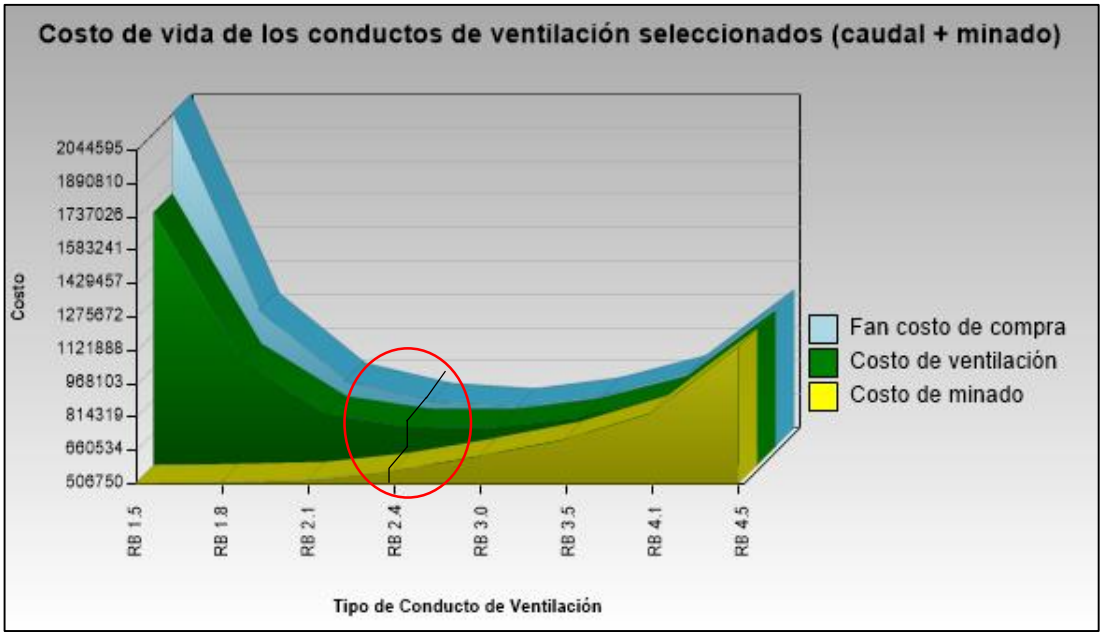
Figura 42. Simulación Financiera.



Fuente: Software VENTSIM.

Una vez alimentado esta data al software, realizaremos la simulación financiera teniendo como resultado lo que se muestra en la **figura 43**, donde se confirma que el tamaño óptimo de la chimenea Raise Borer 10 proyectada es de 2.40 m.

Figura 43. Curva de costos vs sección de RB 10 en VENTSIM.



Fuente: Software VENTSIM.

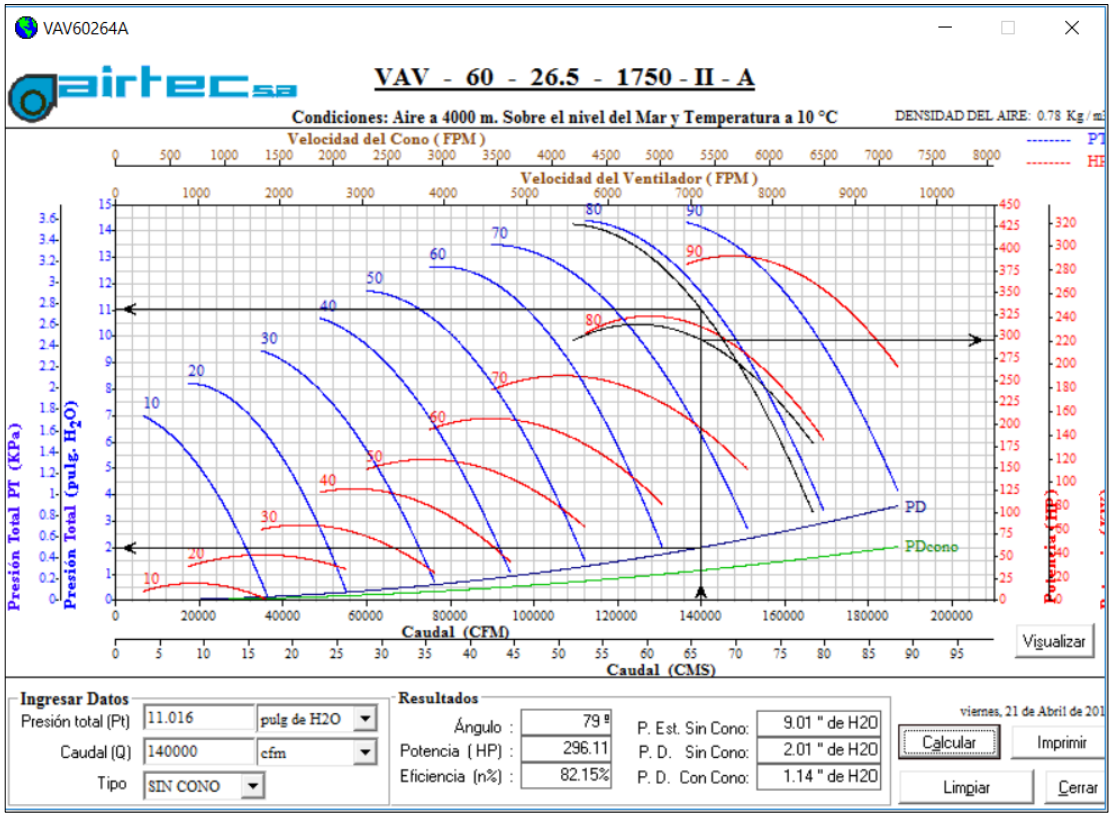
C. Selección del Ventilador Principal 140k cfm

Desarrollado esta nueva infraestructura, se proyecta utilizarla como un eje de extracción de aire viciado, para ello se debe instalar en el BP 955, un ventilador extractor eléctrico axial de 140k cfm.

Con el soporte del software Ventsim™ determinamos que para vencer la caída de presión del sistema este ventilador debe generar una presión total de 11'' CA, presión estática de 9.01" CA, presión dinámica de 2.01" CA, @ 3,900 m.s.n.m. (densidad del aire 0.78 Kg/m3).

Con el apoyo de programa Airtec, se caracterizó la curva del ventilador 140k cfm proyectado, asimismo de importo al Ventsim, para la simulación.

Gráfico 10. Curva Característica ventilador 140k cfm proyectado 3 Años.



Fuente: Programa AIRTEC.

Tabla 31. Parámetros Ventilador Principal 140k cfm Proyectado 3 Años.

Condiciones de trabajo	Caudal cfm	Presión Total " CA	Presión Estática " CA	Presión Dinámica " CA	Potencia BHP	
					Kw	HP
0 msnm, T: 25°C	140,000	17	13.9	3.1	340	456
4000 msnm, T: 10°C	140,000	11	9.01	2.01	221	296

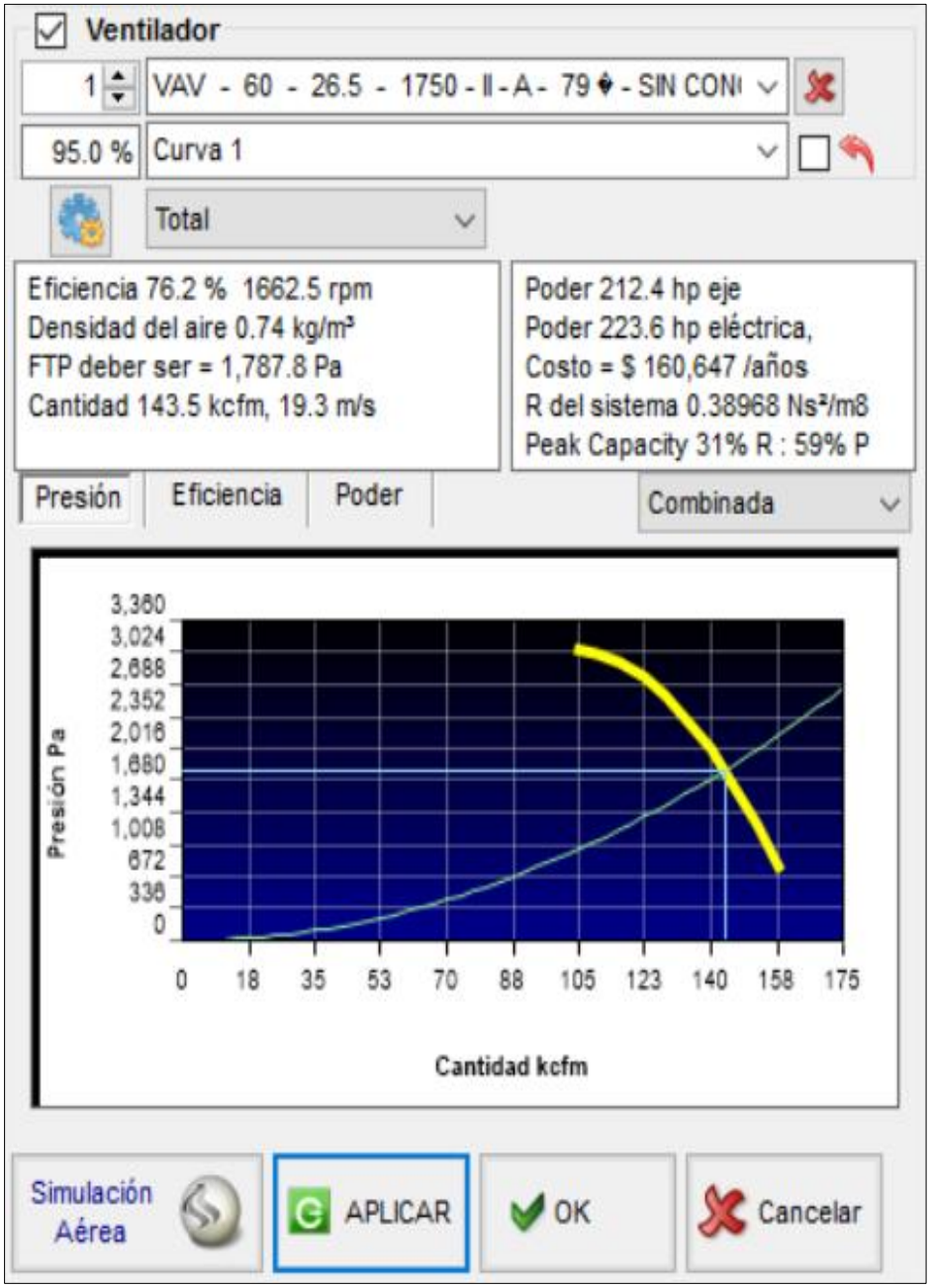
Fuente: Elaboración propia.

D. Curva Característica Ventilador Principal 140k cfm Proyectado 3 Años

Se caracterizó y simuló el ventilador de 140k cfm recomendado, al 100% de su revolución nominal con el objetivo de conocer su punto de operación, se observa que trabaja dentro de su curva operacional, a una presión total de 1788 Pa (7.18" CA) a cota de trabajo, moviendo un caudal de 143,500 cfm con un costo de energía anual de US$ 160,647.

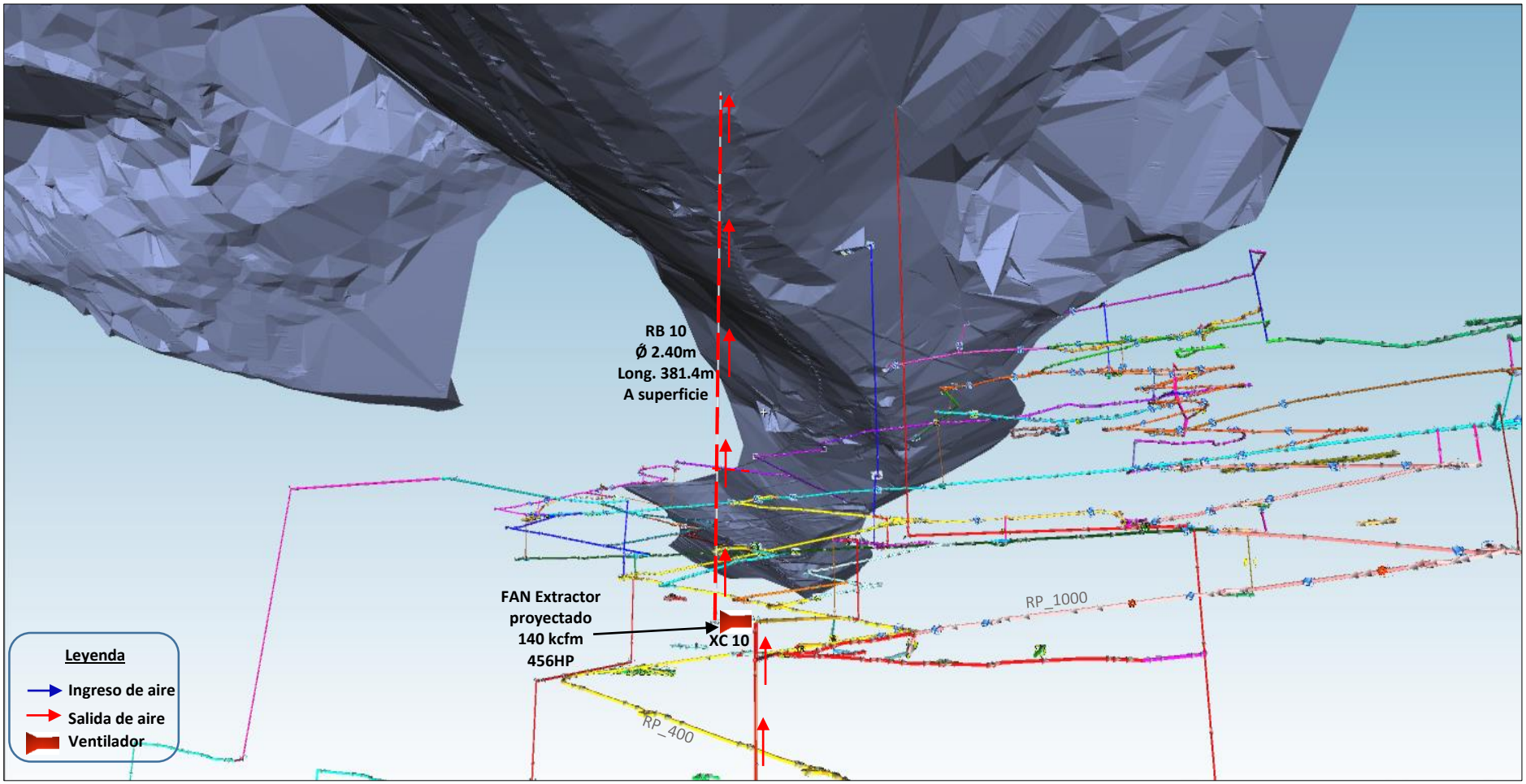
(Ver figura 44)

Figura 44. Ventilador Principal 140k cfm en VENTSIM 3 Años.



Fuente: Software VENTSIM.

Figura 45. Vista 3D, Proyecto N° 04 nuevo eje de extracción RB 10.



Fuente: Software VENTSIM..

4.2.4.2 Proyecto N° 05 Nuevo Eje de Ingreso zona Sur.

Necesitamos proporcionar aire fresco a la proyección de planeamiento, para poder suplir las necesidades conforme van profundizando, en tal sentido captaremos el aire fresco proveniente de la B.M Nv6.

A. Plan de Trabajo

- ✓ Desarrollaremos el XC-11, con una sección de 3.50x3.50m, longitud de 223.4m.

  Coordenadas proyectadas UTM ([4]):

  - Inicio: 220,790.6 E; 8,920,016.4 N; 4,068.1 Z
  - Fin: 220,854.9 E; 8,919,802.5 N; 4,068.2 Z

- ✓ Desarrollaremos el XC-12, de sección de 3.50x3.50m, longitud 12.1m.

  Coordenadas proyectadas UTM:

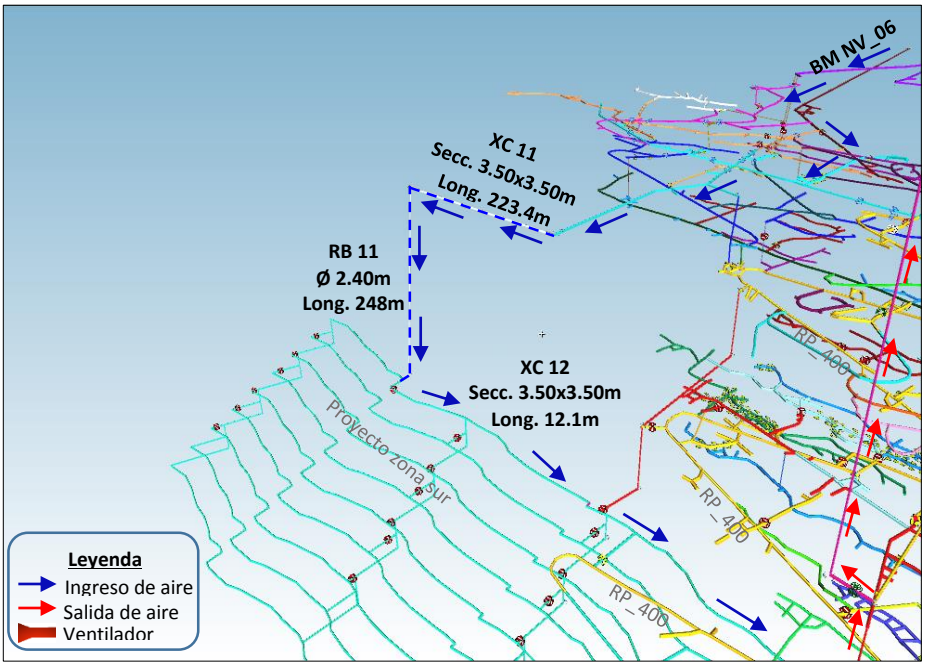
  - Inicio: 220,885.0 E; 8,919,799.2 N; 3,820.3 Z
  - Fin: 220,874.4 E; 8,919,793.3 N; 3,820.1 Z

- ✓ Desarrollaremos una chimenea RB 11 en el pie del Fr 13, de 2.4m Ø, altura de 248m.

  Coordenadas proyectadas UTM:

  - Inicio: 220,854.9 E; 8,919,802.5 N; 4,068.2 Z
  - Fin: 220,874.4 E; 8,919,793.3 N; 3,820.1 Z

Figura 46. Proyecto N° 05, nuevo eje de ingreso zona sur RB 11.



Fuente: Software VENTSIM.

