

UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"



FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y METALURGIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS:

FLUJO DE AIRE PARA MEJORAR LA VENTILACIÓN
EN LAS LABORES MINERAS SUBTERRÁNEAS EN
MINERA HUINAC S.A.C. - AÑO 2021

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR:

Bach. LIÑÁN RAMIREZ, Luis Fortunato

ASESOR:

M.Sc. Ing. RUIZ CASTRO, Arnaldo Alejandro

HUARAZ - PERÚ

2021

FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, CONDUCENTES A
OPTAR TÍTULOS PROFESIONALES Y GRADOS ACADÉMICOS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

1. Datos del autor:

Apellidos y Nombres: _____

Código de alumno: _____

Teléfono: _____

E-mail: _____

D.N.I. n°: _____

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Tipo de trabajo de investigación:

Tesis

Trabajo de Suficiencia Profesional

Trabajo Académico

Trabajo de Investigación

Tesinas (presentadas antes de la publicación de la Nueva Ley Universitaria 30220 – 2014)

3. Para optar el Título Profesional de:

4. Título del trabajo de investigación:

5. Facultad de: _____

6. Escuela o Carrera: _____

7. Línea de Investigación (*): _____

8. Sub-línea de Investigación (*): _____

() Según resolución de aprobación del proyecto de tesis*

9. Asesor:

Apellidos y nombres _____ D.N.I n°: _____

E-mail: _____ ID ORCID: _____

10. Referencia bibliográfica: _____

11. Tipo de acceso al Documento:

Acceso público* al contenido completo.

Acceso restringido** al contenido completo

Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundirlo en el Repositorio Institucional, respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso de que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:



12. Originalidad del archivo digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.


Firma del autor

13. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para las investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia Creative Commons, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.



El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Recolector Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

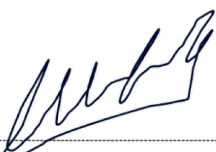
14. Para ser verificado por la Dirección del Repositorio Institucional

Seleccione la
Fecha de Acto de sustentación:

Huaraz,

Firma:




Varillas Wiliam Eduardo
Asistente en Informática y Sistemas
- UNASAM -

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.



UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS,
GEOLOGÍA Y METALURGIA



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL

En la ciudad de Huaraz, siendo las once horas con cero minutos de la mañana (11:00 a.m.) del día treinta de Mayo del Dos mil Veintidos (30/05/2022), se reunieron los miembros del jurado Evaluador nominados según Resolución Nro. 081-2022-FIMGM/D, de fecha 28 de Abril del 2022, integrado por los siguientes Docentes: Dr. Ing. **JACINTO CORNELIO ISIDRO GIRALDO**, como **Presidente**; Dr. Ing. **JULIAN PEREZ FALCON**, como **Secretario** y el M.Sc. Ing. **JUAN PELE VILLARREAL SALOME**, como **Vocal**; para la sustentación de la tesis Titulada: **"FLUJO DE AIRE PARA MEJORAR LA VENTILACION EN LAS LABORES MINERAS SUBTERRANEAS EN MINERA HUINAC S.A.C. – AÑO 2021"**, presentado por el Bachiller **LUIS FORTUNATO LIÑAN RAMIREZ**, para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas, en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo", se procedió con el acto de sustentación bajo las siguientes consideraciones, el Presidente del Jurado calificador, invitó a los docentes, alumnos y público en general a participar en este acto; luego invitó al Secretario del Jurado calificador a dar lectura de la Resolución N° 081-2022-FIMGM/D de fecha 28 de Abril del 2022. Acto seguido invitó al sustentante a la defensa de su tesis por un lapso de veinte minutos (20), concluida con la misma, se procedió con el rol de preguntas de parte de los miembros del Jurado Calificador, finalmente se invitó al público en general a hacer abandono del Auditorium de la FIMGM por un lapso de diez (10) minutos con el propósito de deliberar la nota del sustentante, **ACORDANDO: APROBAR CON EL CALIFICATIVO (*)de: DIECISIETE (17). Aprobado con Distinción.** Siendo las doce horas y veinticinco minutos (12:25 p.m.) del mismo día, se dio por concluida el acto de sustentación.

En consecuencia, queda en condición de ser calificado **APTO** por el Consejo de Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de **INGENIERO DE MINAS** de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la UNASAM.

Dr. Ing. **JACINTO CORNELIO ISIDRO GIRALDO**
Presidente

Dr. Ing. **JULIAN PEREZ FALCON**
Secretario

M.Sc. Ing. **JUAN PELE VILLARREAL SALOME**
Vocal

M.Sc. Ing. **ARNALDO ALEJANDRO RUIZ CASTRO**
Asesor

(*) De acuerdo con el Artículo 84º Reglamento de Grados y Títulos de la UNASAM, están deben ser calificadas con términos de: **APROBADO CON EXCELENCIA (19-20)**, **APROBADO CON DISTINCIÓN (17-18)**, **APROBADO (14-16)**, **DESAPROBADO (00-13)**.



UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS,
GEOLOGÍA Y METALURGIA**



ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los Miembros del Jurado, luego de evaluar la tesis titulada: **"FLUJO DE AIRE PARA MEJORAR LA VENTILACION EN LAS LABORES MINERAS SUBTERRANEAS EN MINERA HUINAC S.A.C. - AÑO 2021"**, presentado por el Bachiller **LUIS FORTUNATO LIÑAN RAMIREZ**, y sustentada el día Treinta de Mayo del 2022, por Resolución Decanatural Nº 081-2022-FIMGM/D, la declaramos **CONFORME**.

En consecuencia queda en condiciones de ser publicada.

Huaraz, 30 de Mayo del 2022

Dr. Ing. **JACINTO CORNELIO ISIDRO GIRALDO**
Presidente

Dr. Ing. **JULIAN PEREZ FALCON**
Secretario

M.Sc. Ing. **JUAN PELE VILLARREAL SALOME**
Vocal

M.Sc. Ing. **ARNALDO ALEJANDRO RUIZ CASTRO**
Asesor

DEDICATORIA

A mis Padres

Roberto Liñán y Eleuteria Ramírez, por su
apoyo incondicional y constante por verme
un profesional

A mi nueva familia

Mi esposa Rosalina, mis hijos Yolibeth y
Joan, quienes son motor y motivo para
seguir luchando

AGRADECIMIENTO

Al culminar esta gran etapa, quisiera agradecer a todos aquellos que de alguna forma contribuyeron durante todos estos años, llegar a este momento tan importante en mi vida.

De todo corazón agradezco a mis padres, que si bien, independientemente cada uno de ellos, me brindaron todo su apoyo, incondicional, siempre sobre todo en los momentos más difíciles. Gracias Mamá, gracias Papá.

A mi esposa y mis hijos Yolibeth y Joan, con quienes pasamos momentos difíciles, pero con las esperanzas en lograr nuestras metas.

A la empresa minera Huinac S.A.C; a todo el directorio y a su Gerencia General por haberme concedido a desarrollarme como profesional en sus instalaciones de operación

A la Universidad Nacional de Ancash “Santiago Antúnez de Mayolo”, Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia, en especial a los docentes de la escuela profesional de Ingeniería de Minas, quienes me inculcaron sus conocimientos y el valor de ser profesional minero.

No puedo dejar de pasar a todos y a cada uno de mis amigos y compañeros de viaje a lo largo de veranos y contados inviernos anestesiados de alegría. Anexando a personas que acepto sin reparos y espero que estén a mi alcance cuando los requiera.

Luis Liñán Ramírez

RESUMEN

En la minería nacional se puede evidenciar grandes progresos técnicos en el área de ventilación, sistemas eficientes y amigables con el medio ambiente, sin embargo, existe una gran diferencia entre la gran y pequeña minería, no solo en los volúmenes de mineral que explotan., sino que también en otros aspectos como en la ventilación, mientras los primeros poseen todos los sistemas modernos y eficientes, en cambio la pequeña minería está estancada, por una menor cantidad de recursos que impiden el desarrollo y una falta en el conocimiento técnico, formando muchas veces problemas de ventilación, lo cual puede traer consecuencias en los trabajadores exponiéndolos a accidentes y/o enfermedades laborales y a su vez reduciendo la vida útil de los equipos.

En esta investigación de tesis se busca una solución a los problemas de ventilación, de esta forma proponer un sistema de ventilación apto para las condiciones de la minera subterránea Huinac. Para llevar a cabo el sistema de ventilación, se realizó inicialmente el cálculo de caudal actual que presenta la mina, mediante la toma de datos de los flujos de aire como son entradas y salidas de los flujos, estos fueron medidos con un anemómetro cuyo ingreso de aire al nivel 4.1 en los inclinados I y II es de 233 m³/min y en el ingreso del nivel 4 y Chimenea Caira es de 340 m³/min , la cual, estas representan el caudal actual que ingresa a la mina.

Tomando en cuenta las medidas anteriores, se procedió a realizar cálculos para ver cuál es el requerimiento de aire real que necesita la unidad minera Huinac, como son el requerido por la cantidad de número de trabajadores (246m³/min), requerido por el consumo de madera (90.04m³/min), requerido por temperatura, requerido por el uso de explosivo (168 m³/min), caudal requerido por fugas (75.61m³/min) y con un total de caudal requerido de (579.64m³/min). Al comparar este requerido con la ventilación actual se presente una

deficiencia de (6.64m³/min), por lo cual este déficit será mejorado con la implementación de un ventilador.

Palabras claves: *flujo de aire, ventilación, labores mineras, aire viciado, sistema de ventilación, Ventsim, ventilador, mapeo, humedad relativa, recirculación de aire, aforo, galería, crucero, inclinado, chimenea, anemómetro.*

ABSTRACT

In the national mining, great technical progress can be seen in the area of ventilation, efficient and environmentally friendly systems, however, there is a great difference between large and small mining, not only in the volumes of mineral that they exploit. but also in other aspects such as ventilation, while the former have all modern and efficient systems, on the other hand small mining is stagnant, due to fewer resources that impede development and a lack of technical knowledge, forming many Sometimes ventilation problems, which can have consequences on workers exposing them to accidents and / or occupational diseases and in turn reducing the useful life of the equipment. In this thesis research, a solution to ventilation problems is sought, in this way to propose a ventilation system suitable for the conditions of the Huinac underground mining. To carry out the ventilation system, the current flow calculation that the mine presents was initially carried out, by taking data from the air flows such as inputs and outputs of the flows, these were measured with an anemometer whose air entered at level 4.1 on slopes I and II it is 233 m³ / min and at the entrance of level 4 and the Cairá Chimney it is 340 m³ / min, which represents the current flow entering the mine. Taking into account the previous measures, we proceeded to perform calculations to see what is the real air requirement that the Huinac mining unit needs, such as that required by the number of workers (246m³ / min), required by the consumption of wood (90.04m³ / min), required by temperature, required by the use of explosive (168 m³ / min), flow required by leaks (75.61m³ / min) and with a total flow required of (579.64m³ / min). When comparing this required with the current ventilation, a deficiency of (6.64m³ / min) is present, therefore this deficit will be improved with the implementation of a ventilator.

Keywords: *airflow, ventilation, mining work stale air, ventilation system, Ventsim, fan, mapping, humidity relative, air recirculation, capacity, gallery, cruise, inclined, fireplace, anemometer.*

INTRODUCCIÓN

La minería es un pilar fundamental para el desarrollo del Perú, y esto no es reciente, el Perú es un país minero a lo largo de la historia. En un mundo competitivo como en estos tiempos, las exigencias sobre la condición de trabajo en el interior de las minas subterráneas son cada vez mayores, en donde cada empresa está en la obligación de velar por sus trabajadores, a que los espacios de trabajo se encuentren en condiciones favorables para ejecutar las actividades de exploración, desarrollo y explotación. Estudios en el campo de la ventilación demuestran que cuando se dota de una buena cantidad y calidad de flujo de aire a las áreas de trabajo, aumenta considerablemente la eficiencia de los trabajadores en la producción; además un buen flujo de aire en el interior de la mina diluye la concentración de contaminantes como polvos, gases y humos, producto de la actividad misma, reduciendo los riesgos de asfixia y las enfermedades pulmonares, que pueden afectar a los trabajadores.

En minería subterránea, el Estado Peruano según el decreto supremo 024-2016-EM y su modificatoria 023-2017-EM establece condiciones mínimas en los parámetros de operación para que éstas sean seguras para que el personal pueda laborar sin inconvenientes, uno de los aspectos en la cuales se regulan es la ventilación mínima requerida dependiendo a la altura que se encuentra una unidad minera, esta ventilación debe garantizar una atmosfera compuesta por elementos tales como la temperatura y humedad compatibles a la seguridad y rendimiento de los trabajadores, evitando la concentración de los gases nocivos y poder disminuir la temperatura en niveles profundos donde se desarrollan trabajos de exploración.

Hasta la actualidad, en esta unidad, no habido un estudio detallado de la ventilación natural, para conocer técnicamente, la condición de las labores subterráneas, para conducir los flujos de aire; solo existiendo algunos informes sobre el flujo de aire en las entradas de las bocaminas. Cabe resaltar que, hasta el momento, la ventilación natural aun es aceptable y

suficiente, pero, hay un proyecto de profundización mediante el inclinado Amapola para explotar las reservas por debajo de este Nivel, en donde se podría tener problemas de ventilación, a través de esta investigación se evaluará el sistema de ventilación de la mina, especialmente de la zona de profundización Pierina - Madrugada.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	VI
INTRODUCCIÓN	VII
ÍNDICE DE CONTENIDOS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
ÍNDICE DE TABLAS	XVI
CAPÍTULO I	1
1 GENERALIDADES	1
1.1 ENTORNO FÍSICO	1
1.1.1 Ubicación y acceso	1
1.1.2 Recursos naturales.	4
1.1.3 Recursos hidrológicos	4
1.1.4 Recursos humanos	5
1.2 ENTORNO GEOLÓGICO	5
1.2.1 Geología regional.....	5
1.2.2 Geología local	11
1.2.3 Geología estructural	13
1.2.4 Geología económica.....	15

1.3	ASPECTOS MINEROS.....	17
1.3.1	Descripción De Las Etapas En Operación Mina.....	17
CAPITULO II		18
2	FUNDAMENTACIÓN	18
2.1	MARCO TEÓRICO (MARCO REFERENCIAL).....	18
2.1.1	Antecedentes de la investigación.....	18
2.1.2	Definición de Términos.....	25
2.2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	26
2.2.1	Fuentes y caracterización de la temperatura en el ambiente subterráneo.....	26
2.2.2	Velocidad y caudal de aire.....	31
2.2.3	Circuitos de ventilación.....	34
2.2.4	Presiones en interior mina.....	46
2.2.5	Tipos de ventilación.....	47
2.2.6	Ventiladores para minería subterránea.....	52
2.2.7	Simulación de circuitos de ventilación.....	54
2.3	MARCO NORMATIVO.....	56
CAPITULO III		57
3	METODOLOGÍA	57
3.1	EL PROBLEMA.....	57
3.1.1	Descripción de la realidad problemática.....	57
3.1.2	Planteamiento y formulación del problema.....	58

3.1.3	OBJETIVOS	58
3.1.4	Justificación de la investigación	58
3.1.5	Limitaciones.....	59
3.1.6	Alcance de la investigación	59
3.2	HIPÓTESIS	59
3.2.1	Hipótesis general.....	59
3.2.2	Hipótesis específica	60
3.3	VARIABLES	60
3.3.1	Variables independientes	60
3.3.2	Variables dependientes	60
3.4	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	60
3.4.1	Tipo de investigación.....	60
3.4.2	Nivel de investigación.....	60
3.4.3	Método:.....	61
3.4.4	Población y muestra.....	61
3.4.5	Técnicas de instrumentación de recolección de datos	62
CAPITULO IV		64
4	RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	64
4.1	DESCRIPCION INICIAL DE LA VENTILACION DE UNIDAD MINERA HUINAC.....	64
4.1.1	Toma de datos de Ventilación.....	64

4.1.2	Medición de Área de las Labores Subterráneas:	65
4.1.3	Medición de Velocidad de Aire	65
4.1.4	Medición de Temperatura	66
4.1.5	Cálculo del Caudal de aire	66
4.1.6	Estaciones Principales (Ingresos y Salidas de Aire)	66
4.1.7	Estaciones secundarias	67
4.1.8	Puntos de Recirculación de aire	67
4.1.9	Equipos de Medición	68
4.2	ESTUDIO Y DISEÑO ACTUAL DEL SISTEMA DE VENTILACION.....	68
4.2.1	Ingreso Inicial de Aire	69
4.2.2	Análisis de la demanda actual de aire	81
4.2.3	Resumen de los requerimientos de aire	89
4.3	SIMULACIÓN DEL PLANO TOPOGRÁFICO EN EL SOFTWARE.....	91
4.3.1	Simulación en AutoCAD	91
4.3.2	Construcción de modelo de ventilación	92
4.3.3	Configuración del sistema inicial.....	93
4.3.4	Dimensiones de las labores	96
4.3.5	Selección e introducción del ventilador	97
CAPITULO V.....		101
5	RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN.....	101
5.1	ANALISIS E INTERPRETACION DE LA INFORMACION	101

5.1.1	Hipótesis General.....	101
5.1.2	Hipótesis Especifica.....	101
5.2	DISCUSION DE LOS RESULTADOS.....	101
5.3	APORTES DEL TESISISTA	107
	CONCLUSIONES.....	108
	RECOMEDACIONES	109
	BIBLIOGRAFÍA.....	110
	ANEXOS.....	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación de la Unidad Minera Huinac.....	3
Figura 2.	Topografía de la Unidad Minera Huinac	3
Figura 3.	Esquema de auto-compresión	28
Figura 4.	Capa de roca con influencia de la temperatura exterior y abertura subterránea elemental	29
Figura 5.	Velocidad y flujo del aire como un factor ambiental de primer orden en la contaminación del ambiente subterráneo.....	32
Figura 6.	Fuentes de velocidad y caudal de aire en la ventilación subterránea.....	33
Figura 7.	Esquema de circuitos en serie 1	35
Figura 8.	Esquema de circuitos en serie 2	36
Figura 9.	Secciones típicas de aberturas subterráneas.....	42
Figura 10.	Ventilación de labores ciegos	44
Figura 11.	Gradiente de presiones	47
Figura 12.	Curvas características de la ventilación natural	51
Figura 13.	Ventilador axial.....	53
Figura 14.	Ventilador centrífugo:.....	54
Figura 15.	Mina objeto de estudio en el software Ventsim™	55
Figura 16.	Plano Topografico Subterraneo de la unidad minera.....	69
Figura 17.	Gráfico ingreso de aire en la zona 4.....	74
Figura 18.	Gráfico ingreso de aire en la zona 4.1.....	74

Figura 19.	Salida de aire del nivel 4.1	81
Figura 20.	Gráfico resumen de requerimiento.....	90
Figura 21.	Grafica Balance total de aire.....	91
Figura 22.	Plano Topografico Subterraneo de la unidad minera en AutoCAD	92
Figura 23.	Datos importados de AutoCAD.....	93
Figura 24.	Plano de la unidad minera en Ventsim	93
Figura 25.	Configuración inicial	94
Figura 26.	Configuración para la temperatura.....	96
Figura 27.	Dimensión de las labores	97
Figura 28.	Dimensiones de las labores	97
Figura 29.	Selección del ventilador	98
Figura 30.	Curvas del ventilador	99
Figura 31.	Verificación de las curvas del ventilador.....	99
Figura 32.	Gráfico ingreso de aire en la zona 4.....	106
Figura 33.	Gráfico Ingreso de aire en la zona 4.1	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Accesibilidad a la mina Huinac S.A.C.	2
Tabla 2.	Recursos humanos MINERA HUINAC S.A.C.	5
Tabla 3.	Cuadro de valores típicos del grado geotérmico	29
Tabla 4.	Cuadro de Presión y temperatura en relación con la altitud y en condiciones normales 30	
Tabla 5.	Cuadro de Longitud equivalente L_e (m)	43
Tabla 6.	Cuadro de valores del factor de pérdida de carga en la manga	44
Tabla 7.	Variación de la velocidad del aire según tipo de ventilación	49
Tabla 8.	Estaciones del ingreso de aire del Nivel 4.	67
Tabla 9.	Estaciones e ingreso de aire del Nivel 4.1	67
Tabla 10.	Ingreso de aire en el nivel 4	70
Tabla 11.	Ingreso de aire en el nivel 4.1	72
Tabla 12.	Salida de aire en el nivel 4	76
Tabla 13.	Caudal de aire requerido por persona	82
Tabla 14.	Personal de la unidad minera Huinac.....	83
Tabla 15.	Factor de producción.....	84
Tabla 16.	Producción de la unidad minera Huinac	85
Tabla 17.	Velocidad mínima.....	86
Tabla 18.	Temperatura en el nivel 4.1.	86
Tabla 19.	Temperatura en el nivel 4.	87

Tabla 20.	Resumen de requerimiento	89
Tabla 21.	Balance total de aire.....	90
Tabla 22.	Ingreso de aire nivel 4.....	102
Tabla 23.	Ingreso de aire nivel 4.1	104

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 ENTORNO FÍSICO

1.1.1 *Ubicación y acceso*

1.1.1.1 Ubicación

El yacimiento minero de la Minera Huinac S.A.C. se encuentra ubicado en la Cordillera Negra, Paraje Huinac, Distrito de la Merced, Provincia de Aija, Departamento de Ancash.

El campamento minero, donde se encuentra las oficinas, se encuentra a una altitud de 4072.392msnm.

1.1.1.2 Acceso

Existen dos accesos al yacimiento minero en mención, una de ellas la más empleada es la que se detalla a continuación.

El acceso se realiza, desde la ciudad de Lima por la panamericana - norte hasta el desvío de Pativilca, continuando por la carretera asfaltada hasta la Ciudad de Huaraz, de donde se toma un desvío dirigido a la concesión minera de aproximadamente 54Km. Es accesible desde la Ciudad de Lima a la mina con un total de 446 Km, cuyo recorrido es de aproximadamente 10 horas.

Tabla 1. *Accesibilidad a la mina Huinac S.A.C.*

RUTA	DIST(Km)	MEDIO DE TRANSPORTE	TIEMPO DE VIAJE	TIPO DE VIA
Lima – Pativilca	206	Bus - camioneta	4.0 horas	Asfaltado
Pativilca – Huaraz	186	Bus - camioneta	4.0 horas	Asfaltado
Huaraz – Punta Callan	30	Camioneta - bus	1.0 horas	Asfaltado
Punta Callan - Mina	24	camioneta	1.5 – 2.0 hr.	Trocha carrozable
TOTAL	446			

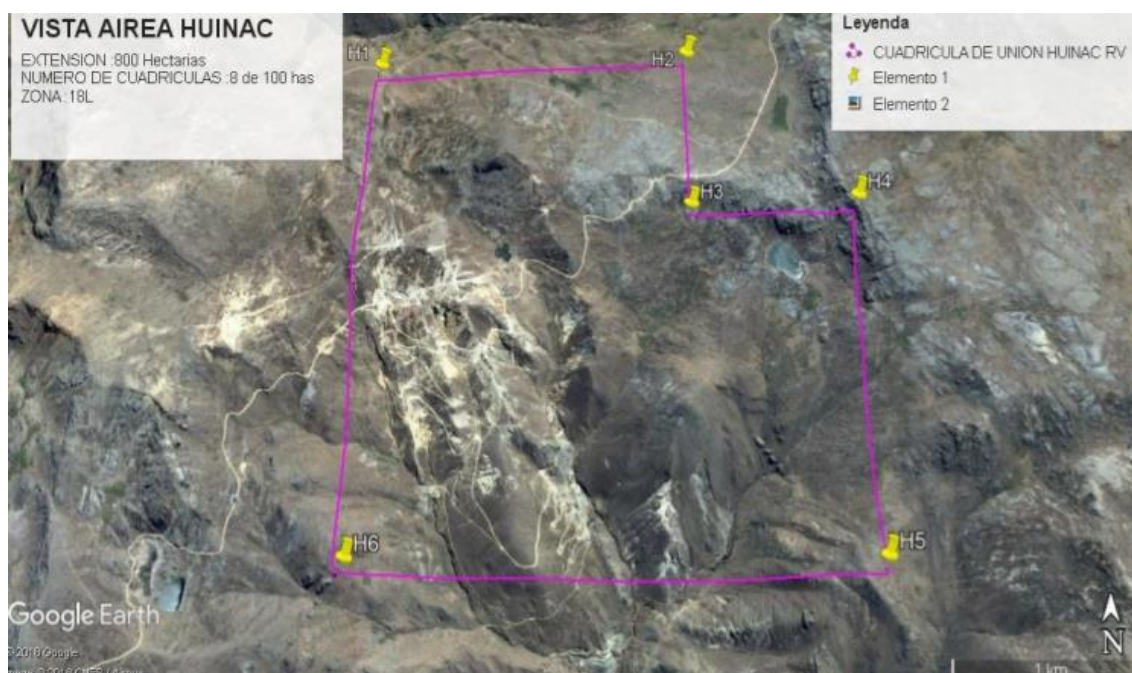
Fuente: Informe Topográfico Minera Huinac 2008

El otro acceso existente, pero poco empleada debido al mal estado de la vía, es el que comprende: Huaraz – Recuay – Aija – La Merced – Ullucuran – Mina Huinac. Este recorrido se realiza aproximadamente en 2:30 horas a 3 horas y viceversa.

