

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



TESIS:

**“OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN A CORTO PLAZO MEDIANTE LA
CONSTRUCCIÓN DE RAISE BORING - CIA MINERA ALPAYANA S.A. - LIMA.”**

PRESENTADO POR:

BACH. CCANQUE CURASI JHON MILLER

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS.**

ASESOR:

MGT. JUAN FRANCISCO SOTO ELGUERA

CUSCO - PERÚ

2023

DEDICATORIA

A mi familia en general, en especial a: mi mamá Bárbara, hija Camila Anthonella y mi novia Yesica, por brindarme su amor, motivación y por el apoyo incondicional que me brindaron en esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Por brindarme la vida, fuerza y sabiduría para terminar esta etapa académica, a Dios.

Mi agradecimiento infinito a toda mi familia por brindarme incondicionalmente su apoyo en cada aspecto de mi vida.

Mis agradecimientos a la universidad nacional de San Antonio Abad del Cusco y en especial a la escuela profesional de ingeniería de minas.

Agradezco enormemente a la compañía minera Alpàyana S.A. y compañeros de trabajo, por brindarme el apoyo necesario para realizar la presente tesis.

Agradezco al Ing. Francisco Soto Elguera, por sus conocimientos en la elaboración de este proyecto.

INTRODUCCION

En la presente investigación se pone en conocimiento los problemas que se presentan en las operaciones mineras subterráneas como consecuencia de una ventilación deficiente, donde cada día se hace más difícil llevar el aire en calidad y cantidad a los frentes de trabajo para cumplir con los requerimientos del aire según a las normas en vigencia relacionadas a la ventilación de minas, cuanto más se va profundizando y expandiéndose las labores subterráneas en la unidad minera Americana, nuestro principal desafío es controlar las altas temperaturas y la recirculación del aire viciado, así reducir el tiempo de ventilación de las labores para optimizar nuestro sistema de ventilación y el ciclo de minado.

Con ese propósito se desarrolla este estudio sobre la ventilación en la zona de cuerpos mineralizados, el cual lleva como título “OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN A CORTO PLAZO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE RAISE BORING - CIA MINERA ALPAYANA S.A - LIMA.”, a fin de solucionar los problemas que se tienen según los estudios realizados, a continuación, se detallan los capítulos de estudio:

Capítulo I: Marco metodológico de la investigación,

Capítulo II: Marco teórico, se desarrollará conjunto de pasos, técnica y procedimientos para formular y resolver problemas.

se despliega el marco teórico referencial (antecedentes nacionales e internacionales), el marco teórico conceptual y el marco legal.

Capítulo III: Aspectos generales del proyecto minero se detallan la ubicación y accesibilidad, topografía, clima, recursos, geología (local, estructural, económica), plan de minado, métodos de explotación (sub level stoping y cut and fill) y planta beneficio.

Capitulo IV: Estudio del sistema de ventilación a corto plazo mediante la construcción del RB 338, donde se realiza el estudio del diagnóstico inicial del sistema de ventilación, ventilación natural y mecánica, estaciones de ventilación, ventiladores, inventario de equipos, el requisito del caudal total de aire, balance general y cobertura de aire.

Capítulo V: Análisis de resultados del sistema de ventilación por la construcción del RB 338.

RESUMEN

La presente investigación fue desarrollado para optimizar el sistema de ventilación y dar una mejoría a las condiciones termo ambientales en la zona de cuerpos, así para garantizar en calidad y cantidad de aire dentro de la mina, esto se verá reflejado en el aumento del gasto o caudal de aire en las actividades mediante la construcción de la chimenea RB 338 desde el NV 10 hasta superficie, esto significa que aumentará la capacidad de succión de aire viciado, así el sistema de ventilación se podrá optimizar a corto y mediano plazo. Actualmente a medida que se va profundizando la operación viene afectando las zonas de labor tanto como: para el personal y un eficiente rendimiento de los equipos diésel, ya que es mínimo la velocidad de succión del aire viciado para descartar el calor y los agentes químicos generados por la voladura y por los equipos diésel, estas condiciones generan pérdidas de tiempo en el ciclo de minado, incremento de costos y también se corre el riesgo de tener accidentes debido a la presencia de los gases tóxicos, ocasionado por la recirculación del aire contaminado. Para conseguir la información de campo se utilizaron equipos de medición totalmente calibrados, así como formatos en Excel para realizar los cálculos y análisis de datos, también el software ventsim para la evaluación del sistema de ventilación. Los índices de seguridad mejorarán notablemente, ya que nuestros colaboradores no estarán expuestos a altas concentraciones de agentes químicos que puedan ocasionar accidentes mortales por gaseamiento, ya que la ocurrencia y exposición a pérdidas disminuirán. Los equipos diésel trabajando en minas mejorarán su desempeño, también se reducirán los costos adicionales por trabajos de ventilación no planificados (como la instalación de ventiladores) a principios de mes, tapones, puertas, así se logrará optimizar el sistema de ventilación. Finalmente, con este proyecto se logrará llegar a una cobertura de 98.7% con un déficit de 19,427.20 cfm de

caudal de aire, cabe mencionar que inicialmente se tenía un alcance de 89% con una pérdida de 143,106.73 cfm de caudal de aire.

Palabras Claves: Ventilación, Circuito, Raise Boring, Optimización.

ABSTRACT

The present research work was developed to optimize the ventilation system and improve the thermo-environmental conditions in the corps area, as well as to guarantee the quantity and quality of air inside the mine, this will be reflected in the increase in air flows in work through the construction of the RB 338 chimney from NV 10 to the surface, this means that the suction capacity of stale air will increase, thus the ventilation system can be optimized in the short and medium term. Currently, as the operation deepens, it has affected the work areas as much as: for the personnel and efficient performance of the diesel equipment, since the suction speed of the stale air is minimal to eliminate the heat and chemical agents produced by blasting and by diesel equipment, these conditions generate loss of time in the mining cycle, increase costs and there is also the risk of having accidents due to the presence of toxic gases, due to the recirculation of contaminated air. To obtain the field data, fully calibrated measuring equipment was used, as well as Excel formats for calculations and data analysis, as well as the VentSim software for the simulation of the ventilation system. Safety indices will improve significantly, since our collaborators will not be exposed to high concentrations of chemical agents that can cause fatal accidents due to gassing, since the occurrence and exposure to losses will decrease. Diesel equipment that works inside the mine will increase its performance, additional costs for unscheduled ventilation work at the beginning of the month, such as installation of fans, caps, doors, will also decrease, thus optimizing the ventilation system. Finally, with this project it will be possible to reach a coverage of 98.7% with a deficit of 19,427.20 cfm of air flow, it is worth mentioning that initially there was a coverage of 89% with a deficit of 143,106.73 cfm of air flow.

Keywords: Ventilation, Circuit, Raise Boring, Optimization.

INDICE

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO	2
INTRODUCCION	3
RESUMEN	5
ABSTRACT	7
INDICE	8
CAPITULO I: MARCO METODOLOGICO DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	21
1.2.1. Problema general	21
1.2.2. Problemas específicos	21
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.3.1. Objetivo general	21
1.3.2. Objetivos específicos	22
1.4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.4.1. Técnica:	22
1.4.2. Tecnológica:	22
1.5. DELIMITACIÓN	23
1.5.1. Delimitación espacial	23
1.5.2. Delimitación temporal	23
1.6. HIPÓTESIS	23
1.6.1. Hipótesis general	23
1.6.2. Hipótesis específicas	23
1.7. VARIABLES E INDICADORES	24
1.8. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	24

1.8.1. Tipo de investigación	24
1.8.2. Nivel de investigación	25
1.8.3. Población	25
1.8.4. Muestra	25
1.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	25
1.9.1. Técnica Documental	25
1.9.2. Técnica de Observación.	26
1.9.3. Técnica de simulación.	26
1.9.4. Técnica de campo	26
1.10. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	26
CAPITULO II: MARCO TEORICO	27
2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	27
2.1.1. Antecedentes a nivel local	27
2.1.2. Antecedentes a nivel nacional	28
2.1.3. Antecedentes internacionales	29
2.2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	30
2.2.1. Optimización	30
2.2.2. Sistema	30
2.2.3. Definición de ventilación de minas	31
2.2.4. El aire	31
2.2.5. Oxígeno (O ₂)	32
2.2.6. Nitrógeno (N ₂)	32
2.2.7. Anhídrido carbónico (CO ₂)	33
2.3. AIRE DE MINA	33
2.4. Laboreo minero	34
2.5. POLVO EN LAS MINAS	34

2.6.	FUENTES GENERADORAS DE POLVO.	35
2.7.	GASES PRESENTES EN LAS MINAS SUBTERRÁNEAS.....	35
	2.7.1.Monóxido de carbono (CO)	35
	2.7.2.Gases nitrosos (NO, NO2)	36
	2.7.3.Ácido sulfhídrico (H2S).....	36
	2.7.4.Dióxido de carbono (CO2).....	36
2.8.	PSICROMETRÍA	37
2.9.	ESTUDIO DE LA PSICROMETRÍA	37
2.10.	PESO ESPECIFICO (Pe),.....	37
	2.10.1. Determinación de peso específico	38
2.11.	TEMPERATURAS	38
	2.11.1. Temperatura seca (TS).....	39
	2.11.2. Temperatura húmeda (TH)	39
	2.11.3. Temperatura efectiva (Tef)	40
2.12.	HUMEDAD DEL AIRE	40
2.13.	PRESIONES.....	40
	2.13.1. Presión atmosférica.....	40
	2.13.2. Presión estática (HS).....	42
	2.13.3. Presión de velocidad o presión dinámica (HV)	42
	2.13.4. Presión total (HT)	43
2.14.	CORRECCION DE PRESION POR ALTITUD	43
2.15.	FLUJO DE AIRE EN MINAS	44
	2.15.1. Principios fundamentales.....	44
2.16.	ECUACION DE CONTINUIDAD.....	44
2.17.	PÉRDIDAS O CAÍDAS DE PRESIÓN (HL)	44
	2.17.1. Pérdida de presión por fricción (Hf).....	45

2.17.2.	Pérdidas de presión por choque (Hx).....	47
2.18.	TIPOS DE VENTILACIÓN	47
2.18.1.	Ventilación natural.....	47
2.18.2.	Ventilación mecánica.....	48
2.19.	CLASIFICACIÓN DE LOS VENTILADORES	49
2.19.1.	Ventilador centrífugo	49
2.19.2.	VENTILADOR AXIAL	50
2.20.	DIFERENCIA ENTRE VENTILADORES AXIALES Y VENTILADORES CENTRÍFUGOS.....	51
2.21.	ACOPLAMIENTO DE VENTILADORES.....	52
2.22.	TIPOS DE CIRCUITOS DE VENTILACIÓN EN LAS MINAS	52
2.22.1.	Ventilación en serie	52
2.22.2.	Ventilación en paralelo	53
2.23.	RAISE BORING	54
2.24.	COMPONENTES DE PERFORACIÓN PILOTO.....	54
2.24.1.	El tricono 1 pilot bit.....	54
2.24.2.	La barra guía.	54
2.24.3.	La barra de inicio.	55
2.24.4.	El estabilizador de piloto	55
2.24.5.	El anillo de empate	55
2.24.6.	Las barras de perforación.....	56
2.25.	COMPONENTES DE PERFORACIÓN ESCARIADO	56
2.25.1.	Escariador	56
2.25.2.	Cortador	56
2.25.3.	Stembar	56
2.25.4.	Estabilizador de escariado	57
2.25.5.	Crossover	57

2.26.	MARCO LEGAL	57
CAPITULO III. MARCO CONTEXTUAL		58
3.1.	ÁMBITO GEOGRÁFICO	58
3.1.1.	Ubicación	58
3.1.2.	Accesibilidad.....	60
3.1.3.	Topografía y fisiografía.....	60
3.1.4.	Clima y meteorología	60
3.1.5.	Drenaje.	61
3.2.	RECURSOS.....	62
3.2.1.	Humanos.....	62
3.2.2.	Energía	62
3.3.	GEOLOGÍA.....	64
3.3.1.	Geología regional	64
3.3.2.	Geología local	64
3.3.3.	Geología estructural	68
3.3.4.	Geología económica.....	69
3.4.	MINERALOGÍA	72
3.5.	PLAN DE MINADO DE LA UNIDAD MINERA AMERICANA.....	72
3.5.1.	Zona cuerpos	72
3.5.2.	Zona vetas	73
3.6.	PLAN DE AVANCES.....	74
3.7.	PLAN DE PRODUCCION.....	75
3.8.	RELLENO.	76
3.9.	MÉTODOS DE EXPLOTACION EN LA CIA MINERA ALPAYANA S.A	76
3.9.1.	Método de explotación taladros largos (sub level stoping) - zona cuerpos.	76