[4] *Coordenadas deben ser validadas por el área de Planeamiento de Cía. Minera Lincuna*

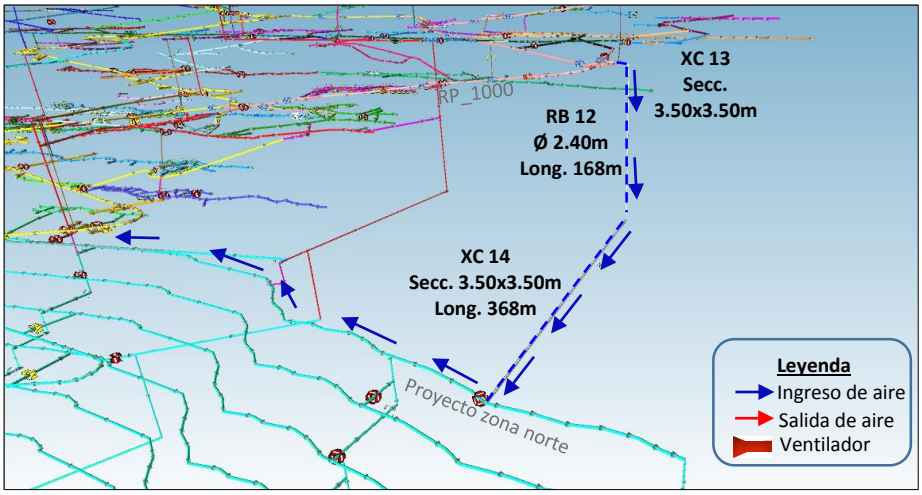
4.2.4.3 Proyecto N° 06 Nuevo eje de Ingreso zona Norte.

Conforme van profundizando, la zona norte va requerir un eje de ingreso de aire fresco para poder evacuarlo por el Repise Borer 12, en tal sentido captamos el aire fresco proveniente de la RP 1000, por medio de un crucero, para suplir con el requerimiento de aire en la zona norte.

A. Plan de Trabajo

- ✓ Desarrollaremos el XC-13, con una sección de 3.50x3.50m, con una longitud de 15.3m, que servirá como cabeza del RB 12.
  Coordenadas proyectadas UTM ([5]):
  - Inicio: 220,494.9 E; 8,920,842.1 N; 3,988.3 Z
  - Fin: 220,501.8 E; 8,920,855.7 N; 3,988.2 Z
- ✓ Desarrollaremos el XC-14, con una sección de 3.50x3.50m, con una longitud de 368m, que servirá como pie del RB 12.
  Coordenadas proyectadas UTM:
  - Inicio: 220,867.0 E; 8,920,901.3 N; 3,820.3 Z
  - Fin: 220,501.8 E; 8,920,855.7 N; 3,820.3 Z
- ✓ Desarrollaremos la chimenea RB 12, de Ǿ2.40m, con una longitud de 168m.
  Coordenadas proyectadas UTM:
  - Inicio: 220,501.8 E; 8,920,855.7 N; 3,988.2 Z
  - Fin: 220,501.8 E; 8,920,855.7 N; 3,820.3 Z

Figura 47. Proyecto N° 06, nuevo eje de ingreso zona norte RB 12.



Fuente: Software VENTSIM.

[5] *Coordenadas deben ser validadas por el área de Planeamiento de Cía. Minera Lincuna*

4.2.5 Contrastación de las hipótesis

A continuación, se indica las hipótesis tanto general como especifico y su contrastación respectiva.

A. General.

- Con la aplicación del software Ventsim en la representación de un modelo calibrado y simulado permitirá realizar diseños y optimización del sistema de ventilación de la Compañía Minera Lincuna S.A.-Año 2017.

  Indudablemente la aplicación del software Ventsim mejoro en un 95% el circuito de la Mina Hércules; el resultado es notorio en distintas labores porque se puede diferenciar un antes y ahora con el aumento de las velocidades y disminución de la recirculación de aire viciado se puede observar circuitos donde hay aire fresco, viciado y la distribución de los gases, polvo, etc. Esto es lo que respecta a corto plazo. Respecto a Mediano y largo plazo, todavía no se ejecuta el Raise Borer propuestos pero el software Ventsim ya nos mostró una mejora en los diseños y en la optimización del circuito de ventilación de la Compañía Minera Lincuna S.A. y las comparaciones actuales vs el proyectado.

A. Especifico.

- Los procedimientos influirán en la aplicación del software Ventsim para el diseño y optimización de la mina.

  Como se indicó anteriormente en hipótesis general se diseñará y optimizará el sistema de ventilación para mejorar el circuito de ventilación con el uso correcto de los procedimientos del software que son modelamiento, calibración y simulación estos se han realizado con mayor precisión y cautela. Alcanzando un error de +-10% que está dentro del rango permitido.

- La aplicación de los parámetros será favorable para el diseño y optimización del sistema de ventilación en la Compañía Minera Lincuna S.A.

  Los parámetros que utiliza el programa se han introducido con la mayor cautela porque de ello dependen los resultados por ejemplo del costo de energía por Kw-hr, la densidad del aire, altitud, presión barométrica, costo unitario de labores horizontales-verticales, tasa de interés.

  Estamos hablando en términos de alta inversión por eso se han revisado todos los parámetros y están validados por los responsables correspondientes de la Compañía Minera Lincuna S.A.

- Aplicando el software Ventsim no existirá recirculación de aire viciado después del diseño y se optimizará el sistema de ventilación en la Compañía Minera Lincuna S.A.

  Es cierto, no existe recirculación de aire viciado en su totalidad después del diseño y optimización del circuito, esto se observa en las simulaciones con el Software Ventsim.

4.3 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.3.1 Costo de ventilación

4.3.1.1 Costo de Capital – CAPEX

Luego de haber evaluado el sistema de ventilación, se observa que la Compañía Minera Lincuna S.A., no habría invertido en ventilación (infraestructura, chimeneas, ventiladores y equipos), reflejo de ello es el déficit de aire existente, llegando a una cobertura de Aire actual de 41%, razón para proponer un Plan de inversión, acorde con los proyectos recomendados con el objetivo de cubrir la demanda con un margen de holgura para garantizar la continuidad de las operaciones en el futuro, priorizando el ahorro de energía, con esta inversión se proyecta explotar los niveles actuales de la mina Hércules.

Para la viabilidad del proyecto a mediano plazo, se necesita invertir **US$ 2,172,886**, (***se muestra en la tabla 32).***

Tabla 32. Costo del proyecto a Mediano Plazo.

MEDIANO PLAZO									REV01
ITEMS	**DESCRIPCIÓN**								
1		**PROYECTO 01 INTEGRACIÓN LABORES RB PARALELAS**							
			Sección	**Grado**		**Long**		**$/ml**	**US$**
1.1	XC 01	Crucero 01	3.5X3.5	1°	m	25.0		384.6	9,614
1.2	RB 01	RB 01	Φ 2.4 m	<90°	m	107.9	1,000	1,443.0	156,700
	RB 02	RB 02	Φ 2.4 m	<90°	m	22.5	1,000	1,443.0	33,468
1.3	XC 02	Crucero 02	3.5X3.5	1°	m	6.6		384.6	2,538
1.4	XC 03	Crucero 03	3.5X3.5	1°	m	17.5		384.6	6,730
1.5	RB 01	RB 03	Φ 2.4 m	<90°	m	62.5	1,000	1,443.0	91,188
1.6	XC 04	Crucero 04	3.5X3.5	1°	m	8.4		384.6	3,230
1.7	XC 05	Crucero 05	3.5X3.5	1°	m	22.2		384.6	8,537
1.8	RB 04	RB 04	Φ 2.4 m	<90°	m	23.8	1,000	1,443.0	35,343
1.9		***Adquisic/Instal (1) FAN 140,000 cfm 305 HP***							240,000

2		**PROYECTO 02 (EJE DE EXTRACCIÓN RB01)**							
2.1	XC 06	Crucero 06	3.5X3.5	1°	m	231.8		384.6	89,139
2.2	RB 05	RB 05	Φ 2.4 m	<90°	m	70.0	1,000	1,443.0	102,010
2.3	RB 06	RB 06	Φ 2.4 m	<90°	m	169.0	1,000	1,443.0	244,867
2.4	XC 07	Crucero 07	3.5X3.5	1°	m	220.1		384.6	84,639
	RB 05	RB 05	Φ 2.4 m	<90°	m	350.6	1,000	1,443.0	506,916
2.5		***Adquisic/Instal (1) FAN 130,000 cfm 215 HP***							240,000
3		**PROYECTO 03 (EJE DE INGRESO RB02)**							
3.1	XC 08	Crucero 08	3.5X3.5	1°	m	175.5		384.6	67,489
3.2	RB 08	RB 08	Φ 2.4 m	<90°	m	80.0	1,000	1,443.0	116,440
3.3	XC 09	Crucero 09	3.5X3.5	1°	m	55.9		384.6	21,496
3.4	RB 09	RB 09	Φ 2.4 m	<90°	m	77.3	1,000	1,443.0	112,544
4		Sub Total US$							2,172,886

Fuente: Elaboración propia.

Para la viabilidad del proyecto a largo plazo, se necesita invertir **US$ 1,643,913**. (***Se muestra en la tabla 33).***

Tabla 33. Costo del proyecto a Largo Plazo.

LARGO PLAZO									
ITEMS	**DESCRIPCIÓN**								
5		**PROYECTO 04 (EJE DE EXTRACCIÓN RB02)**							
	XC 10	Crucero 10	3.5X3.5	1°	m	32.0		384.6	12,306
5.1	RB 10	RB 10	Φ 2.4 m	<90°	m	381.4	1,000	1,443.0	551,360
5.2		***Adquisic/Instal (1) FAN 140,000 cfm 197 HP***							240,000
6		**PROYECTO 05 (EJE DE INGRESO ZONA SUR)**							
6.1	XC 11	Crucero 11	3.5X3.5	1°	m	223.4		384.6	85,908
6.2	XC 12	Crucero 12	3.5X3.5	1°	m	12.1		384.6	4,653
6.3	RB 11	RB 11	Φ 2.4 m	<90°	m	248.0	1,000	1,443.0	358,864
7		**PROYECTO 06 (EJE DE INGRESO NORTE)**							
7.1	XC 13	Crucero 13	3.5X3.5	1°	m	15.3		384.6	5,884
7.2	XC 14	Crucero 14	3.5X3.5	1°	m	368.0		384.6	141,514
7.3	RB 12	RB 12	Φ 2.4 m	<90°	m	168.0	1,000	1,443.0	243,424
8		Sub Total US$							1,643,913

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar el costo de capital del sistema primario de ventilación CAPEX (US$/TMS) se estimó una inversión inicial de US$ 3'816,800 con una taza de 10% y una vida de la mina de tres años teniendo tres cuotas anualizadas de US$ 1,534,792, (***se muestra en la tabla 34 y 35).***

Tabla 34. Inversión Anualizada.

Items	Descripción	U/M	Inversion	2018	2019	2020	Total
	Periodo			1 año	2 año	3 año	
1	Mina Hercules	us$	3,816,800	1,534,792	1,534,792	1,534,792	4,604,375
Total US$			3,816,800	1,534,792	1,534,792	1,534,792	4,604,375

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35. Costo de Capital del sistema de ventilación primario – CAPEX.

Item	Descripción	U/M	Actual	A 1 año	A 2 años	A 3 años
			mar-17	mar-18	mar-19	mar-20
1	Producción de mineral	TM/año	366,000	360,000	384,000	420,000
2	Caudal de aire total de admisión	cfm	156,359	268,100	410,600	410,600
3	Caudal de aire total de escape	cfm	161,946	273,700	411,100	411,100
4	Caudal Requerido	cfm	381,476	381,476	381,476	381,476
5	Cobertura	%	41%	70%	108%	108%
6	**Costo Capital por año**	**US$**		**1,534,792**	**1,534,792**	**1,534,792**
7	Costo Unitario CAPEX	US$/TMS	0.00	4.26	4.00	3.65

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.2 Costo de Operación – OPEX

Se estimó en base al consumo de energía eléctrica de los ventiladores del circuito primario (principal, secundario y auxiliar), mano de obra (personal), herramientas, materiales, servicios y otros.

Es de vital importancia la reducción de las labores, minimizar las longitudes, los costos, la rugosidad de las paredes de la labor (minado uniforme de las paredes, control en la voladura) y objetos, equipos, carga acumulada, tapones permanentes que obstruyen el paso del aire en las labores mineras (ingresos y salidas fundamentalmente), significará un ahorro del consumo de energía eléctrica.

Se muestra el costo operativo por cada cfm producido en el sistema de ventilación actual y proyectado, se observa un incremento en el costo de operación, debido principalmente por la incorporación de ventiladores extractores principales en el circuito principal de ventilación de un ingreso de aire inicial de 156,359 cfm incrementándose el ingreso de aire a largo plazo de 410,600 cfm llegando así a una cobertura del 108% que cubrirá el requerimiento de aire de la mina Hércules. ***(Ver tabla 36)***

Tabla 36. Costo de Operación del sistema primario – OPEX.

Item	Descripción	U/M	Actual	OPEX 2.4 Ø 95%RPM 1 año	2 años	3 años
			mar-17	mar-18	mar-19	mar-20
1	Producción de mineral (Referencial)	TM/año	366,000	360,000	384,000	420,000
2	Total de ventiladores Principales		2	2	3	3
3	Total de ventiladores Secundarios		1	-	-	-
4	Caudal de aire total de admisión	cfm	156,359	268,100	410,600	410,600
5	Caudal de aire total de escape	cfm	161,946	273,700	411,100	411,100
6	Potencia eléctrica de Entrada	kW	198	516	703	703
7	Consumo de Energía	US$	135,739	441,391	621,629	621,629
8	Mano de obra - 10 personas (5%)	US$	6,787	22,070	31,081	31,081
9	Mantenimiento/Repuestos (10%)	US$	13,574	44,139	62,163	62,163
10	**Costo Operación por año**	**US$**	**156,100**	**507,600**	**714,873**	**714,873**
11	Costo Unitario Caudal	US$/cfm	1.00	1.89	1.74	1.74
12	Costo Unitario OPEX	US$/TMS	0.43	1.41	1.86	1.70
13	Costo Unitario CAPEX	US$/TMS	-	4.26	4.00	3.65
14	Costo Total Ventilación	US$/TMS	0.43	5.67	5.86	5.36

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.3 Costo Unitario – Sistema de ventilación.

Teniendo los costos unitarios de Inversión que se observa que en el primer año es de US$/TMS 4.26, el segundo año es de US$/TMS 4.00 y para el tercer año de US$/TMS 3.65 y costo de operación actual de US$/TMS 0.43, en el primer año es de US$/TMS 1.41, segundo año US$/TMS 1.86 y en el tercer años US$/TMS 1.70, tanto el costo de capital y costo de operación disminuyen en el tercer año, se estimó cuanto es el costo del sistema de ventilación acorde al programa de producción (TM/año) a mediano (1 año) y largo plazo (3 años). ***(Ver tabla 37)***

Tabla 37. CAPEX y OPEX.

Item	Descripción	U/M	Periodo Actual 2017	1 año 2018	2 años 2019	3 años 2020
1	Producción de mineral	TM/año	366,000	360,000	384,000	420,000
2	Costo de Capital - CAPEX	US$/Año		1,534,792	1,534,792	1,534,792
3	Costo Unitario CAPEX	US$/TMS		4.26	4.00	3.65
4	Costo de Capital - OPEX	US$/Año	156,100	507,600	714,873	714,873
5	Costo Unitario OPEX	US$/TMS	0.43	1.41	1.86	1.70
6	Total (CAPEX + OPEX)	US$/Año	156,100	2,042,391	2,249,665	2,249,665
7	Costo de Ventilación	US$/TMS	0.43	5.67	5.86	5.36

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Resumen Comparativo Actual vs Proyectado

4.3.2.1 Caudal total de ingreso

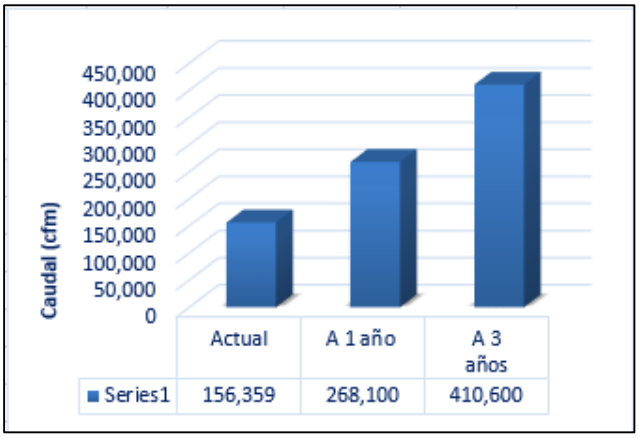
Observamos un incremento del 310% en la capacidad de ingreso de aire fresco, llegando a una cobertura al 108%. ***(Ver tabla 38)***

Tabla 38. Variación caudal ingreso – Actual vs Proyectado.

Item	Descripción	U/M	Actual	A 1 año	A 2 años	A 3 años
			mar-17	mar-18	mar-19	mar-20
1	Caudal de aire total de admisión	cfm	156,359	268,100	410,600	410,600
2	Caudal de aire total de escape	cfm	161,946	273,700	411,100	411,100
3	Caudal Requerido	cfm	381,476	381,476	381,476	381,476
4	Defícit	cfm	225,117	113,376	-	-
5	Superávit	cfm	-	-	29,624	29,624
6	**Cobertura**	**%**	**41%**	**70%**	**108%**	**108%**

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 11. Distribución caudal ingreso - Actual vs Proyectado.



Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.2 Potencia Instalada

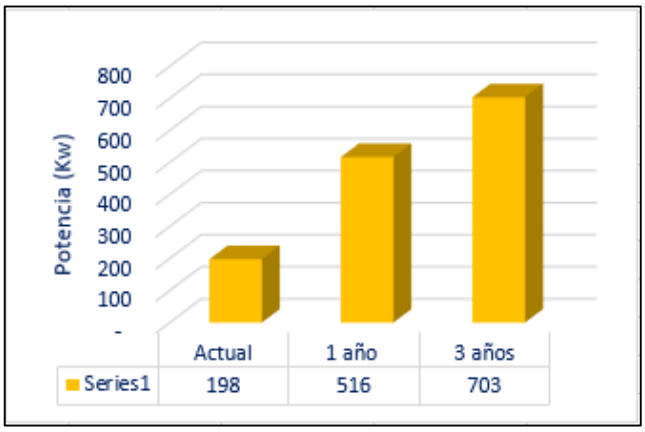
Se observa un incremento en el consumo de energía del 516 KW el primer año y 703 KW a inicios del 2do año, debido al incremento de ventiladores principales de mayor capacidad. ***(Ver tabla 39)***

Tabla 39. Variación consumo de energía - Actual vs Proyectado.

Item	Descripción	U/M	Actual	1 año	2 años	3 años
			mar-17	mar-18	mar-19	mar-20
1	Total de ventiladores Principales	UND	2	2	3	3
2	Total de ventiladores Secundarios	UND	1	-	-	-
3	Potencia eléctrica de Entrada	kW	198	516	703	703
4	Consumo de Energía	US$	135,739	441,391	621,629	621,629

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 12. Consumo de Energía por etapas.



Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.3 Consumo de Energía

A. Consumo de energía Actual

El consumo de energía actual entre ventiladores principales, secundarios y auxiliares es de US$ 135,739 por año. ***(Ver tabla 40)***

Tabla 40. Consumo de energía actual.

Codigo	Labor	Dato Nominal		Dato Campo						Costo	Costo Energia
		Caudal	Pote.	Caudal	Voltaje	Amp.	F.P	Potencia			
		Kcfm	HP	Kcfm	V	A	%	HP	Kw	US$/Kw-Hr	US$/año
VENTILADOR PRINCIPAL											
31	FR-4	100	140	67,101	431.00	56.80	0.9	24.65	18.38	0.11	17470.99
30	XC 270 - Nv6	50	80	68,395	447.50	34.49	0.9	32.26	24.06	0.11	22865.62
Sub Total		150	220	135,496				56.92	42.44		40,337
VENTILADOR SECUNDARIO											
37	CM DIAMANTINA	50	125	104,799	463.50	63.18	0.9	61.22	45.65	0.11	43385.95
Sub Total		50	125	104,799				61.22	45.65		43,386
Ventilador Auxiliar											
2	RP29070	20	50	17,959	446.50	23.26	0.9	21.71	16.19	0.11	7,694
29	XC 100	20	35	17,201	451.50	11.58	0.9	10.32	7.69	0.11	3,656
15	FR10-RP300+	20	30	16,762	429.75	12.79	0.9	11.49	8.56	0.11	4,070
4	RP400-TJ5A	20	40	22,906	452.50	56.80	0.9	21.35	18.38	0.11	8,735
23	FR8-TJ13.8	20	40	17,211	460.50	23.48	0.9	21.35	15.92	0.11	7,564
34	FR11	30	40	26,963	428.50	23.10	0.9	20.69	15.43	0.11	7,333
7	RP400-BP270II	30	40	25,492	452.00	20.40	0.9	19.28	14.37	0.11	6,831
5	BB54-RP400	20	35	14,197	428.50	19.32	0.9	17.31	12.91	0.11	6,133
Sub Total		20	310	158,693				143.49	109.46		52,016
TOTAL		220	655	398,987				261.63	197.55		135,739

Fuente: Elaboración propia.

B. Consumo de energía Proyectado (1 Año)

El consumo en el primer año es de US$ 441,391 por año. ***(Ver tabla 41)***

Tabla 41. Consumo de energía proyectado (1 Año).

Codigo	Labor	Dato Nominal		Dato Campo						Costo	Costo Energia
		Caudal	Pote.	Caudal	Voltaje	Amp.	F.P	Potencia			
		Kcfm	HP	Kcfm	V	A	%	HP	Kw	US$/Kw-Hr	US$/año
VENTILADOR PRINCIPAL											
	BP_271 I	140	456	145,800				214.00	159.64	0.11	151,726
30	FR 4	140	456	143,500				223.00	166.36	0.11	158,107
Sub Total		280	912	289,300				437.00	326.00		309,832
Ventilador Auxiliar											
X	RP29070	20	50	17,959	446.50	23.26	0.9	19.78	14.76	0.11	14,026
Y	XC 100	35	79	35,000				31.43	23.44	0.11	22,280
Z	FR10-RP300+	35	79	35,000				31.07	23.18	0.11	22,029
4	RP400-TJ5A	20	40	22,906	452.50	56.80	0.9	24.65	18.39	0.11	17,477
23	FR8-TJ13.8	20	40	17,211	460.50	23.48	0.9	21.35	15.93	0.11	15,137
34	FR11	30	40	26,963	428.50	23.10	0.9	20.69	15.44	0.11	14,671
7	RP400-BP270II	30	40	25,492	452.00	20.40	0.9	19.28	14.38	0.11	13,667
5	BB54-RP400	20	35	14,197	428.50	19.32	0.9	17.31	12.91	0.11	12,272
Sub Total		20	403	128,077				185.56	138.42		131,559
TOTAL MINA HERCULES		300	1315	417,377				622.56	464.43		441,391

Fuente: Elaboración propia.

C. Consumo de energía Proyectado (3 Años)

El consumo de energía en el tercer año es de US$ 621,629 por año. ***(Ver tabla 42)***

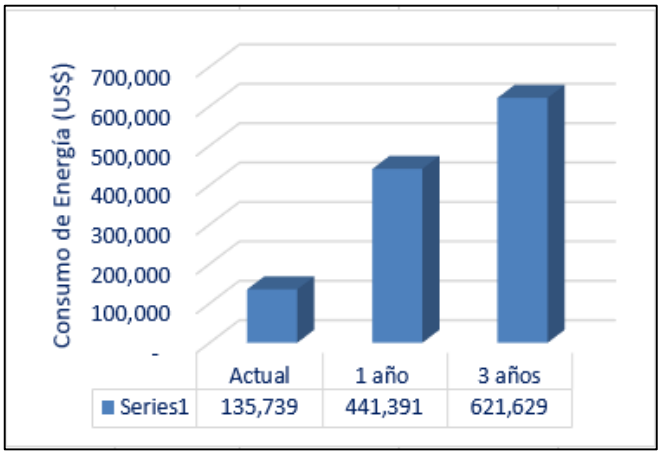
Tabla 42. Consumo de energía proyectado (3 Años).

Codigo	Labor	Dato Nominal		Dato Campo						Costo	Costo Energia
		Caudal	Pote.	Caudal	Voltaje	Amp.	F.P	Potencia			
		Kcfm	HP	Kcfm	V	A	%	HP	Kw	US$/Kw-Hr	US$/año
VENTILADOR PRINCIPAL											
	BP_271 I	140	456	145,800				214.00	159.64	0.11	151,726
	XC 10	140	456	139,800				234.00	174.56	0.11	165,906
30	FR 4	140	456	143,500				223.00	166.36	0.11	158,107
Sub Total		420	1368	429,100				671.00	500.57		475,738
Ventilador Auxiliar											
X	RP29070	35	79	34,700				40.00	29.84	0.11	28,360
Y	XC 100	35	79	35,000				31.42	23.44	0.11	22,277
Z	FR10-RP300+	35	79	35,000				31.07	23.18	0.11	22,031
4	RP400-TJ5A	20	40	22,906	452.50	56.80	0.9	24.65	18.39	0.11	17,477
23	FR8-TJ13.8	20	40	17,211	460.50	23.48	0.9	21.35	15.93	0.11	15,137
34	FR11	30	40	26,963	428.50	23.10	0.9	20.69	15.44	0.11	14,671
7	RP400-BP270II	30	40	25,492	452.00	20.40	0.9	19.28	14.38	0.11	13,667
5	BB54-RP400	20	35	14,197	428.50	19.32	0.9	17.31	12.91	0.11	12,272
Sub Total		20	432	144,817				205.77	153.51		145,891
TOTAL MINA HERCULES		440	1800	573,917				876.77	654.07		621,629

Fuente: Elaboración propia.

Compañía Minera Lincuna S.A., tendrá que operar con un incremento anual de US$ 441,391 al 1er año y a inicios del 3er año US$ 621,629, para poder suplir los requerimientos y estar por encima de lo exige la norma. ***(Ver gráfico 13)***

Gráfico 13. Ratio de Ventilación por Etapas – Mina Hércules



Fuente: Elaboración propia.

4.4 APORTES DEL TESISTA.

Antes de que el software Ventsim (Australia), llegue a Sudamérica se utilizaba como software de ventilación como VnetPC (EE.UU), Vuma (Sudáfrica), pero estos software no son dinámicos y solo es en 2D, no solucionaban algunos circuitos y servían solo para vistas unifilares.

El software Ventsim es dinámico y en 3D, fácil su aplicación, y realiza simulaciones de distintos escenarios (voladura, equipo diésel, DMP, gases, termodinámica, contaminantes, polvo, etc). Por ende, la Compañía Minera Lincuna S.A., opta por este Software.

Mi persona especialista en el software Ventsim Premium, en primera instancia realizó capacitación al personal de ventilación incluido jefe de ventilación.

Se trabajó en lo que respecta levantamiento de campo que consistían en medir la velocidad de aire, presión barométrica, presión diferencial, temperatura, humedad relativa, densidad de aire en toda la mina.

Con la ayuda del Ventsim y la experiencia de haber solucionado en distintas minas en el Perú y Argentina se plantearon distintos escenarios a corto plazo, mediano y largo plazo, en esta tesis solo se indica a mediano y largo plazo.

A corto plazo se solucionó la recirculación en algunas labores, redistribuyendo su circuito que solo tenía la fecha un solo circuito, con ayuda del Ventsim se puede visualizar varios escenarios ya que cuenta con herramientas muy importantes.

A mediano y largo plazo, se planteó varias alternativas para construir Riase Borer desde la profundidad (zona donde en unos años se concentrará la operación al 60% del total) hasta la superficie, donde se plantea Raise Borer de 2.40 m diámetro, tanto para ingresos y salidas de aire, estos Raise Borer son factibles ya que cuentas con un análisis de CAPEX (costo capital inversión minado) y OPEX (costo de operación energía).

CONCLUSIONES

a) La Mina Hércules actualmente opera como un solo circuito de ventilación entre todos los bloques, esa condición propicia la recirculación de aire viciado, déficit de aire y la distribución inadecuada de aire entre circuitos. La implementación adecuada del nuevo sistema de ventilación con la aplicación del software Ventsim garantiza cero recirculaciones, con rutas definidas de entrada de aire fresco y salida de aire viciado, asimismo haciendo la comparación del escenario actual y el modelo en el software Ventsim más los proyectos diseñados en el modelo, se alcanza a una cobertura de 108%.

b) Para establecer y definir apropiadamente el sistema de ventilación hay que conocer bien el circuito de ventilación y su dimensionamiento. El caudal necesario y la presión que se genera en la mina serán los datos principales para el dimensionamiento de los ventiladores; por ello, un buen cálculo adecuado del circuito de ventilación implica un diseño adecuado para la caracterización de los ventiladores en la Mina Hércules.

c) Los parámetros que considera el software Ventsim para el modelamiento, caracterización y simulación del sistema de ventilación para un buen diseño del sistema de ventilación, se debe realizar un buen monitoreo de ingreso y salida de aire, un buen cálculo de balance de ventilación y caracterización de ventiladores según su curva de operación medidos en campo.

d) En el circuito de ventilación del levamiento de campo en mina Hércules se tiene actual de ingreso de aire fresco de **156,359 CFM o 4,428 m^3/min**, salida de aire viciado de **161,946 CFM o 4,586 m^3/min**, con el nuevo diseño propuesto y simulado en el software Ventsim se tiene en el **1er año** un ingreso de aire limpio de **268,100 CFM**, salida de aire viciado de **273,700 CFM** y en el **3er año** se tiene un ingreso de aire limpio de **410,600 CFM**, salida de aire viciado de **411,100 CFM** y se tiene el requerimiento de aire de **380,272 CFM**, teniendo una cobertura del sistema actual de **41%**, y proyectado **70%** al 1er año y **108%** al 3er año.

e) Para suplir estas necesidades en la mina Hércules planteamos desarrollar a mediano plazo RBs paralelas de 2.40m Ø y un RB_07 de 2.40m Ø a superficie, y a largo plazo un RB_10 de 2.40m Ø a superficie para la zona de profundización que mejorara y optimizara el sistema de ventilación en la Mina Hércules.

RECOMENDACIONES

a) Mantener los planos topográficos de ventilación, identificando la ubicación de los ventiladores y estaciones de monitoreo.

b) Es necesario que el personal encargado de la Planificación y Desarrollo de las Operaciones de Ventilación, este capacitado en el uso del software Ventsim, para que pueda simular en forma permanente con el software Ventsim Visual™ Premium.

c) Optimizar el uso de los equipos Diésel, para ello es necesario un estudio del requerimiento óptimo para la demanda de equipos (Producción, Transporte y Servicios en la mina Hércules), bajo el soporte de Ingeniería y Planeamiento.

d) Llevar el registro de ventilación de forma permanente, con la finalidad de ubicar los ventiladores al interior de la mina, manteniendo un modelo actualizado en Ventsim Visual™ Premium.

e) Reforzar el mantenimiento de los ventiladores acorde al programa establecido, resaltando los componentes más importantes como son: el anclaje, la admisión, es decir la saturación de la malla por hollín, la limpieza del polvo y del detritus que se acumula en los alabes del rotor los cuales acortan la vida útil del ventilador.

f) Todo ventilador que ingrese a la Unidad, debe tener clara y en forma visible su placa donde se indique: el caudal de operación, así como su presión y su potencia de trabajo a cota de mar y a cota de operaciones, además se debe indicar el tipo y parámetros de operación del motor, esta información debe registrarse en físico y digital a cargo del Departamento de mantenimiento y obligatoriamente en el área de ventilación.

g) Los ventiladores principales, deben ser programados automáticamente su encendido, en caso de corte de energía. Se recomienda el uso alterno de grupos electrógenos cumpliendo la exigencia de la norma de ventilación, además se recomienda implementar dispositivos que permitan invertir el sentido de giro, en casos de emergencias.

h) Analizar la posibilidad de automatizar el sistema de monitoreo utilizando una red de sensores con el objetivo de mantener un control permanente y centralizado de las condiciones y estado de los circuitos de ventilación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jiménez A.P. (2011), *"Ventilación de minas subterráneas y túneles; practica, aplicada y avanzada en minería clásica y minería por trackless*". Lima-Perú.
2. Corimanya J.A. y Méndez F.R (2011) en su tesis*: "Planeamiento de ventilación asistida para la unidad peruana san Cristóbal – Cía., Minera San Cristóbal"*. Perú.
3. D.S. 024-EM (2016) y su modificatoria D.S.023-EM (2017). *"Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería*". Lima-Perú.
4. Novitzky Alejandro. (1962), *"Ventilación de minas".* Buenos Aires-Argentina.
5. Zitron. (2007), "*Conferencia de ventilación de minas".* Lima. Perú.
6. ISTEC (2000), *"Ventilación elemental"*. Perú.
7. AIRTEC S.A. (2013). *"Software ventiladores-Manual técnico de ventiladores para la minería"* (Última versión), Lima-Perú.
8. McPherson J. Malcolm, (1988). *"Subsruface Ventilation Engineering",* Australia.
9. STEWART, Craig. (2015). *"Ventsim Visual Premium"*, Cuarta Edición (Versión 4.8), Australia.
10. STEWART, Craig. (2015). *"Curso de Ventilación de Minas-CENTSIM PREMIUM; Creador del Software*", Lima-Perú.
11. Howard L. Hartman (1991). *"SME Mining Engineering Handbook"* Segunda Edition.
12. Vejerano S.A. (2008), *"Levantamiento de ventilación de una mina".* Lima-Perú.
13. CALIZAYA, Felipe (2008) *"Ventilación de minas Subterráneas"*, Diplomado (BS-grupo), Lima-Perú.
14. QUEVEDO C. Carlos Manuel. (2007), Tesis *"Sistema de ventilación de diez kilómetros del túnel de conducción de la central hidrolectrica huanza".* Perú.
15. SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA, Guia metodológica de seguridad para proyectos de ventilación de minas. (2008), Santiago.

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO N° 01: Matriz de consistencia.

ANEXO N° 02: Plano de ubicación y accesibilidad del área de trabajo.

ANEXO N° 03: Diagrama de flujo del proyecto.

ANEXO N° 04: Registró de datos levantamiento de ventilación Aforos y por niveles.

ANEXO N° 05: Valores de longitud equivalentes para casos prácticos.

ANEXO N° 06: Características técnicas de los ventiladores.

ANEXO N° 07: Estándares de diseño en secciones típicas.

ANEXO N° 08: Plano Isométrico.

ANEXO N° 01

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: "APLICACIÓN DEL SOFTWARE VENTSIM PARA EL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN LA MINA HÉRCULES DE LA COMPAÑÍA MINERA LINCUNA S.A. – AÑO 2017".

<table>
<tr><th>PROBLEMA</th><th>OBJETIVOS</th><th>HIPÓTESIS</th><th>VARIABLES E INDICADORES</th><th>METODOLOGÍA</th></tr>
<tr>
<td>
Problema General:
¿Cómo aplicar el software Ventsim?

Problemas Específicos:
1. ¿Cuáles son los procedimientos de aplicación del software Ventsim?
2. ¿Qué parámetros considera el software Ventsim?
3. ¿Cuáles serán los resultados a los que se llegue después de la aplicación del software Ventsim?
</td>
<td>
Objetivo General
Aplicar el software Ventsim.

Objetivos Específicos:
1. Determinar los procedimientos de aplicación del software Ventsim
2. Determinar los parámetros que considera el software Ventsim
3. Analizar y evaluar los resultados a los que se llegue después de la aplicación del software Ventsim
</td>
<td>
Hipótesis General:
Aplicando el software Ventsim permitiría realizar diseños y optimización del sistema de ventilación.