1.1.1.3 Topografía

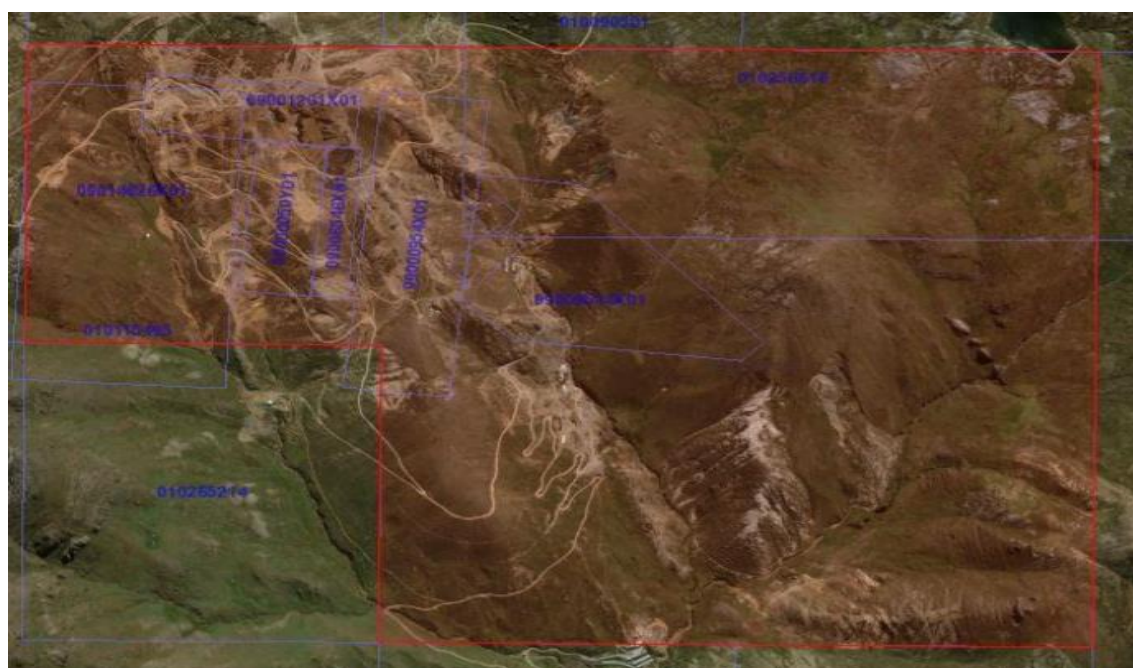
La topografía, donde se encuentra ubicada la unidad minera es controlada por la cuenca sedimentaria originada por plegamientos, donde el relieve es montañoso y prominente las cuales presenta colinas y quebradas, cumbres rocosas con fuertes pendientes, geomorfológicamente está controlada por la cuenca sedimentaria plegada debido a una serie de intrusiones magmáticas que hay en la zona que ha deformado, dando como consecuencia el relieve actual.

Figura 1. *Ubicación de la unidad minera Huinac*



Diseño del Investigador

Figura 2. *Topografía de la unidad minera Huinac*



Diseño del Investigador

1.1.2 Recursos naturales.

1.1.2.1 Clima.

El clima que caracteriza a la zona es “frígido”, con abundantes precipitaciones pluviales en los meses de noviembre – abril, disminuyendo considerablemente en otras épocas del año en las cuales predomina la presencia de fuertes corrientes de aire frío en las mañanas y en las tardes. Además, en esta zona, el comportamiento del flujo de aire es variado, siendo éste de sur a norte por día y en las noches de norte a sur, afectando considerablemente la ventilación subterránea.

1.1.2.2 Flora

Debida a la ubicación, clima y condiciones del terreno la vegetación es limitada sobresaliendo la presencia de pajonales y otras plantas propias de la zona. En esta zona también se encuentra la imponente Puya Raimondi que embellece los alrededores del yacimiento. El clima es propicio para el cultivo de tubérculos (papa, oca, y otros), cereales como el trigo, cebada, Entre otros.

1.1.2.3 Fauna

Podemos encontrar en gran abundancia el ganado ovino, vacuno, y en menor proporción el ganado caprino, porcino y algunos auquénidos como la alpaca. La fauna silvestre presenta al venado, vizcacha, zorrillo, zorro; aves típicas de esta altura.

1.1.3 Recursos hidrológicos

Los recursos hidrológicos en la zona donde se encuentra la mina son escasos en la estación seca y abundante en la estación lluviosa. Dichos recursos son provenientes de las quebradas de Macshay (agua para uso doméstico), quebrada Montecristo, quebrada Huinac y algunas zonas de filtración; Resultando lo suficiente para la demanda de la perforación y el uso doméstico.

1.1.4 Recursos humanos

La mano de obra es proveniente fundamentalmente de la zona, en su mayoría de las comunidades aledañas a la mina tales como: Llactun y Ullucuran; en menor proporción de la ciudad de Huaraz. La edad promedio de los trabajadores oscila entre 21 a 58 años. Todo el personal se encuentra agrupado en 4 grupos, dos de ellos pertenecientes a la compañía, y los dos restantes a los contratos los mismos que cuentan con el siguiente número de personal.

Tabla 2. *Recursos humanos MINERA HUINAC S.A.C.*

Grupo	Tipo	Nº Personas
Amapola 5 SAC	Compañía	28
Minera Huinac	Compañía	81
Tiprac	contrata	7
	total	116

Adaptación del Investigador

1.2 ENTORNO GEOLÓGICO

1.2.1 Geología Regional

Regionalmente las formaciones cercanas al Yacimiento Minero Huinac son las siguientes:

1.2.1.1 Formación Santa.

La formación Santa yace concordantemente sobre la formación Chimú y se encuentra en todos los lugares donde se ha cartografiado esta última. En el sector occidental se le ha registrado conjuntamente con la formación Carhuaz (Huaraz y Chiquian), debido a que tiene un grosor discreto. Consiste de calizas de color azul grisáceo con meteorización característica de corteza azulina. Sus estratos tienen grosores de 10 centímetros a un metro; puede presentar concreciones de chert de color

gris oscuro a blanco. No es una unidad fosilífera, pero contiene fragmentos de conchas.

En el área

1.2.1.2 Formación Carhuaz.

La formación Carhuaz, así como las otras unidades que conforman el grupo Goyllarisquizga se encuentran en las llamadas cuencas Chavín, Santa y parte de la cuenca Huarmey, descritas por Cobbing, E. J. (1978). Debido a la similitud litológica en parte con la formación Santa se le ha cartografiado conjuntamente en el sector occidental.

Sus afloramientos más notorios se encuentran al Este de la cordillera Blanca donde ocurren formando el núcleo de sinclinales kilométricos. La morfología que caracteriza a la formación Carhuaz es más suave en relación con las unidades adyacentes.

La formación yace concordantemente sobre la formación Santa y es seguida en igual relación por la formación Farrat hacia las áreas vecinas ubicadas al Norte y Noroeste del cuadrángulo de Huaraz. Consiste principalmente de limo arcillitas, aunque pueden estar presentes capas de arenisca cuarcífera en la parte central de la unidad. El limo arcillitas son principalmente de color gris a gris – verde y pueden encontrarse, además, delgadas capas de yeso en la parte inferior de la formación. En algunos lugares como en Conococha, se observan areniscas ferruginosas algo friable de grano fino en capas de 10 metros de grosor, separado por limolitas, areniscas limolíticas lajosas y limoarcillitas con meteorización suave.

La parte superior consiste de limoarcillitas rojas y limolitas pardo gris. La formación Carhuaz normalmente tiene 600 metros de grosor, pero hacia el Oeste del callejón de Huaylas es algo más gruesa, Wilson, J. (1967) ha reportado grosores de más de 1,500 metros.

La formación Carhuaz al igual que la formación Chimú y Santa afloran dentro del miogeosinclinal, pero no sobre el bloque del Marañón. Del mismo modo, estas tres unidades afloran en un área más amplia que la formación Chicama.

La formación Carhuaz consiste de una gruesa secuencia mayormente lutacea, que está sobre la formación Santa, principalmente fue estudiada por Benavides (1.956), en la localidad típica ubicada a 3 kilómetros de la ciudad de Carhuaz.

Litológicamente la formación Carhuaz está constituida por una gruesa secuencia de lutitas arenosas pardo rojizo estratificada en lechos delgados, contiene intercalaciones de limonita marrón rojizo, en capas gruesas y medianas en lechos de cuarcitas pardo grisáceo con tonos rojizos por el intemperismo, en los niveles inferiores se presentan ocasionalmente capas delgadas de calizas negras de grano fino.

La formación Carhuaz yace concordantemente sobre las lutitas y calizas de la formación Santa e infra yace en aparente concordancia a las cuarcitas Farrat depositadas en el Aptiano.

1.2.1.3 Depósitos Morrénicos.

Se han separado depósitos Morrénicos antiguos y recientes; los primeros se encuentran distribuidos mayormente entre el río Santa y el flanco occidental de la cordillera Blanca. Estos depósitos muestran una morfología de lomas y colinas de cumbres redondeadas con cierta resistencia, que ocupan una franja de 65 kilómetros de largo por 10 de ancho entre Huaraz y la quebrada Tishao; han sido disectados por cursos de agua actuales originados en lagunas o deshielos de la cordillera, mostrando evidencias de erosión. Además, muestran rasgos de deformación neotectónica ya que han sido afectadas por la falla de la cordillera Blanca. En algunos casos estos depósitos presentan una estratificación burda con inclinaciones hasta de 10 grados generalmente

al ENE. En partes se observa estratificación de arenas, gravas y limos con buzamientos hasta de 20 grados al NE, como en el caso de la quebrada Ututo Pampa, en la quebrada Urpay, al Oeste de la laguna Querococha, tales secuencias corresponden más a sedimentación del tipo lacustre que estuvo relacionado a la acumulación del material glaciofluvial.

Los depósitos Morrénicos antiguos se consideran el resultado de la glaciación pleistocénica y se diferencian de los depósitos Morrénicos recientes los cuales, si presentan formas de crestas o depósitos alargados e inconsolidados, de extensión más reducida y localizados en la proximidad de los glaciares.

1.2.1.4 Rocas ígneas

- Rocas ígneas intrusivas – complejo intrusivo.

Las rocas ígneas intrusivas, está conformada por las intrusiones del batolito Andino, del batolito de la cordillera Blanca y por las intrusiones menores de carácter hipabisal. A la fecha no obran estudios específicos sobre el plutonismo de la zona, sin embargo estudios generales y preliminares del INGEMET, diferencian más de veinte (20) facies intrusivas para el batolito andino, los cuales se sintetizan en seis (6) de tal forma que las primeras manifestaciones del plutonismo andino estuvieron dadas por el emplazamiento de dioritas y gabros hacia el borde accidental, razón por la cual las han denominado facies de bordura, hacia el final del Cretáceo y fueron seguidas por intrusiones de tonalitas y granodioritas hacia la parte central del batolito, posteriormente se verifica el emplazamiento y solidificación de magmas más ácidos representado por tonalitas, granitos y pórfidos cuarcíferos, la edad proporcionada por los métodos de datación radiométrica para el batolito andino corresponde al Cretáceo Superior – Terciario Inferior. El batolito de la cordillera Blanca es fundamentalmente de naturaleza

granodiorítica, aunque también registra la presencia menor de granitos y dioritas. Los flujos magmáticos derivados de esta intrusión, irrumpen a través del volcánico Calipuy, por consiguiente, esta es una evidencia de su menor edad.

- **Rocas ígneas volcánicas - volcánicos cenozoicos.**

Están representados por formaciones volcánicas de edad Terciaria Inferior y Superior, fundamentalmente por los volcánicos Calipuy de afloramiento regional; los volcánicos Yungay de afloramiento más restringido. Los depósitos volcánicos corresponden a las manifestaciones de volcanismo sin orogénico de edad Terciaria que tienen un amplio reconocimiento en el país y son conocidos como volcánicos Toquepala en el Sur, volcánicos Sacsaquero en el Centro y volcánicos Calipuy en el Norte.

1.2.1.5 Grupo Calipuy:

El grupo Calipuy se encuentra distribuido a lo largo de la Cordillera Negra conformando la parte más elevada. Se dispone como una franja de rumbo NO – SE que tiene una anchura variable entre 25 a 40 Km. Muestra discontinuidad de afloramiento a lo largo del rumbo andino, debido a la profundidad de los valles transversales correspondientes a los principales ríos como el Pativilca, Fortaleza, Aija, Pira. Su límite oriental en gran parte, lo constituye el río Santa, sin embargo, existen afloramientos en el extremo sur de la cordillera Blanca (nevados Cajat, Lariaraju, Jeulla Raju, etc.) y en la cordillera Huayhuash (nevado Auxilio, Huacshas, Jirishanca Chico, etc.).

El grupo Calipuy consiste de por lo menos 2,000 metros y en algunos lugares más de 3,000 metros de estratos volcánicos variados. Estos son principalmente de rocas piro clásticas gruesas de composición andesíticas, pero también son abundantes lavas andesíticas e ignimbritas dacíticas. 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. También sobreyace a los plutones

más orientales del batolito de la costa en el sector occidental de los cuadrángulos de Huaraz y Chiquian.

Fue depositado después del periodo de plegamiento, erosión y levantamiento que afectaron a las unidades anteriores y que culminaron con una amplia superficie de erosión. El grupo Calipuy fue emplazado sobre esta superficie y aflora en la zona del miogeosinclinal. La principal área de emplazamiento de este grupo se encuentra a lo largo de la unión entre el eugeosinclinal y el miogeosinclinal, pero ello se dispersó sustancialmente a ambos lados de esta línea tanto al Este como al Oeste.

En el plano geológico que se adjunta, se puede observar el afloramiento de los volcánicos Calipuy a manera de una cubierta en las partes altas y flancos de la cordillera Negra y en forma localizada hacia el NE de Huinac, como hacia el SW de la cordillera Negra.

Los volcánicos Calipuy consiste en una secuencia pseudoestratificada susceptible de ser dividida en dos series, una netamente volcánica y la otra de naturaleza volcánica sedimentaria. La serie volcánica sedimentaria diferenciada por algunos como Calipuy Inferior, es de composición relativamente básica, que el Calipuy Superior, pues consiste en derrames andesíticas, intercalaciones con tufos, piroclastos, areniscas, lutitas y calizas silicificadas en capas con buzamientos entre los 25° y 30°, excepto en los estratos volcanes donde el buzamiento es mucho mayor. Esta secuencia se encuentra depositada sobre una serie basal de color rojo y aspecto conglomerático y se ha emplazado bajo condiciones subáreas, igualmente suele apreciarse sobre yaciendo directamente a los intrusivos del batolito andino, su potencia estimada es de alrededor de 2,000 metros.

A lo largo de los afloramientos que se encuentran en la Cordillera Negra (Cuadrángulos Huaraz, Recuay, Chiquian), se ha podido separar aproximadamente,

estas dos unidades, sin embargo, existen variaciones locales que incluyen secuencias clásticas continentales, cuerpos subvolcánicos y los efectos de la alteración hidrotermal que ha afectado a estas rocas.

1.2.2 Geología local

En el yacimiento minero Huinac se encuentran principalmente aflorando las Lutitas de la Formación Carhuaz, con intrusiones de subvolcánicos andesíticos, sobreyacidas por los volcánicos andesíticos de la formación Calipuy, las que han ocasionado diferentes alteraciones en dicha roca como la piritización y en algunos casos silicificación transformándolas en pizarras de color negro a un color crema o crema blanquecina.

Se han identificado los siguientes tipos de rocas:

1.2.2.1 Rocas Sedimentarias

- Calizas Bituminosas

Se encuentran al sur del diseminado y al NW de la bocamina del nivel 3, pertenecen a la formación Santa y se encuentran infrayaciendo a la formación Carhuaz. Presentan un color negro oscuro por la presencia de bitumen y piritita diseminada por la alteración regional existente.

- Lutitas Bituminosas

Se encuentran presentes al sur del diseminado y en gran cantidad en las cortadas del nivel 3 y nivel 4, con colores gris y marrón, con esporádicas intercalaciones de calizas. Pertenecen a la formación Carhuaz y se encuentran formando un anticlinal erosionado, el cuyo eje tiene rumbo NW-SE y pasa por el medio del diseminado.

Se encuentran metamorfizadas en zonas, con piritita diseminada consecuencia de la alteración regional, además de estar fuertemente fracturadas a causa del tectonismo.

1.2.2.2 Rocas Metamórficas

- **Pizarras Blanquecinas**

El contacto de las lutitas pertenecientes a la formación Carhuaz, con los intrusivos presentes en el área de estudio, ha generado una pizarra metamórfica blanquecina, con abundante pirita diseminada y venilleo entrecruzado de pirita, sulfuros básicos y carbonatos

Es la roca caja de muchas de las vetas presentes en el yacimiento minero Huinac, siendo mayor su metamorfismo cerca de las mismas.

1.2.2.3 Rocas Intrusivas

- **Andesitas Porfiríticas Subvolcánicas**

Las rocas intrusivas son principalmente andesitas Porfiríticas subvolcánicas, las cuales están instruyendo irregularmente las lutitas de la Formación Carhuaz.

Estas se encuentran Inter digitadas y en forma irregular con numerosos pequeños stocks, sills y placolitos, usualmente alterado con contenido de sulfuros diseminados., presentando una sericitización y propilitización frecuente en las mismas.

Cuando las vetas presentes en esta región, tienen estas rocas intrusivas como caja, mejora su potencial, así mismo su contenido mineral.

1.2.2.4 Rocas Volcánicas

- **Andesitas Porfiríticas**

Las andesitas Porfiríticas y microporfiríticas pertenecientes a la formación Calipuy, se encuentran presentes en el yacimiento minero Huinac, sobreyaciendo a las Lutitas de la formación Carhuaz.

En la zona de Huinac estos volcánicos están cubriendo las partes altas y se encuentran pseudoestratificados, sobre yaciendo en discordancia angular con los sedimentos del cretáceo, consiste en derrames de andesitas y dacitas.

Su coloración es entre verdosa y violácea, siendo su seudo estratificación concordante con los flancos del anticlinal que atraviesa el área.

- **Aglomerados**

Hacia el este del yacimiento minero, se encuentran aflorando aglomerados volcánicos, tanto de cuarzo con arenisca y carbonatos, así como un aglomerado formado por fragmentos angulosos de andesita.

- **Tobas Brechadas**

Tobas principalmente andesíticas, brechadas, de matriz arcillosa, presenta clastos de lutitas negras y pizarras blanquecinas, pirita diseminada y en algunas zonas se observan galena y esfalerita, es en esta zona donde se encuentra la mineralización económica.

1.2.3 Geología estructural

Los rasgos estructurales más importantes que se presentan en el yacimiento minero Huinac son: Los pliegues, las fracturas o diaclasas, las fallas y la presencia de rocas intrusivas.

1.2.3.1 Diaclasas

Los esfuerzos tensionales como compresionales junto con el fallamiento pre mineral y postmineral, la presencia de rocas intrusivas ha producido el fracturamiento o diaclasas tanto de las rocas sedimentarias como de las rocas ígneas intrusivas, muchas de ellas se alinean siguiendo el rumbo de las fallas otras siguiendo el rumbo de la estratificación, afectando al macizo rocoso.

1.2.3.2 Fallas

Otro de los rasgos estructurales locales es la presencia de fallas pre y postminerales ya que las estructuras mineralizadas se han emplazado en éstas, cuyo rumbo promedio van de N25° a 60° W, con un buzamiento de 60° a 80° NE o SW, las rocas sedimentarias que se encuentran como rocas encajonantes, han sufrido un proceso de metamorfismo de distintos grados y una alteración hidrotermal como es la piritización y la silicificación, haciendo que esta parte del macizo rocoso sea mucho más estable. También se notado la presencia de fallas pequeñas como de grandes fallas que vienen a ser el resultado de los esfuerzos tectónicos tensionales y compresionales que actuaron en el área, así tenemos la falla que está emplazada en la quebrada Montecristo que tiene un rumbo promedio de N 20° W y un buzamiento de 80° a 85° NE, la falla Huinac que tiene un rumbo de N 30° W y un buzamiento casi vertical, emplazada en la quebrada Huinac, la falla Macshay la que tiene un rumbo de N 35° E y un buzamiento casi vertical emplazada en la quebrada Macshay y otras cuyo rumbo promedio es de N 60° W y buzamiento de 50° SW o NE.

1.2.3.3 Rocas Ígneas Intrusivas

La presencia de rocas ígneas intrusivas, en el área de estudio, estructuralmente han afectado a las rocas sedimentarias del grupo Goyllarisquizga especialmente la formación Carhuaz, ya que al momento de la intrusión, producen esfuerzos del tipo compresional hacia los costados produciendo un replegamiento, fracturamiento y pequeñas fallas, trayendo como consecuencia el debilitamiento del macizo rocoso complementado con el debilitamiento que se produce en las zonas de contacto, afectando al macizo rocoso más antiguo.

1.2.3.4 Brechas Tectónicas

Se observa la presencia de brechas originadas por el movimiento tectónico. Estos se caracterizan por presentar clastos angulosos de lutitas negras endurecidas, en una matriz gris negruzca, se encuentra también alterada (piritización y silicificación). El rumbo general de estas brechas son NW-SE y a las vetas NE a SW.

1.2.4 Geología Económica

1.2.4.1 Origen Y Tipo Del Yacimiento

El yacimiento Huinac es de origen magmatogénico, tipo cordillerano, mesotermal y de características epitermales, donde las soluciones de origen magmático, se emplazaron en las cavidades pre-existentes.

La mineralización es de origen epigenético de minerales a partir de fluidos hidrotermales que rellenaron fracturas pre-existentes en rocas sedimentarias e intrusivas.

1.2.4.2 Alteración Hidrotermal

La alteración hidrotermal que sufren las rocas encajonantes son principalmente la piritización, la silicificación y la caolinización, esto es variable según el tipo de roca. Las rocas sedimentarias presentan mayor piritización y silicificación, en cambio las rocas intrusivas presentan mayor caolinización y piritización.

Esta alteración es producida por las soluciones hidrotermales calientes en contacto con las paredes de la roca encajonante, dando lugar a cambios químicos, se puede deducir que la alteración y la mineralización de las vetas en dicho depósito no son fenómenos diferentes ya que son parte de un proceso general y más aún ambos se complementan.

1.2.4.3 Vetas

Entre las estructuras mineralizadas encontradas a la fecha destacan las siguientes:

Veta Madrugada: La veta Madrugada está emplazada en una falla pre-mineral, ha sido reconocida en interior mina en una longitud de 350 metros de longitud, su potencia promedio va desde 0.10 centímetros hasta 1.20 metros, siendo su comportamiento de forma lenticular (rosario) tanto en sentido horizontal y vertical. Estructuralmente presenta un rumbo de N 47° W con un quiebre que pasa tener un rumbo de N75°W, con un buzamiento de 61° a 72° NE.

La mineralización económica, es de sulfuros de galena, galena argentífera, tetraedrita, esfalerita y poca calcopirita y como minerales de ganga tenemos a la calcita, rodocrosita, pirita y rejalgar. Presenta un zoneamiento de plomo – zinc al inicio, en la parte central es de cobre – plata y nuevamente plomo zinc.

Veta Pierina: Esta estructura mineralizada ha sido reconocida en interior mina en una longitud de 320 metros tanto en el nivel 3, nivel 4 y nivel 4.1; y está emplazada en una falla pre - mineral, su rumbo promedio es de N 35° a 40° W, con buzamiento de 65° a 75 NE, su potencia promedio es de 0.10 centímetros hasta 2.50 metros con mineralización económica de sulfuros de galena, galena argentífera, esfalerita y tetraedrita, como minerales de ganga tenemos fundamentalmente a la calcita, rodocrosita y pirita, Dicha estructura mineralizada también presenta un comportamiento estructural de forma lenticular (rosario), tanto en sentido vertical como horizontal, presenta un zoneamiento al inicio y al final de la veta la mineralización es de plomo – zinc y en la central la mineralización es de cobre – plata.

Veta Cairra: La veta Cairra ha sido reconocida en una longitud de 250 metros, en interior mina nivel 4 y nivel 4.1, la mineralización económica que presenta son sulfuros de galena, galena argentífera y esfalerita y como minerales de ganga se tiene a

la pirita, calcita y rodocrosita. El rumbo promedio que presenta es de N 60° a 70° W y un buzamiento de 70° a 80° NE, su potencia varía desde 0.10 hasta 0.60 centímetros, mayormente es una estructura mineralizada de plomo zinc y tiene un comportamiento de forma lenticular (rosario) tanto en sentido vertical como horizontal. Esta estructura mineralizada también ha sido formada en una falla pre-mineral. Es una estructura tensional entre Veta Pierina y la Veta Madrugada.

Veta Amapola: estructura mineralizada cuyo reconocimiento se ha dado en el nivel 8, nivel 3, nivel 4.

1.3 ASPECTOS MINEROS

1.3.1 Descripción De Las Etapas En Operación Mina

- A. EXPLORACION:** En esta etapa se realizarán labores horizontales y verticales (cortadas, estocadas, chimeneas) cuyos objetivos son: llegar a las proyecciones de las vetas para su posterior desarrollo.
- B. DESARROLLO:** Luego que las cortadas llegan a su objetivo (vetas) se realizan labores horizontales o verticales (galerías, chimeneas) siguiendo la estructura de la veta y que permiten su reconocimiento y la confirmación de leyes y potencias a lo largo de su recorrido, estas labores permiten la cubicación de reservas minerales.
- C. PREPARACION:** En esta etapa, realizada después o en forma paralela al desarrollo se realizan labores horizontales o verticales (chimeneas, subniveles) que permiten la preparación de blocks de mineral que conformarán las zonas de explotación.
- D. EXPLOTACION:** Es la etapa final en que se extrae en forma sistemática el recurso mineral preparado y cubicado en las zonas de trabajo llamadas “Tajos”.

CAPITULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Antecedentes de la investigación

Córdoba y Molina (2011) en la tesis **“CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS DE VENTILACIÓN EN MINERÍA SUBTERRÁNEA”**, Córdoba, C., Molina J. (2011), Medellín – Colombia. Este artículo reúne todos los elementos necesarios para realizar la caracterización del sistema de ventilación de una mina subterránea, todo ello en marco del decreto 1335 de 1987 que regula las actividades de explotación minera bajo tierra, en especial bajo aquellos títulos donde se tratan los temas de ventilación y temperaturas, vitales para asegurar el confort de las personas al interior de la explotación.

No solo se tocarán los temas desde el punto de vista jurídico, sino que también se abordarán desde el análisis técnico de cada uno de los elementos identificados como vitales a la hora de caracterizar una mina.

Dentro de los aspectos a tener en cuenta para garantizar una buena ventilación, están las velocidades máximas y mínimas para el aire que puede circular al interior de las minas, así como los valores límites permisibles para los gases que se generan en la explotación. Para garantizar un control óptimo de las condiciones en la mina debe hacerse un seguimiento a través de aforos de los caudales y temperaturas; y de un monitoreo continuo de la atmósfera minera para conocer las concentraciones de gases con el fin de controlar todos aquellos elementos que pongan en peligro la vida de quienes laboran en la mina.