3.9.2. Método de minado método por corte y relleno (cut and fill) – zona vetas esperanza y oroya.	86
3.10. PLANTA DE BENEFICIO	88
3.10.1. Liberación	88
3.10.2. Separación.....	89
3.10.3. Eliminación.....	89
 CAPITULO IV: OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN A CORTO PLAZO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LA CHIMENEA RB 338.....	
4.1. DIAGNÓSTICO INICIAL DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN LA CIA MINERA ALPAYANA SA.....	90
4.1.1. Ventilación natural	90
4.1.2. Ventilación mecánica:	90
4.2. METODOLOGÍA DEL TRABAJO DE CAMPO.....	90
4.3. ESTACIONES DE VENTILACIÓN.....	91
4.3.1. Estaciones principales	91
4.3.2. Estaciones secundarias	92
4.4. BALANCE INICIAL DE VENTILACIÓN	93
4.4.1. Ingreso principal de aire	94
4.4.2. Salida de aire viciado	95
4.5. MEDICIÓN DE AGENTES QUÍMICOS, VELOCIDADES, TEMPERATURAS Y HUMEDAD RELATIVA	96
4.6. CÁLCULO DE REQUERIMIENTO DE AIRE EN LA UNIDAD MINERA AMERICANA – ZONA CUERPOS	98
4.6.1. Requerimiento de aire total (QTO).....	98
4.6.2. Caudal requerido por el consumo de madera (QMa).....	100
4.6.3. Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo (QTe)	102
4.6.4. Caudal requerido por equipo con motor petrolero (QEq)	103
4.6.5. Caudal por fugas (QFu).....	107

4.6.6.	Requerimiento de caudal total de aire	108
4.7.	VENTILADORES	110
4.7.1.	Ventiladores principales	110
4.7.2.	Ventiladores secundarios.....	111
4.7.3.	Ventiladores auxiliares	113
4.7.4.	Ventiladores en mantenimiento.....	116
4.7.5.	Ventiladores en stand by	116
4.8.	DISEÑO DE SISTEMA DE VENTILACION EN LA CIA MINERA ALPAYANA	118
4.9.	TIPOS DE PLANIFICACIÓN EN UNA ORGANIZACION.....	118
4.9.1.	Planificación a corto plazo	118
4.9.2.	Planificación a mediano plazo.....	119
4.9.3.	Planificación a largo plazo.	119
4.10.	PROCEDIMIENTO PARA DISEÑAR UN SISTEMA DE VENTILACIÓN	120
4.11.	DEFINICIÓN DE RAISE BORING.....	121
4.12.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DEL RB 338.....	121
4.13.	CRONOGRAMA	123
4.14.	EQUIPO SBM 800.....	124
4.15.	EVALUACIÓN GEOMECANICA	124
CAPITULO V: ANALISIS DE RESULTADOS DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN POR LA CONSTRUCCION DE LA CHIMENEA RB 338.....		126
5.1.	ANÁLISIS TÉCNICO DEL PROYECTO	126
5.1.1.	Resumen del nuevo balance general de ventilación.....	127
5.1.2.	Requerimiento de caudal de aire.	128
5.1.3.	Cobertura de aire	128
5.2.	TIPOS DE VENTILACIÓN EN LA UNIDAD MINERA AMERICA - ZONA CUERPOS.	129

5.2.1. Ventilación soplante/impelente	129
5.2.2. Ventilación aspirante.....	130
5.2.3. Ventilación mixta (soplante - aspirante)	131
5.3. RESUMEN DEL NUEVO SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE AIRE VICIADO DE LA ZONA CUERPOS	131
5.4. CONDICIONES TERMO AMBIENTALES EN LA ZONA CUERPOS	135
5.5. CONTROL DEL CIRCUITO DE VENTILACIÓN EN LA MINA ALPAYANA S.A	136
5.6. ANÁLISIS ECONÓMICO	137
5.6.1. Consumo de energía por equipos de ventilación.....	137
5.6.2. Costo por la ejecución e implementación del RB 338 del Nv 10 hasta superficie zona cuerpos.	¡Error! Marcador no definido.
CONCLUSIONES	148
RECOMENDACIONES	150
BIBLIOGRAFÍA	151

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Variables e Indicadores	24
Cuadro 2: Composición del aire	32
Cuadro 1: Coordenadas UTM de la unidad minera Americana.....	58
Cuadro 2: Personal empleado y obrero en cia minera Alpayana S.A.	62
Cuadro 3: Programa anual de avances.	74
Cuadro 4: Programa anual de producción.	75
Cuadro 5: Programa anual de relleno.	76
Cuadro 6: Cuadro comparativo del método de explotación en la cia minera Alpayana S.A.	87
Cuadro 7: Estaciones principales de monitoreo – ingreso de aire limpio.....	94

Cuadro 8: Estaciones principales de monitoreo – salida de aire viciado.	95
Cuadro 9: Balance inicial de ventilación – zona cuerpos	95
Cuadro 10: Formato de recopilación de datos	96
Cuadro 11: Caudal requerido por el número de trabajadores.	100
Cuadro 12: Factor de producción de acuerdo al consumo de madera.....	101
Cuadro 13: Caudal requerido por el consumo de madera.	102
Cuadro 14: Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo.	103
Cuadro 15: Caudal requerido por equipos con motor petrolero.....	105
Cuadro 16: Resumen de requerimiento de aire QT1.....	107
Cuadro 17: Caudal por fugas.	107
Cuadro 18: Requerimiento total del caudal de aire.....	108
Cuadro 19: Balance general de ventilación.	109
Cuadro 20: Inventario de ventiladores principales.....	110
Cuadro 21: Inventario de ventiladores secundarios.	112
Cuadro 22: Inventario de ventiladores auxiliares.....	114
Cuadro 23: Inventario de ventiladores en mantenimiento.	116
Cuadro 24: Inventario de ventiladores en stand by.....	117
Cuadro 25: Coordenadas en superficie y NV 10.....	122
Cuadro 26: Cronograma de ejecución del proyecto.....	123
Cuadro 27: Estaciones principales de monitoreo – ingreso de aire limpio.....	126
Cuadro 28: Estaciones principales de monitoreo – salida de aire viciado.	127
Cuadro 29: Balance general de ventilación, después de ejecutar el proyecto RB 338.	127
Cuadro 30: Requerimiento de caudal de aire.	128
Cuadro 31: Cobertura de aire.	129
Cuadro 32: Consumo de energía y costo por los ventiladores principales.	137
Cuadro 33: Consumo de energía y costo por los ventiladores secundarios	138

Cuadro 34: Consumo de energía y costo por los ventiladores auxiliares	138
Cuadro 35: Cuadro de resumen por el consumo de energía & costos, antes de ejecutar el proyecto RB 338.	140
Cuadro 36: Cuadro de resumen por el consumo de energía y costos, después de ejecutar el proyecto RB 338.	141
Cuadro 37: Resumen general de consumo de energía y costos,	141
Cuadro 38: Costo de ejecución e implementación del RB 338.....	143
Cuadro 39: Costo de materiales para la ejecución e implementación del RB 338.	145

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Laboreo minero.	34
Imagen 2: Ventilador centrifugo.	50
Imagen 3: Ventilador Axial.	51
Imagen 4: Ubicación de la cia minera Alpayana S.A.....	59
Imagen 5: Columna estratigráfica	67
Imagen 6: Etapa 1- Modelamiento del cuerpo mineralizado.	78
Imagen 7: Etapa 2 - Perforación de taladros positivos en nivel inferior.	78
Imagen 8: Etapa 3 – Voladura de taladros positivos en nivel inferior.	79
Imagen 9: Etapa 4 – Perforación de taladros positivos y negativos de nivel intermedio.. ..	80
Imagen 10: Etapa 5 – Voladura de taladros negativos del nivel intermedio.	80
Imagen 11: Etapa 6 – Limpieza de mineral del nivel intermedio.	81
Imagen 12: Etapa 7 – Relleno de tajeo vacío del nivel intermedio.	81
Imagen 13: Etapa 8 – Voladura de taladros positivos del nivel intermedio.	82
Imagen 14: Diferenciación de calidad de roca por zonas.	84
Imagen 15: Método de explotación convencional en la zona de vetas	88

Imagen 16:Toma de datos en las estaciones principales.	92
Imagen 17:Toma de datos en las estaciones secundarias	92
Imagen 18:Comparación de labores dentro del LMP & labores fuera del LMP.....	97
Imagen 19:Ventiladores principales.	111
Imagen 20:Ventiladores secundarios.	112
Imagen 21:Ventiladores auxiliares.	113
Imagen 22:Rimado del RB 338.	121
Imagen 23:Sistema de ventilación impelente.....	130
Imagen 24:Sistema de ventilación aspirante.	130
Imagen 25: Sistema de ventilación mixta.....	131
Imagen 26:Consumo de energía y costos,	142

CAPITULO I: MARCO METODOLOGICO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La compañía minera Alpayana S.A. cuenta con un sistema de “Ventilación mecánica y natural” para inyectar el aire limpio desde superficie hacia interior mina, por la depresión ejercida de los ventiladores extractores principales, logrando así el ingreso de aire fresco de 1,099,073.19 cfm, dicho caudal de aire en mención no cubre nuestra demanda requerida para la operación, al realizar el estudios del balance de la circulación de aire en la zona cuerpos se requiere 1,242,179.92 cfm, logrando solamente una cobertura de 89%, al realizar una evaluación integral del sistema de ventilación, se identificaron una serie de deficiencias, como se indica a continuación:

Zona Cuerpos: La velocidad de aire en la rampa principal (RP 565) desde el Nv 14 hasta el Nv 18 es casi nula por la ausencia de poder succionar de aire viciado, lo cual ocasiona saturación de gases contaminantes y aumento de la temperatura en zonas de trabajo, que no garantiza las condiciones termo ambientales para los colaboradores, actualmente a medida que avanza la operación viene afectando las zonas de trabajo tanto: para el personal y el rendimiento eficiente de los equipos diésel, también para descartar el calor y los gases generados por los equipos. Asimismo, generándose más horas muertas para la evacuación o extracción de los gases tóxicos originados por la voladura, así generándose la recirculación del aire contaminado en las labores, pues no se tiene un óptimo sistema de ventilación para evacuar el aire viciado con rapidez y eficiencia. El actual sistema de ventilación en la unidad minera americana es deficiente por ende no garantiza la seguridad de los colaboradores y esto repercute en la producción.

También construir chimeneas para ventilación de forma convencional implica que el personal este expuesto a elevados riesgos de incidentes y/o accidentes de trabajo y la vez demanda mayor tiempo en su construcción, debido a que el desempeño del personal no es óptimo siendo las condiciones muy desfavorables, por lo que se proyecta optar por un método más rápido y eficiente, mediante excavaciones de Raise Boring, el cual otorga un perfil liso en el acabado de las paredes y dando la posibilidad de hacer excavaciones con inclinación según las necesidades operativas.

También se tiene problemas en la zona profundización del Nv 23, donde las temperaturas alcanzan hasta los 37 °C esto por la presencia de aguas subterráneas, el grado geotérmico de la tierra y la humedad relativa superiores a 95%, lo que amerita realizar un plan de trabajo para que se mantenga la cantidad y calidad de aire al interior de los parámetros que exige el D.S N° 024-2016 EM y su modificatoria el D.S N° 023-2017 EM “REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL EN MINERIA”, para evitar el riesgo en la Salud e integridad física de los que laboran, así poder cumplir el programa anual de Exploración, Desarrollo, Preparación y Explotación.