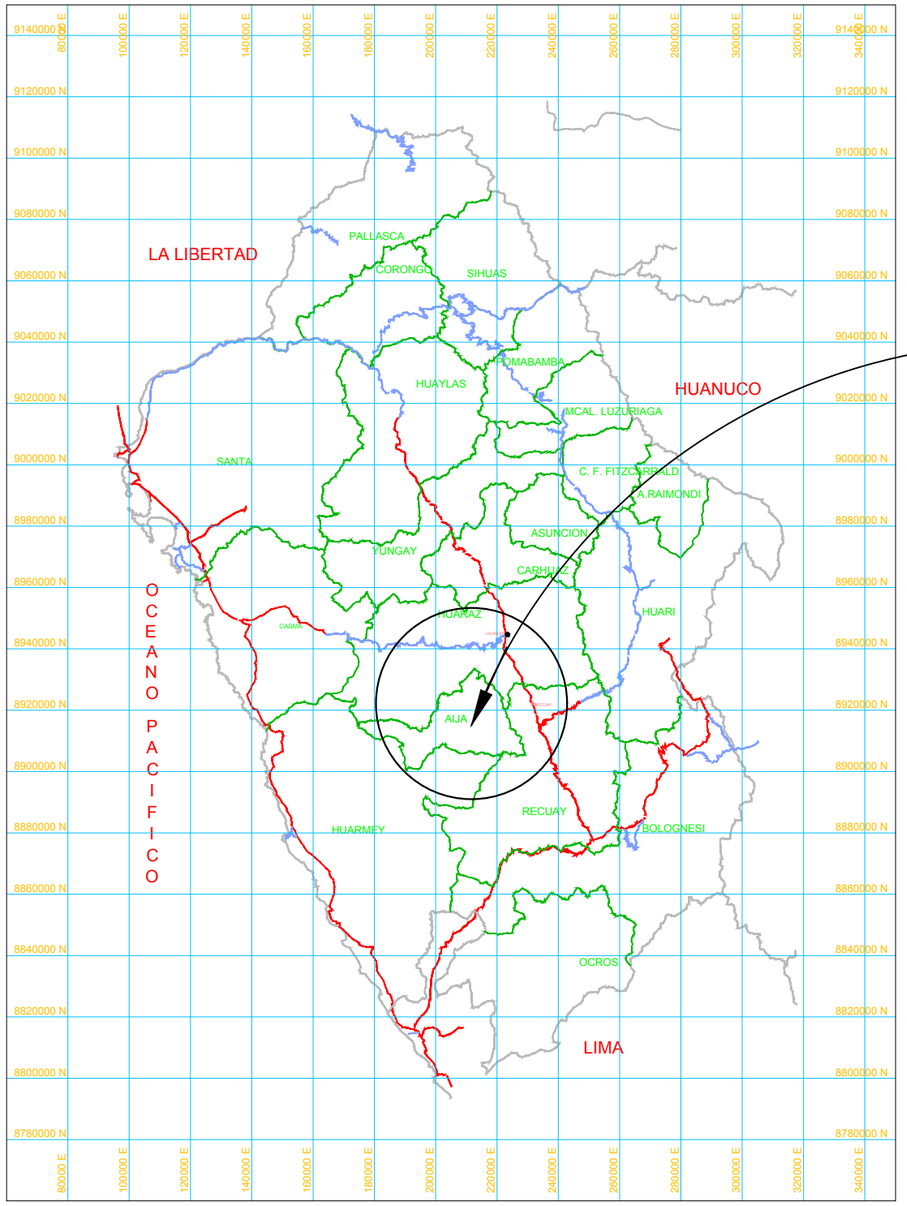
Hipótesis Específicos:
1. Los procedimientos si influirán en la aplicación del software Ventsim.
2. La aplicación de los parámetros que considera el software Ventsim será favorable.
3. Aplicando el software Ventsim no existirá recirculación de aire viciado después del diseño.
</td>
<td>
1. Variable Independiente:
○ APLICACIÓN DEL SOFTWARE VENTSIM VISUAL™ ADVANCED 4.8
<table>
<tr><th>Indicadores</th><th>Valoración (Unidades)</th></tr>
<tr><td>- Número de trabajadores
- Consumo de madera
- Temperatura en las labores de trabajo
- Número de equipos con motor petrolero
- fugas</td><td>-Caudal por trabajador guardia (cfm/trabaj-guard)
-Caudal por consumo de madera toneladas guardia (cfm/mader-Tn guard)
-Caudal por temperatura en labores de trabajo (cfm/T°)
-Caudal por equipos con motor petrolero guardia (cfm/HP-guard)
-Caudal por fugas (cfm/fugas)</td></tr>
</table>
2. Variable Dependiente:
○ DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN LA MINA HÉRCULES DE LA COMPAÑÍA MINERA LINCUNA S.A.
<table>
<tr><th>Indicadores</th><th>Valoración (Unidades)</th></tr>
<tr><td>- Velocidad de aire</td><td>Metros por segundo (m/s)</td></tr>
<tr><td>- Caudal de aire a circular</td><td>Pies cúbicos por minuto (cfm)</td></tr>
<tr><td>- Sección de la labor</td><td>Metros cuadrados (m^2)</td></tr>
<tr><td>- Diámetro de chimeneas</td><td>Metros (m)</td></tr>
<tr><td>- Diámetro de mangas de vent.</td><td>Pulgadas (pulg.)</td></tr>
<tr><td>- Diferencia de presión</td><td>Pulgadas de columna de agua ("CA)</td></tr>
<tr><td>- Diferencia de temperatura</td><td>Grados Celsius (°C)</td></tr>
<tr><td>- Resistencias</td><td>Ns^2/m^8</td></tr>
<tr><td>- Tipo vent. Axial o centrifugo</td><td></td></tr>
<tr><td>- Caudal nominal del vent.</td><td>Pies cúbicos por minuto (cfm)</td></tr>
<tr><td>- Presión nominal de vent.</td><td>Power Horse (HP)</td></tr>
<tr><td>- Eficiencia del vent.</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td>- Ubicación optima en coordenadas</td><td>UTM (Este, Norte y Elevación)</td></tr>
<tr><td>- Diámetro óptimo de los RBs.</td><td>Pulgadas (pulg.)</td></tr>
</table>
</td>
<td>
Tipo de Investigación:
• Aplicada
• Transaccional o transversal
• Descriptiva
• Explicativa

Población:
La población está constituida por 06 niveles principales operativos y todas las labores en la Mina Hércules de la Compañía Minera Lincuna S.A.

Muestra:
La muestra es igual al número de la población es decir 06 niveles operativos, asimismo también estará conformada por: Raise borers, Tajos, 06 Bocaminas y 11 ventiladores.
Técnicas:
La técnica de observación de campo: utilizando como instrumento, formatos preparados de levantamiento de campo y planos para obtener los datos de las variables ingenieriles como caudal, temperatura, humedad relativa, presión barométrica, área de la galería y datos de los gases.
Instrumentos: Serán debidamente certificados de calibración.
</td>
</tr>
</table>

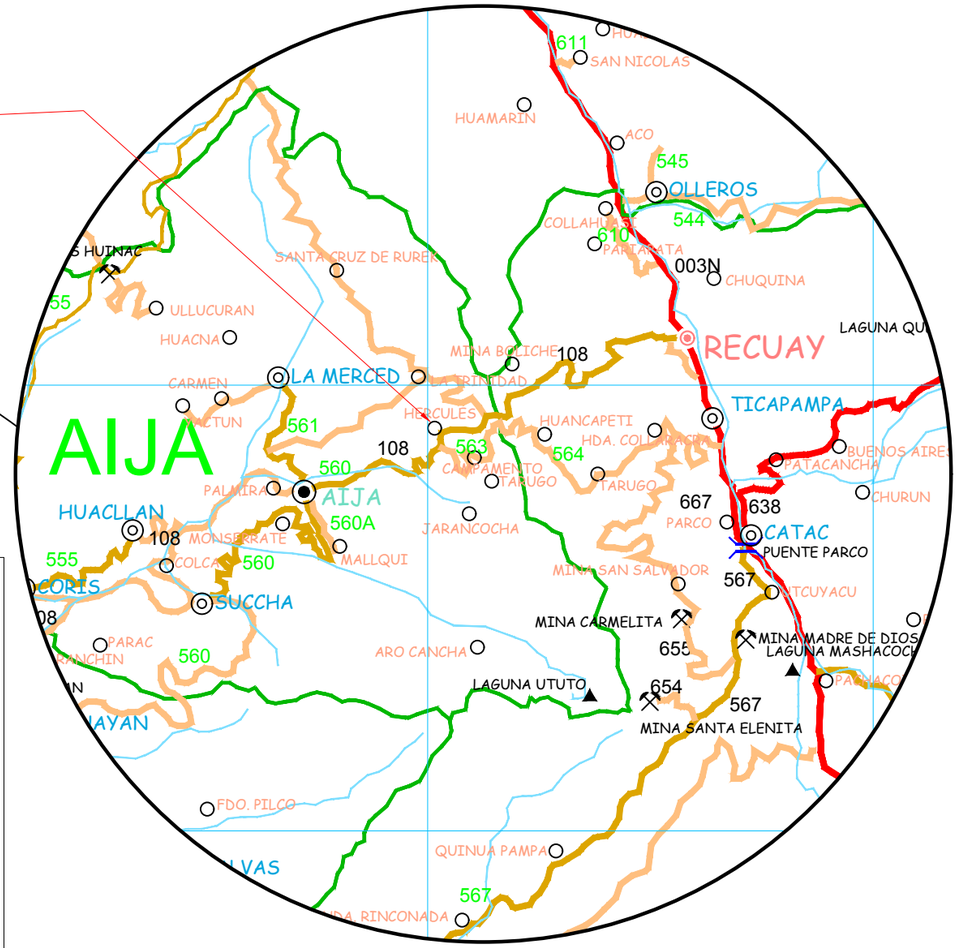
ANEXO N° 02

PLANO DE UBICACIÓN



PLANO DE UBICACION - NIVEL REGION ANCASH
ESC.: 1/2 000 000

CIA. MINERA LINCUNA S.A.



LOCALIZACION
ESC.: 1/100 000

LEYENDA

	Código
Nacional	001N
Departamental	100
Vecinal	500

Signos Convencionales

Superficie de Rodadura

- Asfaltado
- Afirmado
- Sin Afirmar
- Trocha Carrozable
- En Proyecto

- Capital Departamental
- Capital Provincial
- Capital Distrital
- Pueblo
- Puente
- Pontón
- Tunel
- Badén
- Aeropuerto
- Aeródromo
- Caleta
- Embarcadero
- Puerto Fluvial
- Muelle
- Acc. Geográficos
- Abra
- Mina
- Planta Eléctrica
- Otros
- Planta
- Puerto
- Río

- Límite Departamental
- Límite Distrital

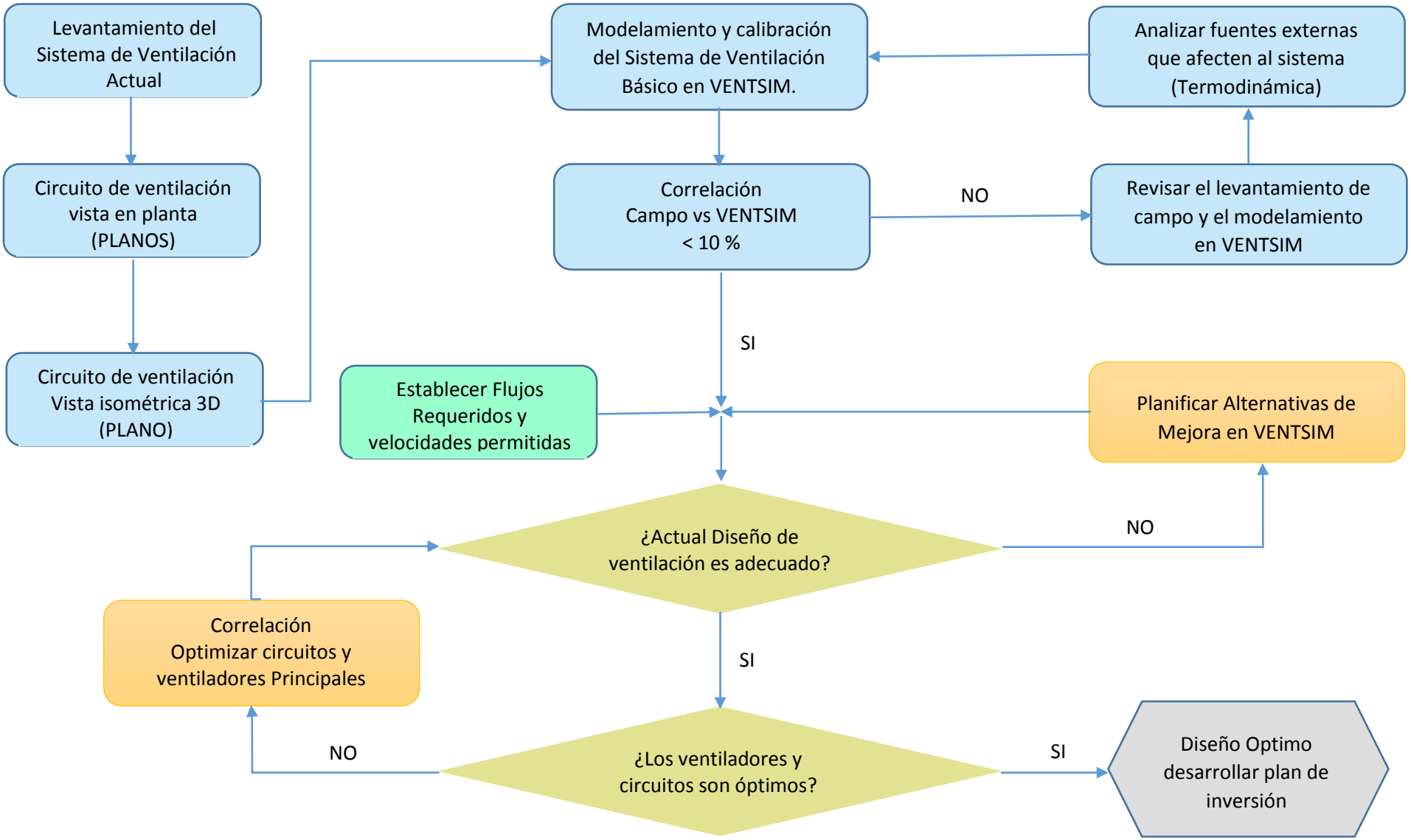
RUTA	Lima - Huaraz - Recuay - Mina Hércules

Elaborado por: NOOVA	Para: COMPAÑIA MINERA LINCUNA	EMPRESA: COMPAÑIA MINERA LINCUNA S.A.	PLANO N° U-01
		PLANO: UBICACIÓN	DIBUJO CAD: J.M.E.
		UBICACION: DISTRITO: AIJA; PROVINCIA: AIJA; DEPARTAMENTO: ANCASH	ESCALA: S/C; FECHA: ENERO 2017
			REVISADO: A.L.L.

ANEXO N° 03

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROYECTO.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROYECTO



ANEXO N° 04

REGISTRÓ DE DATOS LEVANTAMIENTO DE VENTILACIÓN AFOROS Y POR NIVELES.

REGISTRO DE DATOS LEVANTAMIENTO DE VENTILACIÓ AFOROS:

LEVANTAMIENTO DE VENTILACION

RESPONSABLE	Jose Maguiña Espíritu	**NIVEL:**	**Aforo Principal**
PERS. ASISTENTE	Manuel Garcia Perez	**MINA:**	**Hércules**
FECHA	10/03/2017	**PLANO**	

INGRESO DE AIRE

Estac.	UBICACIÓN		VELOCIDAD (m/s)									HORA	Condiciones Ambientales			P. Bar.	SECCION		AREA	VELOCIDAD		CAUDAL	
	Labor	Nivel	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9		T. Amb. °C	HR %	TD C°	hPa	a (m)	h (m)	m2	m/s	m/min	m3/min	cfm
EPI-01	BM NV-6	6	2.58	2.66	2.20	2.55	2.70	2.11	2.32	2.33	2.20	10:00:00 a.m.	8.60	79.20	5.20	626.80	5.32	3.25	16.22	2.41	144.33	2,341	82,663
EPI-02	BM NV-5	5	1.63	1.69	0.94	0.79	1.10	0.80	0.60	0.60	0.80	10:20:00 a.m.	10.50	82.00	7.50	621.90	4.69	5.54	24.37	0.99	59.67	1,454	51,353
EPI-03	BM NV-4	4	0.70	0.68	0.95	0.90	0.70	0.80	0.78	0.90	0.94	10:40:00 a.m.	12.00	70.00	6.90	617.20	3.99	3.45	12.91	0.82	49.00	633	22,343
TOTAL INGRESO																						4,428	156,359

SALIDA DE AIRE

Estac.	UBICACIÓN		VELOCIDAD (m/s)									HORA	Condiciones Ambientales			P. Bar.	SECCION		AREA	VELOCIDAD		CAUDAL	
	Labor	Nivel	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9		T. Amb. °C	HR %	TD C°	hPa	a (m)	h (m)	m2	m/s	m/min	m3/min	cfm
EPS-	BM NV-03	3	1.05	1.06	1.03	1.08	1.08	1.04	1.06	0.89	0.90	11:00:00 a.m.	14.80	99.90	14.80	818.40	4.13	4.05	15.69	1.02	61.27	961	33,945
EPS-	NV-03 CH	3	1.29	0.88	0.76	1.33	1.30	0.95	0.98	1.15	1.20	11:20:00 a.m.	15.00	99.90	15.00	818.90	2.47	2.34	5.42	1.09	65.60	356	12,559
EPS-	BM LOREN	BM LOREN	2.18	2.20	2.15	2.12	2.23	2.43	2.37	2.40	2.20	11:35:00 a.m.	19.30	99.90	19.20	609.10	3.20	3.39	10.18	2.25	135.20	1,376	48,582
EPS-	CH-AK-04	CH-AK-04	6.95	6.6	6.1	6.32	6.23	6.19	6.64	6.22	6.68	12:00:00 p.m.	20.00	99.90	20.00	609.50	2.78	1.88	4.90	6.44	386.20	1,893	66,860
TOTAL SALIDA																						4,586	161,946

REGISTRO DE DATOS LEVANTAMIENTO DE VENTILACIÓ POR NIVELES:

LEVANTAMIENTO DE VENTILACION

RESPONSABLE	José Maguiña Espiritu	**NIVEL:**	
PERS. ASISTENTE	Manuel Garcia Perez	**MINA:**	**HERCULES**
FECHA	09/03/2017 parte 01	**PLANO**	