Carrascal y Manzur (2014) en la tesis **“EVALUACIÓN Y PROPUESTA DEL MEJORAMIENTO DE LA VENTILACIÓN PARA LA MINA “EL MARACAIBO”**

MUNICIPIO DE SUMACA, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ”, Carrascal, A., Manzur, C. (2014), Boyacá – Colombia. Para dar cumplimiento a las mejoras de este servicio, es necesario evaluar aspectos como el peso del aire, área de diferentes labores, obstáculos y sostenimientos que se encuentran en las vías para el flujo del aire, abertura equivalente de la mina y un factor importante, la pérdida de carga de la mina. Una eficiencia de estos lleva a tener una atmosfera de la mina en óptimas condiciones para los trabajadores. Implementando equipos que nos permitan utilizar los conocimientos técnicos racional y mejoren el desempeño de la mina en cuanto a ventilación se refiere, para esto el manejo de las presiones se hace necesario aumentar el área de las vías donde circula la corriente de aire. En cuanto a las mejoras que se le quiera realizar a uno de los servicios principales en una mina como lo es la ventilación hay que tener en cuenta el comportamiento tanto del aire como de los gases que se presentan en los distintos tipos de minería bajo tierra y en nuestro caso las de carbón que tienen un gas para tener mucha precaución que es el metano (CH₄) o la combinación con el aire y polvo de carbón que forma el grisú. Estos gases mencionados por medio de mediciones se le realizó un estudio de emanación para de esta manera reducirlo a su menor presencia posible, en las labores donde se concentran las operaciones de extracción, vías de retorno y circuito principal. El proyecto finaliza con una serie de recomendaciones las cuales tienen como finalidad solucionar los inconvenientes que pueden presentarse en el proceso de la elección de la ventilación en un proyecto de explotación de carbón subterránea y evitar de esta manera inconvenientes económicos, ambientales y sociales

Vélez (2017) en la tesis **“GUÍA DE SEGURIDAD PARA VENTILACIÓN DE MINAS SUBTERRÁNEAS”, Vélez, A., Grupo De Su Empresa (2017), Bogotá – Colombia.** El objetivo principal de esta guía es proporcionar las indicaciones necesarias, para orientar a los productores y explotadores mineros en las consideraciones que se deben tener desde el punto

de vista de seguridad en la ventilación de las minas subterráneas, con el fin de brindar una herramienta sencilla para el control de la seguridad en las instalaciones mineras, la vida y la integridad de los trabajadores

La accidentalidad provocada por deficiencias en la ventilación o circunstancias ligadas a éstas, hacen que la presente Guía de Seguridad para la Ventilación de las Minas Subterráneas, sea importante para el empresario minero en el desarrollo de sus labores cotidianas y para la prevención de accidentes laborales relacionados con la ventilación en las minas.

Sutty (2016) en la tesis **“INFLUENCIA DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA, EN EL DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DEL NIVEL 4955 MINA URANO SAC – PUNO”**, Sutty, J. (2016), Puno – Perú. Trabajo titulado “Influencia de la ventilación mecánica en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 Mina Urano SAC. – Puno”, su **objetivo** general es, “Determinar la influencia de la ventilación mecánica en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 Mina Urano SAC – Puno”, y sus objetivos específicos son, determinar la efectividad del trabajador en las labores subterráneas, después de la instalación del diseño de ventilación del nivel 4955 Mina Urano SAC – Puno, reducir la recirculación de aire viciado en el nivel 4955 Mina Urano SAC – Puno, como hipótesis general es la evaluación de ventilación mecánica influye en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 Mina Urano SAC – Puno”, como hipótesis específicos, La ventilación mecánica que satisface las necesidades requeridas de aire, mejora el rendimiento del trabajador minero del nivel 4955 Mina Urano SAC – Puno, Con la instalación de un sistema ventilación mecánica y un diseño de ventilación se minimiza la recirculación de aire viciado del nivel 4955 Mina Urano SAC – Puno, con **metodología** de estudio el cual pertenece al tipo básico experimental, con un nivel de investigación que es totalmente descriptiva, Como **conclusión**, que la ventilación mecánica si influye notablemente en nuestra operación el cual fue necesaria la

colocación de dos ventiladores: uno con capacidad de 25000 CFM y el otro de 15000 CFM para cubrir la necesidad de aire, se instaló en la misma galería; uno en BM y otro a 800 metros de profundidad permitiendo enseriarlo, mediante una cámara de acumulación de aire con capacidad de 75 m³. Palabras claves: Diseño de ventilación de minas, recirculación de aire viciado, efectividad del trabajo, requerimiento de aire.

Caxi (2017) en la tesis **“ESTUDIO DE VENTILACION E IMPLEMENTACION DE MEJORAS EN EL CIRCUITO DE VENTILACION DE MINERA SOTRAMI S.A. – UEA SANTA FILOMENA – APLICANDO EL SOFTWARE VENTSIM”**, CAXI, Y. (2017), Arequipa – Perú. Se realizó el mapeo de ventilación para identificar el circuito de ventilación para luego plasmarlo en planos y posterior simulación en software ventsim 3.9.

En la Veta Santa Filomena no contaba con un circuito adecuado de flujo de aire fresco es por ello que se invirtió en el desarrollo de la chimenea de ventilación y el CRUCERO 2170 con el objetivo de mejorar el circuito de ventilación.

Se hacen mediciones en la veta Santa Filomena obteniendo un global de 942.40 m³/min de aire fresco que ingresa por ventilación natural por el Pique Jimenez, Pique Base 4 y Pique Base 5. El aire viciado es expulsado por las labores antiguas principalmente por la Chimenea Panca cuyo caudal es de 396.9 m³/min. El requerimiento de aire es de 816.41 m³/min con un superávit de 126.49 m³/min.

Se hacen mediciones en la veta Santa Rosa obteniendo total de 813.96 m³/min de aire que ingresa por la Galería 2290, Crucero 2340, Crucero 1800 y Crucero 2300. El aire viciado es expulsado por el Pique Dragones cuyo caudal es 355.2 m³/min. El requerimiento de aire es de 244.26 m³/min con un superávit de 353.30 m³/min.

El sistema de ventilación es muy complejo debido a la gran dimensión de la mina y avance de las labores, se utilizó el software Ventsim 3.9 para realizar simulaciones de monitoreo de

caudales de aire, esta herramienta es de gran ayuda para simular circuitos futuros en donde se puede incluir ventiladores y su dimensionamiento, controles de ventilación como tapones, puertas y reguladores para direccionar el flujo y disminución de pérdidas. El procedimiento seguido en la elaboración de la presente tesis fue:

Debido a que no existe trabajos de investigación realizados con anterioridad sobre el tema de ventilación en la UEA Santa Filomena. Los antecedentes de este proyecto de investigación se basan en publicaciones de libros y trabajos de investigación realizada en otras unidades mineras. La publicación “Ventilación de Minas Subterráneas y Túneles –Práctica, Aplicada y Avanzada en Minería Clásica y Minería por Trackless, Primera Edición, Instituto de Ingenieros de Minas del Perú 2011” es aporte bibliográfico muy importante en el contexto nacional y fue base para realizar mi tesis.

En el material de estudio fue la Unidad Minera Santa Filomena, el cual es una mina convencional compleja por su gran dimensión, donde se realizó el mapeo de ventilación identificando el circuito de ventilación y posteriormente se plasmó en planos unifilares e isométricos. Finalmente se realizó la simulación en el software Ventsim 3.9.

El tipo de investigación es aplicada por que el objetivo es encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr mejorar el sistema de ventilación. El nivel de investigación es exploratoria y descriptiva.

Los resultados logrados fueron los siguientes:

Se realizó el estudio de ventilación el cual servirá como base para proyectos futuros de mejora.

Se realizó la simulación de ventilación con el software Ventsim 3.9. Se realizó la selección de ventilador de 15000 CFM, 11 pulg de H₂O y 25 HP para el Crucero 2170. Se instaló de mangas paralelas en Crucero 2170 y se realizó mediciones para demostrar qué es más efectivo que una sola manga.

Se concluyó que la cobertura de aire en la veta Santa filomena es de 115 % con un superávit de 126.49 m³ /min. En la veta Santa Rosa la cobertura de aire es de 333% con un superávit de 569.70 m³ /min. A futuro veta Santa Filomena tendrá problemas de ventilación por lo que es necesario desarrollar chimeneas de ventilación.

Durán (2018), en la tesis “**MEJORAMIENTO DE LA VENTILACIÓN EN LA MINA SUBTERRÁNEA - MINA COLQUIJIRCA CIA. DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.**”, Duran, j. (2018), Pasco - Perú. Sociedad Minera El Brocal S.A.A. (SMEB), opera la Mina Marca Punta Norte, la cual es parte de la explotación y planta de procesamiento de minerales de Colquijirca de SMEB ubicado aproximadamente a 300 kilómetros al noreste de Lima, Perú, en el kilómetro 117 de la Ruta 3N (Autopista La Oroya a Huánuco) del Perú a una elevación de 4,200 m.s.n.m.

Marca Punta Norte es principalmente una mina de cobre, con un producto de oro/plata, que actualmente produce aproximadamente 7,500 toneladas diarias de mineral. La explotación continuará a este ritmo hasta que las operaciones de explotación subterránea se suspenden, tentativamente programada en aproximadamente de 18 a 24 meses.

Este proyecto ha sido desglosado en cuatro (4) etapas, donde:

Etapa 1, evaluará los actuales sistemas primarios y secundarios de ventilación de Marca Punta Norte y donde sea necesario, recomendará alternativas a los sistemas existentes.

Etapa 2, establecerá un sistema por computador de Modelo de Ventilación del tipo Flujo de Masa en Marca Punta Norte, que reflejará las actuales condiciones de operación en la mina.

Etapa 3, utilizará el modelo establecido para evaluar las alternativas recomendadas al sistema de ventilación primaria (de la Etapa 1).

Etapa 4, es un servicio opcional, ofreciendo un proyecto de seguimiento a El Brocal para asegurar la implementación exitosa de los hallazgos y recomendaciones de las Etapas 1, 2 y 3.

Etapa 1 y Etapa 2, han sido completadas y este informe refleja los 21 días en el sitio (Del 29 de agosto al 18 de septiembre del 2017) revisando los planes de proyectos de capital de desarrollo de ventilación el modelo (Brocal 2017 Base Case.vsm) para evaluar los sistemas primarios de ventilación alternativos tal como se describe en el Informe Técnico.

Como se ha indicado previamente, este Proyecto de Ventilación se compone de cuatro (4) etapas, a saber:

Etapa 1 evaluó los actuales sistemas primarios y secundarios de ventilación de Marca Punta Norte y donde sea necesario, recomendará alternativas a los sistemas existentes. Evaluación y Reporte Técnico correspondiente Completo.

Etapa 2 estableció un modelo de ventilación de flujo de masa computarizado para el circuito primario de ventilación de Marca punta Norte. Modelo establecido y Reporte Técnico Completo.

Etapa 3 utilizar el modelo establecido para evaluar los sistemas alternativos de ventilación recomendados. Evaluación de Ventilación y Reporte Técnico remitido al cliente

Etapa 4 es un servicio opcional ofreciendo un seguimiento del proyecto a El Brocal para asegurar la implementación exitosa de las Etapas 1, 2 y 3 conclusiones y recomendaciones.

Para llegar a la decisión correcta de las varias opciones disponibles es vital que el Cliente llegue a un acuerdo con OSINERGMIN en el factor de utilización de los equipos con motor diésel, ya que esto tendrá un impacto significativo en los costos de operación de la mina.

En la Sección 3.0 (referir a la Tabla 3.1), se muestra el impacto de usar factores de utilización en el Proyecto, se debe resaltar que:

Cumplir con el 100% de utilización de equipos, como señala OSINERGMIN, no es posible

La mayoría de las compañías mineras internacionales mantienen la utilización de su flota con motor diésel a un 75%.

Nota: La Sección 4 detalla claramente las recomendaciones y comentarios de este Reporte Técnico de la Etapa 3 del Estudio

2.1.2 Definición de Términos

- **Ambiente:** el conjunto de condiciones naturales y de influencias que actúan sobre los organismos vivos y los seres humanos.
- **Medio:** es el lugar donde se vive, con sus características y condicionamientos geofísicos; ambiente, esfera social o profesional (donde se vive o trabaja).
- **Presión Atmosférica:** representa la presión ejercida sobre la columna de aire sobre un punto cualquiera de la superficie terrestre. La variación de la presión atmosférica con la altitud está controlada por las variaciones de densidad y temperatura de la columna de aire.
- **Seguridad:** es el estado, calidad o condición de seguro; condición de él o de aquello en que se puede confiar y finalmente, es la certeza, firmeza, convicción.
- **Seguro:** proviene del latín securu, que significa libre de peligro; libre de riesgo; protegido, custodiado, garantizado; en quien se puede confiar; cierto, indubitable, indiscutible y eficaz, eficiente.

2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1 Fuentes y Caracterización de la Temperatura en el Ambiente Subterráneo

El aire atmosférico que entra en el ambiente subterráneo aumenta gradualmente su temperatura, cuando aumenta la profundidad, la causa principal es la transferencia de calor de la roca virgen, debido al conocido grado geotérmico. Otras fuentes de calentamiento del aire en la atmósfera subterránea son causadas por la auto-compresión, por la operación de equipos con motores diésel, por la detonación de cargas explosivas, por la presencia de aguas termales y por el metabolismo humano.

a. Temperatura de auto -compresión

Es un proceso que ocurre durante el descenso del aire por las aberturas subterráneas y debido a su propia compresión. La expresión matemática se deduce considerando la condición de equilibrio y propiedades del aire y está influenciada por las fuerzas verticales (fig. 03), expresada en:

$$g \cdot dh = \frac{dp}{\rho}; dh = \frac{dp}{\gamma} = v \cdot dp,$$

pvk = cte. en el proceso adiabático

Diferenciando la ecuación de Chaperón: $pv = Rt$ se obtiene $p \cdot dv + v \cdot dp = R \cdot dt$,

de donde resulta:

$p \cdot dv = R \cdot dt - v \cdot dp$, con este resultado se tiene:

$dh + k(R \cdot dt + k \cdot dh) = 0$, e integrando se obtiene:

$$(1 - k) \int dh + kR \int dt = (1 - k)h + kRt + C = 0,$$

Donde:

$$t = h \left\{ \frac{k-1}{k \cdot R} \right\} - C.$$

La constante de integración C , se determina con la condición $h = 0$ y $t = t_o$, por lo tanto

$$C = t_o$$

Con estos valores, la ecuación se transforma en:

$$t = t_o + h \left\{ \frac{k-1}{kR} \right\}, \text{ pero como } R = 29,27, k = 1,302 \text{ (valor medio) } h = L \sin \alpha, \text{ (fig. 03)}$$

resulta finalmente:

$$t_2 = t_1 + 0,0098.L.sen\alpha, \text{ luego:}$$

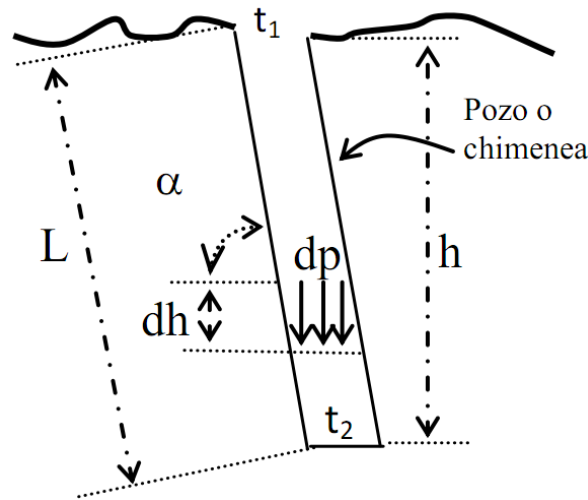
$$\Delta t_{ha} = 0.0098.L.sen\alpha \quad (01)$$

Cuando $h = 1,0 \text{ m}$ de profundidad, el aumento de la temperatura para este metro es $0,0098^\circ\text{C}$, es decir, por cada 100 m de profundidad la temperatura del aire aumenta en $0,98^\circ\text{C}$, que es aproximadamente de 1°C .

En el proceso de análisis matemático realizado, g es la aceleración de la gravedad (m/s), h es la altura o profundidad (m), L es la longitud del pozo o chimenea, α es la pendiente del pozo o chimenea, p es la presión (kg/cm^2), $\rho = \gamma/g$ es la densidad del aire ($kg.s^2/m^4$), ν es el volumen específico (m^3/kg), R es la constante de los gases perfectos, k es el índice adiabático del gas, t es la temperatura del aire, t_1 es la temperatura de la temperatura superficial del aire ($^\circ\text{C}$), t_2 es la temperatura de aire a profundidad h ($^\circ\text{C}$) y Δt_{ha} es el aumento de la temperatura por auto-compresión ($^\circ\text{C}$).

Este aumento de temperatura es mucho más notable en los pozos verticales que en las aberturas inclinadas o en la rampa y, obviamente, es nulo en aberturas horizontales.

Figura 3. Esquema de auto-compresión



Fuente: (Navarro Torres & Dinis da Gama, 2012), Ingeniería Ambiental Subterránea

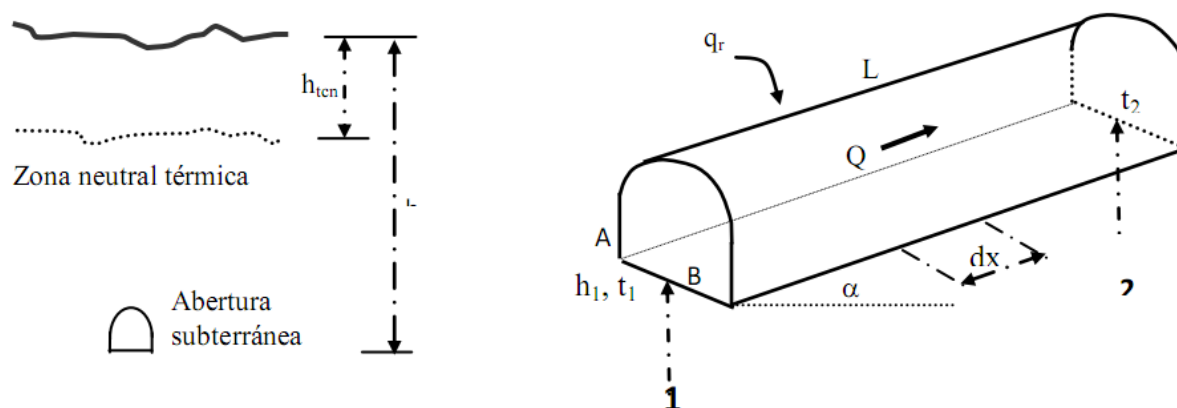
b. Transferencia de calor del macizo rocoso en el ambiente subterráneo

En la capa superficial de 15 m (Hartman, HL et al., 1982), 20 m (Vutukuri, S.V. et al., 1986) y de 20 a 40 m (Novitsky, A., 1962) de profundidad, la temperatura del macizo rocoso varía a lo largo del año y en relación con el cambio de la temperatura superficial del aire (fig. 04). Después de esta capa neutral térmica la temperatura del macizo rocoso aumenta gradualmente de acuerdo al aumento de la profundidad; a esta propiedad se la denomina grado geotérmico (Cuadro 03).

Para calcular el grado geotérmico, Vutukuri, V.S. (1986) propone la ecuación (02), donde g_g es el grado geotérmico ($^{\circ}C/m$), f_c el flujo de calor del macizo rocoso que es cerca de $0,05 \text{ W/m}^2$ y c_{tr} la conductividad térmica del macizo rocoso ($\text{W/m} \cdot ^{\circ}C$).

$$g_g = \frac{f_c}{c_{tr}} \quad (02)$$

Figura 4. Capa de roca con influencia de la temperatura exterior y abertura subterránea elemental



Fuente: (Navarro Torres & Dinis da Gama, 2012), Ingeniería Ambiental Subterránea

Tabla 3. Cuadro de valores típicos del grado geotérmico

Tipo de roca	g_g (°C/100m)
Depósitos de Cobre	2.0 – 6.0
Depósitos de Carbón	3.3
Arcilla	1.8
Piedra caliza	1.7 – 3.3
Arenisca	3.0
Dolerita	0.8 – 1.5
Cuarcita	0.8 – 1.7
Silvita	1.0 – 4.0

Fuente: Vutukuri, V.S., 1986, Hartman, H.L; 1982 y *Mine Ventilation Service, Inc.* E.U.A; 2000

c. Transferencia de calor generado por equipos con motor diésel

Los equipos utilizados en los trabajos subterráneos que generan calor transmitido al aire de la atmósfera subterránea son:

- 1) Equipos móviles con motor diésel y con motor eléctrico (jumbos para perforación, camiones o dumpers para transporte, pala o LHDs para carga y remoción, locomotoras, etc.);
- 2) Equipos y sistemas eléctricos no móviles (ventiladores auxiliares, iluminación, bombas, guinchos, estaciones o subestaciones de transformación, etc.).

De la variedad de equipos utilizados en trabajos subterráneos, los movidos a diésel, contribuyen significativamente en la transmisión de calor al aire que fluye en la atmósfera subterránea.

d. Otras fuentes de transferencia de calor al ambiente subterráneo

Hartman, H. L. et al. (1982), refiere que el calor del metabolismo humano, no es significativo y hasta puede ser ignorado, ejemplificando que 800 hombres en condiciones normales originan una liberación total de 192KW (65000 BTU/h), correspondiendo a cada hombre 0.25 KW de energía.

e. Influencia de la temperatura exterior en la temperatura del ambiente subterráneo

A nivel general la temperatura media exterior del aire disminuye progresivamente con el aumento de la altitud, variando de 0,56 a 0,65 °C por cada 100 metros (Cuadro 02).

Tabla 4. *Cuadro de Presión y temperatura en relación con la altitud y en condiciones normales*

Altitud	Presión (pg. Hg)	Temperatura (°F)
-1000	31.02	62.6

-500	30.47	60.8
0	29.92	59.0
500	29.39	57.2
1000	28.86	55.4
5000	24.89	41.2
10000	20.58	23.4
15000	16.88	5.5
20000	13.75	-12.3
25000	11.10	-30.1

Fuente: American Society of Heating and Ventilating Engineers, 1947

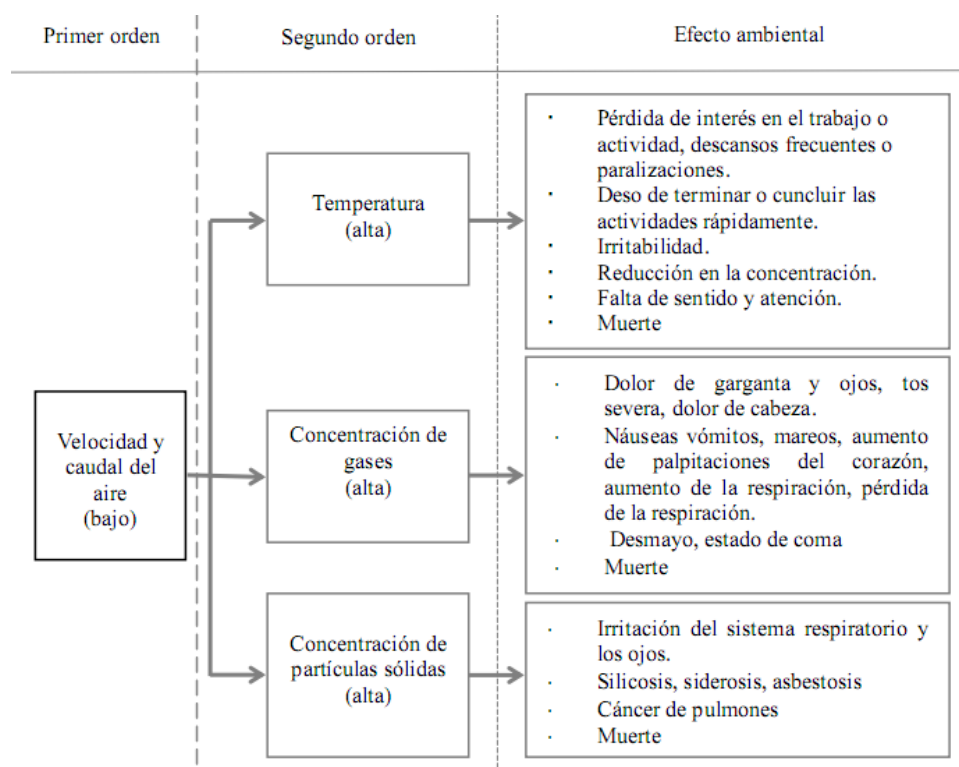
Las condiciones climáticas del aire exterior varían en función de las estaciones del año, hecho que provoca en verano la entrada de aire caliente en la atmósfera subterránea y en invierno aire frío.

2.2.2 *Velocidad y caudal de aire*

a. **Efectos de la velocidad y caudal de aire en el ambiente subterráneo**

La velocidad y el flujo del aire en el ambiente subterráneo son parámetros ambientales que, de manera significativa, influyen las condiciones de la calidad ambiental del aire respirable. La importancia de la velocidad y flujo del aire se debe al hecho de influenciar las condiciones térmicas y la concentración de gases y polvos. El esquema de la fig. 05 ilustra esta característica, con los parámetros de primer orden determinantes en los efectos negativos generados a través de los de segundo orden (temperatura, gases y polvos). (Navarro Torres & Dinis da Gama, 2012)

Figura 5. *Velocidad y flujo del aire como un factor ambiental de primer orden en la contaminación del ambiente subterráneo.*



Fuente: (Navarro Torres & Dinis da Gama, 2012), ingeniería Ambiental subterránea y Aplicaciones. Pg. 143

El esquema muestra que la velocidad y el caudal de aire son factores ambientales de primer orden, pues el flujo de aire con bajos valores de velocidad y caudal ocasiona consecuentemente una alta temperatura, una alta concentración de gases y una alta concentración de partículas sólidas (polvos) y viceversa, produciendo efectos ambientales negativos y llevando incluso la muerte.

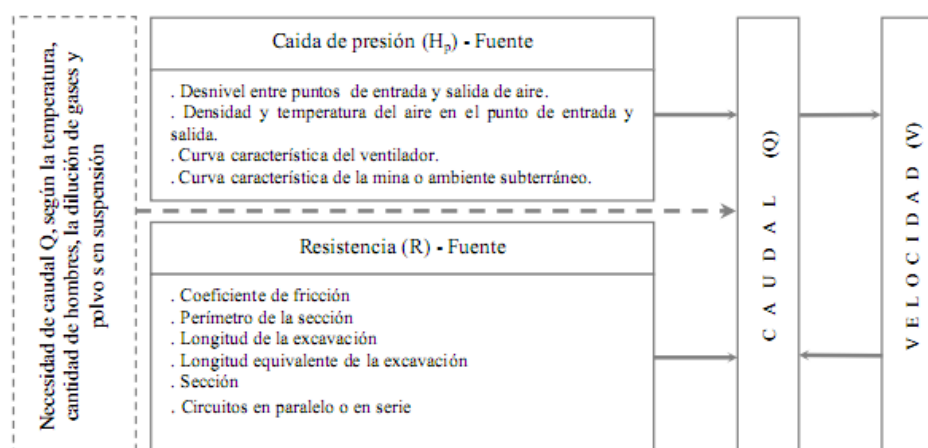
Este factor es una razón fundamental para prestar la debida atención al análisis y definición de estos dos parámetros dinámicos del ambiente subterráneo.

b. Fuentes de la velocidad y caudal de aire

La velocidad y caudal del aire en el ambiente subterráneo son parámetros que están directamente relacionados entre sí, dependiendo del tamaño de la excavación subterránea, expresada por la sección de abertura.