Zona Oroya - Esperanza: El circuito de salida del aire viciado forma dos ramales, Rb Araña hacia superficie y por el Xc.168 del Nv 18 contaminando con el aire viciado a la zona cuerpos que tiene comunicaciones en tres niveles y la otra parte se va hacia el túnel Gratoon.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cuál será el nuevo sistema de ventilación al construir una chimenea mediante Raise Boring, para evacuar el aire viciado de las labores y el costo de inversión por la ejecución e implementación del RB 338 en la cia minera Alpayana S.A - Lima?

1.2.2. Problemas específicos

a.- ¿Cuál será el balance general de aire que va formar el nuevo circuito de ventilación por la ejecución de la chimenea RB 338 para evacuar del aire viciado en la Cia Minera Alpayana S.A. – Lima?

b.- ¿Cuál será la estructura de los ventiladores principales, secundarios y auxiliares en el nuevo sistema de ventilación y el consumo de energía, para generar un ambiente de confort en la Cia Minera Alpayana S.A. - Lima?

c.- ¿Cuánto de inversión ocasiona la construcción e implementación de la chimenea RB 338 para una ventilación óptima en la Cia Minera Alpayana S.A. – Lima?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

Determinar el nuevo sistema de ventilación para evacuar el aire viciado de las labores, y el costo de inversión por la ejecución e implementación de la chimenea RB 338 en la cia Minera Alpayana S.A – Lima.

1.3.2. Objetivos específicos

a.- Determinar el balance general de aire que va a formar el nuevo circuito de ventilación por la chimenea RB 338, para la evacuar del aire viciado de las labores en la Cia Minera Alpayana S.A. – Lima.

b.- Determinar la estructura de los ventiladores principales, secundarios y auxiliares en el nuevo sistema de ventilación y el consumo de energía para generar un ambiente de confort para los colaboradores en la Cia Minera Alpayana S.A.-Lima.

c.- Determinar la inversión que ocasiona la construcción e implementación de la chimenea RB 338 para una ventilación optima en la Cia Minera Alpayana S.A. – Lima.

1.4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El siguiente estudio tiene una justificación técnica y tecnológica:

1.4.1. Técnica:

De acuerdo a la evaluación que se realiza para la construcción de las chimeneas de ventilación de gran longitud y en un tiempo corto, es recomendable el uso de equipos mecanizados y no convencionalmente.

1.4.2. Tecnológica:

Frente a los requerimientos de la industria minera en las excavaciones subterráneas es de suma importancia el uso de la tecnología(equipos), para garantizar la seguridad y no exponer al personal, por tratarse de trabajos de alto riesgo.

1.5. DELIMITACIÓN

1.5.1. Delimitación espacial

El presente estudio se desarrolla en la zona de cuerpos unidad minera americana de la cia minera Alpayana S.A – distrito Chicla, provincia Huarochirí y región Lima.

1.5.2. Delimitación temporal

El presente estudio se desarrolló entre los años 2020 y 2021.

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1. Hipótesis general

Con un nuevo sistema de ventilación óptimo se logra evacuar el aire viciado de las labores y obtener el costo real de inversión por la ejecución e implementación de la chimenea RB 338 en la cia minera Alpayana S.A – Lima.

1.6.2. Hipótesis específicas

a.- El balance general de aire mejora notablemente a través de la chimenea RB 338 que evacuará el aire viciado de las labores en la cia minera Alpayana S.A. – Lima.

b.- Al formar la nueva estructura de los ventiladores principales, secundarios y auxiliares en el nuevo sistema de ventilación, se optimiza el consumo de energía y evacuación de aire viciado de las labores para generar un ambiente de confort para los colaboradores en la cia minera Alpayana S.A.-Lima.

c.- Se obtiene el costo real de inversión que ocasiona la construcción e implementación de la chimenea RB 338 para poner en marcha el nuevo sistema de ventilación en la cia minera Alpayana S.A. – Lima.

1.7. VARIABLES E INDICADORES

Cuadro 1: *Variables e Indicadores*

VARIABLES	INDICADORES
VARIABLE DEPENDIENTE:	Caudal (pies ³ /min, CFM)
OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN	Gases (O ₂ =%, CO ₂ =ppm, NO ₂ =ppm, CO=ppm) Velocidad (m/min) Temperatura (°C) Costos (\$)
VARIABLE INDEPENDIENTE:	Calidad del macizo rocoso (RMR, GSI)
CONSTRUCCIÓN DE LA CHIMENEA RAISE BORING 338	Diámetro (m) Longitud (m) Buzamiento (°) Avance (m/gd)

Fuente: Elaboración propia.

1.8. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.8.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación para este trabajo es aplicado, ya que se centra en la búsqueda de la aplicación o manejo de los conocimientos adquiridos para solucionar los problemas prácticos.

1.8.2. Nivel de investigación

La investigación es de nivel descriptivo, debido a que busca especificar las propiedades y características relevantes de cualquier fenómeno analizado.

1.8.3. Población

Para el estudio está representada por todos los circuitos de ventilación que circulan los flujos de aire desde el Nv 100 hasta el Nv 23 en la zona cuerpos de la cia minera Alpayana S.A.

1.8.4. Muestra

Esta muestra corresponde a un muestreo no probabilístico, ya que el investigador selecciona la muestra en función al juicio subjetivo y no al azar. Para este estudio la muestra está referido por el XC 308 SE del NV 10 hacia superficie, donde las coordenadas del RB 338 están comprendidos por los siguientes puntos: A (366218.33; 8711002.92; 4427.40) y B (366302.16; 8711012.48; 3932.05).

1.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas e instrumentos que se emplearon en la investigación son:

1.9.1. Técnica Documental.

Instrumento: Ficha documental (informes, estudios anteriores, normas, leyes, contratos, etc)

1.9.2. Técnica de Observación.

Instrumento: Ficha de observación (planos, visita en campo, equipos topográficos).

1.9.3. Técnica de simulación.

Instrumento: VENTSIM y EXCEL.

1.9.4. Técnica de campo.

Instrumento 1: Captura de fotos.

Instrumento 2: Registro de datos y evaluación de KPI's.

Instrumento 3: Uso de equipos de medición para tomar la velocidad de aire, temperatura, medición de gases y planos.

1.10. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento y análisis de datos de los datos de campo se hará uso de software como es el Microsoft Excel, VENTSIM y AUTOCAD para llevar a cabo las pruebas de simulación del circuito de ventilación.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

Para el presente trabajo se ha tomado como referencia investigaciones elaboradas con objetivos similares a este estudio, compartiendo un fin común el de optimizar el sistema de ventilación para tener un menor costo y mayor productividad en actividades mineras subterráneas.

2.1.1. Antecedentes a nivel local

En su tesis titulada "Optimización del sistema de ventilación a corto plazo en la Unidad Operativa Pallancata - Ayacucho", presentada por Loayza Huari, Alber (2021) en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, se aborda la optimización del sistema de ventilación en la mina U.O. Pallancata, perteneciente a la Compañía Ares S.A.C. Esta mina se dedica principalmente a la extracción de plata y oro y se encuentra ubicada en la comunidad campesina de Pallancata, en el distrito de Coronel Castañeda, provincia de Parinacochas, departamento de Ayacucho. El tiempo de operación de la mina se extiende por 3 años hasta el año 2021, según el plan de vida de la mina (LOM). Sin embargo, la mina enfrenta un problema significativo en cuanto a la cobertura de ventilación, que actualmente solo alcanza el 56%. Por lo tanto, es crucial definir nuevos ejes de ventilación para satisfacer plenamente los requisitos necesarios.

Para lograr este objetivo, se utiliza el software Ventsim™ Design 5.1 como herramienta de validación de datos y simulación del sistema de ventilación existente. Esto permite desarrollar soluciones y alternativas a corto y mediano plazo. Además, se analiza y determina el tamaño óptimo y el número de ventiladores, así como las ubicaciones y

dimensiones adecuadas de las chimeneas antes de su implementación. El objetivo principal es lograr un sistema de ventilación flexible, eficiente desde el punto de vista económico y que cumpla con los estándares requeridos. Esto implica evitar gastos innecesarios al evitar la construcción de chimeneas con diámetros inadecuados. Además, se considera la ubicación de las áreas de trabajo en el plano, teniendo en cuenta la calidad de la roca (RMR) que debe ser superior a 30. También se evita la selección e instalación de ventiladores que operen fuera de su rango óptimo de funcionamiento.

2.1.2. Antecedentes a nivel nacional

En su tesis titulada "Diseño y simulación de red de ventilación con el software Ventsim Visual en la unidad minera San Rafael MINSUR S.A.", presentada por Viza Torres Ronald Willian (2016) en la Universidad Nacional del Altiplano en Puno, se aborda el desafío de la ventilación en la unidad minera San Rafael de Minsur S.A., que se encuentra en constante profundización de sus trabajos a una profundidad promedio de 900 metros bajo la superficie. El objetivo del proyecto es diseñar y simular un sistema de ventilación eficiente utilizando el software Ventsim Visual para garantizar una adecuada cobertura de aire. La metodología utilizada involucra la recopilación de datos de campo utilizando instrumentos como el anemómetro, seguido de un análisis del entorno de trabajo y del comportamiento del caudal de aire, así como una descripción de la red de ventilación existente. Se identificó una necesidad de 1,372,935 cfm de flujo de aire, mientras que la cobertura actual era del 90%. Para mejorar esta situación, se simuló e instaló un ventilador axial de 100,000 cfm y 3 ventiladores auxiliares de 5,000 cfm cada uno, lo que permitió aumentar el flujo de entrada a 1,382,781 cfm, cumpliendo con la necesidad y logrando una cobertura de aire del 103% en el campo y del 106% en el software. Esto representa un aumento del 13% en comparación con la cobertura anterior, equivalente a 105,835 cfm

adicionales. Además, se consideraron 5 proyectos de raise boring (RB) para mejorar la distribución del aire y fortalecer la circulación en diferentes zonas de la mina, manteniendo una temperatura promedio de 22.8 °C. La simulación también permitió identificar y abordar obstrucciones en los ventiladores y dirigir adecuadamente el flujo de aire en el sistema de ventilación.

En la tesis titulada "Perforación de chimeneas con el método Raise Boring en la unidad minera ARCATA", presentada por Contreras Llica, Laddy Eliana (2015) en la Universidad Nacional de San Agustín en Arequipa, se aborda el desafío que surge en las minas subterráneas al llevar a cabo el avance en diferentes trabajos para profundizar, desarrollar y preparar la mina, así como garantizar un flujo adecuado de aire fresco. En la Unidad Minera Arcata, se enfrentan al reto de mantener un flujo mínimo de aire de 20 m³/min mientras avanzan en sus trabajos y profundizan las labores. En este contexto, la construcción de chimeneas se presenta como la mejor solución para permitir la entrada de aire fresco y la salida del aire viciado, el cual se genera debido a la emisión de gases como el monóxido de carbono (CO) proveniente de la maquinaria pesada y las explosiones en los frentes de avance. Para optimizar el tiempo de las operaciones mineras, se optó por utilizar el método de construcción de chimeneas mediante la técnica del Raise Boring, en lugar del equipo Alimak, ya que el Raise Boring se considera más seguro y más rápido, minimizando el riesgo de accidentes.

2.1.3. Antecedentes internacionales

En el estudio titulado "Optimización del sistema de ventilación mediante tecnologías informáticas en la mina HEMCO - NICARAGUA" realizado por Guillen Carbajal Cesar Saúl (2016) en la Universidad Nacional de Ingeniería en Lima, se menciona que HEMCO

NICARAGUA S.A. ha estado implementando cambios y mejoras en su gestión desde 2009 con el objetivo de aumentar la productividad, reducir costos operativos y cumplir con estándares de seguridad. Como parte de su plan estratégico para incrementar la producción de la mina de 470 TPD a 1,300 TPD, se ha decidido iniciar las labores de preparación y explotación en las vetas "Pluto", "Venus" y "Neblina". Además, se planea desarrollar el cruceo Martha 850, utilizando equipos diésel en lugar de las locomotoras eléctricas actuales. El sistema de ventilación actual de la mina es natural y presenta recirculaciones de aire variables debido a las múltiples chimeneas de ventilación en la superficie. Sin embargo, no se contaba con un plan de medición ni los instrumentos necesarios para evaluar la ventilación. Ante esta situación, se propuso el rediseño del sistema de ventilación utilizando el software VENTSIM™ Visual Avanzado, el cual permitió planificar y mejorar los circuitos de ventilación existentes y futuros. Se ajustaron los datos obtenidos en campo con los datos generados por el software, y se utilizó este modelo para diseñar y simular diferentes escenarios.