Estac.	UBICACIÓN	VELOCIDAD (m/s)									HORA	Condiciones Ambientales			P. Bar. hPa	SECCION		AREA	CAUDAL			
	Nivel	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9		T. Amb. °C	HR %	TD °C		a(m)	h(m)	m2	m/s	m/min	m3/min	CFM
EV-01	RP-400	2.06	2.09	2.04	1.75	2.15	1.65	1.83	1.80	1.69	11:28:00 a.m.	17.10	97.00	16.60	638.90	4.22	4.77	**18.88**	1.90	113.73	2,147	**75,837**
EV-02	RP-400	1.93	2.00	2.03	1.64	1.64	1.72	1.65	1.75	1.78	11:35:00 a.m.	17.50	95.70	16.80	638.90	4.32	3.90	**15.80**	1.79	107.60	1,700	**60,051**
EV-03	RP-1000	0.24	0.10	0.10	0.22	0.10	0.30	0.24	0.10	0.12	11:43:00 a.m.	20.50	99.90	20.80	638.50	4.84	4.64	**21.07**	0.17	10.13	213	**7,538**
EV-04	Labor 178	0.93	1.24	1.21	1.30	1.12	1.13	1.21	1.41	1.47	11:45:36 a.m.	24.60	99.90	24.50	639.50	4.13	3.88	**15.03**	1.22	73.47	1,104	**38,997**
EV-05	FR-08	0.53	0.89	0.69	0.54	0.68	0.34	0.66	0.50	0.52	11:56:00 a.m.	23.90	99.90	23.90	639.50	4.71	4.31	**19.04**	0.59	35.67	679	**23,984**
EV-06	RP-1000	0.25	0.40	0.28	0.28	0.22	0.24	0.10	0.30	0.38	12:08:00 p.m.	23.80	99.90	23.70	636.30	4.36	4.32	**17.67**	0.27	16.33	289	**10,191**
EV-07	RP-1000	0.25	0.42	0.42	0.50	0.36	0.22	0.34	0.64	0.73	12:25:00 p.m.	22.50	99.90	22.50	636.30	4.85	4.17	**18.97**	0.43	25.87	491	**17,329**
EV-08	RP-1000	1.42	1.27	1.40	1.22	1.32	1.22	1.24	1.47	1.43	12:34:00 p.m.	22.50	98.50	21.80	636.30	4.65	4.37	**19.06**	1.33	79.93	1,524	**53,805**
EV-09	RB-05H	0.59	0.65	0.65	0.68	0.62	0.21	0.37	0.58	0.65	12:45:00 p.m.	22.80	95.10	22.00	635.00	5.59	4.30	**22.55**	0.56	33.33	752	**26,541**
EV-10	RB-05H	0.23	0.32	0.32	0.25	0.10	0.10	0.20	0.25	0.18	12:53:00 p.m.	23.00	95.20	22.20	635.00	5.00	4.92	**23.07**	0.22	13.00	300	**10,594**
EV-11	RP-1000	0.45	0.25	0.22	0.20	0.55	0.77	0.67	0.42	0.15	12:57:00 p.m.	23.20	91.40	21.80	635.00	4.39	4.43	**18.24**	0.41	24.53	448	**15,805**
EV-12	Acc. A la	0.41	0.42	0.52	0.39	0.34	0.28	0.31	0.38	0.20	01:11:00 p.m.	19.60	97.40	19.20	635.00	5.26	4.11	**20.28**	0.36	21.67	439	**15,516**
EV-13	RP-1000	0.27	0.20	0.13	0.10	0.15	0.37	0.43	0.20	0.15	01:16:00 p.m.	22.20	89.10	20.30	631.00	4.30	4.39	**17.71**	0.22	13.33	236	**8,337**
EV-14	RP-1000	0.36	0.20	0.22	0.21	0.30	0.21	0.25	0.29	0.35	01:22:00 p.m.	21.40	89.70	19.60	631.00	4.52	4.64	**19.67**	0.27	15.93	313	**11,069**
EV-15	RP-1000	0.34	0.21	0.25	0.31	0.27	0.40	0.36	0.32	0.31	01:30:00 p.m.	22.00	92.30	20.70	629.90	4.81	4.21	**18.99**	0.31	18.47	351	**12,387**
EV-16	RP-1000	0.35	0.44	0.33	0.38	0.32	0.36	0.36	0.37	0.31	01:36:00 p.m.	21.50	96.40	20.9	629.90	4.08	4.43	**16.95**	0.36	21.47	364	**12,853**
EV-17	RP-1000	0.10	0.20	0.20	0.10	0.15	0.10	0.15	0.11	0.18	01:42:00 p.m.	21.90	99.90	21.90	628.80	4.69	4.64	**20.41**	0.14	8.60	176	**6,199**
EV-18	RP-1000	0.19	0.33	0.31	0.12	0.25	0.23	-	-	-	01:54:00 p.m.	21.00	99.90	21.00	627.70	3.48	1.31	**4.28**	0.24	14.30	61	**2,159**
EV-19	RP-1000	0.82	0.24	0.52	0.62	0.20	0.20	0.24	0.10	0.22	01:58:00 p.m.	19.90	97.60	19.13	627.70	3.53	4.85	**16.06**	0.35	21.07	338	**11,947**
EV-20	BP-270	0.42	0.11	0.10	0.10	0.35	0.52	0.32	0.10	0.10	03:32:00 p.m.	18.30	99.90	18.30	627.20	4.59	4.15	**17.87**	0.24	14.13	253	**8,918**

LEVANTAMIENTO DE VENTILACION

RESPONSABLE	José Maguiña Espiritu	**NIVEL:**	
PERS. ASISTENTE	Manuel Garcia Perez	**MINA:**	**HERCULES**
FECHA	09/03/2017 Parte 02	**PLANO**	

Estac.	UBICACIÓN	VELOCIDAD (m/s)									HORA	Condiciones Ambientales			P. Bar. hPa	SECCION		AREA	CAUDAL			
	Nivel	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9		T. Amb. °C	HR %	TD °C		a(m)	h(m)	m2	m/s	m/min	m3/min	CFM
EV-01	RP-700/BP-270	0.15	0.10	0.15	0.19	0.10	0.31	0.34	0.25	0.27	03:38:00 p.m.	19.90	99.90	19.90	627.70	4.70	3.79	**16.71**	0.21	12.40	207	**7,317**
EV-02	BP-270/Acceso al FAN	1.98	1.95	1.99	1.82	2.08	1.85	1.49	1.83	1.46	03:48:00 p.m.	21.70	99.30	21.60	627.70	4.28	3.57	**14.33**	1.83	109.67	1,572	**55,507**
EV-03	BP-270	0.30	0.37	0.79	0.31	0.25	0.52	0.75	0.63	0.22	03:50:00 p.m.	22.90	92.90	21.70	627.70	4.78	4.10	**18.38**	0.46	27.60	507	**17,918**
EV-04	BP-270	1.75	1.60	1.49	1.45	1.71	1.75	-	-	-	03:56:00 p.m.	21.90	97.80	21.60	627.70	3.32	1.89	**5.89**	1.63	97.50	574	**20,266**
EV-05	BP-270	0.44	0.60	0.47	0.52	0.37	0.38	0.38	0.45	0.48	04:07:00 p.m.	21.20	999.00	21.10	627.70	4.25	3.68	**14.67**	0.45	27.27	400	**14,126**
EV-06	RP-700	1.23	1.22	1.16	1.10	1.22	1.29	1.22	0.94	1.05	04:13:00 p.m.	20.60	99.90	20.50	627.70	4.12	3.19	**12.33**	1.16	69.53	857	**30,272**
EV-07	RP-700(+)	1.10	0.86	0.72	0.72	0.91	1.00	1.11	1.20	1.10	04:24:00 p.m.	20.20	99.90	20.20	627.70	3.73	2.88	**10.08**	0.97	58.13	586	**20,687**
EV-08	RP-700 (+)	0.60	0.62	0.84	0.87	0.87	0.91	0.79	0.69	0.75	04:30:00 p.m.	19.60	99.90	19.60	626.00	4.10	3.60	**13.84**	0.77	46.27	641	**22,621**
EV-09	RP-380	0.20	0.10	0.17	0.11	0.20	0.27	0.29	0.10	0.16	04:39:00 p.m.	19.60	99.90	19.60	625.50	4.21	3.22	**12.72**	0.18	10.67	136	**4,790**
EV-10	RP-700	0.72	0.89	0.86	1.10	1.15	1.00	0.96	1.10	1.05	04:44:00 p.m.	195.00	99.90	19.60	624.80	3.55	3.23	**10.76**	0.98	58.87	633	**22,360**
EV-11	FR-05 (RP-700)	0.96	0.92	0.78	0.67	0.81	0.82	0.58	0.75	0.53	04:56:00 p.m.	20.70	99.90	20.70	624.80	3.62	3.25	**11.04**	0.76	45.47	502	**17,719**
EV-12	Tajos Antiguos	0.90	0.87	0.87	0.77	0.72	0.61	0.22	0.45	0.67	05:00:00 p.m.	21.30	99.90	21.30	624.80	4.57	2.82	**12.09**	0.68	40.53	490	**17,304**

LEVANTAMIENTO DE VENTILACION

RESPONSABLE	José Maguiña Espiritu	**NIVEL:**	
PERS. ASISTENTE	Manuel Garcia Perez	**MINA:**	**HERCULES**
FECHA	10/03/2017	**PLANO**	

Estac.	UBICACIÓN	VELOCIDAD (m/s)									HORA	Condiciones Ambientales			P. Bar. hPa	SECCION		AREA	CAUDAL			
	Nivel	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9		T. Amb. °C	HR %	TD °C		a(m)	h(m)	m2	m/s	m/min	m3/min	CFM
EPS-01	CH-AK 04	5.59	4.44	4.98	5.55	5.39	5.07	-	-	-	10:35:00 a.m.	19.80	99.90	19.80	614.70	2.70	1.63	**4.13**	5.17	310.20	1,281	**45,223**
EPS-02	BM Lorena	1.60	1.70	1.75	2.15	1.91	1.94	1.80	2.27	2.06	10:43:00 a.m.	18.50	99.90	18.50	614.40	3.24	3.40	**10.33**	1.91	114.53	1,183	**41,794**
EPS-03	BM Nv03	0.72	0.97	1.03	1.08	1.08	0.75	0.81	0.70	0.84	11:43:00 a.m.	14.80	99.90	14.80	818.40	4.13	4.05	**15.69**	0.89	53.20	835	**29,477**
EV-01	Nv-03	1.26	1.29	0.88	0.76	1.33	-	-	-	-	11:18:00 a.m.	15.00	99.90	15.00	818.90	2.47	2.34	**5.42**	1.10	66.24	359	**12,682**
EV-02	BP-4252	0.92	0.78	0.89	0.93	0.82	0.67	0.85	0.93	0.93	11:33:00 a.m.	15.10	99.90	15.10	818.40	4.70	4.28	**18.87**	0.86	51.47	971	**34,295**
EV-03	RP-258(RP360)	0.21	0.12	0.10	0.22	0.32	0.32	0.10	0.15	0.11	11:56:00 a.m.	14.50	99.90	14.50	818.40	4.67	3.85	**16.86**	0.18	11.00	186	**6,551**
EV-04	RP-258(RP360)	0.11	0.10	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	12:03:00 p.m.	16.40	99.90	16.40	814.40	4.98	3.92	**18.31**	0.10	6.13	112	**3,966**
EV-05	BP 4252	0.39	0.36	0.29	0.50	0.47	0.43	0.31	0.43	0.34	12:08:00 p.m.	16.60	99.90	16.40	814.40	4.57	4.56	**19.55**	0.39	23.47	459	**16,199**
EV-06	RP 360	0.53	0.39	0.31	0.27	0.25	0.32	0.35	0.11	0.18	12:13:00 p.m.	14.60	99.90	14.60	818.00	4.35	2.93	**11.96**	0.30	18.07	216	**7,628**
EV-07	RP 360	0.92	0.77	0.66	0.85	1.13	1.05	0.55	0.94	1.05	12:15:00 p.m.	14.20	99.90	14.20	818.00	4.66	3.25	**14.21**	0.88	52.80	750	**26,489**
EV-08	RP 360	0.46	0.50	0.51	0.51	0.42	0.47	0.19	0.44	0.50	12:23:00 p.m.	15.90	99.90	15.90	819.00	3.64	3.59	**12.26**	0.44	26.67	327	**11,543**
EV-09	RP 360	0.11	0.10	0.17	0.20	0.22	0.10	0.10	0.16	0.20	12:29:00 p.m.	16.20	99.90	16.20	819.10	3.99	2.84	**10.63**	0.15	9.07	96	**3,403**
EV-10	RP-700	0.55	0.59	0.62	0.55	0.51	0.61	0.59	0.57	0.59	12:32:00 p.m.	12.70	99.90	12.70	819.50	3.90	2.79	**10.21**	0.58	34.53	352	**12,447**
EV-11	RP-700	0.46	0.44	0.47	0.46	0.67	0.61	0.50	0.51	0.60	12:40:00 p.m.	11.90	99.90	11.80	819.60	3.65	3.86	**13.22**	0.52	31.47	416	**14,686**
EV-12	Interseccion RP-700/Nv04	0.41	0.30	0.19	0.20	0.29	0.41	0.37	0.29	0.25	12:45:00 p.m.	7.30	99.90	7.30	820.30	4.39	4.68	**19.27**	0.30	18.07	348	**12,296**
EV-13	BP-270	0.22	0.10	0.12	0.25	0.28	0.38	0.31	0.25	0.20	12:50:00 p.m.	12.60	99.90	12.60	820.50	3.46	3.29	**10.68**	0.23	14.07	150	**5,304**
EV-14	BP-270	0.58	0.12	0.60	0.40	0.52	0.32	-	-	-	12:54:00 p.m.	10.80	99.90	10.80	820.70	5.38	1.37	**6.91**	0.42	25.40	176	**6,202**
EV-14.1	BP-270	0.29	0.50	0.27	0.55	0.61	0.36	-	-	-	12:59:00 p.m.	13.40	99.90	13.40	820.70	5.38	2.81	**14.18**	0.43	25.80	366	**12,920**
EV-15	RB hechadero 1.5 m diam.	0.89	0.78	1.40	0.87	1.45	1.28	-	-	-	01:13:00 p.m.	16.10	99.90	16.10	820.60	Ø	1.50	**1.77**	1.11	66.70	118	**4,163**
EV-16	RP-700	0.90	1.02	0.85	1.14	1.00	0.87	0.98	0.89	0.82	01:40:00 p.m.	19.00	99.90	19.00	620.60	3.84	3.38	**12.17**	0.94	56.47	687	**24,277**
EV-17	RP-700	1.21	1.10	1.26	1.50	1.15	1.15	1.36	1.26	1.27	01:55:00 p.m.	18.70	99.90	18.70	621.60	4.06	2.67	**10.17**	1.25	75.07	763	**26,955**
EV-18	RP-700	0.97	1.13	1.15	0.91	1.10	1.05	1.36	1.21	1.10	01:58:00 p.m.	18.80	99.90	18.80	621.60	3.77	3.03	**10.71**	1.11	66.53	713	**25,176**
EV-19	RP-700	0.85	0.88	0.89	0.91	0.89	0.87	0.96	0.61	0.76	02:04:00 p.m.	19.10	99.90	19.10	622.60	3.89	3.04	**11.09**	0.85	50.80	563	**19,900**
EV-20	RP-700	1.33	1.27	1.21	1.16	1.21	1.26	1.03	1.11	1.21	02:06:00 p.m.	19.10	99.90	19.10	622.60	3.80	3.10	**11.05**	1.20	71.93	795	**28,070**
EV-21	RP-700	0.66	0.47	0.46	0.55	0.55	0.67	0.73	0.67	0.41	02:20:00 p.m.	18.50	99.90	18.50	624.20	3.95	2.97	**11.00**	0.57	34.47	379	**13,394**
EV-22	RP-700	0.43	0.48	0.69	0.25	0.21	0.26	0.29	0.32	0.45	12:24:00 p.m.	18.90	99.90	18.90	624.20	3.25	3.93	**11.98**	0.38	22.53	270	**9,534**
EV-23	RP-700	1.12	1.16	1.12	1.32	1.14	1.16	1.32	1.12	1.35	02:31:00 p.m.	18.90	99.90	18.90	624.90	3.46	3.18	**10.32**	1.20	72.07	744	**26,266**
EV-24	RP-700	1.42	1.17	1.15	1.25	1.32	1.29	1.30	1.22	1.00	02:34:00 p.m.	19.30	99.90	19.30	625.20	3.65	2.99	**10.24**	1.24	74.13	759	**26,800**
EV-25	RP-700	1.28	1.45	1.29	1.20	1.27	1.25	0.75	0.87	1.00	02:42:00 p.m.	19.50	99.90	19.50	626.50	3.81	3.28	**11.72**	1.15	69.07	810	**28,591**
EPI-01	BM Nv05	0.92	0.57	0.78	0.52	0.95	1.45	2.22	2.10	1.11	04:14:00 p.m.	6.70	89.20	5.00	623.40	3.92	2.59	**9.52**	1.18	70.80	674	**23,811**
EPI-02	BM-Nv04	0.89	0.95	0.94	0.88	0.90	0.93	0.98	1.02	0.89	04:27:00 p.m.	5.50	94.00	4.50	618.70	4.09	3.49	**13.39**	0.93	55.87	748	**26,416**

LEVANTAMIENTO DE VENTILACION

RESPONSABLE	José Maguiña Espiritu	**NIVEL:**	
PERS. ASISTENTE	Manuel Garcia Perez	**MINA:**	**HERCULES**
FECHA	11/03/2017	**PLANO**	

Estac.	UBICACIÓN	VELOCIDAD (m/s)									HORA	Condiciones Ambientales			P. Bar. hPa	SECCION		AREA	CAUDAL			
	Nivel	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9		T. Amb. °C	HR %	TD °C		a(m)	h(m)	m2	m/s	m/min	m3/min	CFM
EV-NV04-01	Nv 04	1.10	1.00	0.75	0.85	0.87	1.00	0.97	0.80	0.72	10:02:00 a.m.	7.70	90.20	6.20	621.70	4.14	4.16	**16.15**	0.90	53.73	868	**30,655**
EV-NV04-02	RB	0.21	0.46	0.70	0.81	0.82	0.67	0.65	0.62	0.55	10:10:00 a.m.	6.60	95.50	5.90	621.70	3.15	2.81	**8.30**	0.61	36.60	304	**10,731**
EV-NV04-03	Nv 04	0.29	0.34	0.25	0.41	0.50	0.51	0.56	0.51	0.38	10:20:00 a.m.	7.30	92.50	6.10	621.70	4.54	3.60	**15.33**	0.42	25.00	383	**13,535**
EV-NV04-04	RP-700	1.84	1.73	1.39	1.44	2.00	1.91	1.59	1.85	1.86	10:44:00 a.m.	20.10	99.90	20.10	622.00	2.74	2.81	**7.22**	1.73	104.07	752	**26,542**
EV-NV04-05	RP-700	0.91	0.91	0.94	1.12	1.20	1.07	1.11	1.04	0.88	11:06:00 a.m.	19.50	99.90	19.50	622.80	2.98	2.57	**7.18**	1.02	61.20	440	**15,526**
EV-NV04-06	Nv05	0.41	0.46	0.35	0.24	0.47	0.47	0.49	0.38	0.31	11:32:00 a.m.	18.00	99.90	18.00	625.60	3.58	3.04	**10.21**	0.40	23.87	244	**8,604**
EV-NV04-07	Chimenea	0.67	0.79	0.54	0.77	0.67	0.82	0.88	0.77	0.76	11:47:00 a.m.	18.20	99.90	18.10	625.60	3.42	3.95	**12.67**	0.74	44.47	563	**19,898**
EV-NV04-08	Z-5	0.75	0.75	0.72	0.82	0.62	0.65	0.71	0.69	0.65	12:23:00 p.m.	20.20	999.00	20.20	627.20	3.25	3.12	**9.51**	0.71	42.40	403	**14,242**
EV-NV04-09		1.11	1.10	1.10	0.98	1.03	1.00	1.08	1.00	0.95	12:35:00 p.m.	19.80	99.90	19.80	626.60	3.30	2.89	**8.95**	1.04	62.33	558	**19,692**
EV-NV04-10		0.61	0.60	0.64	0.65	0.67	0.54	0.48	0.55	0.48	12:40:00 p.m.	19.80	99.90	198.00	626.60	3.43	3.29	**10.59**	0.58	34.80	368	**13,009**
EV-NV04-11		0.50	0.52	0.61	0.57	0.41	0.50	0.46	0.48	0.59	01:45:00 p.m.	20.60	99.90	20.60	629.40	5.08	4.10	**19.54**	0.52	30.93	604	**21,342**
EV-NV04-12	BP-270	0.37	0.50	0.50	0.47	0.48	0.39	0.32	0.30	0.29	02:24:00 p.m.	28.90	99.90	28.90	633.50	5.17	3.66	**17.75**	0.40	24.13	428	**15,127**
EV-NV04-13	FR-04	0.85	0.82	0.71	0.97	1.03	0.86	0.96	0.92	0.90	02:46:00 p.m.	18.80	99.90	18.80	633.50	4.41	3.96	**16.38**	0.89	53.47	876	**30,930**
EV-NV04-14	BP-270	0.27	0.20	0.17	0.16	0.22	0.23	0.40	0.11	0.15	04:11:00 p.m.	17.50	99.90	17.50	629.60	4.56	4.21	**18.01**	0.21	12.73	229	**8,098**
EV-NV04-15	BP-270	0.50	0.35	0.22	0.29	0.47	0.75	0.59	0.27	0.27	04:24:00 p.m.	17.50	99.90	17.50	629.60	4.34	4.03	**16.41**	0.41	24.73	406	**14,330**
EV-NV04-16	BP-270	0.10	0.10	0.10	0.07	0.10	0.13	0.10	0.10	0.18	04:46:00 p.m.	16.60	99.90	16.60	629.60	4.98	3.77	**17.61**	0.11	6.53	115	**4,063**
EV-NV04-17	BP-270	0.29	0.20	0.10	0.10	0.27	0.22	0.15	0.14	0.13	04:49:00 p.m.	18.00	99.90	18.00	629.60	4.42	3.44	**14.26**	0.18	10.67	152	**5,372**
EV-NV04-18	RP-400 (-)	0.87	0.96	0.96	0.89	1.06	1.10	1.05	1.03	1.06	12:00:00 a.m.	12.10	99.90	12.10	629.50	5.12	4.41	**21.18**	1.00	59.87	1,268	**44,777**
EV-NV04-19	BP-270	1.50	0.92	0.85	1.13	1.20	1.17	1.65	1.68	1.37	05:07:00 p.m.	11.70	99.90	11.60	629.60	4.17	3.79	**14.82**	1.27	76.47	1,134	**40,032**
EV-NV04-20	BP-270 Sur	0.28	0.13	0.10	0.10	0.27	0.26	0.18	0.10	0.27	05:18:00 p.m.	12.00	99.90	12.00	629.60	4.08	3.88	**14.85**	0.19	11.27	167	**5,908**
EV-NV04-21	NV-06	1.12	1.13	1.10	0.90	1.18	1.09	1.20	0.93	0.92	05:26:00 p.m.	10.30	99.90	10.30	629.60	3.84	3.89	**14.01**	1.06	63.80	894	**31,569**
EV-NV04-22	NV-05	2.88	2.95	2.56	2.22	2.78	2.25	1.82	1.71	1.87	05:30:00 p.m.	9.60	99.90	9.60	629.60	4.42	3.52	**14.59**	2.34	140.27	2,047	**72,291**
EV-NV04-23	NV-06	1.58	1.58	1.54	1.50	1.60	1.50	1.31	1.45	1.25	05:35:00 p.m.	10.10	99.90	10.10	629.50	3.83	3.42	**12.29**	1.48	88.73	1,090	**38,501**
EV-NV04-24	BP-270	3.11	3.15	3.52	3.80	3.72	3.73	3.29	3.99	3.53	05:40:00 p.m.	9.20	99.90	9.20	629.50	3.99	3.36	**12.58**	3.54	212.27	2,669	**94,266**
EV-NV04-25	BP-270	2.58	2.42	2.60	2.10	2.37	2.65	2.52	2.39	2.66	07:48:00 a.m.	8.60	99.90	8.60	629.50	5.29	3.08	**15.28**	2.48	148.60	2,271	**80,202**
EPI-NV6	NV-06	2.81	2.59	2.58	3.36	3.25	3.30	2.99	3.15	2.97	06:02:00 p.m.	7.00	89.90	4.90	629.50	3.30	3.31	**10.25**	3.00	180.00	1,844	**65,129**