Las fuentes de velocidad y caudal del aire en las aberturas subterráneas están principalmente en función de la carga y la resistencia de la superficie de excavación o abertura, estas últimas por su vez están influenciadas por otros parámetros (fig. 6).

Figura 6. *fuentes de velocidad y caudal de aire en la ventilación subterránea*



Fuente: (Navarro Torres & Dinis da Gama, 2012), ingeniería Ambiental subterránea y Aplicaciones. Pg. 144

La carga depende del siguiente conjunto de variables: el desnivel entre los puntos de entrada y salida del aire; la densidad o temperatura del aire en el punto de entrada y salida; la curva característica del ventilador y la curva característica de la mina o ambiente subterráneo.

La resistencia de la abertura subterránea es función de las siguientes variables: el coeficiente de fricción; el perímetro; la sección y la longitud de la abertura; la sinuosidad, las bifurcaciones y las bruscas variaciones de la sección; y el tipo de circuito de aire (paralelo o serie).

El esquema ilustra que el caudal total o el caudal en los frentes de trabajo están en función de la cantidad máxima de hombres presentes, de la necesidad de dilución de los gases y partículas suspendidas y también de la temperatura transmitida a la atmósfera subterránea.

Sin embargo, las fuentes que determinan el mayor o menor caudal y respectiva velocidad del aire son la carga, que está en función del tipo de ventilación (natural o artificial) y la resistencia, que está determinada por los parámetros físicos del ambiente.

2.2.3 Circuitos de Ventilación

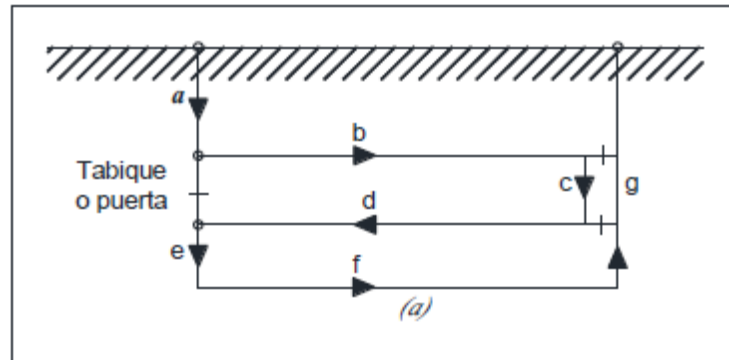
En ventilación de minas hay 2 tipos de galerías por donde fluyen el caudal de aire por los sistemas de ventilación; los cuales son flujos en serie, por medio de galerías en línea y flujos en paralelo, por medio de galerías en bifurcaciones paralelas y las dos se acoplan una luego de la anterior conformando así una red. Esta red tiene que ser determinada en función a volúmenes y resistencias, con la finalidad de conocer las resistencias o estática total y sus volúmenes, en base a ello poder solicitar el ventilador más conveniente (Quispe Caceres, 2019).

Es decir, esta red está formada por circuitos en serie y circuitos en paralelo existiendo la necesidad de convertir los circuitos en paralelo en circuitos en serie para tener un solo circuito en línea que nos dé un valor de la resistencia que vencer.

2.2.3.1 Circuito en Serie

En todos los circuitos en serie, como en las leyes de la electricidad de Kirchhoff, la pérdida total de energía, es la suma de las diferentes pérdidas de energía en cada conducto, siempre que no haya fugas de aire o fugas.

Figura 7. Esquema de circuitos en serie 1



Fuente: (Caxi Llano, 2017)

El flujo o caudal es constante, entonces:

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_n$$

De acuerdo con la ley de Kirchhoff, un circuito en una dirección es

$$H_{n1} + H_{n2} + H_{n3} - H_m = 0$$

El vacío total del sistema será ser igual a la suma de las depresiones que componen el sistema en serie.

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

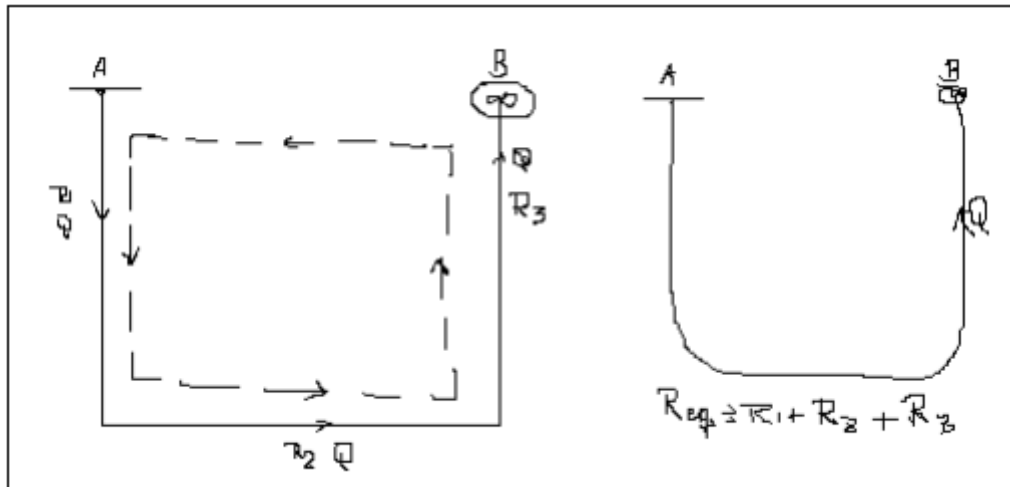
las resistencias aerodinámicas total es igual a la suma de cada uno de los arrastres aerodinámicos de las tareas que componen el sistema.

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

Entonces

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

Figura 8. Esquema de circuitos en serie 2



Fuente: (Quispe Caceres, 2019)

Entonces:

$$Hn = R1 Q^2 + R2 Q^2 + R3 Q^2 + \dots$$

$$Hn = (R1 + R2 + R3) Q^2$$

$$Hn = Req \times Q^2$$

Por otro lado, se tiene que:

$$Req = \frac{Hn}{Q^2}$$

2.2.3.2 Circuito en Paralelo

En esta clase de circuitos las cantidades de aire circulante que se distribuye a cada una de las ramas, se hace de la siguiente forma:

1. En los circuitos en paralelo las depresiones de cada una de las ramas son iguales entre sí e iguales a la depresión total, independientemente de la longitud de las resistencias y la cantidad de flujo de aire.

$$Ht = H1 = H2 = H3 = \dots = Hn$$

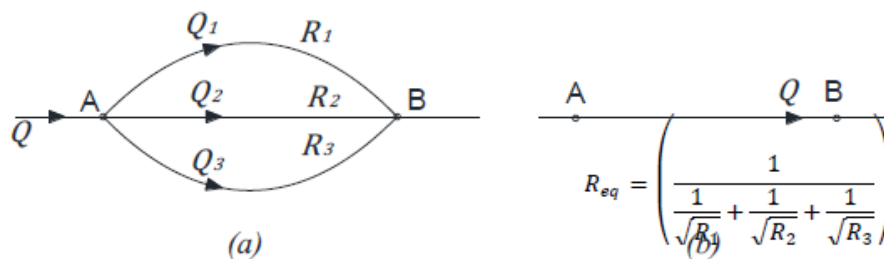
2. El flujo total de aire en las corrientes en paralelo es igual, a la sumatoria del flujo de cada una de las ramas.

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

3. La resistencia aerodinámica total se puede determinar de la siguiente formula.

$$\frac{1}{\sqrt{R_t}} = \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \frac{1}{\sqrt{R_3}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{R_n}}$$

4. finalmente, las resistencias equivalentes para los circuitos en paralelo son.



$$Q = \sqrt{\frac{Ht}{R_1}} + \sqrt{\frac{Ht}{R_2}} + \sqrt{\frac{Ht}{R_3}}$$

$$Q = \sqrt{Ht} \left(\frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \frac{1}{\sqrt{R_3}} \right) = \sqrt{Ht} \left(\frac{1}{\sqrt{R_{eq}}} \right)$$

Entonces:

$$\frac{1}{\sqrt{R_{eq}}} = \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \frac{1}{\sqrt{R_3}} + \dots +$$

Además:

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

$$Ht = Q_t^2 R_t = Q_n^2 R_n$$

$$\frac{Q_t^2}{Q_n^2} = \frac{R_n}{R_t}$$

$$\left(\frac{Q_t}{Q_n}\right)^2 = \frac{R_n}{R_t}$$

$$\frac{Q_t}{Q_n} = \sqrt{\frac{R_n}{R_t}}$$

$$\frac{1}{\sqrt{R_t}} = \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}}$$

$$\sqrt{\frac{R_t}{R_n}} = \frac{Q_n}{Q_t}$$

Finalmente:

$$\sqrt{\frac{R_t}{R_1}} + \sqrt{\frac{R_t}{R_2}} + \sqrt{\frac{R_t}{R_3}} = \frac{Q_1}{Q_t} + \frac{Q_2}{Q_t} + \frac{Q_3}{Q_t}$$

Observación: La resistencia total de nuestro sistema en paralelo es siempre menor que cada una de las tareas del sistema, la apertura total equivalente será igual a las aberturas equivalentes de nuestro sistema.

$$A = a_1 + a_2 + a_3 + *** + a_n$$

c. Caracterización de la situación de la velocidad y caudal

Caudal mínimo requerido para la ventilación subterránea

El caudal mínimo total, Q_{mt} (m^3/s), necesario para el ambiente subterráneo se calcula mediante la ecuación (03). Esta expresión traduce la suma parcial de los caudales mínimos relativos a la cantidad máxima de hombres presentes Q_h (m^3/s); la situación de confort térmico Q_t (m^3/s); la concentración de gases Q_g (m^3/s); y los polvos o partículas sólidas Q_p (m^3/s).

$$Q_{mt} = Q_h + Q_t + Q_g + Q_p \quad (03)$$

En el cálculo del caudal mínimo Q_h (m^3/s) para una cantidad máxima de hombres N se recomienda la ecuación (04) que es función de la cantidad mínima de aire q ($\frac{m^3}{s} \cdot hombre$) contemplada por los estándares o normas legales.

$$Q_h = q \cdot N \quad (04)$$

El caudal de aire para el enfriamiento de altas temperaturas, Q_t (m^3/s), se calcula para dos situaciones: aberturas subterráneas con altas temperaturas ($> 1,05T_{sm}$, donde T_{sm} es la temperatura seca máxima admisible por la norma o estándares) influenciada por la temperatura de la roca virgen y por la presencia de aguas termales.

El caudal mínimo requerido para la dilución de los gases, Q_g (m^3/s), se calcula utilizando cualquiera de las ecuaciones (05) y (06). (Navarro Torres & Dinis da Gama, 2012)

$$\Delta Q_f = Q_c \left(\frac{C_e - C_{VLA}}{C_{VLA}} \right) \quad (05)$$

$$Q_L = Q_c \left(\frac{C_e}{C_{VLA}} \right) \quad (06)$$

Donde:

ΔQ_f : Caudal de aire fresco adicional requerido (m^3/s).

Q_L : Caudal total de aire para la dilución de gas (m^3/s).

Q_c : Caudal contaminado del aire (m^3/s).

C_e : Concentración inicial de gases tóxicos (ppm).

C_{VLA} : Valor Límite Admisible de los gases (ppm).

En el caso de que existieran simultáneamente varias fuentes de gases, el cálculo se efectúa separadamente para cada fuente. En cuanto al caudal mínimo total requerido para la dilución de los gases puede estar determinado por la suma de los caudales parciales mínimos para todas las fuentes.

Normalmente en las operaciones mineras, el tiempo de dilución de estos gases se produce en momentos diferentes. Por ejemplo, la producción de gases debido a los disparos sucesivos con explosivos, sucede en un momento diferente de la producción de los gases generados por los equipos con motor diésel (de remoción y/o transporte). En este caso, es necesario calcular por separado cada caso y considerar el mayor caudal en las condiciones más adversas.

Por lo tanto, el caudal mínimo de aire necesario para diluir la concentración de polvos (partículas sólidas suspendidas en el aire) se determina con cualquiera de las ecuaciones: (07) y (08).

$$Q_p = \left(\frac{Q_t \cdot VLA_p \cdot P}{60 \cdot C_p} \right) \quad (07)$$

Donde:

Q_p : Caudal de aire para diluir la concentración de polvo flotante hasta niveles permisibles (m^3/s).

Q_t : Relación de caudal de aire por tonelada de producción ($m^3/min \cdot t^{-1}$) este valor varía de 0.14 a 0.57.

VLA_p : Valor Limite Admisible de la concentración de polvo (mg/m^3).

C_p : Concentración actual de polvo (mg/m^3)

P : Producción (t).

Cuando se utiliza agua para la mitigación del polvo, el caudal de aire fresco requerido Q_{pa} (m^3/s) se calcula con la ecuación (08) en función del factor de reducción f (0,40 a 0,80).

$$Q_{pa} = f Q_p \quad (08)$$

d. Caracterización de los parámetros que influyen en la velocidad y caudal de aire

La velocidad de aire V (m/s) en el ambiente subterráneo es el resultado de una simple relación que está expresada en la ecuación (09) en función del caudal de aire Q (m^3/s) y la sección S de la excavación subterránea (m^2).

$$V = \frac{Q}{S} \quad (09)$$

El caudal de aire es un parámetro aerodinámico que depende de la diferencia de presión o de la carga H_p (Pa) y de la resistencia ofrecida por la superficie de las excavaciones R (Ns^2/m^4), cuya relación se define por la ecuación de Atkinson (10).

$$Q = \left(\frac{H_p}{R}\right)^{0.5} \quad (10)$$

La resistencia R (Ns^2/m^4) es calculada con la ecuación (11) determinada por Atkinson, en función de las características físicas de la abertura subterránea: el coeficiente de fricción f (kg/m^3); el perímetro de la sección P (m); la longitud de la excavación L (m); la longitud equivalente L_e (m); y la sección S (m^2).

$$R = \frac{f \cdot P \cdot (L + L_e)}{S^3} \quad (11)$$

El coeficiente de fricción f se determina utilizando los conocidos valores experimentales que son función del tipo de excavación, irregularidades en la superficie de la abertura, sinuosidad y obstrucción.

El perímetro de la excavación P también varía en función de la forma adoptada y del método de excavación usado, siendo calculado por las ecuaciones simples:

Circular:

$$P = 3,1416d, \text{ donde } P = \text{perímetro (m)}, d = \text{diámetro (m)}.$$

Rectangular:

$$P = 2(B + A), \text{ donde } B = \text{base (m)} \text{ y } A = \text{altura (m)}.$$

Trapezoidal:

$$P = B + b + (4h^2 + B^2 - 2bB + b^2)^{0.5},$$

Donde:

B = base mayor b = base menor (m) y h = altura (m).

Con semicírculo en el techo:

$$P = 5,1416r + 2a, \text{ (fig. 09 a)}$$

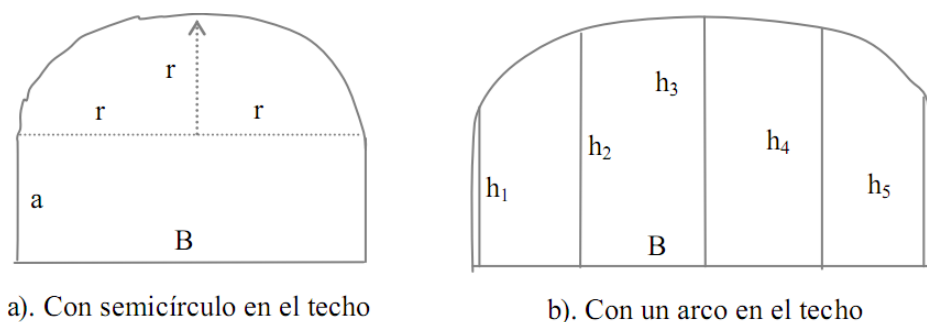
Con un arco en el techo:

$$P = 0,6398.S - 0,0047.S^2 + 6,9887, \text{ para } S > 12 \text{ m}^2$$

$$P = 1,3886S - 0,0405S^2 + 2,97178, \text{ para } S < 12 \text{ m}^2$$

En estas ecuaciones a representa la altura de la estructura de la bóveda (m), r el radio del semicírculo del techo (m) y h_1, h_2, h_3, h_4, h_5 las alturas (m). El detalle de estas dimensiones se ilustra en la fig. 9.

Figura 9. secciones típicas de aberturas subterráneas



La longitud L (m) se obtiene del proyecto o a través de la medición directa y los valores experimentales de la longitud equivalente L_e (m) son determinados mediante el Cuadro 04 que está definido por las curvas, ángulos, intersecciones, entradas y salidas de aire, las contracciones, expansiones, obstrucciones, bifurcaciones y uniones.

Tabla 5. Cuadro de Longitud equivalente L_e (m)

Singularidad que origina la pérdida de carga por choque	L_e (m)	Singularidad que origina la pérdida de carga por choque	L_e (m)
Curva aguda redondeada	0,9144	Contracción gradual	0,3048
Curva aguda con vértice	45,7200	Contracción abrupta	3,0480
Curva recta redondeada	0,3048	Expansión gradual	0,3048
Curva recta con vértice	21,3360	Expansión abrupta	6,0960
Curva obtusa redondeada	0,1524	Bifurcación (1 trecho derecho)	9,1440
Curva obtusa con vértice	4,5720	(tramo desviado a 90°)	60,9600
Puerta de ventilación	21,3360	Unión (1 trecho derecho)	18,2880
Cruce irregular	19,8120	(tramo desviado a 90°)	9,1440
Entrada de la mina (libre)	0,9144	Vehículo (20% de la cavidad)	30,4800
Descarga de la mina (libre)	19,8120	Vehículo (40% de la cavidad)	152,4000

Fuente: Hartman, et al., 1982; Ramani, R.V., 1992 y Mine Ventilation Services, Inc., 1999.

La sección S se obtiene del proyecto y en el caso de la mina en operación mediante medición topográfica directa. Cuando sea necesario, las ecuaciones indicadas a seguir son útiles en la determinación de la sección de la excavación:

Circular:

$$S = 0,7854d, \text{ donde } S: \text{ sección (m}^2\text{) y}$$

d : diámetro (m).

Rectangular:

$$S = B.A, \text{ donde } B: \text{ base (m) e } A: \text{ altura (m).}$$

Trapezoidal:

$$S = A(B + b)/2, \text{ donde } B: \text{ base mayor (m),}$$

b = base menor (m).

Arco en el techo:

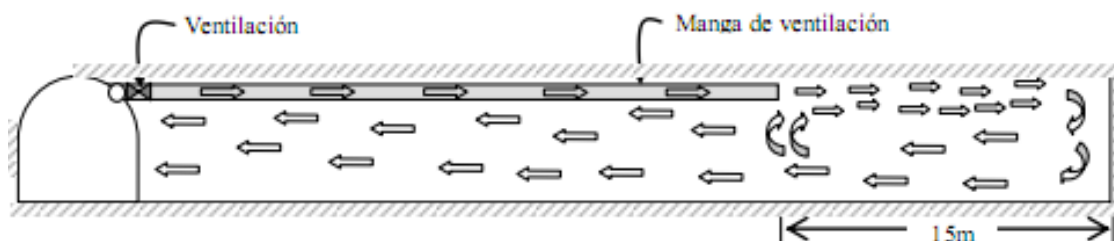
$$S = 0,13125B(h_1 + 2 h_2 + 2 h_3 + 2 h_4 + h_5) \text{ (m}^2\text{) (fig. 09.b)}$$

Semicircular en el techo:

$$S = 2ar + 1.5708 r^2 \text{ (m}^2\text{) (fig. 09.a)}$$

En el caso de los frentes de avance o labores ciegas, el flujo de aire es aplicado mediante sistema forzado (ventilador) y utilizando manga de ventilación (fig. 10), como en el caso de túneles, galerías, rampas, pozos, chimeneas, etc. y en algunos tajeos (Rom & Pillar, Bench & Fill, Drift & Fill, Sub Level Stopping, etc.)

Figura 10. Ventilación de labores ciegas



Fuente: (Navarro Torres & Dinis da Gama, 2012), ingeniera ambiental subterránea

Para calcular el caudal de aire Q (m³/s) en estos casos, se desarrolló la ecuación (12) utilizando los fundamentos de la ventilación de minas y en función de λ que es el factor de la pérdida de carga en la manga (Cuadro 05) y del diámetro D de la manga de ventilación (m).

$$Q = \left(\frac{H_p}{L \left(\frac{0.98\lambda}{D^5} + \frac{fP}{S^3} \right) + \frac{f \cdot P \cdot L_e}{S^3}} \right)^{0.5} \quad (12)$$

Tabla 6. Cuadro de valores del factor de pérdida de carga en la manga

Tipo de manga	Rígidas			Flexible	
	Plástico (polietileno)	Metálica (lisa)	Contraportada de madera	Bien suspensa	Mano suspensa
λ	0.0180	0.0205	0.0220	0.0210	0.0260

Fuente: (López Jimeno, C., 1997)

En esta situación la carga total H_p que interviene en la ecuación (12) es una variable que depende de la capacidad volumétrica del ventilador (caudal de aire) definida por la correspondiente *curva característica*. Por lo tanto, para un caudal mínimo admisible en el

frente de avance ciego Q_m (m^3/s) y para una pérdida de carga H_v (Pa) el ventilador tiene una capacidad de abastecimiento de aire hasta una longitud máxima de manga L_{max} (m) cuya expresión matemática se muestra en la ecuación (12).

Cuando las condiciones del ambiente subterráneo permiten una ventilación natural, la carga H_p (Pa) se expresa por medio de la ecuación de Atkinson (13), donde

$H_n = H(\rho_1 - \rho_2) = P_1 - P_2$; $H = z_1 - z_2$, en la que H es la diferencia entre la cota del punto de entrada (z_2) y de salida (z_1) del aire (m); ρ_1 y ρ_2 representan la densidad media de aire en el punto de entrada y salida (kg/m^3), P_1 y P_2 (Pa) son las presiones en el punto de entrada y salida del aire, R es la resistencia ($N.s^2/m^4$) y Q es el caudal de flujo de aire (m^3/s).

$$H_n = RQ^2 \quad (13)$$

e. Caracterización aerodinámica de los circuitos del aire en el ambiente subterráneo

Para caracterizar los circuitos de aire en el ambiente subterráneo se aplican las leyes de Kirchhoff desarrolladas para circuitos en serie y paralelos. (Hartman, 1992)

En circuitos de aire en **serie** existen las siguientes ecuaciones:

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_n \quad (14)$$

$$\begin{aligned} H &= h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n \\ &= R_1(Q_1)^2 + R_2(Q_2)^2 + R_3(Q_3)^2 + \dots \\ &\quad + R_n(Q_n)^2 \end{aligned} \quad (15)$$

$$R_{eq.} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (16)$$

De igual modo, en circuitos de aire **en paralelo**, existen las siguientes ecuaciones:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n \quad (17)$$

$$H = h_1 = h_2 = h_3 = \dots = h_n \quad (18)$$

$$R_{eq.} = \left\{ \frac{1}{\frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \frac{1}{\sqrt{R_3}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{R_n}}} \right\}^2 \quad (19)$$

$$R_{eq.} = R_1(Q_1)^2 = R_2(Q_2)^2 = R_3(Q_3)^2 = \dots = R_n(Q_n)^2 \quad (20)$$

En las ecuaciones (14) a (20) Q , H y R_{eq} representan el caudal, la carga y la resistencia total o equivalente, respectivamente; Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_n , h_1 , h_2 , h_3 , h_n , R_1 , R_2 , R_3 , R_n representan los caudales, depresiones y resistencias en los ramos de los circuitos de aire.

2.2.4 Presiones en Interior Mina

Para hallar la magnitud de la presión artificial, se requiere hacer una suma algebraica de las presiones de los diferentes elementos de un circuito, y hacer un balance para todos los circuitos de una ventilación (Hartman, 1992). Esta presión determinada se denomina normalmente presión total de la mina y se expresa:

$$Pt(mina) = Ps(mina) + Pv(mina)$$

2.2.4.1 Presión estática.

Según (Quispe Caceres, 2019), la presión estática hace referencia a la presión que ejerce el aire sobre las paredes de los conductos, que tiende a obligarlos a expandirse. Es la cantidad total de energía necesaria para superar las caídas de carga de un conducto:

$$Ps = Pp = Pf + Px$$

2.2.4.2 Presión de velocidad

Esta presión se define como esa presión que resulta del desplazamiento del aire. Cuanto más rápido se mueva el aire, o cuanto mayor sea la rapidez del aire, mayor será la presión del aire y viceversa. Por tanto, es la cantidad de energía requerida para superar

las pérdidas debidas a las variaciones del diámetro del conducto expresada en función de la velocidad del aire en el escape:

$$P_v = \frac{V^2}{2g}$$

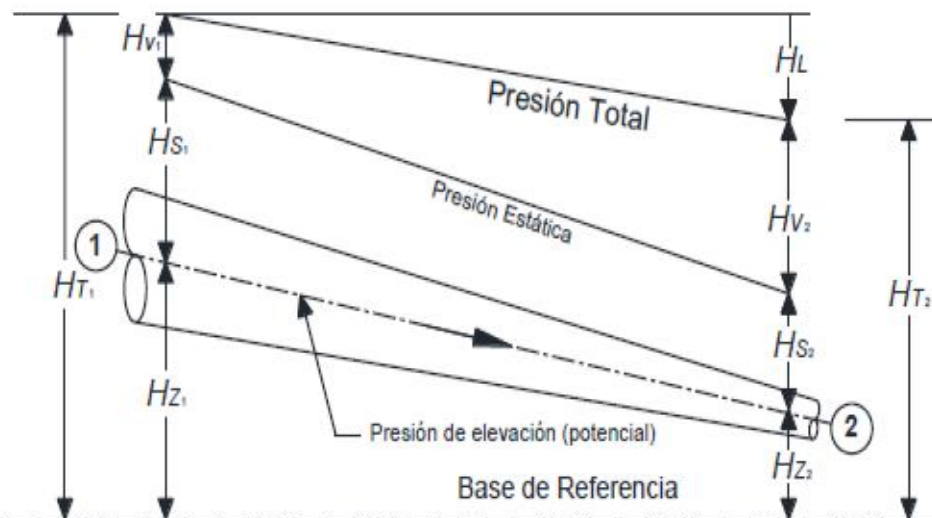
Donde:

- P_v es la Presión de velocidad
- V es la velocidad del flujo
- g es la gravedad

2.2.4.3 Pérdida de presión por fricción

En ventilación de minas la caída de presión por fricción, es de 70% a 90% de la presión total, por lo que será muy importante determinarla con buena precisión, para ello se utiliza los coeficientes adecuados.