2.2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.2.1. Optimización

En líneas generales, esto se refiere a la habilidad para llevar a cabo o solucionar algo de la forma más eficiente posible, utilizando la menor cantidad de recursos necesarios.

2.2.2. Sistema

Viene a ser un conjunto de elementos que guardan relación entre sí que marcha como un todo.

2.2.3. Definición de ventilación de minas

La ventilación es el proceso a través el cual se hace fluir el aire dentro de las labores de una operación minera subterránea, para garantizar lo que el trabajador necesite, de los equipos y para dejar salir los gases, humos y polvo que se encuentran en el aire los que pudieran generar efectos negativos a la salud del trabajador, o también que permanezcan las circunstancias termo-ambientales confortables.

Los objetivos que se pueden mencionar con respecto al tema son:

- ✚ Garantizar que las operaciones mineras cuenten con un suministro adecuado de aire, tanto en cantidad como en calidad, que sea capaz de diluir los contaminantes presentes en todas las áreas donde el personal realiza sus tareas, cumpliendo así con los límites de seguridad establecidos.
- ✚ Tomar en cumplimiento con el R.S.S.O, concerniente a Ventilación y salud ocupacional.

2.2.4. El aire

Es una sustancia gaseosa, transparente, inodora e insípida que encierra la tierra y da origen a la atmosfera y está constituida por los siguientes gases como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 2: *Composición del aire*

GAS	% en volumen
Nitrógeno	78.084
Oxígeno	20.946
Argón	0.934
Dióxido de carbono	0.033
Otros gases	0.003

Fuente: (Guillen Carbajal, 2016, p. 17)

2.2.5. Oxígeno (O₂)

El oxígeno desempeña un papel vital al permitirnos mantenernos con vida, siendo un gas esencial. Posee características que lo distinguen, como ser incoloro, inodoro, insípido y tener una densidad ligeramente mayor que la del aire. Normalmente, estamos habituados a respirar un aire que contiene aproximadamente un 21% de oxígeno, y nuestro organismo puede funcionar correctamente en entornos con cantidades superiores o inferiores de este gas. Sin embargo, cuando la concentración de oxígeno se reduce hasta alcanzar alrededor del 16% (a una presión de 1 atm), muchas personas experimentan dificultades respiratorias IIMP (1989).

2.2.6. Nitrógeno (N₂)

Es un gas sin color, olor ni sabor, y su densidad es de 0,97. Es químicamente inerte, lo que implica que no sustenta la respiración ni la combustión. Por sí solo, no es dañino, pero un

incremento en su concentración en el aire en entornos mineros resulta perjudicial para los seres humanos, ya que ocasiona una reducción considerable del oxígeno disponible Novitzky A. (1962).

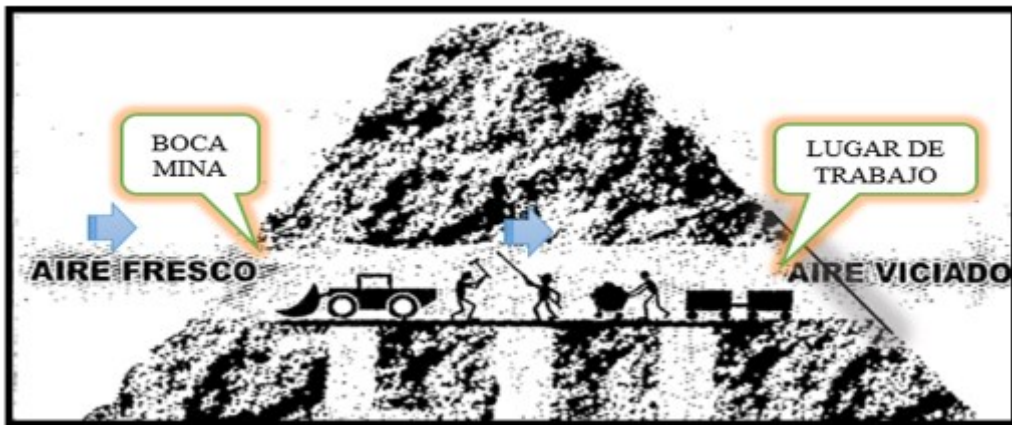
2.2.7. Anhídrido carbónico (CO₂)

Como se ha mencionado previamente, el dióxido de carbono está presente tanto en el aire que respiramos como en diferentes elementos del entorno, como el suelo, el carbón y diversas estructuras geológicas (IIMP, 1989).

2.3. AIRE DE MINA

Se refiere a una mezcla de gases y vapores, a menudo con partículas de polvo suspendidas, que ocupan el espacio en los trabajos subterráneos. Este aire proviene del aire atmosférico, pero su composición se modifica al ingresar a la mina. Si los cambios en la composición son mínimos y el aire aún guarda similitudes con el aire atmosférico, se le conoce como "aire fresco" o "aire de entrada". En cambio, si el aire ha sido contaminado, se denomina "aire viciado" o "aire de salida". A medida que el aire circula por la mina, recoge gases, calor y polvo generado por las actividades mineras, así como la presencia de personas y materiales en el interior de la mina.

Imagen 1: *Laboreo minero.*



Fuente: Ventilación de minas – INTERCADE 2010.

2.4. POLVO EN LAS MINAS

Las minas producen partículas sólidas dispersas en forma de polvo. Dependiendo de su tamaño, concentración y composición, este polvo puede representar riesgos para la salud del personal y la seguridad de las operaciones al afectar la visibilidad. Cuando la generación de polvo es inevitable, es necesario tomar todas las medidas posibles para mantener su concentración en el aire lo más baja posible, respetando los límites establecidos para cada caso. Además, se debe evitar que el polvo permanezca suspendido en el aire. En situaciones en las que esto no sea factible, es importante prevenir la inhalación del polvo o, al menos, minimizar la exposición al aire contaminado. La capacidad del polvo para permanecer suspendido en el aire depende de factores como el tamaño de las partículas, su forma, densidad, la velocidad del flujo de aire, la humedad y la temperatura. El polvo se genera principalmente por la desintegración mecánica de las rocas durante actividades como perforación, detonación y manipulación de materiales.

2.5. FUENTES GENERADORAS DE POLVO.

Cuando las personas se exponen a concentraciones elevadas, existen gases comunes que pueden causar enfermedades graves e incluso ser mortales. Estos gases son frecuentes en diversas actividades mineras, como la perforación en seco, los disparos, los cachorreos (voladuras secundarias), carguío, transporte y el chancado, entre otras.

Es importante tener en cuenta que la exposición prolongada o en altas concentraciones a estos gases puede representar un riesgo para la salud y la vida de las personas expuestas. Por lo tanto, es fundamental implementar medidas de control y prevención adecuadas, como el uso de equipos de protección personal, una ventilación adecuada en los lugares de trabajo y el cumplimiento estricto de los protocolos de seguridad establecidos. Estas medidas son fundamentales para minimizar los riesgos asociados a la exposición a estos gases y garantizar un entorno de trabajo seguro para los trabajadores mineros.

2.6. GASES PRESENTES EN LAS MINAS SUBTERRÁNEAS

Cuando las personas se exponen a concentraciones altas, hay gases comunes que pueden ocasionar enfermedades graves e incluso provocar la muerte:

2.6.1. Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono es un gas altamente nocivo, carece de color, olor y sabor, y es ligeramente más liviano que el aire. En entornos mineros, su presencia puede ser causada por explosiones, incendios subterráneos y el uso de motores de combustión interna mal ajustados. La peligrosidad del monóxido de carbono radica en que la hemoglobina de la sangre tiene una mayor afinidad por este gas que por el oxígeno, lo que disminuye la capacidad de la sangre para

transportar oxígeno. Esto puede tener consecuencias graves para la salud de las personas expuestas a concentraciones elevadas de monóxido de carbono (Claverías, J., 2014).

2.6.2. Gases nitrosos (NO, NO₂)

A niveles de concentración bajos, los gases nitrosos son inodoros, incoloros y sin sabor perceptible. Sin embargo, en concentraciones altas, pueden ser identificados por su apariencia similar a la pólvora quemada y la presencia de humos de color rojizo. Estos gases son peligrosos e irritantes, y su presencia puede ser atribuida a diversos factores, como la combustión, trabajos con explosivos, concentraciones más altas debido a detonaciones incompletas de la dinamita, así como a los gases emitidos por equipos o vehículos que utilizan diésel y gasolina.

2.6.3. Ácido sulfhídrico (H₂S)

El gas mencionado es un compuesto extremadamente peligroso y sin color que emana un olor característico similar al de los huevos podridos y presenta un sabor dulce. Es altamente soluble en agua y tiene la capacidad de formar mezclas explosivas cuando su concentración en el aire se encuentra entre el 6 % y el 45 %. Este gas provoca irritación en las membranas mucosas de los ojos y las vías respiratorias, y también afecta el sistema nervioso. Se produce a partir de la descomposición de sustancias orgánicas, como la madera utilizada en la construcción, la descomposición de minerales sulfurosos y la reacción del agua con el yeso.

2.6.4. Dióxido de carbono (CO₂)

El gas en mención es un compuesto sin color ni olor, y presenta un leve sabor ácido. Su molécula está compuesta por CO₂. Se produce a través de la combustión u oxidación de materiales que contienen carbono, como el carbón, la madera, el aceite y ciertos alimentos.

Además, se genera durante la fermentación de azúcares y por la descomposición de carbonatos cuando están expuestos al calor o a ácidos. Según las regulaciones de Seguridad y Salud Ocupacional, la concentración de este gas, conocido como metano, no debe superar los 5000 ppm.

2.7. PSICROMETRÍA

La Psicrometría es una disciplina científica que se enfoca en investigar las propiedades termodinámicas del aire húmedo y los efectos que la humedad. El estudio de las alteraciones que sufre el aire en relación con la humedad, la temperatura y la presión se conoce como psicrometría.

2.8. ESTUDIO DE LA PSICROMETRÍA

a.- Primera razón

Los efectos climáticos de humedad debido al calor de estratos rocosos, humedad en los flujos de aire (en el aire de retorno, ordinariamente la humedad es mayor que en el de ingreso), maquinarias, etc., inciden en variaciones de temperatura y directamente en el calor sensible del aire.

b.- Segunda razón

Efecto del calor y la humedad sobre el cuerpo humano.

2.9. PESO ESPECIFICO (Pe),

$$\gamma = \frac{W}{V}, \text{Lb/ Pie}^3, \text{Kg/ m}^3$$

Según Komarov, en ventilación de minas se emplea el peso específico estándar ($P_e = \gamma_o = 0.075 \text{ lb./pie}^3 = 1.2 \text{ Kg./m}^3$), que es el peso de 1m^3 de aire, con la presión de una (1) atmósfera, 15°C de temperatura, 60% de humedad y a nivel del mar.

2.9.1. Determinación de peso específico

El P_e del aire, para otras situaciones, puede ser calculando por relaciones numéricas:

$$\gamma = \frac{1.325P_b}{460 + t(^{\circ}\text{F})} = \frac{1.325P_b}{TR}$$

$$\gamma = \frac{1.325}{460 + t(^{\circ}\text{F})} (P_b - 0.378P'v)$$

Donde:

P_b : presión atmosférica del lugar, pulg Hg

T : temperatura ambiental del bulbo seco, $^{\circ}\text{F}$

TR : temperatura absoluta del bulbo seco, $^{\circ}\text{R}$

$P'v$: presión de vapor en el punto de rocío, pulg. Hg (tabla o grafico psicométrico)

2.10. TEMPERATURAS

La temperatura es un estado que establece la orientación del flujo de calor, que es una forma de energía.

En ventilación se considera tres tipos de temperatura:

- ✚ Seca
- ✚ Húmeda.
- ✚ Efectiva.