LEVANTAMIENTO DE VENTILACION

RESPONSABLE	José Maguiña Espiritu	**NIVEL:**	
PERS. ASISTENTE	Manuel Garcia Perez	**MINA:**	**HERCULES**
FECHA	12/03/2017	**PLANO**	

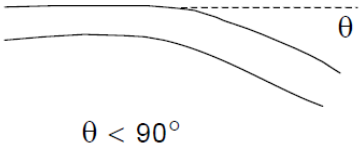
Estac.	UBICACIÓN	VELOCIDAD (m/s)									HORA	Condiciones Ambientales			P. Bar. hPa	SECCION		AREA	CAUDAL			
	Nivel	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9		T. Amb. °C	HR %	TD °C		a(m)	h(m)	m2	m/s	m/min	m3/min	CFM
EV-1	Nv06	1.30	1.52	1.60	1.50	1.00	1.12	1.30	1.52	1.22	11:27:00 a.m.	10.00	99.90	10.00	625.20	3.80	3.00	**10.69**	1.34	80.53	861	**30,412**
EV-2	Nv06	1.51	1.21	1.22	1.15	1.26	1.45	1.29	1.22	1.30	11:40:00 a.m.	10.50	99.90	10.50	626.10	3.59	2.97	**10.00**	1.29	77.40	774	**27,337**
EV-3	Nv06	1.52	1.32	0.96	0.82	1.35	1.32	0.92	0.66	0.67	11:58:00 a.m.	11.70	99.90	11.70	627.70	4.00	3.50	**13.13**	1.06	63.60	835	**29,495**
EV-4	Nv06	1.00	1.28	1.35	1.22	1.18	1.24	0.98	1.00	1.14	12:00:00 p.m.	11.80	99.90	11.80	627.60	4.40	3.14	**12.96**	1.15	69.27	898	**31,701**
EV-5	Nv06	1.45	1.42	1.28	1.20	1.39	1.46	1.42	1.29	1.10	12:11:00 p.m.	11.60	99.90	11.60	629.70	3.67	3.14	**10.81**	1.33	80.07	865	**30,564**
EV-6	Nv06	1.46	1.38	1.27	1.12	1.30	1.26	1.16	1.10	0.88	12:12:00 p.m.	12.30	99.90	12.30	629.60	3.59	3.10	**10.44**	1.21	72.87	761	**26,863**
EV-7	Nv06	1.20	1.11	0.89	1.10	1.25	1.16	1.10	1.15	0.97	12:25:00 p.m.	12.20	99.90	12.20	630.00	3.33	3.11	**9.71**	1.10	66.20	643	**22,710**
EV-8	Nv06	0.10	0.12	0.14	0.12	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	12:33:00 p.m.	14.00	99.90	14.00	630.20	4.72	4.55	**20.14**	0.11	6.60	133	**4,695**
EV-9	Nv06	0.25	0.10	0.20	0.55	0.35	0.16	0.69	0.65	0.65	12:45:00 p.m.	11.50	99.90	11.50	631.10	4.19	3.02	**11.87**	0.40	24.00	285	**10,060**
EV-10	Nv06	0.30	0.10	0.31	0.27	0.10	0.35	0.31	0.21	0.20	01:10:00 p.m.	21.20	99.90	21.20	629.70	4.74	4.15	**18.45**	0.24	14.33	264	**9,340**
EV-11	Nv06	0.35	0.25	0.26	0.26	0.29	0.22	0.31	0.25	0.22	01:27:00 p.m.	21.90	99.90	21.80	630.60	3.88	3.93	**14.30**	0.27	16.07	230	**8,115**
EV-12	Nv06	0.17	0.11	0.15	0.25	0.15	0.18	0.15	0.15	0.15	01:46:00 p.m.	20.50	99.80	20.50	632.20	4.78	4.38	**19.64**	0.16	9.73	191	**6,750**
EV-13	Nv06	0.20	0.20	0.28	0.16	0.22	0.10	0.10	0.20	0.20	01:52:00 p.m.	21.10	93.50	20.00	632.40	4.89	4.09	**18.76**	0.18	11.07	208	**7,332**
EV-14	Nv06	0.20	0.12	0.18	0.15	0.12	0.32	0.28	0.10	0.10	03:34:00 p.m.	19.20	94.50	18.30	631.70	3.83	4.11	**14.77**	0.17	10.47	155	**5,458**
EV-15	Nv06	0.39	0.37	0.27	0.29	0.38	0.45	0.40	0.21	0.26	03:45:00 p.m.	16.20	99.90	16.10	630.60	2.82	2.27	**6.00**	0.34	20.13	121	**4,269**
EV-16	Nv06	0.17	0.36	0.34	0.46	0.39	0.52	0.98	0.62	0.45	03:55:00 p.m.	14.60	99.90	14.60	631.20	6.69	4.30	**26.98**	0.48	28.60	772	**27,254**
EV-17	Nv06	1.10	0.65	0.62	0.55	0.95	1.02	0.89	0.70	0.78	04:05:00 p.m.	14.80	99.90	14.80	630.20	4.21	4.52	**17.85**	0.81	48.40	864	**30,509**
EV-18	Nv06	0.5	0.11	0.15	0.11	0.10	0.20	0.29	0.10	0.10	04:15:00 p.m.	13.70	96.80	13.20	627.20	4.44	3.60	**14.99**	0.18	11.07	166	**5,860**
EV-19	Nv06	1.67	1.10	0.89	1.22	1.67	1.72	1.56	1.88	1.72	04:20:00 p.m.	12.10	99.80	13.10	627.20	4.82	3.66	**16.55**	1.49	89.53	1,482	**52,321**
EV-20	Nv06	1.51	1.10	1.00	0.69	0.68	0.50	1.10	0.60	0.77	04:30:00 p.m.	12.40	99.90	12.40	627.50	5.22	3.98	**19.49**	0.88	53.00	1,033	**36,475**

ANEXO N° 05

VALORES DE LONGITUD EQUIVALENTES PARA CASOS PRÁCTICOS.

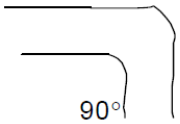
Causas de Pérdida de Presión

a) Curva abierta (redondeadas):



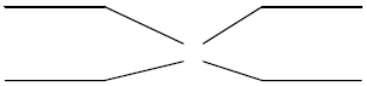
Le (m) = 0.15

b) Curva de ángulo recto (redondeada):



Le (m) = 0.30

c) Contracción gradual (Expansión gradual):

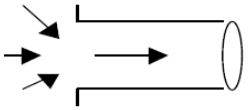


Le (m) = 0.30

d) Curva pronunciada (redondeada):

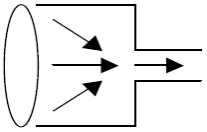
Le (m) = 1.00

e) Ingreso a la zona:



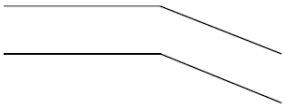
Le (m) = 1.00

f) Contracción brusca o abrupta:



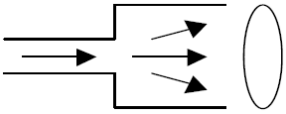
Le (m) = 3.00

g) Curva abierta (no redondeada):



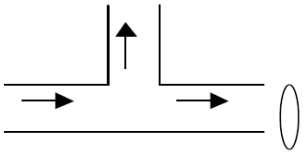
Le (m) = 4.60

h) Expansión brusca:



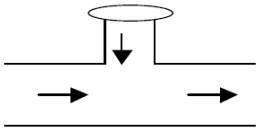
Le (m) = 6.00

i) Partición (ramal recto):



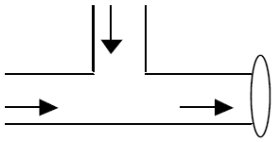
Le (m) = 9.00

j) Unión (ramal entrando a 90°):



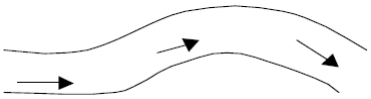
Le (m) = 9.00

k) Unión (ramal recto):



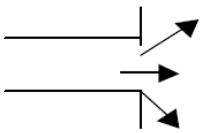
Le (m) = 18.00

l) Cruce a desnivel:



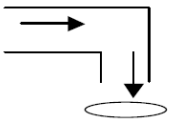
Le (m) = 20.00

m) Descarga:



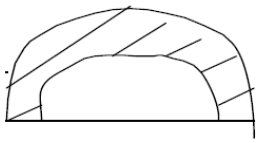
Le (m) = 20.00

n) Curva en ángulo recto (no redondeada):



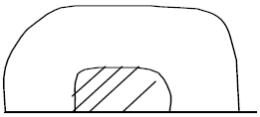
Le (m) = 21.00

o) Portal:



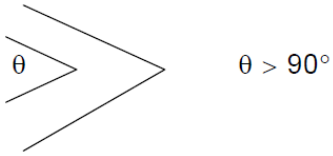
Le (m) = 21.00

p) Obstrucción del 20% del área transversal:



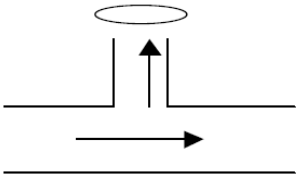
Le (m) = 30.00

q) Curva pronunciada (no redondeada):



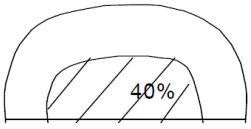
Le (m) = 46.00

r) Partición (ramal desviado a 90°):



Le (m) = 60.00

s) Obstrucción del área transversal hasta 40%:



Le (m) = 150.00

Causa de la Pérdida de Presión	Le	
	(m)	(Pies)
Curva abierta (redondeada)	0.15	0.50
Curva en ángulo recto (redondeada)	0.30	1.00
Contracción gradual	0.30	1.00
Expansión gradual	0.30	1.00
Curva pronunciada (redondeada)	1.00	3.28
Ingreso	1.00	3.28
Contracción brusca	3.00	9.84
Curva abierta (no redondeada)	4.60	15.00
Expansión brusca	6.00	19.69
Partición (ramal recto)	9.00	29.53
Unión (ramal entrando a 90°)	9.00	29.53
Unión (Ramal recto)	18.00	59.06
Cruce a desnivel	20.00	65.62
Descarga	20.00	65.62
Curva en ángulo recto (no redondeada)	21.00	68.90
Portal	21.00	68.90
Carro minero o skip ocupando el 20% de la sección transversal	30.00	98.43
Curva pronunciada (no redondeada)	46.00	150.92
Partición (ramal desviada 90°)	60.00	196.85
Carro minero o skip ocupando el 40% de la sección transversal	150.00	492.13

ANEXO N° 06

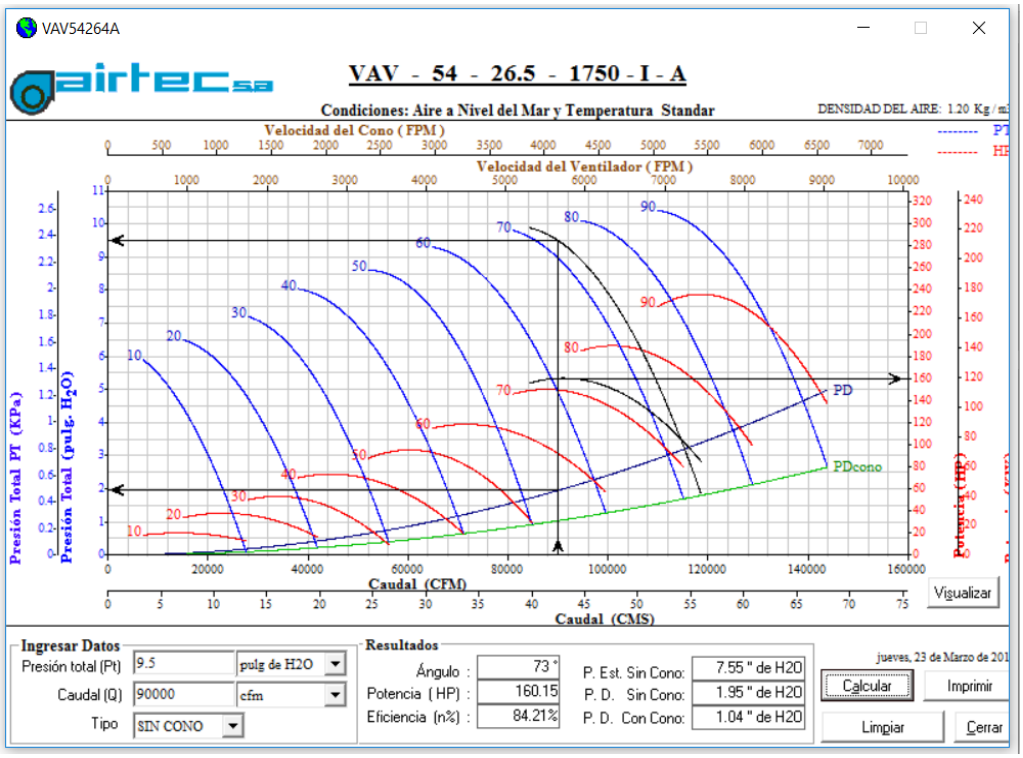
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS VENTILADORES.