Figura 11. *Gradiente de presiones*



Fuente: (Quispe Caceres, 2019)

2.2.5 Tipos de Ventilación

Hay 2 tipos o métodos básicos utilizados en la ventilación de mina, los cuales son:

- El Aspirante

- El Impelente.

Según (Quispe Caceres, 2019), la combinación de estos 2 métodos, conduce a la generación de otros métodos; que en muchas situaciones nos dan esa eficiencia y garantía requerida, por lo cual podemos mencionar.

- Impelente al momento la perforación, y Aspirante al finalizar los disparos.
- Aspirante para el ventilador principal, unido a tuberías fijas, e Impelente con otro ventilador acondicionado a tuberías temporales, que se ubican cerca del Frente de la labor.
- Impelente para el ventilador principal, unido a tubería fijas y para la extracción se utiliza otro ventilador auxiliar, unido a una tubería temporal, y que se ubica cerca al frente de trabajo.

La elección del sistema de ventilación se decide fundamentalmente por las diferentes circunstancias legales y el presupuesto de la empresa. Según (Sergeomin – Chile., 2006), el sistema de aspiración suele ser el más favorable en comparación con el sistema de soplado, pero en algunas ocasiones es práctico utilizar alternativamente sistemas de succión y sistemas de soplado, el primero para extraer los gases y el segundo para la buena comodidad de los operarios principalmente para diluir el polvo.

2.2.5.1 Ventilación impelente.

En este sistema de ventilación, en el que el aire se suministra a través de tuberías, manguitos, se conducen hasta una cierta distancia del frente de trabajo. el aire contaminado mezclado con este aire puro sale para el mismo trabajo.

Para (Fernández Felgueroso & Luque Cabal, 1975), la mayor eficacia en la dilución de gases tóxicos viene determinada por la distancia L entre los extremos del

tubo / manga y el área de trabajo, la cual no debe ser demasiado grande para tener las propiedades de turbulencia del chorro libre.

2.2.5.2 Ventilación aspirante

Con ventilación tipo aspiración, el aire entra por uno de los extremos abierto de la tubería instalada a una distancia que se considera suficiente idónea, si el área efectiva del extremo de succión se extiende a una distancia corta del extremo de la tubería (Fernández Felgueroso & Luque Cabal, 1975).

2.2.5.3 Variación de la velocidad del aire

Tabla 7. *Variación de la velocidad del aire según tipo de ventilación*

Impelente		Aspirante	
Distancia (m)	Velocidad (v) (%de V en descarga)	Distancia (m)	Velocidad (v) (% de V en entrada)
5	95	0,25	60
10	60	0,50	27
25	15	0,75	14
35	5	1,00	7

Fuente: (Quispe Caceres, 2019)

2.2.5.4 Ventilación natural

La ventilación natural es muy utilizada y en la minería se utiliza en muchos casos como un solo sistema. Esta es producida por medio de una energía natural, que sea capaz de crear un flujo de aire natural que se ve influenciado por el gradiente térmico entre diferentes los diferentes puntos del circuito de ventilación (Nieto, s.f.).

De acuerdo con el mismo autor, esto puede deberse al calentamiento o enfriamiento del aire a medida que fluye por medio de la mina, así como de la temperatura del suelo, la oxidación, los enfriamientos por sustancias extraídas, el consumo de energía de las máquinas y la absorción de los gases ligeros y de la humedad.

En la gran mayoría de los casos, varios de estos factores intervienen en la respuesta de una corriente de aire natural, la fluctuación de la temperatura y la absorción crítica de humedad, en paralelo con sus efectos sobre los cambios en el volumen y la densidad del aire en la mina, se complementan mutuamente, otros son los principales factores que generan el tirón natural.

La humedad resulta ser beneficiosas en los pozos de entrada, y son perjudiciales en los pozos de retorno, esto debido a que en los pozos de entrada sirven para aumentar el flujo de aire de 12 a 16%. En pozos donde el agua se mueve contra el viento y choca con él a mayor velocidad, el efecto retardador puede, sin embargo, alcanzar hasta 58 % de trabajo de caída de agua (DIGESA, 2015).

- Determinación de volumen del flujo de ventilación natural

El volumen de aire que fluye, que resulta de la presión de ventilación natural en una mina, puede calcularse sin tomar en consideración la presión de velocidad. Ya que puede determinarse gráficamente. La ecuación para el caso de estática de mina, en cuanto a la caída de la presión (o pérdida de presión) se considera igual a la caída de presión de ventilación natural vista y resuelta por volumen.

$$Q = \sqrt{\frac{5,2HnA^3}{Kp(L+Le)}} \quad \text{mmH}_2\text{O}$$

$$Q = \sqrt{\frac{HnA^3}{Kp(L+Le)}} \quad \text{en Pa}$$

Donde:

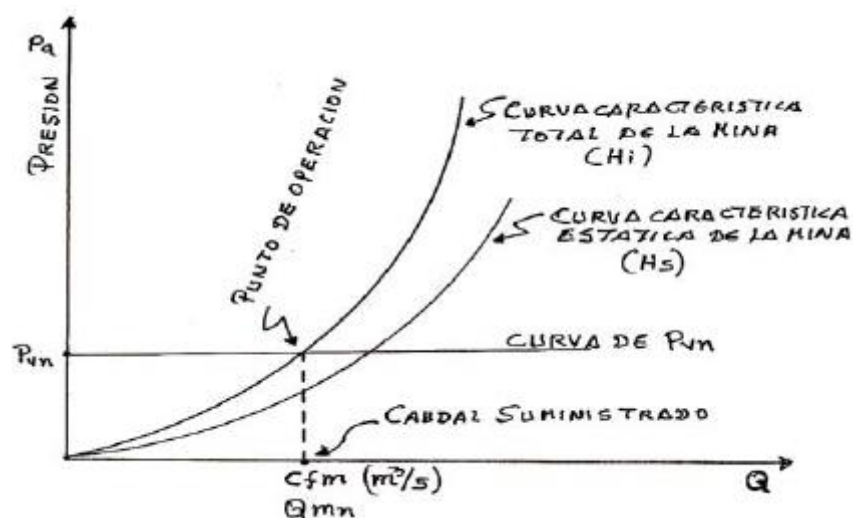
- Hn: presión natural
- K: factor de fricción
- P: perímetro de ducto o galería
- L: longitud de ducto o galería

- L_e : longitud equivalente.

- Curva característica de la ventilación natural

Dado que la presión de ventilación natural es un fenómeno estacional, la cual es dependiente de la variación de temperatura dentro de la mina, es común que, en los cálculos de ventilación, se represente la curva de la mina como una línea recta horizontal, como se ve en la figura 12.

Figura 12. *Curvas características de la ventilación natural*



Fuente: (Quispe Caceres, 2019)

En la práctica, la línea para P_{vn} se mueve verticalmente durante todo el año, lo que explica las fluctuaciones en el flujo de aire que circula por una mina con un sistema de ventilación natural.

2.2.5.5 Ventilación mecánica

La Ventilación mecánica significa el uso de ventiladores para generar movimiento del flujo de aire en las operaciones mineras con el fin de eliminar el aire contaminado que se produce en las minas subterráneas (Quispe Caceres, 2019).

La notable ventaja sobre la ventilación natural de este sistema, se debe a que se puede regular de manera sencilla y se puede lograr la cantidad de aire que se desea.

Según (Quispe Caceres, 2019), un ventilador se define como una turbomáquina con una relación de compresión (presión absoluta en la salida / presión absoluta en la entrada) de 1,1 o menos. Cualquier otra turbomáquina que aumente la presión de modo que la relación P_d / P_a sea mayor que 1,1; hace que se denomine ventilador o compresor, dependiendo del valor de P_d / P_a .

A relaciones de compresiones de ordenes cercanos a 1,1, la reducción del volumen del aire es del orden del 7%, lo que permite suponer que el volumen de salida es igual al volumen de entrada. Los ventiladores mecánicos producen el flujo de aire directamente creando una cierta compresión (depresión), según como actúen las ventosas o impulsores.

2.2.6 Ventiladores para Minería Subterránea

Para movilizar el aire a sistemas de ventilación o escape, es necesario el uso energía para aumentar las pérdidas de presión en el sistema. La energía puede provenir de convección natural o forzada. Sin embargo, gran parte de los sistemas de ventilación necesitan un dispositivo de movimiento de aire, como los ventiladores (MineroArtesanal.com, 2006).

En los ventiladores, su funcionamiento está basado en el suministro de energía mecánica, para movilizar el aire a través de un rotor que, rota a grandes velocidades, aumentando la energía cinética del aire, la cual se convierte parcialmente en presión estática. Por lo general, se dividen en 2 grupos: ventiladores centrífugos y ventiladores. Axiales

2.2.6.1 Clasificación de los ventiladores

Según como hay sido la construcción de este, los ventiladores utilizados en la minería podrían ser axiales y centrífugos, siendo los de tipo axial, los más modernos y extendidos.

De acuerdo a, la aplicación de las leyes física es indistinto tanto para ventiladores axiales y como centrífugos. La única diferencia que hay, es en términos de características de eficiencia, potencia y capacidad.

La clasificación de ventiladores se da según:

1.- Según el tipo de construcción.

A los efectos de la ventilación de minas, los ventiladores se pueden clasificar en 2 categorías principales.

- **Radiales o centrífugos:** En este ventilador el aire sale del impulsor en una dirección de 90° con respecto al eje del impulsor.

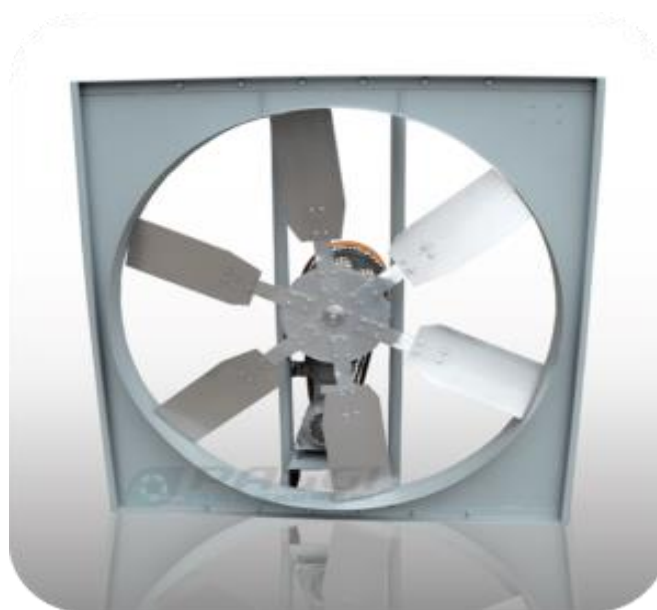
Figura 13. Ventilador axial



Fuente: (PAGGI Ingenieros, s.f.)

- **Axial:** La manera en que el aire se ve obligado a pasar a través del ventilador recuerda el principio de acción de un caracol (par tornillo-tuerca). Aquí el impulsor desempeña el papel de un tornillo y el flujo de aire actúa como una tuerca. Cuando el impulsor gira, tiene movimientos de avance y rotación.

Figura 14. Ventilador centrífugo:



Fuente: (PAGGI Ingenieros, s.f.)

2.- Según su función.

Según la función que desempeñen los ventiladores se clasificaran en:

- **Ventilador principal o de superficie:** Normalmente se instala en superficie para que ventile toda la mina.
- **Ventilador de refuerzo:** Se instala en un pasaje subterráneo principal para ayudar al ventilador principal a ventilar mejor un circuito pesado.
- **Ventilador auxiliar:** Se instala en obras subterráneas en combinación con conductos para ventilar una galería de avance o una Terminal ciega.

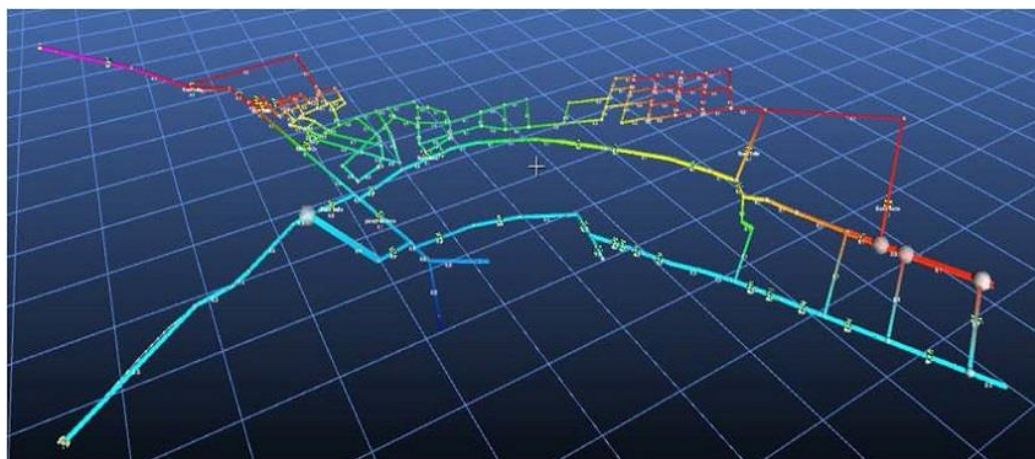
2.2.7 Simulación de Circuitos de Ventilación

De acuerdo a (Bustamante Rúa, Daza Aragón, & Bustamante Baena, 2018), luego de haber realizado la correcta caracterización de una mina, toda esa información es llevada al software Ventsim™, para realizar las necesarias simulaciones. Por ejemplo, para conocer la influencia de poner algún ventilador o no sellar en la unidad minera, así como su calidad. Con estas simulaciones es posible determinar los impactos que tendría en la mina en cuanto a fugas

de aire y recirculaciones. También, con estas simulaciones es necesario evaluar la eficiencia de los sellos, ya que según su calidad pueden prevenir fugas en mayor o menor medida, y existe un mejor control de la dirección del aire.

En esencia, se analizan los diferentes escenarios con las distintas simulaciones. Esto nos permitirá observar las distribuciones del aire en la mina sin sellos, y permitirá el análisis del comportamiento del sistema de ventilación con la implementación de tapones de diferentes marcas y calidades. Esto se basa en algunas suposiciones que se proponen como hipótesis para el caso de estudio (Bustamante Rúa, Daza Aragón, & Bustamante Baena, 2018).

Figura 15. *Mina objeto de estudio en el software Ventsim™*



Fuente: Simulation software VENTSIM™ the influence of implementation of work abandoned sealings ventilation of an underground coal mine (Bustamante Rúa, Daza Aragón, & Bustamante Baena, 2018)

2.2.7.1 Definición de software VENTSIM

La ventilación en las minas subterráneas ha sido una preocupación principal durante muchos años. Sin embargo, no fue hasta que se introdujera el análisis de modelos informáticos (software) en los últimos años. Los cuales se basaron en una amplia información de experiencias, supuestos y cálculos.

Bajo ese enfoque, Ventsim Visual® permite hacer el diseño y simulaciones de redes de ventilación minera, como un proceso accesible para cualquier ingeniero de minas o técnico de ventilación, e incluso según el desarrollador, para personas sin amplia experiencia en este campo.

2.3 MARCO NORMATIVO

Las siguientes normas rigen sobre la ventilación subterránea:

- Decreto Supremo 023 – 2017 EM, en el subcapítulo VIII del Título IV, hace referencia con respecto a la ventilación cuyo detalle se presenta en el anexo 38 del presente Reglamento

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 EL PROBLEMA

3.1.1 Descripción de la realidad problemática

En la minería actual las condiciones de trabajo en labores mineras subterráneas deben tener las condiciones de trabajo favorable para los trabajadores, de acuerdo al R.S. N° 023-2017-MINEM, siendo uno de los objetivos de las empresas velar por los trabajadores, que los frentes de trabajo se encuentren en condiciones favorables para ejecutar las actividades de exploración, desarrollo y explotación. Siendo uno de las condiciones en la labor minera subterránea la ventilación, cuya finalidad es dotar o suministrar una buena cantidad y calidad de flujo de aire a los áreas de trabajo, aumentando considerablemente la eficiencia de los trabajadores en la producción; además un buen flujo de aire en el interior mina diluye la concentración de contaminantes como polvos, gases y humos, producto de la actividad misma, reduciendo los riesgos de asfixia y las enfermedades pulmonares, que pueden afectar a los trabajadores.

Actualidad, en esta unidad, no habido un estudio detallado de la ventilación Natural, para conocer técnicamente, la condición de las labores subterráneas, para conducir los flujos de aire; solo existiendo algunos informes sobre el flujo de aire en las entradas de las bocaminas. Cabe resaltar que, hasta el momento, la ventilación natural aun es aceptable y suficiente, pero, hay un proyecto de profundización mediante el inclinado Amapola para explotar las reservas por debajo de este Nivel, en donde se podría tener problemas de ventilación, a través de esta investigación se evaluará el sistema de ventilación de la mina, especialmente de la zona de profundización Pierina - Madrugada.

Por ello es necesario conocer el comportamiento del flujo de aire a través de las labores subterráneas para determinar la efectividad de la ventilación natural y alternativas en la planificación de la ventilación.

3.1.2 Planteamiento y formulación del problema

3.1.2.1 Problema principal

¿El flujo de aire mejora la ventilación en las labores mineras subterráneas en Minera Huinac S.A.C. - año 2021?

3.1.2.2 Problemas secundarios

¿La temperatura del aire en las labores mineras subterráneas influye en la ventilación en Minera Huinac S.A.C.?

¿La velocidad y caudal del aire en las labores mineras subterráneas influye en la ventilación en Minera Huinac S.A.C.?

3.1.3 OBJETIVOS

3.1.3.1 Objetivo general

Mejorar el flujo de aire para la ventilación en las labores mineras subterráneas en Minera Huinac S.A.C. - año 2021

3.1.3.2 Objetivos específicos

Determinar la temperatura del aire en las labores mineras para la ventilación en Minera Huinac S.A.C.

Analizar la velocidad y caudal del aire en las labores mineras mediante el uso de software para la ventilación en Minera Huinac S.A.C.

3.1.4 Justificación de la investigación

Se justifica porque mediante el análisis del flujo de aire se mejorará la ventilación en las labores mineras subterráneas en Minera Huinac S.A.C.

La Investigación será una valiosa fuente de información que ampliará el conocimiento de todas las personas involucradas en el quehacer minero subterráneo. Así mismo servirá como base teórica o referente bibliográfico para futuros trabajos de investigación

Es conveniente para los alumnos y docentes de la FIMGM - UNASAM, porque coadyuvara al mejoramiento de la ejecución de trabajos de investigación.

Servirá al suscrito para obtener su título profesional de ingeniero de Minas de la FIMGM - UNASAM.

3.1.5 Limitaciones

En el trabajo de investigación se ha notado una serie de limitaciones que a continuación se menciona:

Acceso a la información técnica por parte de la Minera Huinac S.A.C.; en lo relacionado al trabajo de investigación,

Falta de bibliografía técnica relacionado a la elaboración de la tesis.

Criterios técnicos de los profesionales involucrados en esta materia.

3.1.6 Alcance de la investigación

El presente trabajo de investigación tendrá un alcance teórico – práctico, para todos aquellos estudiantes de pre-grado de la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia, para profesionales de la rama de ingeniería y de suma importancia para el conocimiento del flujo de aire para mejorar la ventilación de las labores mineras subterráneas de Minera Huinac S.A.C.

3.2 HIPÓTESIS

3.2.1 Hipótesis general

El flujo de aire mejoraría la ventilación en las labores mineras subterráneas influirá en la ventilación en minera Huinac S.A.C.

3.2.2 *Hipótesis específica*

La temperatura del aire en las labores mineras subterráneas influiría en la ventilación en minería Huinac S.A.C.

La velocidad y caudal del aire en las labores mineras subterráneas influiría en la ventilación en minería Huinac S.A.C.

3.3 VARIABLES

3.3.1 *Variables independientes*

Flujo de aire

3.3.2 *Variables dependientes*

Mejora la ventilación en las labores mineras subterráneas en minera Huinac S.A.C.

3.4 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.4.1 *Tipo de investigación*

Según Mario Bunge, los tipos de investigación pueden ser básica, aplicada, estratégico y adaptativa. Para el presente estudio se adecua un tipo de investigación cuantitativa aplicada, toda vez que consigna datos que se establecen en las labores mineras de la mina en estudio que luego serán procesadas para consignar el fin que se persigue. Además, permite plantear algunas alternativas de solución frente al problema en estudio.

3.4.2 *Nivel de investigación*

Conforme a los propósitos del estudio la investigación se centra en confrontar la teoría con la realidad, es decir prueba o invalida la hipótesis. El nivel es descriptivo, (**Sampieri, 2018**) porque establece las características que deben cumplir las labores subterráneas en estudio, para mejorar los sistemas de ventilación, luego de evaluado las redes de ventilación con el software Ventsim.

3.4.3 *Diseño de Investigación*

El diseño es no experimental-transversal, (*Sampieri, 2018*) por cuanto se consignan en base a los datos existentes en las diferentes labores mineras de la mina en estudio; centralizadas en el año 2021.

3.4.4 *Método:*

En el presente trabajo de investigación utilizamos el método de Análisis – Síntesis, es decir, las características, los fenómenos que originan las deficiencias en la fase minera unitaria de perforación; conforme se desarrolla el trabajo. Para el desarrollo de esta tesis necesitamos analizar las variables independiente y dependientes como son: caudal de aire, temperatura, presiones de aire dimensiones de labores y explicarlos los resultados de flujo de aire en base al resultado de los cálculos y la simulación por el software Ventsim.

3.4.5 *Población y muestra*

3.4.5.1 **Población**

La población está determinada por todas las labores influenciadas por la ventilación en la mina en estudio.

Cortada Principal Nivel 4.

Chimenea Cairra Nivel 4 al Nivel 3

Inclinados I y II (acceso al Nivel 4.1)

3.4.5.2 **Muestra**

Las muestras serán tomadas en los niveles principales de acceso de flujos de aire de la zona Pierina - Madrugada nivel 4 y nivel 4.1 de la empresa Minera Huinac.

3.4.6 Técnicas de instrumentación de recolección de datos

3.4.6.1 Técnicas

Las técnicas de investigación se determinan mediante el análisis de los procedimientos para el estudio del flujo de aire para mejorar la ventilación en minera Huinac S.A.C.

3.4.6.2 Instrumentos

Se tomará en cuenta lo siguiente

Reportes de los diferentes levantamientos del caudal de aire en las diferentes labores mineras subterráneas.

Para la toma de datos se ha utilizado los instrumentos de medición de flujos de aire como:

- termo-anemómetro digital marca DELTA OHM
- Higrómetro marca DELTA OHM
- Distanciómetros.

3.4.6.3 Forma de tratamiento de datos

Para procesar los datos se usarán las siguientes técnicas:

3.4.6.4 Mediante la consistencia

Esto consiste en depurar los datos innecesarios.

3.4.6.5 Clasificación de la información

Esta técnica es como su propio nombre menciona que es la clasificación de toda la información obtenida, ya sea bibliográfica, del internet, folletos, revistas con la finalidad de dar jerarquía a la información.

3.4.6.6 Tabulación de datos

Se hará mediante el uso del programa Excel ya que este nos facilita para obtener los resultados con mayor rapidez.

3.4.6.7 Forma de análisis de las informaciones

Para este punto se utilizará la siguiente técnica:

3.4.6.8 Estadística descriptiva para cada variable

Esto nos permitirá obtener una distribución de los datos.

CAPITULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 DESCRIPCION INICIAL DE LA VENTILACION DE LA UNIDAD MINERA HUINAC

En la unidad minera Huinac inicialmente no se cuenta con un sistema de ventilación para el buen suministro de aire para las labores internas, ya que se está realizando trabajos de profundización de labores mediante un Inclinado, para una descripción de la red de ventilación de las labores se realizó mediante la toma de datos de las mediciones en campo como el caudal de ingreso y el caudal de salida, donde se logró determinar la cobertura del sistema con sus respectivos requerimientos de ingreso de aire.

Se logró tomar los datos a lo largo de la labor de la unidad minera, donde se realizará el análisis de las zonas Madrugada y Pierina del nivel 4 y nivel 4.1, la cual es el nivel más bajo de la unidad minera hasta la fecha.

4.1.1 Toma de datos de Ventilación

Con el inicio de estudio de ventilación, se elaboró un esquema de aforo de las principales entradas y salidas de aire de la zona Pierina y Madrugada del Nivel 4 y Nivel 4.1; la mina contará con un formato básico de medición de estaciones, que permitirá a la empresa, llevar un control de las variaciones de flujo.

El mapeo, además, consiste en medir dimensiones de las labores, cota, temperatura, humedad relativa, además otras características físicas de las labores de la Minera Huinac S.A.C.

Se detallan las 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 los puntos de recirculación de aire y características de la labor.
- Concluido el levantamiento de aforos, se debe determinar el balance de entradas y salidas de aire, no debe exceder en más de un 10%.

4.1.2 Medición de Área de las Labores Subterráneas:

Para las mediciones de aire en primer lugar se establecen las estaciones de monitoreo de caudal de aire, temperatura y gases; considerando que la estación es en una zona uniforme en un tramo de tres metros de la galería, crucero, inclinado, chimeneas, by pass y transversal al caudal de aire, se toma las medidas con un flexómetro en cada estación.

Para el cálculo del área se considera el ancho y altura de la labor en todas las estaciones de monitoreo.

$$A(m^2) = Ancho(m) \times Altura (m)$$

4.1.3 Medición de Velocidad de Aire

Para las mediciones de velocidad del flujo de aire circulante en una galería se utilizó un termo-anemómetro digital marca DELTA OHM para velocidades mayores a 20 m/s, la medición consistió en realizar lecturas en 6 posiciones diferentes con cambios de 5 segundos, siguiendo una trayectoria en forma ese” S”. La lectura final es el promedio de las 6 mediciones individuales, esto para todo lo puntos de monitoreo.