2.10.1. Temperatura seca (TS)

Medida del calor sensible de la atmósfera. Es el estado térmico del aire. Muestra la intensidad de energía térmica. Las consecuencias de variación de temperatura se manifiestan en la expansión y contracción del aire; es decir, cambios de volúmenes de aire:

- ✚ El incremento de la temperatura causa expansión.
- ✚ La baja de la temperatura causa contracción.
- ✚ El coeficiente de expansión es el mismo que el de contracción.

El coeficiente de expansión del aire o gases, es la razón de aumento de volumen del volumen original por cada grado de incremento de la temperatura; por consiguiente, este coeficiente relaciona la variación de volumen por el cambio de temperatura independientemente de la influencia de la presión.

Coeficiente: °C : 0.003663 °F : 0.002035

Equivalencia de temperaturas (TS)

$$\frac{^{\circ}\text{C}}{5} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{9} = \frac{^{\circ}\text{K} - 273}{5}$$

Kelvin °K = °C + 273 Rankine °R = °F + 460

$$\frac{^{\circ}\text{K} - 273}{5} = \frac{^{\circ}\text{R} - 460}{9}$$

2.10.2. Temperatura húmeda (TH)

Es la temperatura medida con el bulbo húmedo del termómetro; mide el factor de evaporación del aire. Las lecturas de las temperaturas secas y temperaturas húmedas son

utilizadas para determinar el Pe del aire y los cálculos de inspección de temperatura - humedad del estado del aire.

2.10.3. Temperatura efectiva (Tef)

Es la expresión total del clima de un determinado ambiente en base a la mezcla de la humedad relativa, temperatura y velocidad del aire.

Se puede resumir el nivel de confort del entorno en un único valor que refleje cómo la temperatura, humedad y circulación del aire afectan la sensación de calor o frío experimentada por el cuerpo humano.

2.11. HUMEDAD DEL AIRE

Humedad, vapor de agua contenido en el aire; puede ser absoluta y relativa.

Una de las pautas para apreciar el grado de confort de un ambiente de trabajo es la humedad relativa y es necesario para la obtención de la presión atmosférica del lugar y de los pesos específicos del aire que fluye por ella.

La humedad relativa (Hr) se define como el porcentaje de la cantidad de vapor de agua presente en el aire en relación con la máxima cantidad de vapor de agua que puede contener a una determinada temperatura.

2.12. PRESIONES

2.12.1. Presión atmosférica

Está definida como la fuerza por unidad de superficie.

La presión atmosférica en una determinada ubicación está influenciada por la altitud sobre el nivel del mar y la temperatura ambiente. Por lo general, se considera que la presión atmosférica al nivel del mar es de 14.7 lb/pulg². Para otras altitudes, se puede determinar mediante mediciones directas con un barómetro o, de manera indirecta, utilizando fórmulas específicas.

Siendo la más conocida y con más aplicación:

$$\text{Log } P_b = \text{Log } P_{b_0} - \frac{h}{122.4(460 + ^\circ\text{F})}, \text{ Lb/Pulg}^2 \text{ o PSI}$$

$$1 \text{ PSI} = 2.036 \text{ pulg Hg}$$

Donde:

P_b : Presión atmosférica a una altura h , lb/pulg²

P_{b_0} : Presión atmosférica a nivel de mar, = 14.7 lb/pulg²

h : altitud sobre el nivel del mar, pie

$^\circ\text{F}$: temperatura (promedio), $^\circ\text{F}$.

Cuando el aire circula en una mina, éste contiene tres diferentes tipos de presiones, las cuales son:

- ✚ Presión estática (static head = cabeza/carga estática).
- ✚ Presión de velocidad (Velocity head = Cabeza de velocidad, altura de velocidad).
- ✚ Presión total (Total head = Cabeza total, Altura total).

2.12.2. Presión estática (HS)

La presión radial en un conducto, que actúa perpendicular al flujo de aire, también conocida como "presión explosiva", se refiere a la presión estática ejercida por el aire en las paredes del conducto, lo que provoca que estas se expandan. La presión estática se denomina así porque existe en el aire incluso cuando no hay movimiento. El aire encerrado en un recinto esté en movimiento o no, crea una presión estática que se ejerce en todas direcciones. Es importante destacar que al medir la presión estática, no se debe considerar ninguna presión de velocidad generada por el movimiento del aire.

EN RESUMEN: Presión Estática, es la presión ejercida independiente de cualquier movimiento

2.12.3. Presión de velocidad o presión dinámica (HV)

Se refiere a la presión generada por el desplazamiento del aire. A medida que la velocidad del aire aumenta, la presión de velocidad también aumenta, y a medida que la velocidad del aire disminuye, la presión de velocidad disminuye en consecuencia.

Tanto la presión de velocidad como la velocidad del aire son siempre valores positivos, ya sea que se midan en la entrada o en la salida del conducto. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la presión de velocidad no contribuye a superar la fricción en el conducto de aire, por lo que no se considera técnicamente como una pérdida.

Si el conducto de ventilación no tiene fugas y se mantiene constante la cantidad de aire, el peso específico del aire y el tamaño del conducto, la velocidad del aire y la presión de velocidad se mantendrán constantes a lo largo del conducto.

2.12.4. Presión total (HT)

Está definido como la suma de la presión estática y de velocidad, como se indica a continuación:

$$HT = HS + HV$$

en conclusión, se puede decir que la presión define la energía contenida en el aire o la energía necesaria por un sistema de ventilación para vencer la resistencia al flujo de aire. la presión estática (hs) es la que se emplea para que no se genere la fricción en conductos y ductos mineros y; por tanto, es el de mayor importancia en ventilación porque los ventiladores vienen especificados principalmente por su capacidad de flujo o caudal (q) y presión estática (hs).

Es así que, para un ventilador de un determinado caudal, cuanta más presión estática tenga, mayor resistencia podrá vencer o viceversa.

2.13. CORRECCION DE PRESION POR ALTITUD

El aire estándar a nivel del mar se considera con un peso específico de $0.0751\text{lb}/\text{pie}^3$, con una densidad relativa de 1.

$$\frac{\gamma_o(\text{nivel del mar})}{P_o(\text{nivel mar})} = \frac{\gamma(\text{lugar})}{P(\text{lugar})}$$

2.14. FLUJO DE AIRE EN MINAS

2.14.1. Principios fundamentales

De manera simple es posible manifestar que para toda corriente de aire se necesita una potencia que debe vencer la resistencia, debido a fricción y choques; ello hace que circule un cierto flujo de aire a cierta velocidad, originando una caída de presión.

La presión creada deberá ser lo suficientemente grande para vencer las resistencias por fricción y choque.

2.15. ECUACION DE CONTINUIDAD

De acuerdo a la ley de conservación de la materia (Lavossier):

“La materia no se crea ni se destruye, solo se transforma”

Por principio:

$$Q_1 = Q_2 = \text{Constante}$$

Por caudal ponderal:

$$\text{Para } Q = AV$$

$$A_1V_1 = A_2V_2$$

2.16. PÉRDIDAS O CAÍDAS DE PRESIÓN (HL)

La transferencia de energía a un fluido en movimiento, ya sea por medios naturales o mecánicos, se emplea para compensar las caídas de presión. Estas pérdidas de presión se

producen en el flujo de aire entre dos puntos y son el resultado de las pérdidas causadas por la fricción (H_f) y el impacto (H_x), es decir:

$$H_L = H_f + H_x = \frac{KP(L + L_e)Q^2}{5.2 A^3}$$

2.16.1. Pérdida de presión por fricción (H_f)

Es la pérdida de energía ocasionada al paso del aire por conductos de área uniforme causada por las resistencias de las paredes debido a la rugosidad de las paredes y fricción interna del mismo flujo. Dependen de las condiciones o irregularidades en la superficie de las paredes de cada conducto de ventilación.

En el contexto de la ventilación en las minas, el aire se comporta como el fluido que sigue estos principios.

Ecuación de Darcy Weisbach:

$$P = f \frac{LV^2}{D2g}$$

Donde:

P = Caída de presión en pies de fluido

L = Longitud en pies

D = Diámetro en pies

V = Velocidad en pies/min

f = Coeficiente de fricción

g = Aceleración de la gravedad a nivel del mar, pie/seg²

La

ecuación de ATKINSON se utiliza para calcular pérdidas de fricción, como sigue:

$$H_f = \frac{KPLQ^2}{5.2A^3}$$

Donde:

H_f = Pérdida por fricción, pulg H₂O

K = Coeficiente de fricción o coeficiente de Atkinson, 10x-10 lb.min²/pie⁴

P = Perímetro, pie

L = Longitud de conducto, pie

Q = Caudal de aire, pie³/min

A = Área de sección transversal, pie²

En forma genérica:

$$R = \frac{KPL}{5.2A^3}$$

$$H_f = RQ^2$$

Donde:

H_f : Pérdida de presión, pulg H₂O

R: Resistencia, pulg. min²/pie⁶

Q: Caudal, pies³/min

2.16.2. Pérdidas de presión por choque (H_x)

La pérdida de energía que ocurre debido a cambios en la dirección del flujo de aire, variaciones en la sección transversal del conducto, conexiones de entrada y salida, así como obstáculos, bifurcaciones y uniones en el sistema de ventilación se conoce como pérdida de presión debido a obstrucciones.

2.17. TIPOS DE VENTILACIÓN

2.17.1. Ventilación natural

La ventilación natural se refiere al movimiento del aire que ocurre de manera espontánea en el interior de una mina, prescindiendo de dispositivos mecánicos. Este flujo de aire se genera debido a las disparidades de altura existentes entre los puntos de entrada y salida, lo que provoca una variación en el peso específico del aire. La principal causa de estas disparidades es la

diferencia de temperaturas, seguida en menor medida por las variaciones de presión, humedad y composición del aire.

2.17.2. Ventilación mecánica

La ventilación mecánica, también conocida como ventilación forzada, se refiere al proceso de generar diferencias de presión en un sistema de ventilación mediante el empleo de dispositivos mecánicos que funcionan con energía eléctrica, aire comprimido, motores de combustión interna u otros medios similares.

En el ámbito minero, cuando el flujo de aire proporcionado por la ventilación natural resulta insuficiente en términos de volumen y velocidad, se recurre a la ventilación mecánica. Esto implica la utilización de ventiladores principales, secundarios o auxiliares con el fin de generar un flujo de aire controlado y adecuado dentro de las áreas de trabajo subterráneas.

Se presentan las siguientes definiciones con el fin de aclarar los conceptos:

- ✚ **Ventilador principal:** El ventilador de superficie o de mina es un dispositivo que se utiliza para mover el flujo de aire entre la superficie y el interior de la mina, ya sea mediante la inyección o extracción de aire. Este ventilador puede estar ubicado en la superficie, en una estructura dedicada a la ventilación, o en el interior de la mina, en una galería o túnel específico para este fin.
- ✚ **Ventilador secundario:** El ventilador de nivel o de control de presión es un tipo de ventilador que tiene la función de mover el aire entre diferentes niveles dentro

de una estructura o sistema. Su objetivo principal es direccionar el flujo de aire de manera eficiente, ayudando a controlar la presión en diferentes zonas.

✚ **Ventilador auxiliar:** El ventilador de mangas es un tipo de ventilador utilizado para mover el aire de forma forzada a través de mangas o conductos hacia los frentes ciegos en un entorno minero u otra aplicación similar.

2.18. CLASIFICACIÓN DE LOS VENTILADORES

Después de la Segunda Guerra Mundial, con los avances en el campo de la aerodinámica, surgieron los primeros ventiladores de flujo axial, también conocidos como ventiladores axiales. Estos dispositivos se volvieron ampliamente populares a nivel mundial para la circulación de grandes volúmenes de aire en entornos subterráneos, ya sea en minas o en la superficie.