VENTILADORES OPERATIVOS

1° Ventilador VAV-54-26.5-1750-1-A _ 90,000 cfm

		CÓDIGO	
		ZONA:	Hércules
		NIVEL:	FR 04
FECHA:	18/03/2017	UBICACIÓN:	FR 04
RESPONSABLE:	Maguiña E. José	CANTIDAD:	01 Equipos

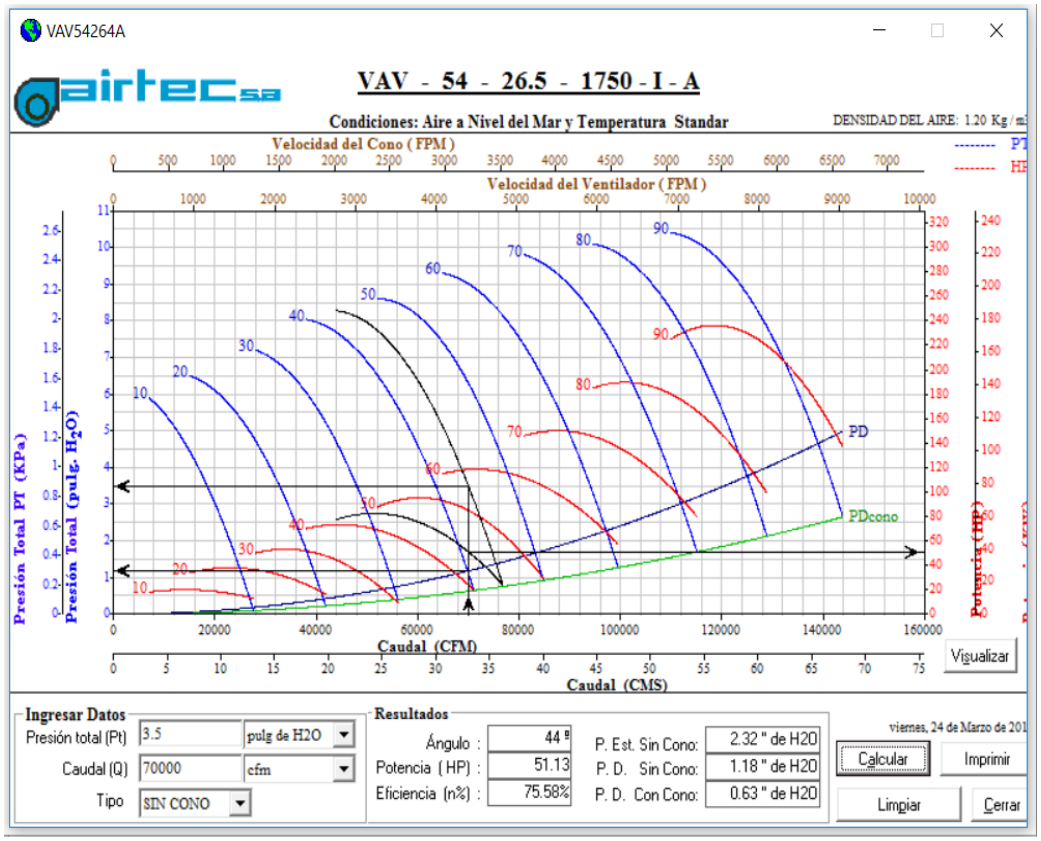
	VENTILADOR		MOTOR	
ESPECIFICACIONES PLACA	Modelo:	VAV-54-26.5-1750-I-A	Tipo	Trifásico
	Tipo de Ventilador:	Axial	Voltaje: V	
	Marca:	S/M	Amperaje: A	
	Caudal	90,000 cfm	Potencia	160.15
	Presión Total:	9.5" CA	RPM	1750
	# de aspas:		Eficiencia %	84.21
	Angulo de las aspas:	73°	Factor de potencia	
	Etapas	I	Tipo de Arranque	Variador
	Diametro de carcasa	1371.6 mm	# De polos	4A
	Diametro de motor	673.1 mm		
Estado	Exractor			
OBSERVACIONES	**Datos a cota de mar:** **Temperatura a 25°C.** **0 msnm** **Densidad 1.2 kg/m3**			



2° Ventilador

		CÓDIGO	
		ZONA:	Hércules
		NIVEL:	XC 270 - Nv 06
FECHA:	18/03/2017	UBICACIÓN:	XC 270 - Nv 06
RESPONSABLE:	Maguiña E. José	CANTIDAD:	01 Equipos

	VENTILADOR		MOTOR	
ESPECIFICACIONES PLACA	Modelo:	VAV-54-26.5-1750-I-A	Tipo	Trifásico
	Tipo de Ventilador:	Axial	Voltaje: V	
	Marca:	S/M	Amperaje: A	
	Caudal	70,000 cfm	Potencia	51.13
	Presión Total:	3.5" CA	RPM	1750
	# de aspas:		Eficiencia %	75.58
	Angulo de las aspas:	44°	Factor de potencia	
	Etapas	I	Tipo de Arranque	Variador
	Diametro de carcasa	1,371.6 mm	# De polos	4A
	Diametro de motor	673.1 mm		
Estado	Exractor			
OBSERVACIONES	**Datos a cota de mar:** **Temperatura a 25°C.** **0 msnm** **Densidad 1.2 kg/m3**			

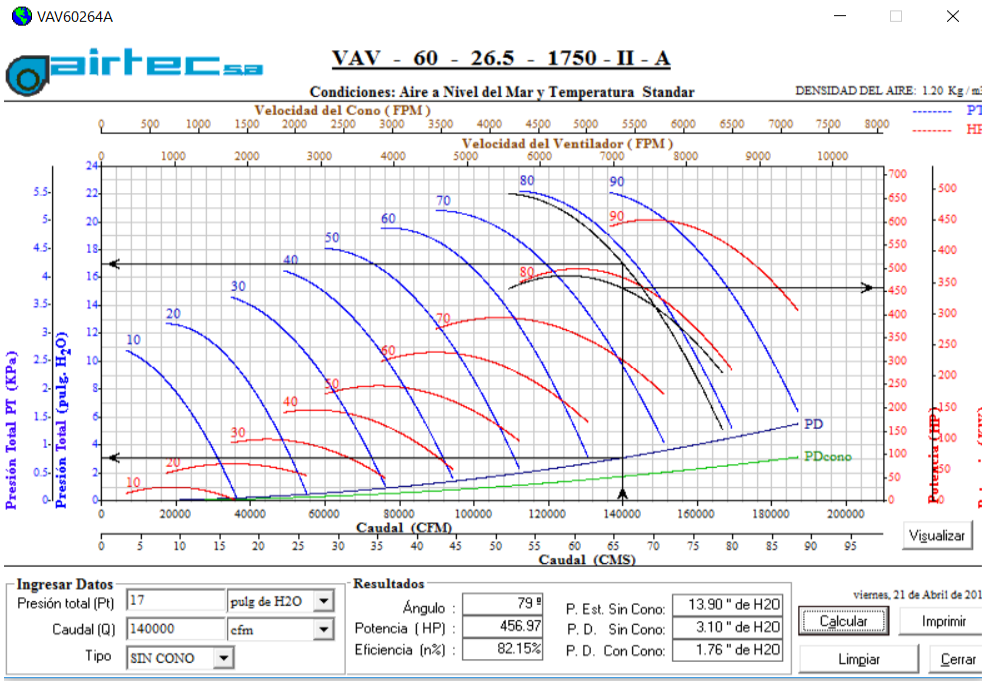


VENTILADORES PROPUESTOS

1° Ventilador

		CÓDIGO	
		ZONA:	HERCULES
		NIVEL:	FR 04
FECHA:	18/04/2017	UBICACIÓN:	BP_270 I
RESPONSABLE:	Maguiña E. José	CANTIDAD:	01 Equipos

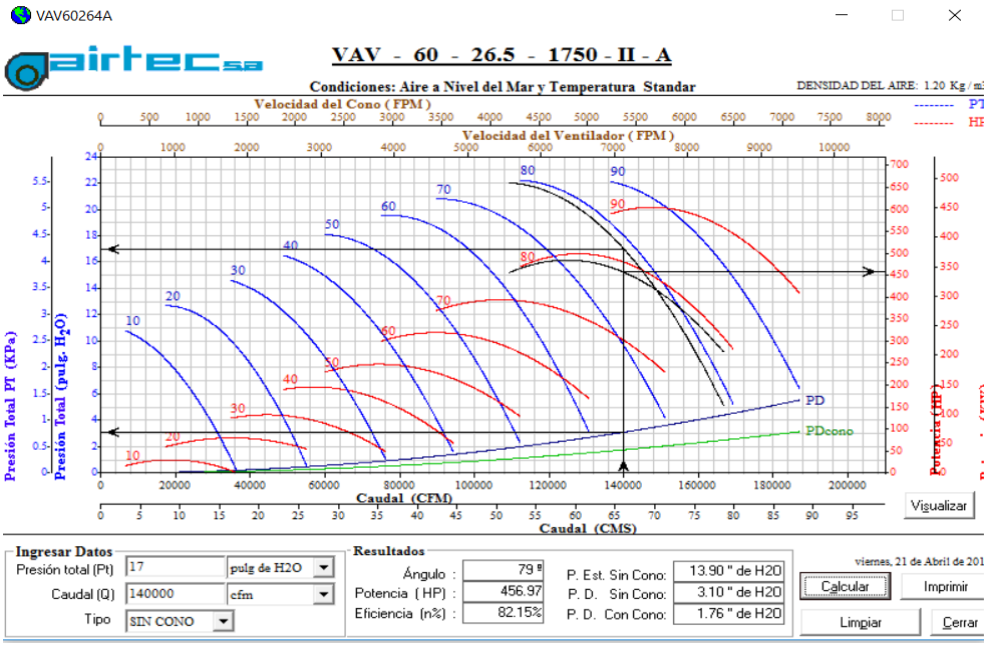
	VENTILADOR		MOTOR	
ESPECIFICACIONES PLACA	Modelo:	VAV-60-26.5-1750-II-A	Tipo	Trifásico
	Tipo de Ventilador:	Axial	Voltaje: V	
	Marca:	S/M	Amperaje: A	
	Caudal	140,000 cfm	Potencia	456.97
	Presión Total:	17" CA	RPM	1750
	# de aspas:		Eficiencia %	82.15
	Angulo de las aspas:	79°	Factor de potencia	
	Etapas	II	Tipo de Arranque	Variador
	Diametro de carcasa	1,524 mm	# De polos	
	Diametro de motor	673.1 mm		
Estado	Exractor			
OBSERVACIONES	Datos a cota de mar: Temperatura a 25°C. 0 msnm Densidad 1.2 kg/m3			



2° Ventilador

		CÓDIGO	
		ZONA:	HERCULES
		NIVEL:	FR 04 - XC 07
FECHA:	18/04/201	UBICACIÓN:	XC_07
RESPONSABLE:	Maguiña E. José	CANTIDAD:	01 Equipos

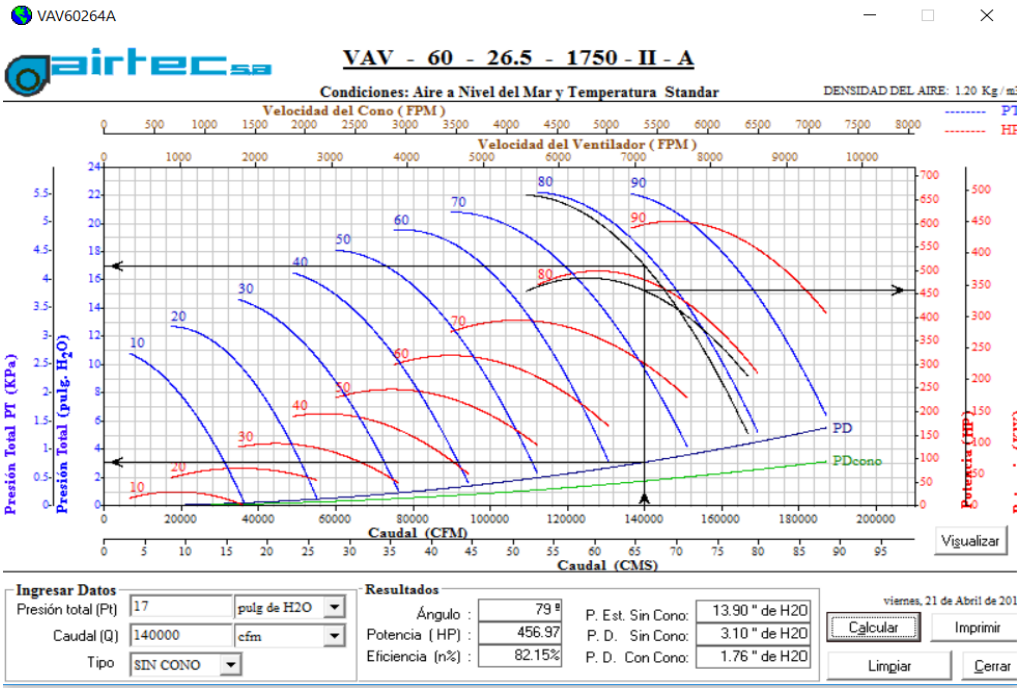
	VENTILADOR		MOTOR	
ESPECIFICACIONES PLACA	Modelo:	VAV-60-26.5-1750-II-A	Tipo	Trifásico
	Tipo de Ventilador:	Axial	Voltaje: V	
	Marca:	S/M	Amperaje: A	
	Caudal	140,000 cfm	Potencia	456.97
	Presión Total:	17" CA	RPM	1750
	# de aspas:		Eficiencia %	82.15
	Angulo de las aspas:	79°	Factor de potencia	
	Etapas	II	Tipo de Arranque	Variador
	Diametro de carcasa	1,524 mm	# De polos	
	Diametro de motor	673.1 mm		
Estado	Exractor			
OBSERVACIONES	Datos a cota de mar: Temperatura a 25°C. 0 msnm Densidad 1.2 kg/m3			



3° Ventilador

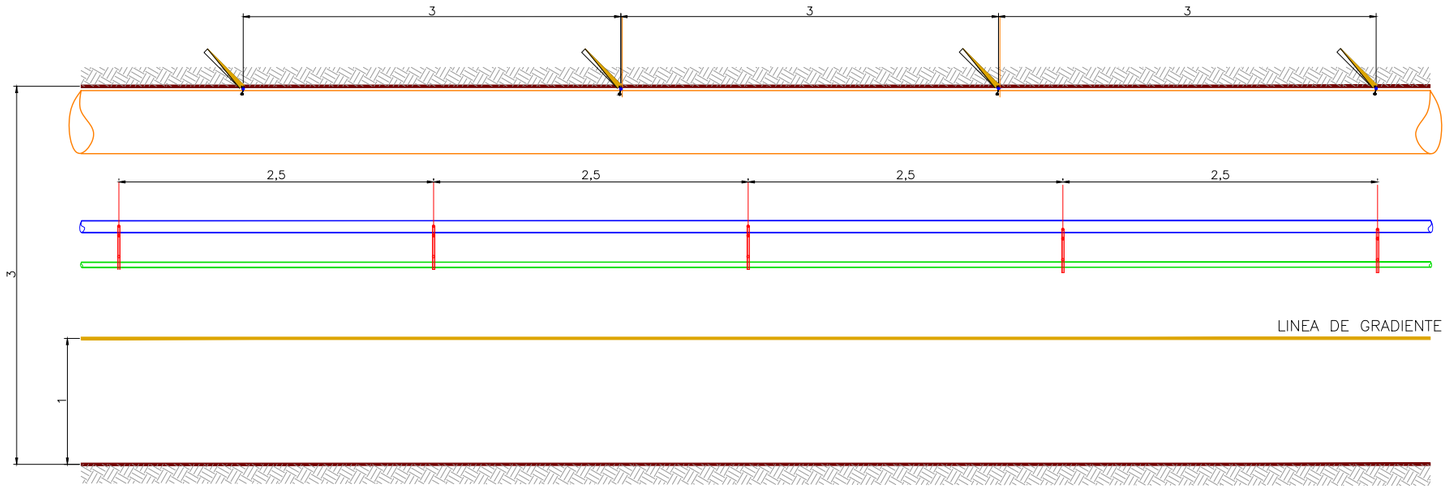
		CÓDIGO	
		ZONA:	HERCULES
		NIVEL:	BP 955
FECHA:	18/04/2017	UBICACIÓN:	XC_10
RESPONSABLE:	Maguiña E. José	CANTIDAD:	01 Equipos

	VENTILADOR		MOTOR	
ESPECIFICACIONES PLACA	Modelo:	VAV-60-26.5-1750-II-A	Tipo	Trifásico
	Tipo de Ventilador:	Axial	Voltaje: V	
	Marca:	S/M	Amperaje: A	
	Caudal	140,000 cfm	Potencia	456.97
	Presión Total:	17" CA	RPM	1750
	# de aspas:		Eficiencia %	82.15
	Angulo de las aspas:	79°	Factor de potencia	
	Etapas	II	Tipo de Arranque	Variador
	Diametro de carcasa mm.	1,524 mm	# De polos	
	Diametro de motor mm.	673.1 mm		
Estado	Exractor			
OBSERVACIONES	Datos a cota de mar: Temperatura a 25°C. 0 msnm Densidad 1.2 kg/m3			

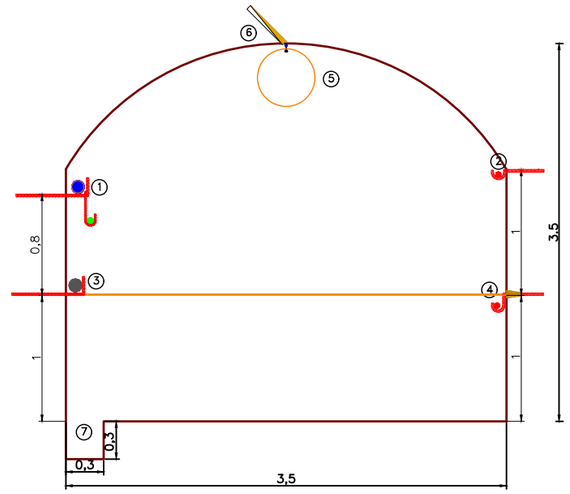


ANEXO N° 07

ESTÁNDARES DE DISEÑO EN SECCIONES TÍPICAS.



SECCION LONGITUDINAL



SECCION FRONTAL

ESPECIFICACIONES:

– Las instalaciones de servicios, estarán a una distancia no mayor a 20 m del frente.

– Las alcayatas para la instalación de las tuberías de aire, agua y drenaje, deberán estar espaciadas entre sí cada 3.0 m y para el cable electrico cada 2.5 m.

– La instalación del cable eléctrico deberá de estar, independientes y al lado opuesto de las otras instalaciones, con una separación mínima de 1 m.

– Las instalaciones de las tuberías y cables deberán estar sujetados con cintillos de amarre.

– La cuneta para su ejecución, será con perforación y voladura en roca, sección 0.3 x 0.3 m.

– Se construirá refugios según especifica en el D.S.024–2016–EM.

	Datos Técnicos
①	Alcayata Fe 3/4"ø,1/2"ø tuberia de 4" aire (azul) y, 2" agua (verde).
②	Alcayata Fe 1/2"ø cable electrico, espaciados entre si cada 2.5 m.
③	Alcayata Fe 3/4"ø,tuberia de 2" (bombeo de agua de la rampa).
④	Alcayata Fe 1/2"ø, cable de jumbo.
⑤	Manga de ventilación, herméticas y resistentes al desgarro por laboreo (ø=18" u otra medida indicada por el área de Servicios Mina), no debe presentar fisuras donde escape el aire.
⑥	Perforacion 30 cm para instalación de la manga.
⑦	Cuneta de la labor, su estandarización y sección puede variar según la necesidad de drenaje de la labor.

* La sección de la labor tendrá la forma de una BÓVEDA, la Empresa Contratista Minera realizará una buena perforación y voladura que resulte el arqueado óptimo de la labor, cumpliendo la sección según el diseño.