Las velocidades menores a 20 m/s se realiza utilizando el tubo de humo, bombilla, cronometro y un flexómetro, ubicándose en las estaciones de monitoreo la cual es uniforme tomando dos puntos; punto 1 y punto 2 con una distancia de tres metros, se posiciona el tubo

en punto 1 con su bombilla se presiona la bombilla sale el humo y se controla el tiempo que demora en llegar al punto 2 con el cronometro.

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 anemómetros en la misma chimenea no es factible, es insegura y puede resultar en medidas inexactas por la incomodidad y turbulencia del aire.

$$Velocidad \left(\frac{m}{s} \right) = \frac{Distancia(m)}{Tiempo (s)}$$

4.1.4 Medición de Temperatura

La medición de temperatura y humedad relativa se utilizó el instrumento Higrómetro marca DELTA OHM, tomando las mediciones en cada estación de monitoreo.

4.1.5 Cálculo del Caudal de aire

El cálculo del caudal de aire que circula por una labor minera, se realiza con la ecuación de continuidad de flujo.

$$Q = V \times A$$

Donde:

Q : caudal de aire (m^3/min)

V : Velocidad promedio en una determinada estación (m/min)

A : Área, sección transversal al flujo de aire (m^2)

4.1.6 Estaciones Principales (Ingresos y Salidas de Aire)

Para el cálculo de la cobertura de la mina, se tomó en cuenta 02 zonas de ingreso Inclinado I e Inclinado II; y para las salidas se ha tomado los caminos y chimeneas que conectan el nivel 4.1 al nivel 4

Las siguientes tablas presentan un resumen de los puntos aforados:

Tabla 8. *Estaciones del ingreso de aire del Nivel 4.*

Estac.	UBICACIÓN		
	Nivel	Labor	Detalle
EV-02	4	Cortada Principal	20 m antes de la ramificación
EV-CH CAI	4	CH-CAM Caira	a 10 m antes de la boca de descarga en el nivel 4

Adaptación propia del Investigador

Tabla 9. *Estaciones e ingreso de aire del Nivel 4.1*

Estac.	UBICACIÓN		
	Nivel	Labor	Detalle
EV-06	4.1	INCLINADO I	40 m antes de la plataforma NV 4.1
EV-07	4.1	INCLINADO II	10 m antes de la plataforma NV 4.1

Adaptación propia del Investigador

4.1.7 Estaciones secundarias

Las estaciones de ventilación secundarias, se tomaron en las labores de mayor representatividad, galerías, cruceros, chimeneas, los cuales permitió conocer la distribución interna del flujo de aire. La data se observa en el Anexo.

4.1.8 Puntos de Recirculación de aire

Se ha considerado los puntos de recirculación de aire, para establecer componentes de direccionamiento como puertas, cortinas, apertura de chimeneas de ventilación o clausura de labores que causan la recirculación.

4.1.9 Equipos de Medición

- 01 Equipo digital multifunción:
 - ✓ 01 Sonda molinete de 60 mm Ø.
- 01 Barómetro-altímetro digital.
- 01 Distanciómetro digital.
- 01 Cronometro digital.
- Tubos de humo.

4.2 ESTUDIO Y DISEÑO ACTUAL DEL SISTEMA DE VENTILACION

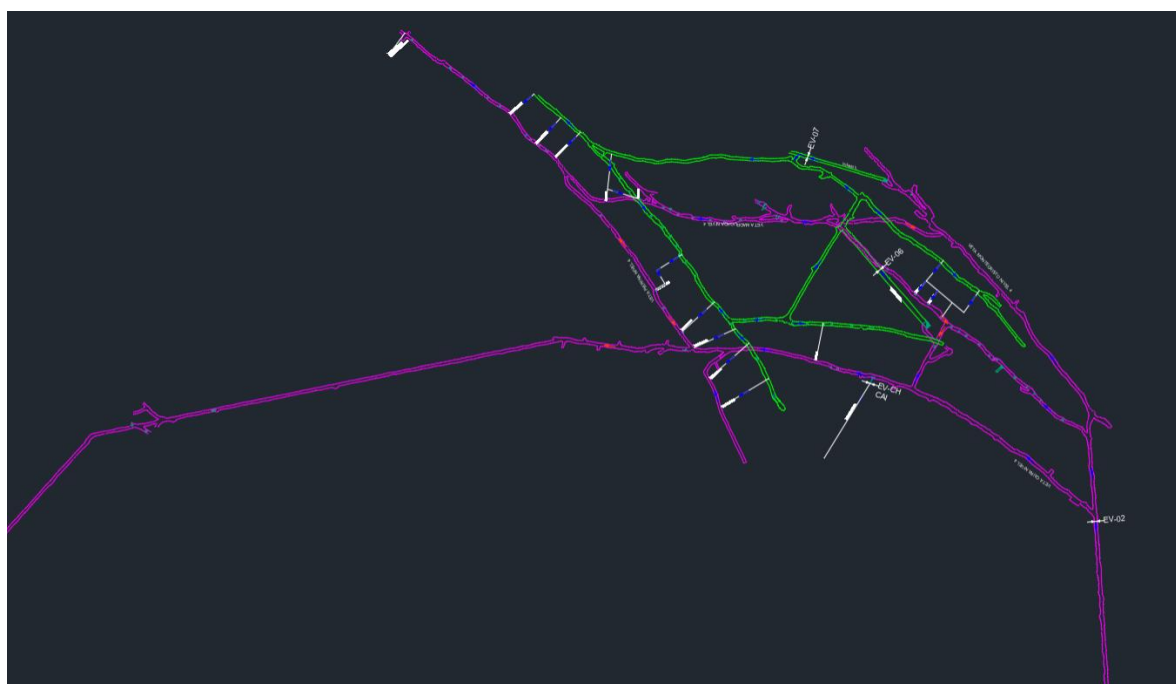
Para la evaluación de la calidad y cantidad de aire limpio que ingresa a la unidad minera se lleva a cabo un levantamiento de ventilación que comprende.

1. Inicialmente se realiza un levantamiento del plano topográfico de la unidad minera, para conocer los lugares donde hay escasas de aire puro y poder detectar los gases, polvos, temperatura, personal, velocidades, obstrucciones, transito.
2. Se reconocieron los accesos de aire limpio y las salidas de aire viciado con las respectivas secciones de los puntos donde se tomó la muestra, esto con el fin de determinar su máxima capacidad de ingreso y salida.
3. Luego del análisis de los planos realizados y reconocimiento con el personal de ventilación, se procedió a realizar un muestreo desde el nivel inferior hacia el superior siguiendo y midiendo el sentido por donde se direcciona el aire viciado.
4. Para la toma de muestras el personal de ventilación se ubicará en los puntos preestablecidos y luego determinar el avance del aire, y luego determinar los gases de O₂, CO, CO₂, NO₂ para continuar con la medición de velocidades con la cual pasa por la sección esto se realizará con un anemómetro digital y finalmente determinar las

temperaturas en la cual se presenta en la sección de prueba. Todas estas mediciones se anotan en cuaderno de apuntes para luego llevarlos al plano.

5. Luego de haber realizado el levantamiento de la ventilación en mina se realiza una comparación con el aire fresco que ingresa en relación al aire viciado que sale

Figura 16. *Plano Topográfico Subterráneo de la unidad minera*



Adaptación propia del Investigador

4.2.1 Ingreso Inicial de Aire

Se tomó los datos de ingreso de aire en el nivel 4 donde se mostrará en la siguiente tabla

Tabla 10. *Ingreso de aire en el nivel 4*

LEVANTAMIENTO DE AFOROS - INGRESO DE AIRE																								
				RESPONSABLE:										Bach. Luis Liñán Ramírez		NIVEL		4						
				PERSONAL ASISTENTE:										Celedonio Oncoy y Walter Tadeo		MINA		Minera Huinac						
																FECH		23/09/2021						
Estac.	UBICACIÓN			VELOCIDAD (m/s)										HORA	Condiciones Amb.		SECCIÓN		ÁR	VELOCID		CAUDAL		Distr
	Niv	Labor	Detalle	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10		T°C	HR %	a	h	EA	m/	m/	m3/	cfm	ib.
	el															(m)	(m)	m2	s	min	min		(%)	
EV-02	4	Cortada Principal	20 m antes de la	1.48	1.48	1.51	1.27	1.20	1.02	1.26	0.94	0.68	0.74	10:55 :00	14.1		1.80	2.10	3.78	1.16	69	263	9,275	77.3 %

		ramifica ción																							
EV-CH CAI	4	CH-CAM Caira	a 10 m antes de la boca de descarg a en el nivel 4	1. 59	1. 37	1. 22	1. 25	1. 46	1. 68	1. 85	1. 84	1. 59	1. 44	11:55 :00	10.9			1.2 0	0.7 0	0.8 4	1. 53	92	77	2,72 1	22.7 %
TOTAL INGRESO																						340	11,9 96	100 %	

Adaptación propia del Investigador



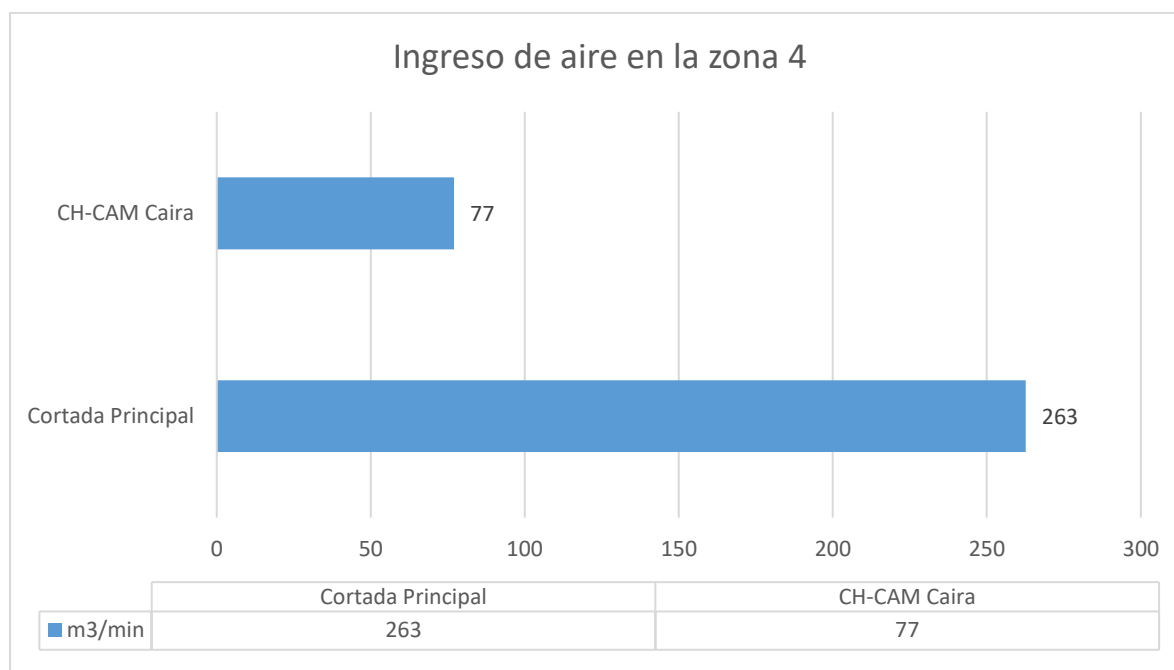
Tabla 11. Ingreso de aire en el nivel 4.1

		LEVANTAMIENTO DE AFOROS - INGRESO DE AIRE																						
		RESPONSABLE:	Bach. Luis Liñán Ramírez												NIVEL	4.1								
		PERSONAL ASISTENTE:	Celedonio Oncoy y Walter Tadeo												MINA:	Minera Huinac								
																FECH A:	23/09/2021							
Esta	UBICACIÓN			VELOCIDAD (m/s)										HORA	Condiciones Amb.		SECCIÓN		ÁRE A	VELOCID AD		CAUDAL		Distri b.
	Niv el	Labor	Detalle	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10		T°C	HR %	a (m)	h (m)	m2	m/s	m/min	m3/min	cfm	(%)
EV-06	4.1	INCLINADO I	40 m antes de la plataforma	0.54	0.58	0.52	0.43	0.50	0.49	0.44	0.40	0.28	0.38	16:15:00	17.4		2.40	1.71	4.10	0.46	27	112	3,965	48.2%

			ma NV 4.1																						
EV-07	4.1	INCLINAD O II	10 m antes de la platafor ma NV 4.1	0.9 1	0.9 0	0.9 3	1.0 0	0.8 1	0.9 9	0.9 5	0.9 6	0.9 1	0.9 2	16:25: 00	16.7		1.6 3	1.3 3	2.1 7	0.9 3	56	121	4,2 63	51.8 %	
TOTAL INGRESO																					233	8,2 28	100%		

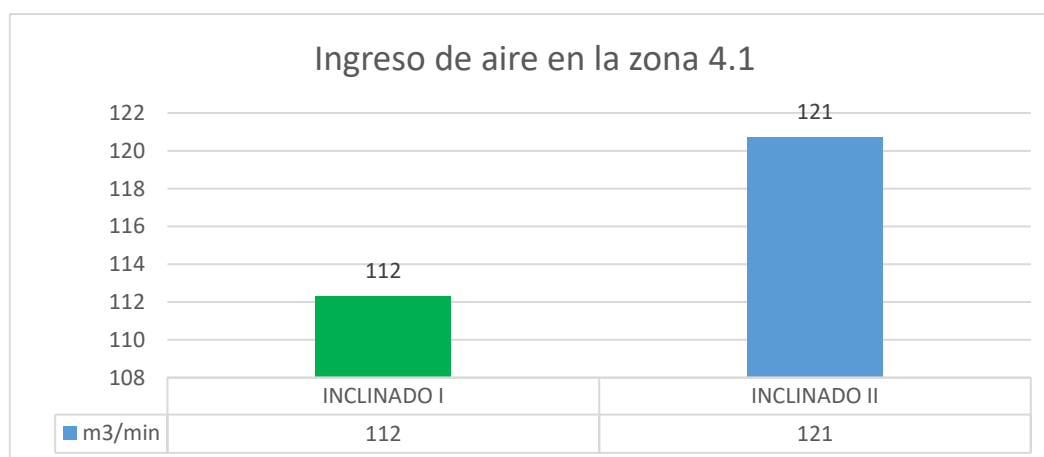
Adaptación propia del Investigador



Figura 17. Gráfico ingreso de aire en la zona 4

Adaptación propia del Investigador


En el gráfico se muestra los índices de caudal de aire que ingresa por la zona 4, los puntos en donde se tomó las muestras son la cortada principal 20m antes de la ramificación, y el otro punto se tomó en la CH CAM Caira a 10m antes de la boca de descarga en el nivel 4. con un total de ingreso de aire de 377 m3/min.

Figura 18. Gráfico ingreso de aire en la zona 4.1

Adaptación propia del Investigador

En el grafico anterior se determina las entradas de aire en la zona 4.1, se lograron tomar los datos en dos puto como son, el inclinado I a 40 m antes de la plataforma NV 4.1 y el inclinado II a 10 m de la plataforma NV 4.1. contando un ingreso total de aire de 259 m³/min.

Tabla 12. Salida de aire en el nivel 4

		LEVANTAMIENTO DE AFOROS - SALIDA DE AIRE																						
		RESPONSABLE:												NIVEL:										
		PERSONAL ASISTENTE:												MINA:										
														FECHA:										
Est	UBICACIÓN			VELOCIDAD (m/s)										HOR	Condiciones		SECCI		ÁR	VELOCI		CAUDAL		Dist
	ac.	Niv	Labor	Detall	V	V	V	V	V	V	V	V	V		V	A	Amb.	HR		a	h	EA	m/	
	el		e	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		T°C	%	(m)	(m)	m2	s	n	min	m	(%)
ES-01	4	CH1-PRN SUR	Salida del Tajo 6	0.69	0.70	0.71	0.70	0.68	0.69	0.71	0.70	0.72	0.71	13:11:00	15.6		0.75	0.70	0.53	0.70	42	22	780	7.8%

ES-02	4	CH2-PRN SUR	Salida del Tajo 6	1.38	1.39	1.38	1.37	1.36	1.37	1.38	1.36	1.38	1.36	13:17:00	15.8		0.80	0.50	0.40	1.37	82	33	1,164	11.7%
ES-04	4	CH2-CAI	Salida del Tajo 1	0.40	0.46	0.48	0.49	0.50	0.51	0.52	0.51	0.51	0.52	14:03:00	15.1		0.60	0.60	0.36	0.49	29	11	374	3.7%
ES-06	4	CH3-PRN SUR	Salida del Tajo 4-5	0.59	0.60	0.58	0.60	0.61	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	14:10:00	16.8		0.50	0.90	0.45	0.59	36	16	565	5.7%
ES-07	4	CH4-PRN SUR	Salida del Tajo 4-5	0.38	0.30	0.39	0.40	0.41	0.42	0.44	0.45	0.44	0.43	14:14:00	17.3		0.80	0.90	0.72	0.41	24	18	619	6.2%

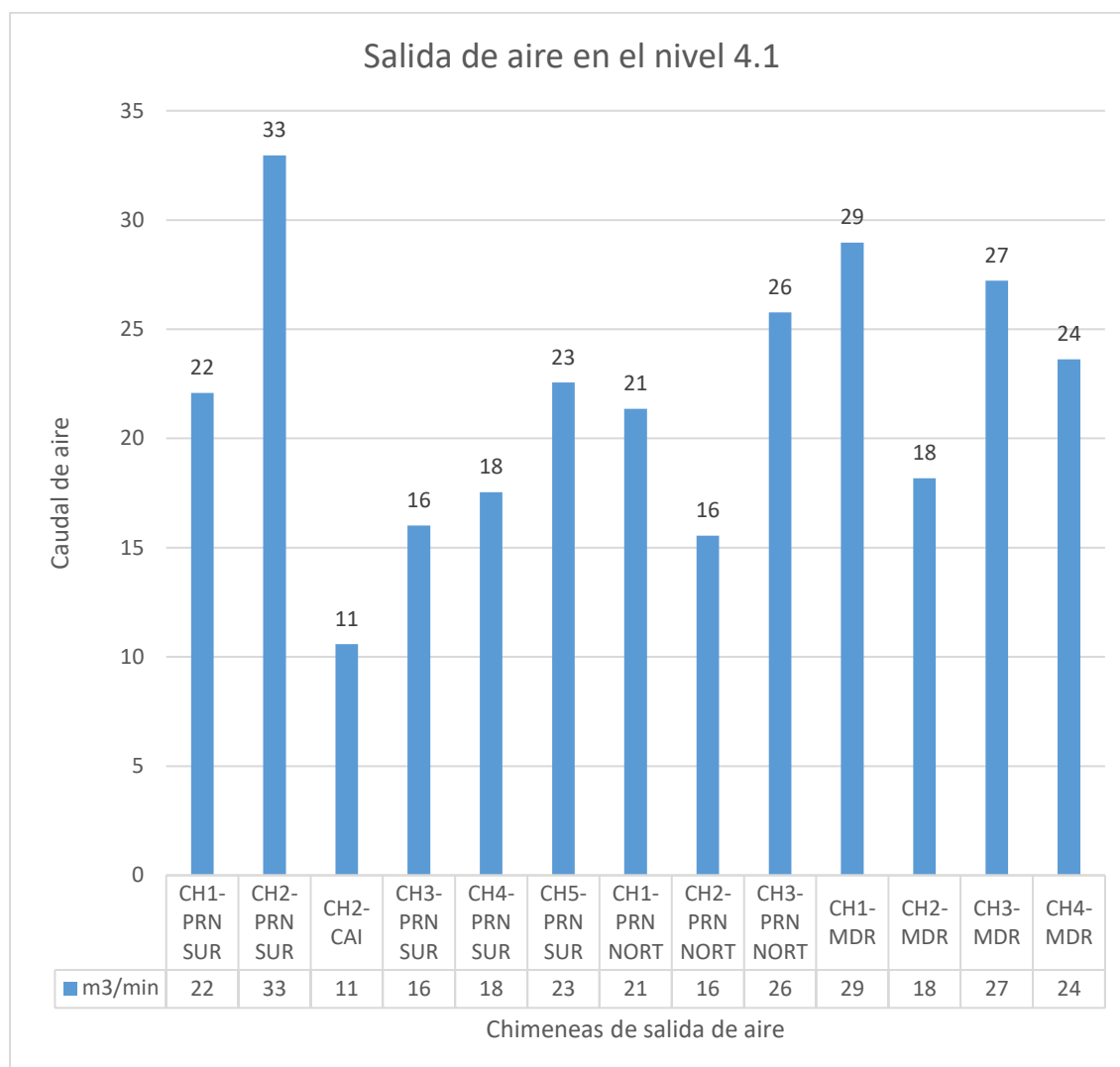
ES-08	4	CH5- PRN SUR	Salida del Tajo 4- 5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	14:16 :00	18.3		0.7 0	0.6 0	0.42	0.9 0	54	23	796	8.0%
ES-09	4	CH1- PRN NORT	Salida del Tajo 6 MDR N.	0.	0.	0.	0.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	14:21 :00	19.0		0.7 0	0.5 0	0.35	1.0 2	61	21	754	7.6%
ES-10	4	CH2- PRN NORT	Salida del Tajo 1 PRN N	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	14:25 :00	19.0		0.8 0	0.9 0	0.72	0.3 6	22	16	549	5.5%

ES-11	4	CH3-PRN NORT	Salida del Tajo 1 PRN N	0.90	0.91	0.89	0.88	0.90	0.89	0.88	0.91	0.90	0.89	14:28:00	18.7		0.80	0.60	0.48	0.90	54	26	910	9.1%
ES-12	4	CH1-MDR N	Salida de los Tajos 5 - MDR N	0.73	0.77	0.82	0.80	0.78	0.79	0.80	0.84	0.84	0.85	14:42:00	19.4		0.70	0.86	0.60	0.80	48	29	1,023	10.3%
ES-13	4	CH2-MDR N	Salida del Tajo 5 MDR N	0.67	0.65	0.66	0.65	0.64	0.62	0.61	0.60	0.61	0.60	14:45:00	19.5		0.75	0.64	0.48	0.63	38	18	642	6.4%

ES-14	4	CH3-MDR	Salida del Tajo 3 MDR S	0.61	0.63	0.62	0.63	0.62	0.63	0.63	0.64	0.65	0.64	14:53:00	19.1		0.80	0.90	0.72	0.63	38	27	961	9.6%
			Salida del Tajo 3 MDR S	0.60	0.62	0.64	0.65	0.66	0.67	0.66	0.67	0.66	0.68	14:55:00	18.7		0.84	0.72	0.60	0.65	39	24	834	8.4%
TOTAL INGRESO																					282	9,973	100%	

Adaptación propia del Investigador



Figura 19. Salida de aire del nivel 4.1

Adaptación propia del Investigador

En el gráfico anterior nos muestra las salidas de aire las cuales son en las chimeneas de las salidas de los tajos. de la medición de todos los puntos no dio que la salida de aire es de 282 m³/min.

4.2.2 Análisis de la demanda actual de aire

para el análisis del caudal de aire requerido para que se puedan desarrollar con total normalidad y cumplir con la normativa peruana, de que en toda labor subterránea se tendrá que suministrar una circulación de aire limpia y fresca de acuerdo al número de personas que

trabajan en la labor subterránea, los equipos diésel, dilución de los gases y de asegurar que el aire presente tenga un mínimo de 19.5% oxígeno.

4.2.2.1 Demanda de aire por personas que laboran en la unidad minera.

La cantidad de aire que se requiere para una persona se calcula de acuerdo a las leyes peruanas, específicamente en el artículo 252 del DS-024-2016-MEM, y se describe en la siguiente tabla:

Tabla 13. Caudal de aire requerido por persona

TIPO	ALTURA (msnm)	PORCENTAJE DE AUMENTO	CAUDAL(M3/min)
Persona	0-1500	0%	3 m3/min
Persona	1500 – 30000	50%	4 m3/min
Persona	3000-4000	70%	5 m/min
Persona	Mas de 4000	100%	6 m3/min

Fuente: DS-024-2016-MEM

El requerimiento de aire para el total de colaboradores que trabajan en interior mina viene dado por la siguiente formula.

$$Q = F * N$$

Donde:


Q= es el caudal necesario por la cantidad de personas que trabajan en interior

F= caudal mínimo requerido según reglamento

La unida minera se encuentra a una altitud de 4072m.s.n.m. así que se tomara el caudal de 6m3/min

N= cantidad de personas según la tabla N° xx

Tabla 14. Personal de la unidad minera Huinac

			
N° DE PERSONAL NIVEL 4.1			
ZONA / LABOR	VETA	GUARDIA A	GUARDIA B
Tj 3 MS	Madrugada	4	
Tj 4-5 PS	Pierina	7	
Tj 1 Cai.	Caira	7	
Preparación Cai.	Caira	4	
Preparación Tj 6 PS	Pierina	4	
Tj 6 MN	Madrugada		5
Tj 2-3 PS	Pierina		7
Preparación Tj 1 PN	Pierina		5
Profundización Inclinado II	Madrugada	3	
Izaje Inclinado I	Madrugada	4	
Izaje Inclinado II	Montecristo		4
Acarreo Nivel 4.1		2	4
Servicios Nivel 4.1		3	4
Supervisión		3	3
Total		41	32

Adaptación propia del Investigador

- Cálculos del caudal requerido de aire

Calculo para la guardia A

$$Q = 6 * 41$$

$$Q = 246 \text{ m}^3/\text{min}$$

Calculo para la guardia B

$$Q = 6 * 32$$

$$Q = 192 \text{ m}^3/\text{min}$$

Para tener una buena medición del requerimiento del caudal según la cantidad de aire según la cantidad de personas que trabajan en la labor subterránea usaremos en la guardia que presenta más trabajadores por tanto el caudal a tomar será de:

$$Q = 246 \text{ m}^3/\text{min}$$

4.2.2.2 Demanda de aire por consumo de madera

Para realizar el cálculo de aire por consumo de aire viene dada por la siguiente formula

$$Q_{ma} = T * u$$

Donde:

Q_{ma} = caudal requerido por cantidad de madera

u = factor de producción de acuerdo al artículo 252 de DS-0242016-MEM

T =producción en toneladas métricas húmedas por guardia

Para determinar los factores de producción de acuerdo al consumo de madera viene dada según la siguiente tabla

Tabla 15. *factor de producción*

FACTOR DE PRODUCCION DE ACUERDO AL CONSUMO DE MADERA

CONSUMO DE MADERA %	FACTOR DE PRODUCCION M3/MIN
MENOR A 20	0.00
20 A 40	0.60
41 – 70	1.00
MAYOR A 71	1.25

Fuente: DS-0242016-MEM

Tomamos el valor de $u=1.25$ ya que el consumo es mayor a 71%

Para la producción es de 72.03 TM/guardia según muestra la tabla

Tabla 16. *producción de la unidad minera Huinac*

PRODUCCION 2021 (TMH)	
Mes	Nivel 4.1
Ene-2021	2442.40
Feb-2021	3017.52
Mar-2021	3535.44
Abr-2021	3762.60
May-2021	3133.00
Jun-2021	3001.34
Jul-2021	2922.26
Ago-2021	2388.80
Set-2021	
PROMEDIO	3025.42
TMH/Grd	72.03

Adaptación propia del Investigador

Se procederá a realizar los cálculos con los datos anteriores

$$Q_{ma} = 72.03 * 1.25$$

$$Q_{ma} = 90.04 \text{ m}^3/\text{min}$$

4.2.2.3 Demanda de aire por temperatura

El cálculo de aire se realizará mediante la siguiente formula

$$Q_{te} = V_m * A * N$$

Dónde:

Q_{te} = caudal por temperatura (m³/min)

V_m = velocidad mínima mayores a 23°C de acuerdo a ley

A = área de la labor promedio

N =número de niveles con temperaturas mayores a 23°C

Tabla 17. *Velocidad mínima*

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

Fuente: ventilación mina

Tabla 18. *Temperatura en el nivel 4.1.*

Nivel	Labor	Detalle	T°C
4.1	INCLINADO I	40 m antes de la plataforma NV 4.1	17.4
4.1	INCLINADO II	10 m antes de la plataforma NV 4.1	16.7

Adaptación propia del Investigador

Tabla 19. *Temperatura en el nivel 4.*

Nivel	Labor	Detalle	T°C
4	Cortada Principal	20 m antes de la ramificación	14.1
4	CH-CAM Caira	a 10 m antes de la boca de descarga en el nivel 4	10.9

Adaptación propia del Investigador

La temperatura promedio dentro de la unidad minera es de 14.8 °C

Área de la labor promedio según las tablas es de 4.20

$$Q_{te} = Vm * A * N$$

$$Q_{te} = 0 * 4.20 * 2$$

$$Q_{te} = 0 \text{ m}^3/\text{min}$$

Vemos que el caudal con temperatura no lo tomaremos en cuenta ya que es menor a 23°C y no albergara futuros problemas en la realización de las operaciones

4.2.2.4 Demanda de aire requerido por consumo de explosivos

Para poder definir la cantidad de aire por el consumo de explosivos se considerará las actividades de desarrollo, la cual el requerimiento viene dada por la fórmula:

$$Q_{ex} = A * V * N$$

Donde:

Q_{Ex} = Caudal de aire requerido por consumo de explosivo detonado (m^3/min)

A = Área promedio de labores (m^2);

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

N = Número de niveles en voladura.