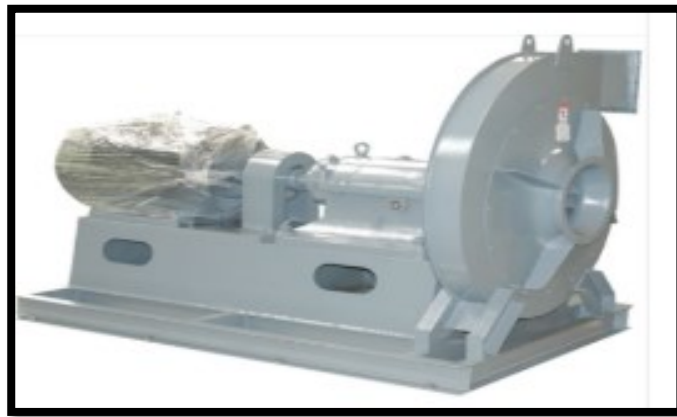
Por otro lado, los ventiladores centrífugos han encontrado un amplio uso en sistemas de ventilación industrial debido a su capacidad para generar una alta presión estática con caudales relativamente bajos.

2.18.1. Ventilador centrífugo

El ventilador centrífugo está compuesto por un rotor ubicado dentro de una carcasa en forma de espiral. El aire ingresa al ventilador a través del centro del rotor, en paralelo a su eje, y luego es succionado por el rotor y expulsado hacia la carcasa. Finalmente, el aire es descargado en un ángulo perpendicular al eje del ventilador. Existen ventiladores centrífugos de entrada simple y de entrada doble. Estos ventiladores operan con un flujo radial, lo que significa que el aire sigue la dirección del eje del rotor en la entrada y es perpendicular a dicho eje en la salida.

En la actualidad, en algunos países y en operaciones mineras subterráneas, se están utilizando ventiladores centrífugos de alta capacidad para la ventilación. Una característica destacada de estos ventiladores es que se instalan principalmente en la superficie, evitando así la necesidad de realizar excavaciones extensas en el interior de la mina. Esta práctica se recomienda desde el punto de vista geomecánico, ya que los ventiladores centrífugos requieren un espacio considerable para su instalación.

Imagen 2: *Ventilador centrífugo.*



Fuente: Ventilación de minas - INTERCADE

2.18.2. VENTILADOR AXIAL

El ventilador axial tiene una configuración aerodinámica y está compuesto por un rotor que se encuentra alojado en una carcasa cilíndrica o envolvente. En el caso del ventilador turboaxial, se añaden aletas guía detrás del rotor, lo cual lo convierte en un ventilador axial con aletas guía.

Imagen 3: *Ventilador Axial.*



Fuente: Ventilación de minas - INTERCADE

2.19. DIFERENCIA ENTRE VENTILADORES AXIALES Y VENTILADORES CENTRÍFUGOS.

Las diferencias entre el uso de un ventilador axial y un centrífugo se pueden resumir de la siguiente manera:

Los ventiladores axiales son altamente eficientes en una amplia gama de condiciones de funcionamiento, mientras que los ventiladores centrífugos ofrecen un rendimiento excepcional, pero en un rango más limitado y específico, siguiendo una curva característica.

Cuando un ventilador centrífugo, diseñado para un punto de funcionamiento específico, se ve obligado a operar en condiciones diferentes, como cambios en la resistencia del entorno minero, es probable que su rendimiento disminuya significativamente. Por otro lado, los ventiladores axiales tienden a tener un rendimiento mecánico superior, ya que transmiten el movimiento directamente desde el motor al rotor sin la necesidad de correas u otros tipos de transmisiones adicionales.

Algunos problemas pueden surgir en la transmisión de los ventiladores centrífugos, como el deslizamiento de la correa, el aflojamiento o la tensión excesiva, lo que puede afectar los rodamientos. Además, las correas pueden verse expuestas a temperaturas extremas, aumentando el riesgo de rotura.

En términos de espacio físico, un ventilador axial, con las mismas capacidades de presión y caudal, ocupa menos espacio en comparación con un ventilador centrífugo debido a su diseño que permite el uso de motores de mayor velocidad.

La presencia de agua puede ser perjudicial para los ventiladores centrífugos, ya que sus rodets tienen espacios que pueden acumular agua durante el funcionamiento, lo que provoca un desequilibrio en el ventilador y genera vibraciones.

2.20. ACOPLAMIENTO DE VENTILADORES

En sistemas de ventilación a gran escala, donde es necesario manejar amplias variaciones en caudales o presiones, puede resultar ventajoso utilizar equipos interconectados que trabajen en conjunto o de manera independiente para cumplir con los requisitos de rendimiento en cada momento.

2.21. TIPOS DE CIRCUITOS DE VENTILACIÓN EN LAS MINAS

2.21.1. Ventilación en serie

Cuando se utilizan dos ventiladores en configuración en serie, es necesario asegurar que el flujo de aire que circula a través de ambos ventiladores sea igual, con un valor de Q_1 , y la presión total es la suma de las presiones generadas por cada ventilador. Por consiguiente, la curva

característica total de los dos ventiladores se obtiene al agregar las alturas de sus curvas características de cada uno. El flujo de aire total de dos ventiladores idénticos, instalados en serie y girando a la misma velocidad, es mayor que cada flujo parcial, pero siempre menor que la suma de los flujos de trabajo individuales.

Es decir, $Q_1 < Q_T < Q_1 + Q_2$

Resistencia equivalente: $R_e = R_1 + R_2 + R_3$

Caudal total: $Q = \text{constante}$

Caída de presión: $H_e = H_1 + H_2 = R_e Q^2$

2.21.2. Ventilación en paralelo

Cuando se emplean dos ventiladores en paralelo, cada uno de ellos está diseñado para suministrar la mitad del flujo de aire requerido. Al trabajar en conjunto, estos ventiladores forman un sistema en el cual la curva resultante se obtiene al combinar las abscisas de sus curvas características individuales. En otras palabras, al utilizar dos ventiladores en paralelo, cada uno contribuye con la mitad del caudal deseado y, al sumar sus características individuales, se obtiene la curva global del sistema.

Resistencia equivalente: $\frac{1}{\sqrt{R_e}} = \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}}$

Caudal total: $Q_T = Q_1 + Q_2$

Caída de presión: $H_e = H_1 + H_2 = R_e Q^2 = \text{constante}$

2.22. RAISE BORING

Se basa en el uso de una máquina electrohidráulica que emplea un motor eléctrico para generar la rotación y bombas hidráulicas para generar el empuje mediante cilindros hidráulicos. El objetivo principal de este método es realizar una perforación descendente desde la superficie, donde se encuentra ubicado el equipo, hasta el nivel inferior mediante un tiro piloto. En otras palabras, este método se fundamenta en la utilización de una máquina que combina energía eléctrica y fuerza hidráulica para llevar a cabo una perforación en dirección descendente desde la superficie hasta un nivel inferior..

2.23. COMPONENTES DE PERFORACIÓN PILOTO

2.23.1. El tricono 1 pilot bit

La herramienta de corte utilizada en la etapa de perforación inicial es una broca tricónica, conformada por tres conos giratorios alrededor de sus ejes. Cada cono está equipado con insertos de tungsteno que tienen la función de desmenuzar y penetrar la roca mediante la combinación de rotación y presión. Además, la broca tricónica posee tres aberturas que permiten la eliminación del material triturado, conocido como detritus, mediante el flujo de agua a presión. Este componente se coloca en el extremo inferior de la barra de inicio para llevar a cabo la perforación piloto.

2.23.2. La barra guía.

Es un elemento alargado de 5 pies, que se emplea para orientar durante la perforación en la fase inicial. Su objetivo principal es facilitar la dirección de la perforación en los primeros 6 metros. Es esencial mantener esta barra lubricada en todo momento para evitar su desgaste, y

se debe realizar una verificación periódica de su diámetro para garantizar su correcto desempeño.

2.23.3. La barra de inicio.

Es una barra de 1 pie, que se utiliza como conexión entre el tricónico (componente de corte) y el estabilizador de piloto. Esta barra está equipada con una válvula check que permite el flujo de agua hacia el tricónico y evita que el agua retorne.

2.23.4. El estabilizador de piloto

Es un elemento utilizado en el proceso de perforación que consiste en una estructura con aletas o ribetes soldados en su exterior, diseñados para proporcionar estabilidad a la columna de perforación y evitar desviaciones en la dirección del hoyo piloto. El estabilizador se calibra con una medida 2mm por debajo del diámetro del tricónico de perforación para garantizar un ajuste adecuado.

2.23.5. El anillo de empate

Es un elemento utilizado en el proceso de empate piloto que se instala en la mesa de trabajo y sirve para sujetar la barra de guía de 5 pies. El anillo debe tener un diámetro interno que permita un ajuste preciso con la barra guía, con una tolerancia de 1 mm por lado (2 mm en total) para garantizar un encaje adecuado.

2.23.6. Las barras de perforación

Es un elemento que presenta roscas tipo pin (macho) y box (hembra) en sus extremos opuestos. Estas roscas se utilizan para conectar los componentes de corte y la máquina, permitiendo un ensamblaje seguro y firme entre ellos.

2.24. COMPONENTES DE PERFORACIÓN ESCARIADO

2.24.1. El escariador

Es una configuración de metal con una forma asimétrica específica para albergar los cortadores responsables de realizar el último corte durante el proceso de excavación. Generalmente, se fabrica utilizando aceros especiales y se conecta a la barra de empuje. Su funcionamiento se basa en aplicar fuerza contra la roca mediante una combinación de empuje y rotación ascendente, lo que provoca su ruptura a través de un corte cizallante.

2.24.2. El Cortador

Es un elemento compuesto por un eje y rodamientos internos, cubierto externamente con insertos de carburo de tungsteno. Su propósito fundamental es fragmentar la roca a través de cortes de cizallamiento durante el proceso de escariado.

2.24.3. El Stembar

Es un componente esencial que desempeña múltiples funciones en el escariador. Por un lado, su principal objetivo es proporcionar soporte y estabilidad a la estructura del escariador.

2.24.4. El estabilizador de escariado

Juega un papel vital en el proceso de perforación al brindar estabilidad a la columna durante el escariado. Cabe resaltar que dicho elemento debe ser cuidadosamente calibrado, con una anchura 2 mm menor al diámetro del agujero piloto en la base de la chimenea, garantizando así un ajuste preciso y un escariado eficiente.

2.24.5. Crossover

Es un elemento utilizado para facilitar la transición entre el diámetro del stembar y el estabilizador de rimado.

2.25. MARCO LEGAL

Para el presente estudio se tiene como base legal lo siguiente:

- ✚ TUO - Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería- aprobado por el D.S. N° 014-92-EM.
- ✚ Ley N° 29783, Ley de seguridad y salud en el trabajo.
- ✚ D.S. N° 024-2016-EM y su modificatoria D.S. N° 023-2017-EM “Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería” del estado peruano.
- ✚ Ley N° 28964, Ley que transfiere competencias de supervisión y fiscalización de las actividades mineras al OSINERGMIN

CAPITULO III. MARCO CONTEXTUAL

3.1. ÁMBITO GEOGRÁFICO

3.1.1. Ubicación

La empresa minera Alpayana S.A. lleva a cabo sus actividades en el distrito de Chicla, que se encuentra en la provincia de Huarochirí, en el departamento de Lima. Geográficamente, se ubica en la región central del flanco occidental de la cordillera de los Andes, a una altitud promedio de 4,350 metros sobre el nivel del mar.

Encontrándose la mina Americana en la Zona 18 del UTM, cuya coordenada esta referenciada a la BM Alex.

Cuadro 1: *Coordenadas UTM de la unidad minera Americana*

Coordenadas UTM	
E	366,761.7 m
N	8'710,455.6 m
Z	4350 m.s.n.m

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 4: *Ubicación de la cia minera Alpayana S.A.*



Fuente: Departamento de geología - cia minera Alpayana S.A.

3.1.2. Accesibilidad

Existen dos opciones de acceso a la mina Alpayana S.A.:

- A través de una carretera asfaltada que sigue la ruta Lima-Casapalca, con una distancia aproximada de 129 km. El tiempo de viaje estimado es de alrededor de 3 horas y 20 minutos.
- Mediante una carretera asfaltada que conecta Huancayo, La Oroya y Casapalca, con una distancia de aproximadamente 100 km. El tiempo de viaje estimado es de unas 3 horas.