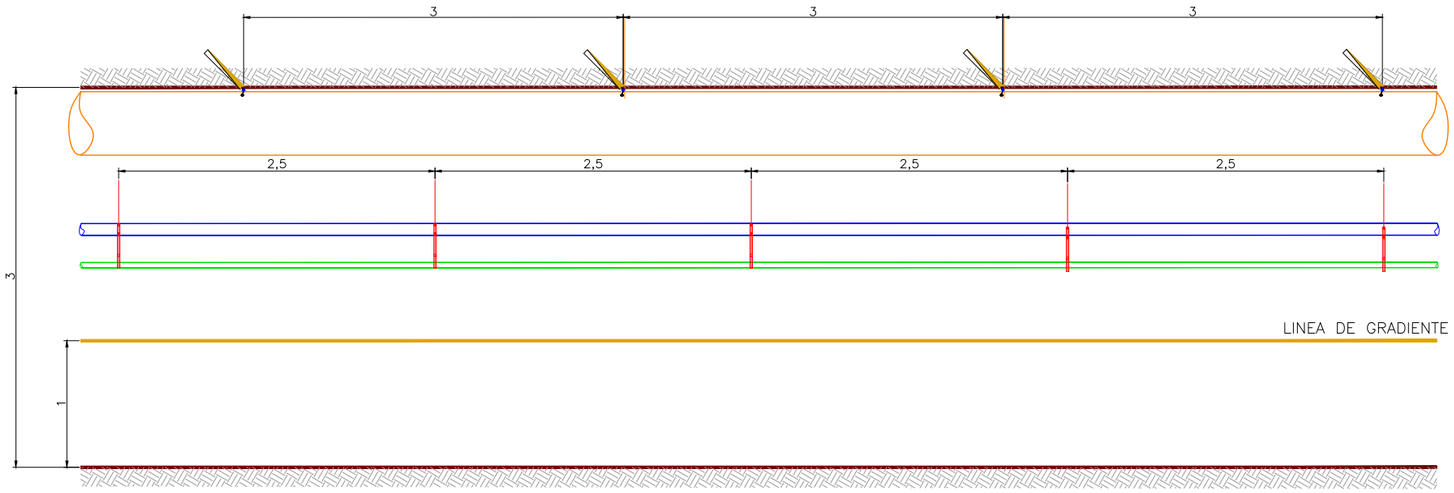
GERENTE DE OPERACIONES	:	M.LUYO
GERENTE DE SEGURIDAD	:	R.ALVA
SUPTE. MINA	:	O.JARA
JEFE DE MINA	:	H.BARZOLA
JEFE DE GEOLOGIA	:	J. MORAN
JEFE DE PLANEAMIENTO	:	J. LAZARO

COMPAÑIA MINERA
LINCUNA
DPTO. DE INGENIERIA Y PLANEAMIENTO

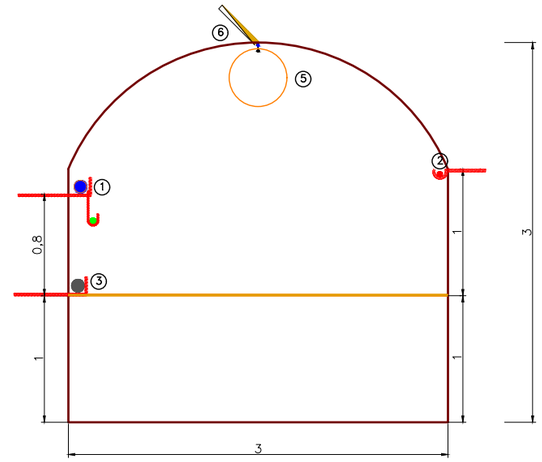
ESTANDAR GALERIA

3.5x3.5

DIBUJO A.M.L.	COD. PLANO	PLANO N°
FECHA: 10/01/16	MIN-004	004
ESCALA: S/E		



SECCION LONGITUDINAL



SECCION FRONTAL

ESPECIFICACIONES:

– Las instalaciones de servicios, estarán a una distancia no mayor a 20 m del frente.

– Las alcayatas para la instalación de las tuberías de aire, agua y drenaje, deberán estar espaciadas entre sí cada 3.0 m y para el cable electrico cada 2.5 m.

– La instalación del cable eléctrico deberá de estar, independientes y al lado opuesto de las otras instalaciones, con una separación mínima de 1 m.

– Las instalaciones de las tuberías y cables deberán estar sujetados con cintillos de amarre.

– Se construirá refugios según especifica en el D.S.024–2016–EM.

	Datos Técnicos
1	Alcayata Fe 3/4"ø,1/2"ø tuberia de 4" aire (azul) y, 2" agua (verde).
2	Alcayata Fe 1/2"ø cable electrico, espaciados entre si cada 2.5 m.
3	Alcayata Fe 3/4"ø,tuberia de 2" (bombeo de agua de la rampa).
4	Alcayata Fe 1/2"ø, cable de jumbo.
5	Manga de ventilación, herméticas y resistentes al desgarro por laboreo (ø=18" u otra medida indicada por el área de Servicios Mina), no debe presentar fisuras donde escape el aire.
6	Perforacion 30 cm para instalación de la manga.

* La sección de la labor tendrá la forma de una BÓVEDA, la Empresa Contratista Minera realizará una buena perforación y voladura que resulte el arqueado óptimo de la labor, cumpliendo la sección según el diseño.

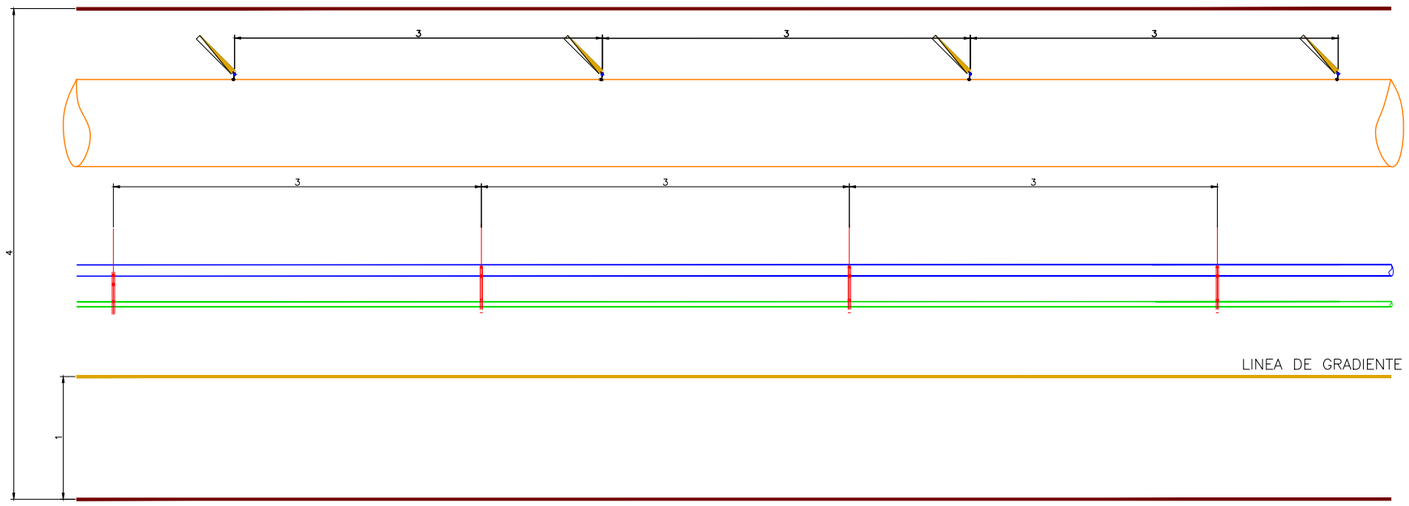
GERENTE DE OPERACIONES	:	M.LUYO
GERENTE DE SEGURIDAD	:	R.ALVA
SUPTE. MINA	:	O.JARA
JEFE DE MINA	:	H.BARZOLA
JEFE DE GEOLOGIA	:	J. MORAN
JEFE DE PLANEAMIENTO	:	J. LAZARO

COMPAÑIA MINERA
LINCUNA
DPTO. DE INGENIERIA Y PLANEAMIENTO

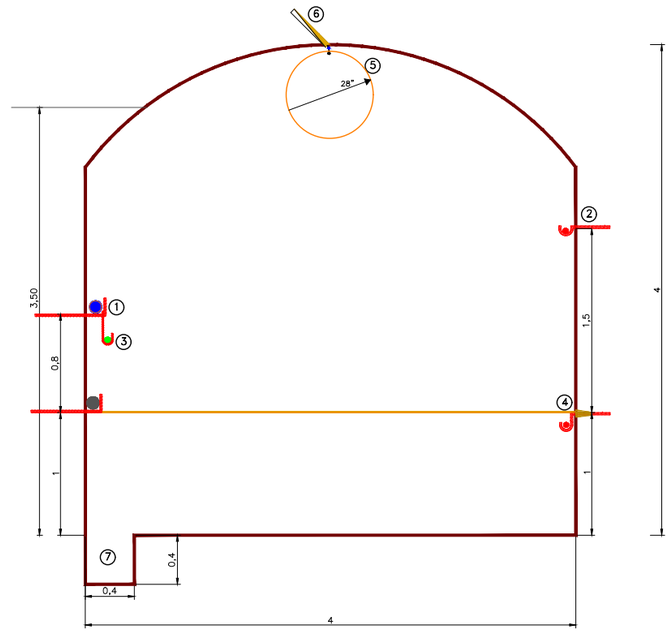
ESTANDAR GALERIA

3.0x3.0

DIBUJO A.M.L.	COD. PLANO	PLANO N°
FECHA: 10/01/16	MIN-004	004
ESCALA:		



SECCION LONGITUDINAL



SECCION FRONTAL

ESPECIFICACIONES:

– Las instalaciones de servicios, estarán a una distancia no mayor a 20 m del frente.

– Las alcayatas para la instalación de las tuberías de aire, agua y drenaje, deberán estar espaciadas entre sí cada 3.0 m y para el cable eléctrico cada 2.5 m.

– La instalación del cable eléctrico deberá de estar, independientes y al lado opuesto de las otras instalaciones, con una separación mínima de 1 m.

– Las instalaciones de las tuberías y cables deberán estar sujetados con cintillos de amarre.

– La cuneta para su ejecución, será con perforación y voladura en roca, sección 0.4 x 0.4 m.

– Se construirá refugios según especifica en el D.S.024–2016–EM.

	Datos Técnicos
①	Alcayata Fe 3/4"ø,1/2"ø tuberia de 4" aire (azul) y, 2" agua (verde).
②	Alcayata Fe 1/2"ø cable electrico, espaciados entre si cada 2.5 m.
③	Alcayata Fe 3/4"ø,tuberia de 2" (bombeo de agua de la rampa).
④	Alcayata Fe 1/2"ø, cable de jumbo.
⑤	Manga de ventilación, herméticas y resistentes al desgarro por laboreo (ø=28" u otra medida indicada por el área de Servicios Mina), no debe presentar fisuras donde escape el aire.
⑥	Perforacion 30cm para instalación de la manga
⑦	Cuneta de la labor, su estandarización y sección puede variar según la necesidad de drenaje de la labor.

* La sección de la labor tendrá la forma de una BÓVEDA, la Empresa Contratista Minera realizará una buena perforación y voladura que resulte el arqueado óptimo de la labor, cumpliendo la sección según el diseño.

GERENTE DE OPERACIONES	:	M.LUYO
GERENTE DE SEGURIDAD	:	R.ALVA
SUPTE. MINA	:	O.JARA
JEFE DE MINA	:	H.BARZOLA
JEFE DE GEOLOGIA	:	J.MORAN
JEFE DE PLANEAMIENTO	:	J.LAZARO

COMPAÑIA MINERA
LINCUNA
DPTO. DE INGENIERIA Y PLANEAMIENTO

ESTANDAR LABOR

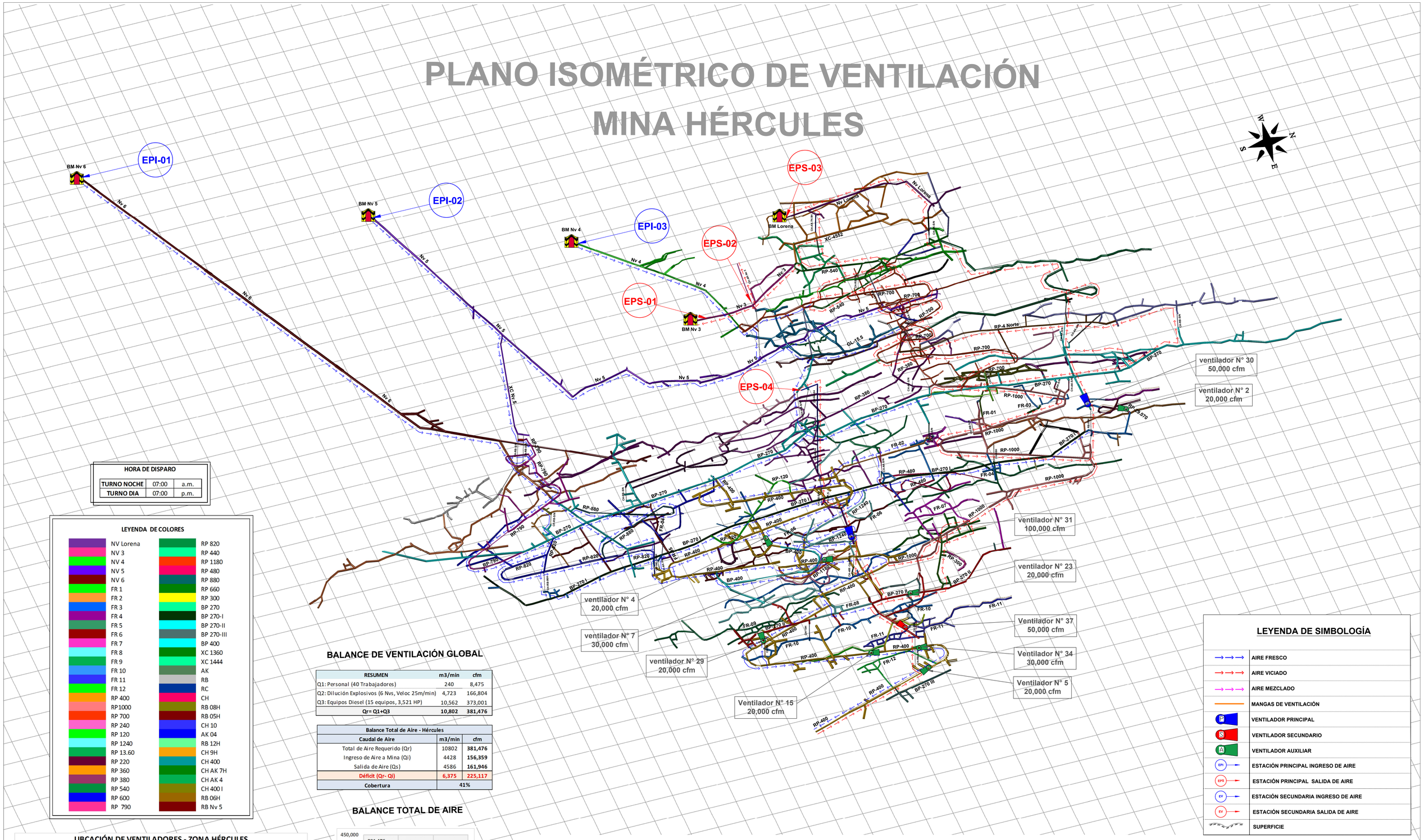
4.0X4.0

DIBUJO A.M.L.	COD. PLANO	PLANO N°
FECHA: 10/08/16	MIN-006	006
ESCALA: 1/50		

ANEXO N° 08

PLANO ISOMÉTRICO.

PLANO ISOMÉTRICO DE VENTILACIÓN
MINA HÉRCULES



HORA DE DISPARO		
TURNO NOCHE	07:00	a.m.
TURNO DIA	07:00	p.m.

LEYENDA DE COLORES

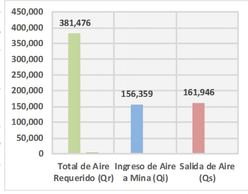
NV Lorena	RP 820
NV 3	RP 440
NV 4	RP 1180
NV 5	RP 480
NV 6	RP 880
FR 1	RP 660
FR 2	RP 300
FR 3	BP 270
FR 4	BP 270-I
FR 5	BP 270-II
FR 6	BP 270-III
FR 7	BP 400
FR 8	XC 1360
FR 9	XC 1444
FR 10	AK
FR 11	RB
FR 12	RC
RP 400	CH
RP1000	RB 08H
RP 700	RB 05H
RP 240	CH 10
RP 120	AK 04
RP 1240	RB 12H
RP 13.60	CH 9H
RP 220	CH 400
RP 360	CH AK 7H
RP 380	CH AK 4
RP 540	CH 400 I
RP 600	RB 06H
RP 790	RB Nv 5

BALANCE DE VENTILACIÓN GLOBAL

RESUMEN	m3/min	cfm
Q1: Personal (40 Trabajadores)	240	8,475
Q2: Dilución Explosivos (6 Nvs, Veloc 25m/min)	4,723	166,804
Q3: Equipos Diesel (15 equipos, 3,521 HP)	10,562	373,001
Qr= Q1+Q3	**10,802**	**381,476**

Balance Total de Aire - Hércules		
Caudal de Aire	**m3/min**	**cfm**
Total de Aire Requerido (Qr)	10802	**381,476**
Ingreso de Aire a Mina (Qi)	4428	**156,359**
Salida de Aire (Qs)	4586	**161,946**
Déficit (Qr- Qi)	**6,375**	**225,117**
Cobertura	**41%**	

BALANCE TOTAL DE AIRE



UBCACIÓN DE VENTILADORES - ZONA HÉRCULES

ITEM	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	CAUDAL (cfm)	POTENCIA (HP)	UBICACIÓN	CODIGO	MINA	OBSERVACIÓN
1	Ventilador Axial	100,000	140	FR-4	31	Hércules	Operativo
2	Ventilador Axial	50,000	80	XC 270 - Nv6	30	Hércules	Operativo
3	Ventilador Axial	50,000	125	CM DIAMANTINA	37	Hércules	Operativo
4	Ventilador Axial	20,000	50	RP29070	2	Hércules	Operativo
5	Ventilador Axial	20,000	35	XC 100	29	Hércules	Operativo
6	Ventilador Axial	20,000	40	RP400-TJ5A	4	Hércules	Operativo
7	Ventilador Axial	20,000	40	FR8-TJ13.8	23	Hércules	Operativo
8	Ventilador Axial	30,000	40	FR11	34	Hércules	Operativo
9	Ventilador Axial	30,000	40	RP400-BP270II	7	Hércules	Operativo
10	Ventilador Axial	20,000	35	BB54-RP400	5	Hércules	Operativo
11	Ventilador Axial	20,000	30	FR10-RP300+	15	Hércules	Operativo

LEYENDA DE SIMBOLOGÍA

	AIRE FRESCO
	AIRE VICIADO
	AIRE MEZCLADO
	MANGAS DE VENTILACIÓN
P	VENTILADOR PRINCIPAL
S	VENTILADOR SECUNDARIO
A	VENTILADOR AUXILIAR
EPI	ESTACIÓN PRINCIPAL INGRESO DE AIRE
EPS	ESTACIÓN PRINCIPAL SALIDA DE AIRE
EV	ESTACIÓN SECUNDARIA INGRESO DE AIRE
EV	ESTACIÓN SECUNDARIA SALIDA DE AIRE
	SUPERFICIE

REVISIONES

REV.	FECHA	DESCRIPCION	LEVANTADO	DIBUJO	REVISADO	APROBADO
01	18/03/2017	PLANO ISOMETRICO MINA HÉRCULES	J.M.E.	J.M.E.	A.L.L.	C.A.

PREPARADO POR: NOOVA

CLIENTE: COMPAÑIA MINERA LINCUNA

PROYECTO: ESTUDIO INTEGRAL PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA CIA. MINERA LINCUNA S.A.

PLANO: ISOMÉTRICO MINA HÉRCULES

ESCALA:	SIST.COORD.	COD.PROYECTO:	COD. PLANO:	PLANO N°:	FORMATO:
S/E	WGS-84	P-SAH-01	PIMH-1/1	01	A-1