Esta operación se realiza cuando en una labor no utilice equipos con motor petrolero, y este de calcularse con la necesidad de aire requerido por consumo de explosivo. Los requerimientos de aire según el explosivo varían por ejemplo si usamos dinamita la velocidad deberá ser de 20m³/min, para el EMULSION ENCARTUCHADA la velocidad será de 25m³/min

$$Q_{ex} = 4.20 * 20 * 2$$

$$Q_{ex} = 168m^3/min$$

4.2.2.5 Demanda de aire por fugas

Para el cálculo del caudal por fugas viene dada por la siguiente formula

$$Q_{fu} = 15\% * Q_{t1}$$

Donde:

Qt1= la suma de todos los caudales anteriores

primeramente, se hallará el caudal total:

$$Q_{t1} = Q + Q_{ma} + Q_{te} + Q_{ex}$$

$$Q_{t1} = 192 + 90.4 + 0 + 21.2$$

$$Q_{t1} = 504.04m^3/min$$

según la formula la cantidad de aire por fugas es de:

$$Q_{fu} = 15\% * 504.04$$

$$Q_{fu} = 75.61min$$

4.2.2.6 Demanda de aire total

La demanda de caudal de aire necesaria para que los colaboradores puedan desempeñarse en las actividades. Y esta ser la suma de todos los requerimientos.

$$Q_{total} = Q_{t1} + Q_{fu}$$

Donde:

Q = caudal total de la operación

Q_{t1} = suma de los caudales requerido

$$Q_{total} = 504.04 + 75.61$$

$$Q_{total} = 579.54 \text{ m}^3/\text{min}$$

el requerimiento total de aire mínima en la labor subterránea será de.

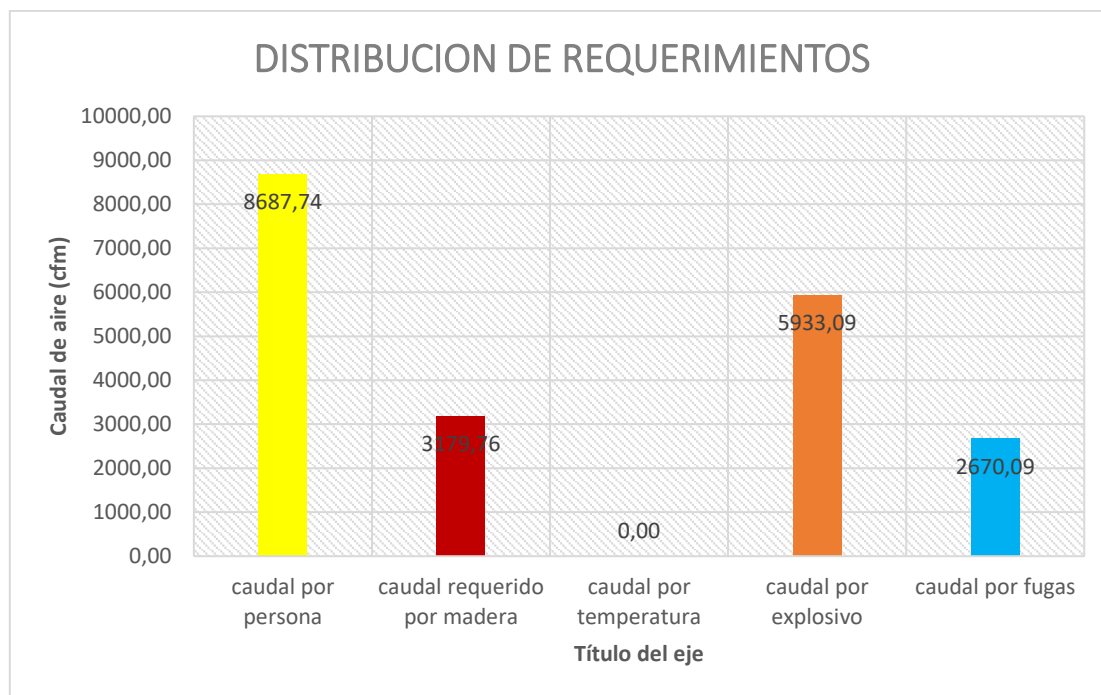
$$Q_{total} = 18277.55 \text{ cfm}$$

4.2.3 Resumen de los requerimientos de aire

Tabla 20. Resumen de requerimiento

BALANCE DE VENTILACION		
Distribución de requerimientos	m ³ /min	cfm
caudal por persona	246	8687.74
caudal requerido por madera	90.04	3179.76
caudal por temperatura	0	0.00
caudal por explosivo	168	5933.09
caudal por fugas	75.61	2670.09
caudal total	579.64	20470.68

Adaptación propia del Investigador

Figura 20. Gráfico resumen de requerimiento

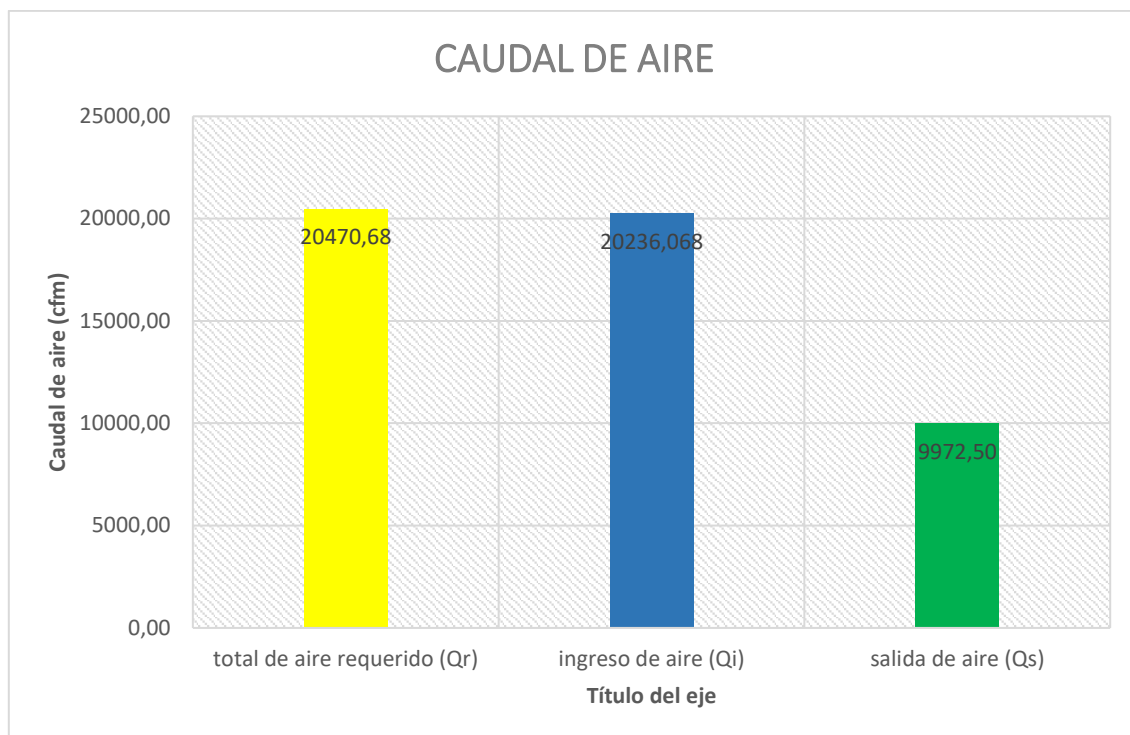
Adaptación propia del Investigador

Tabla 21. Balance total de aire

BALANCE TOTAL DE AIRE		
Caudal de aire	m3/min	cfm
total, de aire requerido (Qr)	579.64	20470.68
ingreso de aire (Qi)	573	20236.068
salida de aire (Qs)	282.39	9972.50
Superávit (cfm)(Qr-Qi)	6.64	234.61
Cobertura (%)	95.98	%

Adaptación propia del Investigador

Figura 21. *Grafica Balance total de aire*



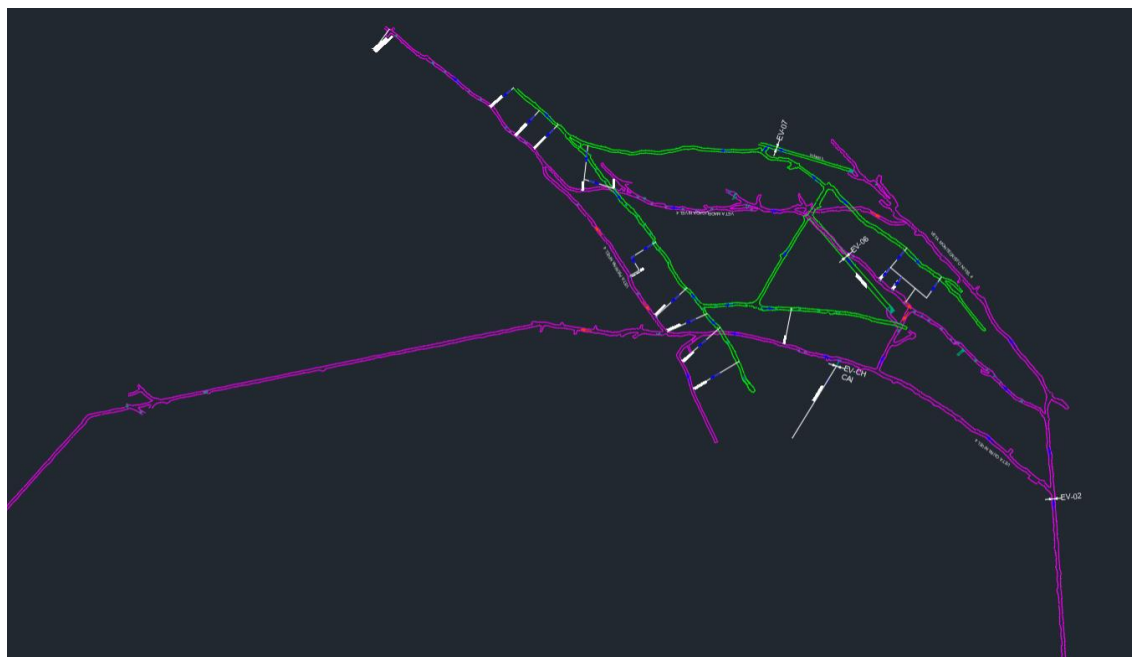
Adaptación propia del Investigador

4.3 SIMULACIÓN DEL PLANO TOPOGRÁFICO EN EL SOFTWARE

4.3.1 Simulación en AutoCAD

Se realiza un diseño de las labores de la unidad minera en AUTOCAD para presentar los diferentes niveles en la que se está extrayendo el mineral, de los frentes considerando los puntos en las cuales se muestreo la velocidad, caudales.

Figura 22. Plano Topográfico Subterráneo de la unidad minera en AutoCAD

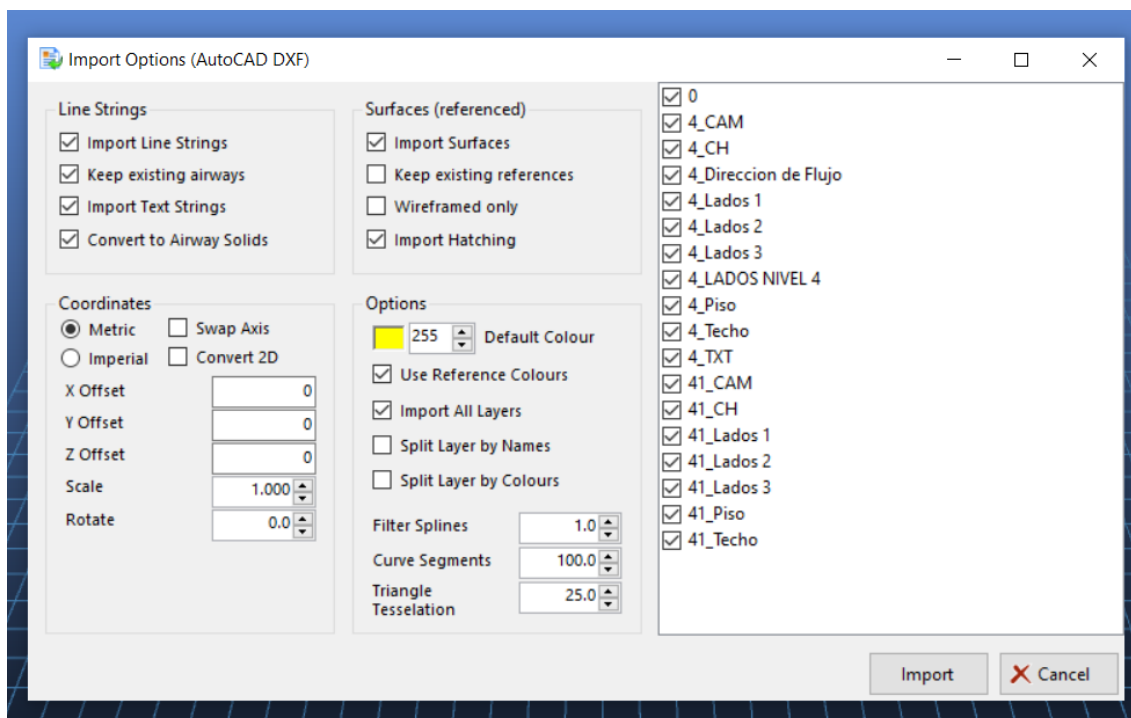


Adaptación propia del Investigador

4.3.2 Construcción de Modelo de Ventilación

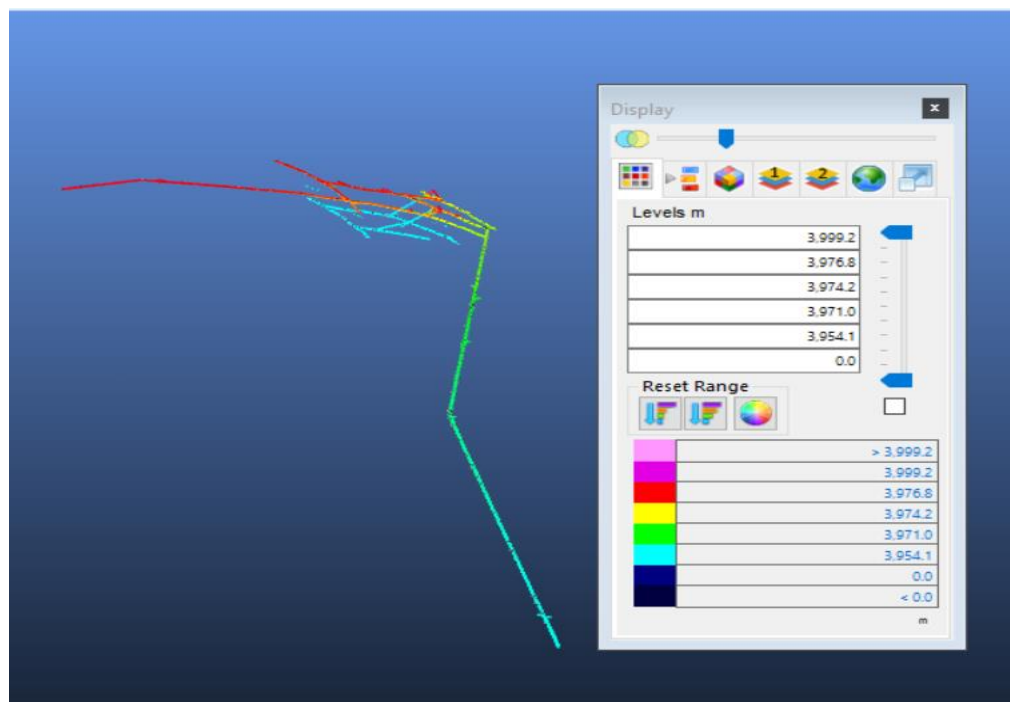
Para realizar el diseño y construcción de un modelo que permitirá la estimación de los caudales dentro de las labores de la unidad minera Huinac. se tomará los datos obtenidos del monitoreo de entrada y salida de aire. estos datos inicialmente se presentarán en AutoCAD para luego usarlos en el software Ventsim, el archivo CAD se usará como guía para definir la longitud y posición espacial de las vías de aire principales, ya que estas no cuentan con la información de las secciones y otras dimensiones necesarias para el análisis del flujo de ventilación. En la siguiente figura se muestra el modelo importado.

Figura 23. Datos importados de AutoCAD



Adaptación propia del Investigador

Figura 24. Plano de la unidad minera en Ventsim



Adaptación propia del Investigador

4.3.3 Configuración del Sistema Inicial

Luego de realizar el paso de importar los datos de AutoCAD a Ventsim se procederá a realizar configuraciones iniciales del modelo de ventilación, como se muestra en la siguiente imagen

En la siguiente Tabla nos muestra en que sistema se trabajara el proyecto de ventilación en la unidad minera Huinac. por lo que los caudales lo trabajaremos en cfm, la presión en h20, etc.

Figura 25. Configuración inicial

Name	Unit (Setting)	Name	Unit (Setting)	Name	Unit (Setting)
Age	Metric year	Heat Content	Metric kJ/kg	Radon Concentration	Metric Bq/l
Air Density	Metric kg/m ³	Heat of Combustion	Metric MJ/kg	Radon Dosage/yr	Metric mSv
Area	Metric m ²	HeatOutput	Metric kW	Radon Emanation	Metric Bq/m ² s
Contaminant Injection	Metric /s	Lapse Rate	Metric C/1000m	Radon Flow	Metric Bq/s
Contaminants	Metric	Length	Metric m	Refrigeration	Metric kWR
Contaminants %	Metric %	Length Per Month	Metric m/mth	Resistance	Metric Ns ² /m ⁸
Contaminants ppm	Metric ppm	Linear Emission	Metric l/s/100m	Resistance linear	Metric R/100m
Cooling Kata	Metric mcal/cm ² s	Mass	Metric kg	Rock Density	Metric kg/m ³
Cost	Metric	Mass Flow (dry air)	Metric kg/s	Shock Factor	Metric
Diesel Linear Heat	Metric kW/m	Moisture Content	Metric kg/kg	Small Airflow	Metric m ³ /s
Diesel particulate concentration	Metric ug/m ³	Moisture Flow	Metric ml/sec	TWL Cooling	Metric w/m ²
Diesel particulate emission	Metric g/kW hr	Moisture/unitLength	Metric g/s/m	Temperature Difference	Metric °C
Diffusion Coefficient	Metric m ² /s	Particle Size	Metric μm	Temperatures	Metric °C
Dust	Metric mg/m ³	Percentage	Metric %	Thermal Diffusivity	Metric m ² /s 10 ⁻⁶
Dust Injection	Metric mg/s	Power Cost (Hourly)	Metric /kwh	ThermalConductivity	Metric W/mC
EnergyFlow	Metric kJ/s	Power Cost (Yearly)	Metric /yr	Thrust	Metric N
Engine Power	Metric kW	Power Output	Metric kW	Time	Metric Seconds
Fan cost per kW	Metric /kW	Power/unitLength	Metric kW/m	UnitLengthCost	Metric /m/year
Friction Factor	Metric kg/m ³	Pressure	Metric Pa	UnitStrataHeat	Metric W/m
Fuel Flow	Metric l/hour	Pressure Atmos	Metric kPa	Velocity	Metric m/s
Fuel Flow per 100	Metric l/h/100m	Pressure Blast	Metric kPa	Volume	Metric m ³
Gas Flow	Metric litres/sec	Pressure/unitLength	Metric Pa/m	Water Flow	Metric l/sec
Gas Yield	Metric L/kg	Production (Hourly)	Metric kg/hour	Wetness Fraction	Metric
Geothermal Gradient	Metric C/100m	Production (Monthly)	Metric tonnes/month	Working Level	Metric μJ/m ³
Heat Capacity	Metric J/kgC	Quantity	Metric m ³ /s		

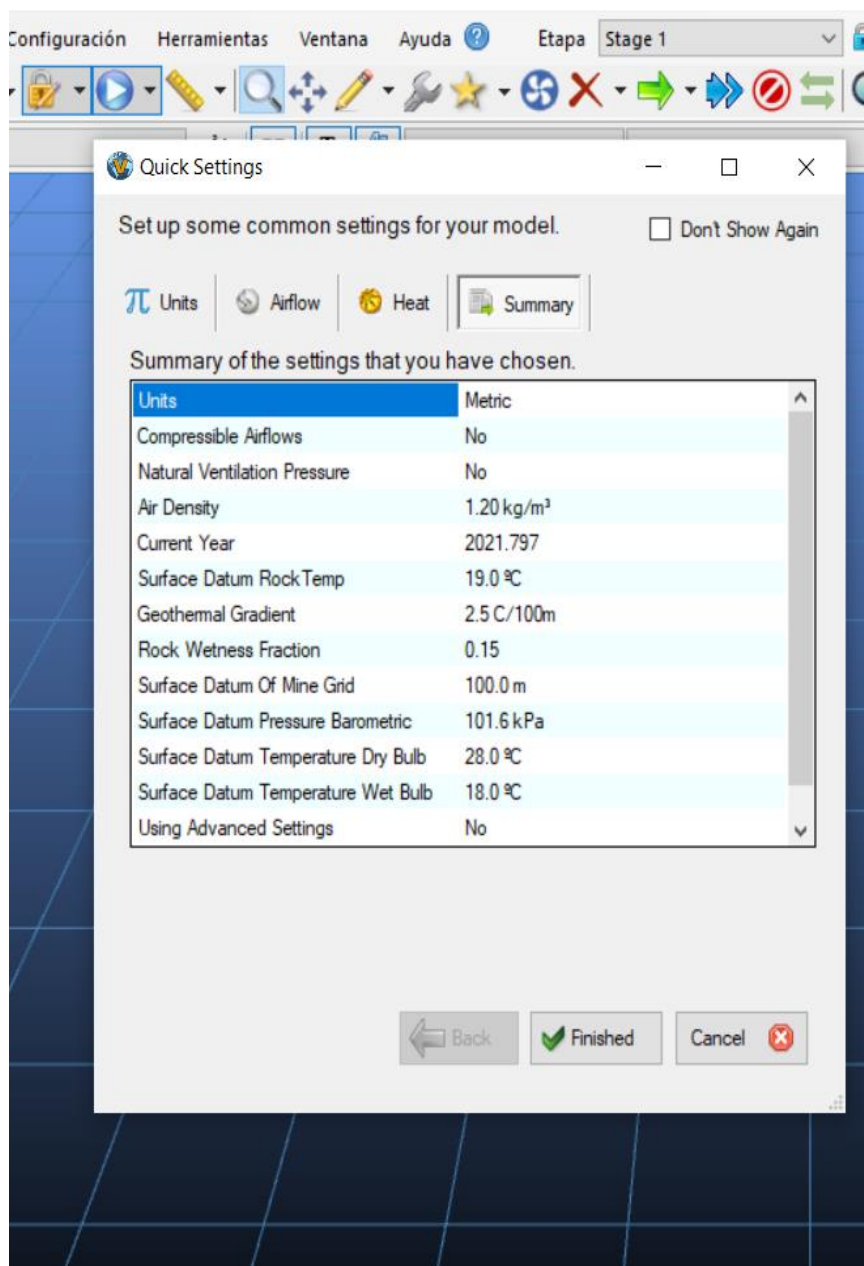
Adaptación propia del Investigador

Datos que se tendrán en cuenta para el software

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 Empresa Minera Huinac S.A.

- Altura de nivel de referencia en superficie: 4,058.0 msnm.
- Densidad del aire: 0.75 kg/m³.
- Temperatura de bulbo seco: 7 °C.
- Temperatura de bulbo húmeda: 10 °C.
- Método aplicado: Presión total.
- Flujo de aire aplicado: Compresible.
- Cota de operación: 4,058 msnm (Nivel 06).
- Número de Guardias: 02/día.
- Personal por guardia: 40 trabajadores
- Número de disparos: 2/día.
- Tipo de Explosivo: Emulsión y EMULSION ENCARTUCHADA.
- Velocidad mínima del Aire: 25 m/min.
- Producción de Mineral (Diaria) Mina Huinac 483.87 TMS.