3.1.3. Topografía y fisiografía

La mina Casapalca se localiza en un valle influenciado por glaciares, donde se pueden apreciar fuertes inclinaciones en las áreas más bajas, que se extienden desde los 4,100 hasta los 4,500 metros sobre el nivel del mar. En estas regiones se encuentran los campamentos y la entrada principal de la mina. A medida que se asciende, las pendientes se vuelven más suaves hasta alcanzar un terreno relativamente plano en el rango de altitud entre los 4,500 y los 4,600 metros sobre el nivel del mar, caracterizado por un circo glaciar y la presencia de una laguna glaciar. En las áreas más elevadas, que se sitúan entre los 4,600 y los 5,100 metros sobre el nivel del mar, se observan pendientes pronunciadas y accidentadas.

3.1.4. Clima y meteorología

Se puede observar dos estaciones bien definidas:

- ✚ Durante la temporada de lluvias, que se extiende de enero a marzo, se experimentan fuertes precipitaciones en forma de lluvia, con temperaturas que oscilan alrededor de los 10° C y que pueden descender hasta los 0° C. Además, en esta época del año se registra la presencia de nieve.
- ✚ Durante la mayor parte del año, prevalece un clima seco con escasas precipitaciones, aunque es posible que ocurran algunas lluvias esporádicas. Además, se experimentan cambios de temperatura bruscos, con fluctuaciones que pueden variar desde los 10° C hasta temperaturas bajo cero. Es durante los meses de junio a agosto cuando se registran las temperaturas más bajas.

3.1.5. Drenaje.

En el lugar de la quebrada Carmen se compone el cauce de agua principal y esto desemboca al principal colector del río Rímac, que rompe con dirección E-W, hacia el Océano Pacífico. Para realizar el drenaje del agua en interior mina se indica lo siguiente; en la unidad minera americana se bombea el agua desde la zona de profundización del Nv 23 hacia el Nv 21, utilizando bombas sumergibles y estacionarias en los puntos ya indicados hacia el Nv 18, en lo referente a los niveles superiores el agua se drena mediante la rampa principal por gravedad hacia el nv 18, donde es direccionada hacia el tunel gratoon y esto desemboca en el distrito de San Mateo al rio Rimac.

3.2. RECURSOS

3.2.1. Humanos

En la cia minera Alpayana S.A, se cuenta con un recurso humano como indica el siguiente cuadro:

Cuadro 2: *Personal empleado y obrero en cia minera Alpayana S.A.*

Descripción	N° de trabajadores promedio/mes		
	Empleados	Obreros	Total
Compañía	150	79	229
Contratistas Mineros	230	1900	2,130
Contratistas Conexas	40	42	82
Total	420	2021	2441

Fuente: Departamento de recursos humanos - cia minera Alpayana S.A.

3.2.2. Energía

Cía. Minera Alpayana S.A. es alimentada con una línea a simple terna en 50 kV. desde la S.E. Antuquito administrada por EDEGEL hasta la S.E. Casapalca y S.E. Planta, en la S.E. Alpayana cuenta con dos transformadores de Potencia 6/7.5 MVA ambos trabajando en paralelo en esta S.E se efectúa la transformación de 48 KV/12.6 KV, de esta subestación salen

1 terna para la alimentación a la S.E. Carmen en 12kV. Toda esta alimentación es a través de línea aérea con tipo de cable AAAC. La S.E. Carmen punto de transformación de 12kV/1460/2300/440V tensiones que alimentan a la Zonas de Cuerpos, Esperanza, Oroya, P-790, P-650, Sala de compresoras, Talleres y campamentos. Para esta alimentación se utiliza líneas aéreas con cable tipo AAAC y cable enchaquetado. La alimentación en interior mina es a través de las tensiones de 4160V y 2300V (media tensión) a través de cable enchaquetado con PVC, recorren desde superficie hasta interior mina galerías y/o chimeneas hasta las subestaciones en interior mina en las cuales se reducen de 4160V/440V o 2300V/440V. La tensión requerida en interior mina para el funcionamiento de los equipos y bombas es de 440V, el sistema de iluminación en interior mina se efectúa a tensión 220V para lo cual se utiliza pequeños transformadores 440V/220.

3.3. GEOLOGÍA

3.3.1. Geología regional

En la zona del distrito minero de Casapalca se pueden encontrar una variedad de formaciones rocosas que abarcan desde el Cretácico inferior hasta el Terciario. Estas rocas están compuestas tanto por sedimentarias como volcánicas y se encuentran agrupadas en diferentes unidades litológicas.

Estratigrafía: En la región, se pueden observar distintos tipos de rocas que incluyen calizas, areniscas y lutitas. Además, se encuentran presentes brechas y flujos volcánicos, los cuales completan la columna estratigráfica de la zona. En lo que se refiere a la geología regional se tiene las siguientes formaciones:

- ✚ Formación Jumasha.
- ✚ Formación Casapalca.
- ✚ Formación Carlos Francisco.
- ✚ Formación Bellavista.
- ✚ Formación rio blanco.

3.3.2. Geología local

Las rocas que albergan ambos tipos de mineralización consisten en una secuencia plegada de sedimentos continentales que pertenecen al período cretáceo. Estas rocas se encuentran en los extremos Este y Oeste de la mina y se conocen como formación Casapalca. La formación Casapalca se compone de dos partes distintas en términos de su composición litológica. La parte

inferior, denominada "Capas Rojas Casapalca", está compuesta por areniscas, limonitas y lutitas de tonalidad rojiza, con algunos estratos de calizas de tono blanquecino. La parte superior, conocida como conglomerado Carmen, está compuesta por areniscas arcillosas silicificadas de color rojizo, las cuales han experimentado un proceso de blanqueamiento debido a la alteración hidrotermal. Además, en ciertos puntos, este miembro presenta capas lenticulares de conglomerados.

3.3.2.1. Geología vetas.

La mineralización de este tipo se encuentra distribuida a lo largo de toda la secuencia litológica, desde las capas rojas Casapalca hasta los conglomerados Carmen y Tablachaca, el volcánico Carlos Francisco y las calizas Bellavista. Estos depósitos minerales se presentan en forma de cuerpos tabulares con anchos que varían entre 0,20 metros y 2,50 metros, y pueden mostrar ensanchamientos locales. Cuando estos cuerpos de mineralización atraviesan los conglomerados, se generan rellenos en los espacios vacíos de las brechas, lo que amplía aún más la extensión de los cuerpos mineralizados.

3.3.2.2. Geología cuerpos.

La zona de cuerpos desempeña un papel significativo dentro de las estructuras mineralizadas que se encuentran en el distrito minero de Casapalca. Esta área en particular está ubicada al noreste del campamento El Carmen perteneciente a la Compañía Minera Alpayana S.A. En esta zona, es posible distinguir la presencia de dos tipos de mineralización diferentes.:

a) Relleno de fracturas: Las venillas muestran una dirección similar a las vetas principales y se destacan por su contenido de minerales como galena, tetraedrita y carbonatos.

b) Reemplazamiento: La mineralización se forma a lo largo de la dirección de los estratos o capas de areniscas calcáreas, donde se produce la sustitución de los fragmentos y/o matriz calcárea dentro del conglomerado. En estas regiones, se pueden encontrar minerales como escalerita y galena presentes.

Imagen 5: *Columna estratigráfica*

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	GROSOR (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Depósitos aluviales			Arenas, gravas y limos.	
		PLEISTOCENA	Depósitos glaciares			Morrenas	
	NEÓGENO	PLIOCENA	Grupo Jaqui	Formación Matala	50		Capas lacustrinas arenas y limos poco consolidadas.
			Formación Ushno	100		Conglomerados fluviales.	
			Formación Ingahuasi	50		Tobas blancas calcáreas. Disc. eros.	
			Formación Yanacancha	250		Lavas, brechas, conglomerados andesíticos.	
	PALEÓGENO	MIOCENA	Formación Huarochiri	400		Tobas riolíticas y riolíticas con intercalaciones de areniscas.	
			Formación Milotingo	400		Lava andesítica a dacítica, areniscas volcánicas	
			Formación Castrovireyna	150		Volcánico - sedimentario con intercalaciones de tobas.	
		OLIGOCENA	Grupo Sacaquero		2015		Tobas riolíticas soldadas, lavas y areniscas volcánicas
			EOCENA	SUP.			
		MED.		Formación Tantarà	100		Derrames andesíticos a riolíticos, gris verdoso.
PALEOCENA					Disc. ang.		
MESOZOICA	CRETÁCEO	SUPERIOR	Formación Casapaica	4000		Lutitas, areniscas, limolitas y conglomerados de color rojo.	
			Formación Celendin	400		Dioritas.	
			Formación Jumasha	400		Calizas pardo amarillentas con margas calcáreas, yeso.	
		INFERIOR	Formación Pariatambo	120		Calizas compactas en estratos gruesos a delgados.	
			Formación Chülec	220		Calizas, lutitas de color negro fétido.	
			Formación Pariahuanca	260		Calizas gris pardo amarillentas y margas calcáreas.	
			Grupo Goyllaricuzga			Calizas y margas calcáreas.	
			Formación Farrat	700		Areniscas de grano medio blanco a gris rojo.	
	Formación Carhuaz	450		Areniscas con intercalaciones de lutitas violáceas.			
	Formación Santa	100		Caliza gris y arrollitas abigarradas.			
	Formación Chimú	400		Cuarzitas grises con intercalaciones de material bituminoso.			
	JURÁSICO	MEDIA	Formación Chaucha	300		Lodolitas y limolitas calcáreas, calizas y dolomitas.	
			Formación Cercapuquio	322		Areniscas de grano fino a grueso color blanco a gris.	
		INFERIOR	Grupo Pucará				
			Formación Condorsinga	1000		Calizas gris azulada con presencia de venillas de calcitas.	
TRIÁSICO	SUPERIOR	Formación Aramachay	400		Intercalaciones de caliza con nódulos calcáreos y limoarcillitas carbonosas.		
		Formación Chamberá	300		Calizas micríticas con nódulos de chert.		
					Disc. ang.		
PALEOZOICA	PERMIANO	SUPERIOR	Grupo Mitu	1700		Secuencia rítmica molásica, conglomerados con clastos de volcánicos.	
		INFERIOR	Grupo Copacabana	150		Intrusivos y brechas volcánicas.	
	CARBONÍFERO	SUPERIOR	Grupo Tarma	1300		Areniscas, calizas y lutitas de color brunáceo.	
		INFERIOR	Grupo Ambo	900		Lutitas y limolitas grises con intercalaciones de areniscas	
	DEVONIANO	SUPERIOR				Monzogranitos, granitos.	
		MEDIA					
	SILURIANO ORDOVICIANO	INFERIOR	Grupo Cabanillas	780		Conglomerados, molasas rítmicas, areniscas feldespáticas.	
							Secuencias tipo flysh con areniscas, lutitas y pizarras
					Disc. ang.		
			Metasedimentitas no diferenciadas	700		Filitas con escasas intercalaciones de cuarzo, negro grisáceas, basaltos, metatoba y mármoles.	

Fuente: Quispe, C. (2017) *Columna Estratigráfica de la región Tarma-Huancayo-La Oroya-Yauyos*. <https://es.scribd.com/document/358462754/Tarma-Huancaya-Laoroya>.

3.3.3. Geología estructural

La geología estructural juega un papel crucial en la mina Casapalca, ya que los movimientos tectónicos asociados a la formación de los Andes han creado el marco estructural presente en la zona. Estas estructuras han generado áreas de debilidad que han sido aprovechadas para la formación de la mineralización durante el período del Mioceno Tardío.

Desde una perspectiva estructural, se pueden distinguir dos estructuras principales en la mina Casapalca: la estructura Esperanza-Mariana-Mercedes hacia el norte y la estructura Oroya-Oroya Piso-Oroya 1 hacia el sur. Estas estructuras forman un bucle sigmoide con una longitud de aproximadamente 4 km y están acompañadas por varios bucles sigmoide más pequeños y ramificaciones que contienen mineralización económicamente viable. La ubicación de los cuerpos de mineralización está directamente relacionada con la fracturación de las vetas en una dirección específica y se ve influenciada por su cercanía a estas estructuras.