Figura 26. Configuración para la temperatura



Adaptación propia del Investigador

4.3.4 Dimensiones de las Labores

Para el dimensionamiento de las labores se usará los datos ya obtenidos en el muestreo de aire y esta será llenada en el software como se muestra en la imagen.

Figura 27. *Dimensión de las labores*

Ventsim DESIGN Preset Values

	# in use	Profile Name	Profile String	Use Area/Perimeter	Smooth Shading
Resistances					
Friction Factors					
Shock Losses					
Air Type	244	Square		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Primary Layers	6	Round		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Secondary Layers		Arched		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fans		Shanty		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gas Mixtures		Irregular		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Heat Moisture Diesel		SemiCircle		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vehicles	*			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wetness Fractions					
Rock Types					
Tunnel Types					
Tunnel Profiles					
Duct Leakage					
Duct Heat Transfer					
Sensors					
Explosives					
Regulators					
Filters					
VentFIRE Scripts					

Adaptación propia del Investigador

Figura 28. *Dimensiones de las labores*

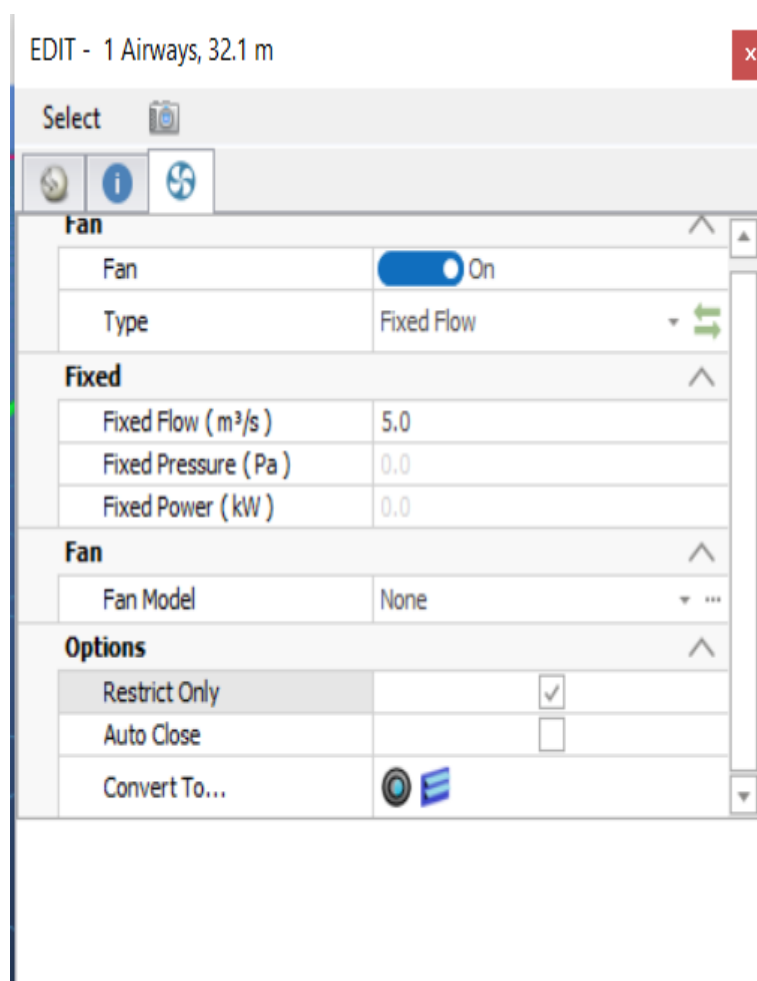
Size	
Tunnel Type	Custom
Airway Shape	Square
Width (m)	2.1
Height (m)	2.4
Area (m ²)	5.04
Obstruct (m ²)	0.0
Backfill (%)	0.0
Parallel Airways	1

Adaptación propia del Investigador

4.3.5 Selección e Introducción del Ventilador

Para seleccionar el ventilador necesario para cumplir con los requerimientos de aire con la cual el personal podrá realizar los trabajos dentro de la unidad minera sin problemas de ausencia de aire fresco, para ello se realiza la simulación del ventilador que pueda cumplir estas expectativas.

Figura 29. selección del ventilador

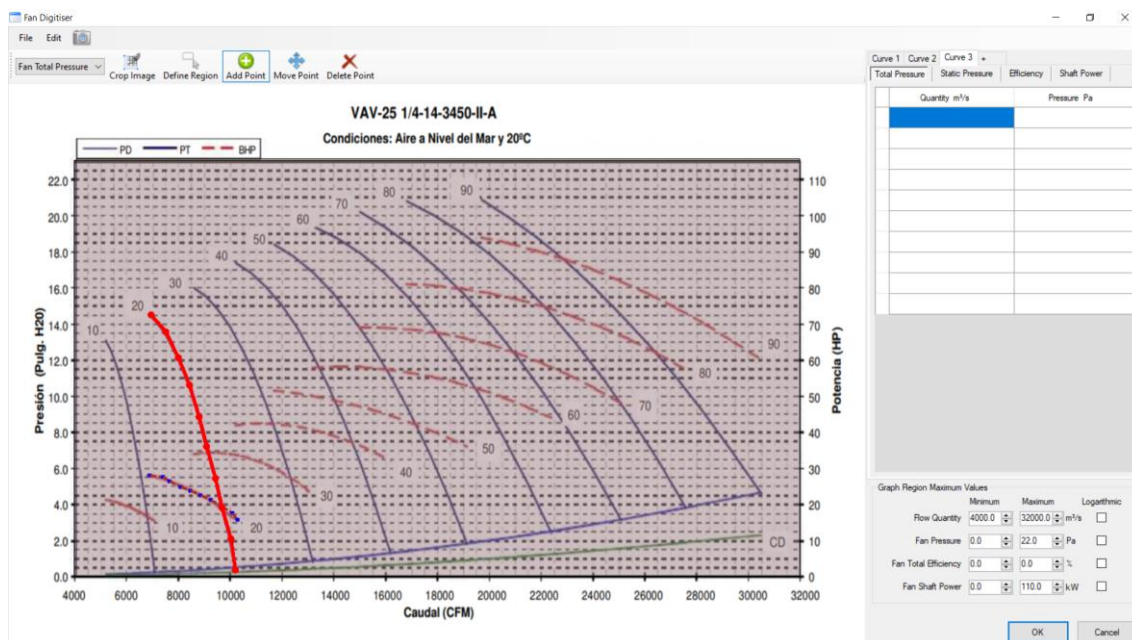


Adaptación propia del Investigador

Se ingresará los datos de acuerdo a la curva apropiada del tipo ventilador que el fabricante te facilita. Un ventilador se puede caracterizar por la curva y por el ángulo en la cual sea diseñado los alabes se tendremos una curva distinta. El punto de corte de la curva del

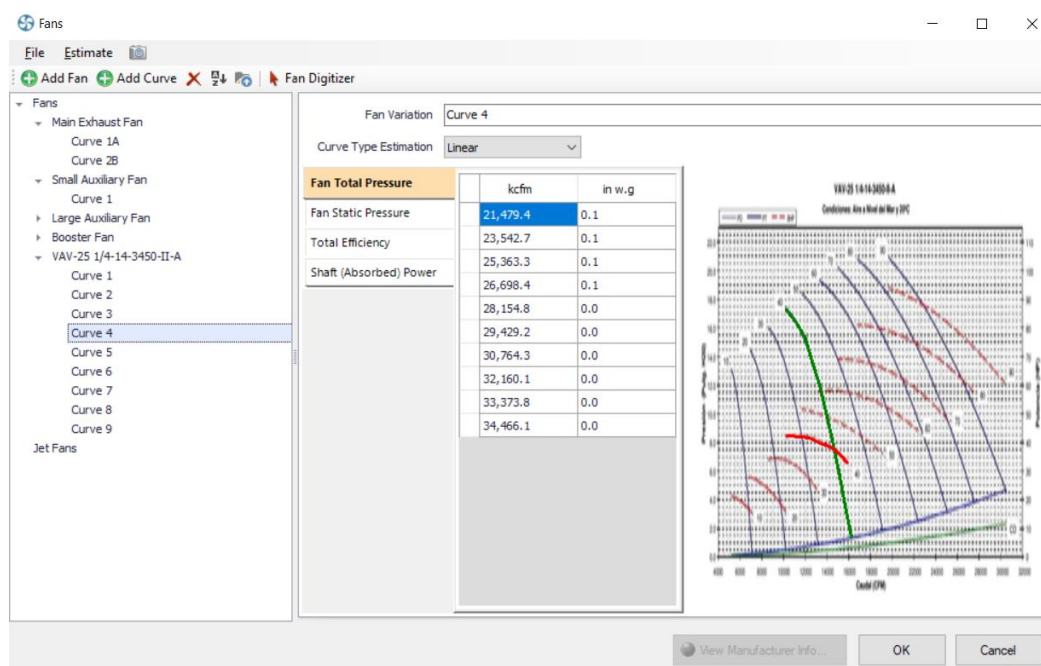
ventilador con la resistencia del circuito es el punto de funcionamiento del ventilador. Cada ventilador tiene una curva característica para cada ángulo de los alabes.

Figura 30. *Curvas del ventilador*



Adaptación propia del Investigador

Figura 31. *Verificación de las Curvas del Ventilador*



Adaptación propia del Investigador

Según la gráfica que se adjuntara podemos apreciar la presión y caudal donde especifica las características de un ventilador. Para determinar el caudal de aire que se suministrara por la implementación de un ventilador evaluando condiciones.

CAPITULO V

RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

5.1 ANALISIS E INTERPRETACION DE LA INFORMACION

5.1.1 *Hipótesis general*

El flujo de aire mejora la ventilación en las labores mineras subterráneas en minera Huinac S.A.C años 2021. para el contraste de esta hipótesis se realizó el sistema de ventilación en el software ventsim con los datos obtenidos en el levantamiento de datos de las entradas y salidas de aire dentro de la unidad minera Huinac.

5.1.2 *Hipótesis específica*

la temperatura del aire en las labores mineras subterráneas influiría en la ventilación en minera Huinac. en la unidad minera Huinac la temperatura que presentaba inicialmente no era un problema, ya que la temperatura promedio dentro del nivel 4.1 y 4 no superaba los 18°C.

la velocidad y caudal de aire en las labores mineras subterráneas influirían en la ventilación, se puede deducir que la velocidad del caudal si influye en la ventilación, ya que al contar con mayor velocidad de caudal la ventilación dentro de las labores de la zona 4 y 4.1 mejorara considerablemente.

5.2 DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Con el sistema de ventilación que inicialmente presentaba la Unidad Minera Huinac se logra apreciar en tablas atrás que no cumple con lo requerido es por ello que se plantea usar un ventilador que pueda ayudar con el flujo de caudal requerido, para así tener una buena ventilación en las zonas 4 y 4.1.

Tabla 22. Ingreso de aire nivel 4

Estac.		UBICACIÓN			VELOCIDAD (m/s)										HO RA	Condicione s Amb.		SECCI ÓN		ÁR EA	VELOCI DAD		CAUDAL		Dist rib. (%)
																T°C	HR %	a (m)	h (m)		m/2	m/ s	m/m in	m3/ min	
Ni vel	Labor	Detalle	V 1	V 2	V 3	V 4	V 5	V 6	V 7	V 8	V 9	V 10													
EV-02	4	Cortada	20 m	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	0.	0.	10:5	14.1		1.8	2.1	3.78	1.2	75	285	10,	75.6	
		Principal	antes	58	58	61	37	30	12	36	04	78	84	5:00			0	0		6	076	%			



RESPONSABLE: Bach. Luis Liñán Ramírez

**NIVE
L:** 4

**PERSONAL
ASISTENTE:** Celedonio Oncoy y Walter Tadeo

**MIN
A:** Minera Huinac


**FEC
HA:** 23/09/2021



		de la ramificación																							
EV-CH CAI	4	CH-CAM Caira	a 10 m antes de la boca de descarg a en el nivel 4	1. 89	1. 67	1. 52	1. 54	1. 76	1. 97	2. 15	2. 14	1. 89	1. 74	11:5 5:00	10.9			1.2 0	0.7 0	0.84	1.8 3	110	92	3,2 52	24.4 %
TOTAL INGRESO																							377	13, 328	100 %

Adaptación propia del Investigador

Tabla 23. Ingreso de aire nivel 4.1

Est ac.		LEVANTAMIENTO DE AFOROS - INGRESO DE AIRE																								
		VELOCIDAD (m/s)											HOR	Condicio nes Amb.	SECCI ÓN		ÁR EA	VELOCI DAD		CAUDAL		Distr ib.				
Niv el	Labor	Detalle	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	A	T° C	HR %	a (m)	h (m)	m2	m/s	m/mi n	m3/ min	cf m	(%)			
		RESPONSABLE:											Bach. Luis Liñán Ramírez	NIVE L:	4.1		MINA :	Minera Huinac		FECH A:	23/09/2021					
		PERSONAL ASISTENTE:											Celedonio Oncoy y Walter Tadeo													

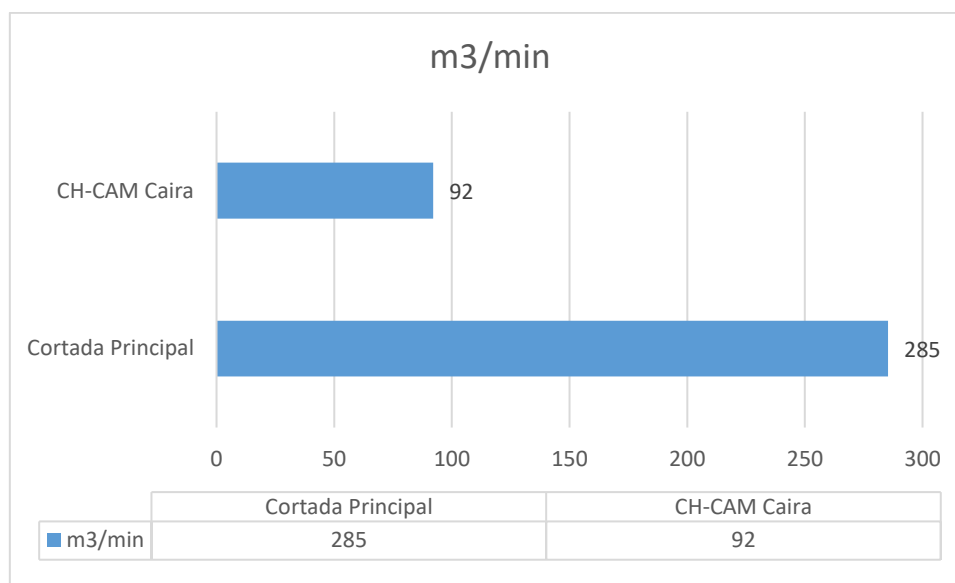


EV-06	4.1	INCLINADO I	40 m	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	16:15	17.	2.7	1.7	4.62	0.4	27	126	4,4	48.8
			antes de la plataforma NV 4.1	54	58	52	43	50	49	44	40	28	38	:00	4	0	1		6			61	%
EV-07	4.1	INCLINADO II	10 m	1.	1.	1.	1.	0.	1.	1.	0.	1.	1.	16:25	16.	1.6	1.3	2.17	1.0	61	132	4,6	51.2
			antes de la plataforma NV 4.1	01	00	03	10	91	09	05	96	01	02	:00	7	3	3		2			76	%
TOTAL INGRESO																				259	9,1	100	
																					37	%	

Adaptación propia del Investigador

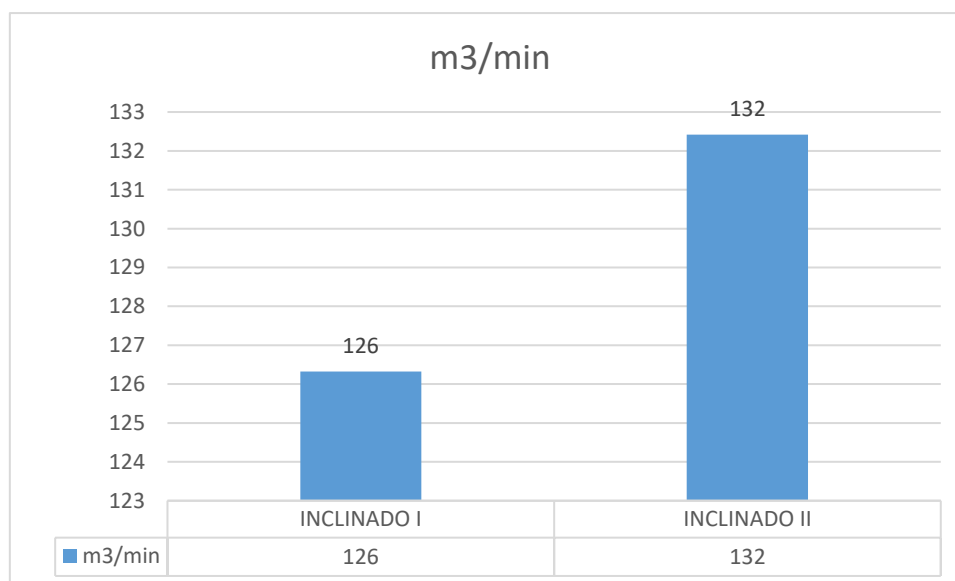


Figura 32. Gráfico ingreso de aire en la zona 4



Adaptación propia del Investigador

Figura 33. Gráfico Ingreso de aire en la zona 4.1



Adaptación propia del Investigador

En las tablas anteriores se puede apreciar el incremento del caudal de aire que ingresa al interior de la unidad minera Huinac, lo cual permitirá realizar los trabajos en la zona Pierina - Madrugada ubicada en el nivel 4.1, con una variación del caudal de 573m³/min que

inicialmente se presentaba a un 636m³/min después de implementar el uso de un ventilador. Con la cual podemos concluir el aumento del caudal en un 63m³/min.

5.3 APORTES DEL TESISISTA

Se realizó el trabajo de investigación en lo que respecta en el levantamiento de datos iniciales en las labores principales de la unidad minera Huinac, lo que consistía en medir la velocidad de aire de entrada y velocidades de aire de salida, la temperatura, el área de los puntos en donde se tomó las muestras, humedad relativa.

Con la ayuda del software en este caso Ventsim se logró simular la ventilación que se tenía actualmente, en el uso de este software nos ayuda plantear diferentes escenarios que puedan ser a corto, mediano y largo plazo en temas de ventilación.

En este caso se planteó una solución a corto plazo, lo cual ayuda a la circulación del aire hacia la zona Pierina – Madrugada dentro del nivel 4.1

CONCLUSIONES

- Los objetivos e hipótesis planteados en un inicio se cumplieron satisfactoriamente, ya que en un inicio se detalló a rasgos generales la ventilación inicial mediante la toma de datos, luego se realizó los cálculos según lo requerido en el decreto supremo 023-2017 DM-EM, para realizar las mejoras pertinentes.
- En la unidad minera Huinac se realizó satisfactoriamente el diseño de ventilación y simulación de esta, teniendo un aumento de 573m³/min de caudal de aire a un 636m³/min de caudal de aire luego de la mejora de ventilación. Se concluye que en los diferentes niveles de la unidad minera Huinac cuenta con un circuito de ventilación óptima.
- Se concluyó que en la unidad minera Huinac necesita agregar un ventilador axial para poder cumplir con la demanda de aire que se requiere para realizar los trabajos en interior de mina.

RECOMEDACIONES

- Se recomienda realizar la evaluación de flujo de aire en forma continua para poder programar un circuito de ventilación óptima.
- Realizar un levantamiento efectivo del circuito de ventilación y así evitar tener errores en los datos obtenidos
- Se recomienda contar con un departamento de ventilación y el personal capacitado en temas de ventilación y uso de software para el manejo adecuado y oportuno del sistema de ventilación.
- Se recomienda ubicar los puntos de muestreo del aire en zonas estratégicas y establecer compuertas, cortinas y tapones y así evitar el aire viciado dentro de la unidad minera.
- Desarrollar chimeneas de ventilación en la zona Pierna para liberar el aire viciado que se forma por la recirculación del Nivel 4.1

BIBLIOGRAFÍA

- Bustamante Rúa, M. O., Daza Aragón, A. J., & Bustamante Baena, P. (2018). Simulación en el software VENTSIM™ de la influencia de la implementación de sellamientos en labores abandonadas en la ventilación de una mina subterránea de carbón. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Campillos Prieto, A. (2015). Optimización y modelización del circuito de ventilación de una mina subterránea. Escuela técnica superior de Ingenieros de minas y energía.
- Caxi Llano, Y. (2017). Estudio de ventilación e implementación de mejoras en el circuito de ventilación de minera Sotrami A.A. – UEA Santa Filomena – aplicando el software Ventsim. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín.
- DIGESA. (2015). Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos. Perú: DIRECCION GENERAL DE SALUD AMBIENTAL.
- Fernández Felgueroso, J. M., & Luque Cabal, V. (1975). Lecciones de ventilación de minas. España: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo.
- Hartman, H. L. (1992). Mine Ventilation and Air Conditioning. USA: A Wiley-Interscience Publication New York.
- Luque Cabal, V. (1988). Manual de ventilación de minas. Asociación de Investigación Tecnológica de Equipos Mineros (AITEMIN).
- Mallqui Tapia, A. N. (2020). Condiciones Termo-ambientales en Mina. Huancayo, Perú: Universidad Continental.
- Meza Castañeda, A. (2017). Condiciones termoambientales en minas subterráneas. Perú: Universidad Continental.
- MineroArtesanal.com. (2006). VENTILACIÓN EN MINAS SUBTERRÁNEAS . Lima, Perú: COMPAÑÍA PERUANA DE USO MINERO ECOLÓGICO Y TÉCNICO .
- Nieto, A. (s.f.). Ventilación subterránea. Mexico: Mundo HVA C&R. Obtenido de <https://www.mundohvacr.com.mx/2014/01/ventilacion-subterránea/>

PAGGI Ingenieros. (s.f.). *Paggi.com*. Obtenido de <https://paggi.com.pe/diferencias-entre-ventiladores-axiales-y-centrifugos/>

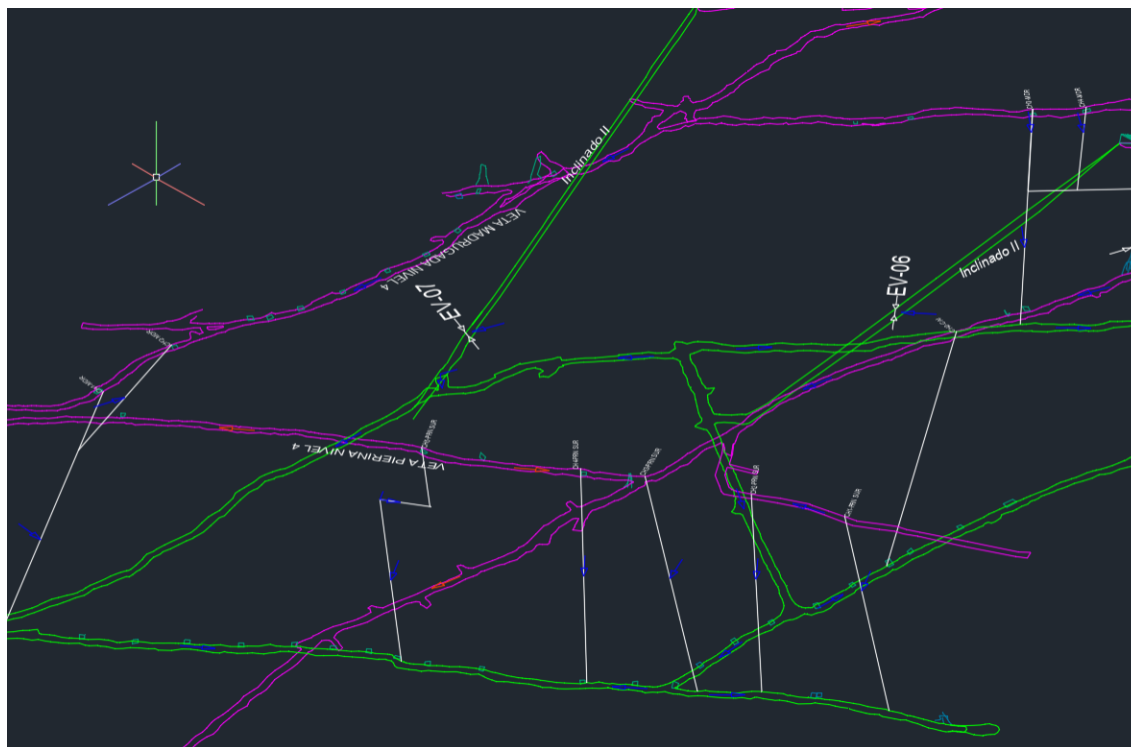
Pinazo, J. (1995). Tomo I. Transformaciones psicrométricas. *Manual de Climatización*. (ISBN 84-7721-341-0). España: Ed. Universidad Politécnica de Valencia.

Quispe Caceres, P. (2019). Ventilación de minas subterráneas natural y mecánica. Perú: Universidad nacional del altiplano.

Sergeomin – Chile. (2006). Ventilación de minas. Chile: Universidad de Chile.

ANEXOS

Anexo 1. *Plano en AutoCAD de las labores de mina*



Anexo 2. *Distribución del aire en colores*

Ventsim DESIGN Preset Values

	# in use	Air Type Name	Set	Colour	Flow Exponent
Resistances					
Friction Factors					
Shock Losses					
Air Type					
Primary Layers					
Secondary Layers					
Fans					
Gas Mixtures					
Heat Moisture Diesel					
Vehicles					
Wetness Fractions					
Rock Types					
	250	zonas de trabajo	<input checked="" type="checkbox"/>	Green	2
		fresco	<input checked="" type="checkbox"/>	Blue	2
		viciado	<input checked="" type="checkbox"/>	Red	2
			<input type="checkbox"/>	Cyan	2
			<input type="checkbox"/>	Light Green	2
			<input type="checkbox"/>	Yellow	2
			<input type="checkbox"/>	Orange	2
			<input type="checkbox"/>	Pink	2
			<input type="checkbox"/>	Dark Blue	2
			<input type="checkbox"/>	Teal	2
			<input type="checkbox"/>	Dark Green	2
			<input type="checkbox"/>	Olive	2

Anexo 3. *Uso del ventilador*