3.3.3.1. Discontinuidades

En el distrito minero de Casapalca, las formaciones geológicas han sido infiltradas por soluciones hidrotermales, y en algunos casos, estas estructuras han actuado como conductos para la circulación de dichas soluciones. Las fallas y fracturas presentes son influenciadas por las propiedades de las rocas circundantes, como las lutitas y conglomerados.

3.3.4. Geología económica

3.3.4.1. Generalidades

La Mina Alpayana es un depósito polimetálico del tipo "cordillerano" que contiene minerales de plata, plomo, zinc y cobre. La composición mineralógica de la mina varía en función de su distribución vertical y horizontal, ya que las vetas presentan características mesotermales y se extienden hasta profundidades inferiores a los 4.400 metros sobre el nivel del mar.

Dentro de las formaciones sedimentarias, se encuentran cuerpos mineralizados con una forma muy irregular, debido al reemplazo de la matriz de roca calcárea por soluciones hidrotermales. También se observa una alteración propilitica y una silicificación que varía en intensidad, desde leve hasta moderada.

3.3.4.2. Vetas

La mineralización de este tipo se distribuye a lo largo de toda la secuencia de rocas, desde las Capas Rojas Casapalca hasta los Conglomerados Carmen, Tablachaca, los Volcánicos Carlos Francisco y las calizas Bellavista. Estos cuerpos tienen una forma tabular y su ancho varía entre 0.20 m y 2.50 m, con la posibilidad de presentar ensanchamientos locales. Cuando estas estructuras atraviesan los conglomerados, se forman cuerpos de relleno en los espacios vacíos de las brechas, lo que resulta en una expansión de la mineralización.

3.3.4.2.1 Esperanza-mariana-mercedes

Esta misma estructura es conocida con diferentes nombres en distintas secciones. Tiene una longitud total en la superficie de 3,000 metros y se conecta con la veta 5 en el extremo Este. Su dirección varía entre N 40° E y 50° E, con un ángulo de inclinación que oscila entre 75° N y 80° NO. Esta estructura forma parte de la formación Casapalca. En la actualidad, se están llevando a cabo trabajos hasta el nivel 10 (3,930 m.s.n.m.) y se planea extenderlos hasta el nivel 14. La mineralización se presenta en forma de venas irregulares con un espesor que varía entre 0.30 m y 0.50 m, y está compuesta por tetraedrita, esfalerita y galena. Estas venas están acompañadas principalmente por cuarzo y carbonatos como calcita y rodocrosita. En ciertas áreas de la mina, se puede observar una mineralización con una textura bandada.

3.3.4.2.2 Vetas oroya

La extensión superficial de este sistema es de 3,500 metros, presentando exposiciones discontinuas. Esta veta es de gran importancia dentro de la mina. La región más notable en cuanto a mineralogía y estructura se localiza en el área central y oeste, dentro de los depósitos volcánicos y pórfidos de la Formación Carlos Francisco. Es en esta zona donde se han desarrollado las vetas Oroya, Oroya Piso y Oroya Techo.

3.3.4.3.Zona de cuerpos

La zona denominada "Cuerpos" se localiza en el distrito minero de Casapalca, al noroeste del campamento El Carmen, donde se ubican las oficinas operativas de la mina. En esta área se encuentran diversos tipos de mineralización, que incluyen:

Relleno de fracturas: Las venas siguen la misma dirección que las vetas principales y contienen minerales como galena, tetraedrita y carbonatos.

Reemplazamiento: Este tipo de mineralización se encuentra en las capas de areniscas calcáreas y/o reemplaza los clastos y/o matriz calcárea en el conglomerado. Aquí se pueden encontrar minerales como esfalerita y galena.

Cuerpos de mineral: En la zona de Cuerpos de la mina Alpayana, la producción principal es de zinc, con presencia de minerales como marmatita y esfalerita. También se encuentran cantidades menores de plata, representada por minerales como tetraedrita y freibergita, así como plomo (galena) y cobre (calcopirita). Los minerales de ganga más comunes en esta área son pirita, calcita, rodocrosita, rodonita y cuarzo.

Brechas: La mineralización en las brechas está estrechamente relacionada con las fracturas que las atraviesan. Estas fracturas actúan como canales para la circulación de soluciones hidrotermales. La brecha hidrotermal Huayracancha puede ser importante si está controlada por fallas, ya que estas fallas servirían como vías para el ascenso de soluciones portadoras de minerales. En caso de condiciones favorables, esta brecha puede ser explorada mediante perforación diamantina.

Mantos: En la zona de Oroya Este, se observa la presencia de un manto con un ancho de 1.2 metros, que reemplaza capas de lutitas calcáreas y margas. Este manto se extiende en dirección norte y sur desde la Veta 5, que actuó como el canal a través del cual las soluciones ascendieron. En los afloramientos de estos mantos, se encuentran óxidos de manganeso, y se ha observado que el contenido de manganeso está directamente relacionado con el contenido de plata.

3.4. MINERALOGÍA

La cia minera Alpayana S.A, es conocida por su producción de diferentes minerales de mena, siendo la plata (tetrahedrita, freibergita), el plomo (galena), el zinc (esfalerita), y en menor medida el cobre (calcopirita, bornita) los minerales más abundantes. Estos minerales son considerados como las principales fuentes de producción en la mina. Por otro lado, los minerales de ganga que se encuentran en la zona de cuerpos incluyen principalmente pirita, calcita, rodocrosita, rodonita y cuarzo. En términos de producción, la mina Casapalca se destaca principalmente por su producción de zinc (marmatita y esfalerita), aunque también se extraen cantidades menores de plata, plomo y cobre.

3.5. PLAN DE MINADO DE LA UNIDAD MINERA AMERICANA

3.5.1. Zona cuerpos

En la Zona Alta; se desarrollará para dar accesibilidad a los cuerpos según la cubicación de Geología y se explorará zonas de acuerdo a los sondajes diamantinos.

En la Zona Intermedia; Se realizará avances para dar accesibilidad a los cuerpos y exploraciones de acuerdo a los sondajes diamantinos.

En la Zona Baja; Los avances se concentrarán en esta zona, considerando la profundización de la Rampa Principal 565 y desarrollo de los Nv.12A, Nv13, Nv14, Nv.15A, Nv.15, Nv.16A, Nv.16, Nv.17, Nv 18A, Nv.18, Nv.19A, Nv 21 y Nv 23.

3.5.2. Zona vetas

En la zona de esperanza se tiene dos vetas, como se indica a continuación: Esperanza y Esperanza Piso 2, los avances se concentrarán en los bloqueos de tajeos, accesibilidad a los bloques cubicados, cubicación de reservas, infraestructura en el nivel 18 y el avance del inclinado 190 para la profundización hacia el Nv 20 y posterior avance hacia el Nv 23.

En la Zona Oroya se tiene tres vetas, como se indica a continuación: Vetas Oroya, Ximena y cimoide Oroya Piso, de igual manera los avances se concentrarán en los bloqueos de tajeos, accesibilidad a los bloques cubicados, cubicación de reservas, infraestructura en el nivel 18, el avance del inclinado 020 y la RP 910 para profundización hacia el Nv 21.

3.6. PLAN DE AVANCES

Para el año 2021 se ha proyectado un avance general para preparación, exploración y desarrollo de labores en la zona de cuerpos y vetas distribuida de la siguiente manera:

Cuadro 3: *Programa anual de avances.*

PROGRAMA_AVANCES-OROYA_2021													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
EXPLORACION Y DESARROLLO	140	140	340	340	340	340	340	340	340	340	340	240	3580
PREPARACION	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	4920
TOTAL	550	550	750	750	750	750	750	750	750	750	750	650	8500
PROGRAMA_AVANCES_ESPERANZA_2021													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
EXPLORACION Y DESARROLLO	60	60	210	220	230	190	240	240	250	240	250	135	2325
PREPARACION	290	290	290	280	270	310	260	260	250	260	250	260	3270
TOTAL	350	350	500	500	500	500	500	500	500	500	500	395	5595
PROGRAMA_AVANCES_CUERPOS_2021													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
EXPLORACION Y DESARROLLO	590	562	1175	1030	1055	1150	1130	1095	1140	960	1085	470	11442
PREPARACION	1010	1038	980	1125	1105	1005	1025	1060	1005	1205	1070	1235	12863
TOTAL	1600	1600	2155	2155	2160	2155	2155	2155	2145	2165	2155	1705	24305
PROGRAMA_GENERAL_AVANCES_2021													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
EXPLORACION Y DESARROLLO	790	762	1725	1590	1625	1680	1710	1675	1730	1540	1675	845	17347
PREPARACION	1710	1738	1680	1815	1785	1725	1695	1730	1665	1875	1730	1905	21053
TOTAL	2500	2500	3405	3405	3410	3405	3405	3405	3395	3415	3405	2750	38400

Fuente: Departamento de planeamiento e ingeniería – cia minera Alpayana S.A.

3.7. PLAN DE PRODUCCION

Para el año 2021 se ha proyectado una producción de la zona de cuerpos y vetas, distribuida de la siguiente manera:

Cuadro 4: *Programa anual de producción.*

RESUMEN PLAN DE MINADO ZONA OROYA - ESPERANZA													
ZONA OROYA, ESPERANZA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	Total
TOTAL DE PRODUCCION - VETAS	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	324,000
													2021
AG OZ/TC	6.16	6.16	6.16	6.15	6.01	5.93	5.91	5.81	5.79	5.71	5.74	5.68	5.93
Pb%	1.92	1.94	1.97	1.97	1.97	1.98	1.97	2.01	2.02	1.95	1.96	1.94	1.97
Cu%	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.28	0.34	0.36	0.36	0.35	0.31
Zn%	2.73	2.75	2.82	2.82	2.83	2.85	2.84	2.89	2.90	2.82	2.90	2.86	2.83
TM	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	324,000
RESUMEN GENERAL PLAN DE MINADO ZONA CUERPOS Y PROYECTOS													
ZONA CUERPOS Y SATELITES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	Total
TOTAL TONELAJE - PRODUCCION	124,500	124,500	130,500	130,500	130,500	130,500	130,500	130,500	130,500	130,500	130,500	130,500	1,554,000
													2021
Ag OZ/TC	0.74	0.69	0.70	0.74	0.64	0.63	0.57	0.56	0.56	0.54	0.54	0.52	0.62
Pb %	0.28	0.32	0.26	0.22	0.22	0.16	0.14	0.12	0.16	0.17	0.11	0.09	0.19
Cu %	0.22	0.22	0.22	0.22	0.20	0.22	0.20	0.21	0.21	0.17	0.21	0.21	0.21
Zn %	1.80	1.81	1.84	1.97	2.03	1.96	1.91	1.90	1.93	1.89	1.96	1.92	1.91
TM	124,500	124,500	130,500	130,500	130,500	130,500	130,500	130,500	130,500	130,500	130,500	130,500	1,554,000
RESUMEN GENERAL PLAN DE MINADO ZONA CUERPOS Y VETAS													
ZONA CUERPOS Y VETAS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	Total
TOTAL TONELAJE - PRODUCCION	151,500	151,500	157,500	157,500	157,500	157,500	157,500	157,500	157,500	157,500	157,500	157,500	1,878,000
													2021
Ag OZ/TC	1.71	1.67	1.64	1.67	1.56	1.54	1.49	1.46	1.46	1.43	1.44	1.40	1.54
Pb %	0.57	0.61	0.56	0.52	0.52	0.47	0.45	0.44	0.48	0.47	0.43	0.41	0.49
Cu %	0.23	0.23	0.23	0.23	0.22	0.23	0.22	0.22	0.23	0.20	0.24	0.23	0.23
Zn %	1.96	1.97	2.01	2.11	2.17	2.11	2.07	2.07	2.10	2.05	2.12	2.08	2.07
TM	151,500	151,500	157,500	157,500	157,500	157,500	157,500	157,500	157,500	157,500	157,500	157,500	1,878,000

Fuente: Departamento de planeamiento e ingeniería – cia minera Alpayana S.A.

3.8. RELLENO.

Para el año 2021 se está proyectando el relleno en función a la rotura de tajeos, distribuidas tanto en cuerpos y vetas como sigue:

Cuadro 5: *Programa anual de relleno.*

ZONA	M3/mes	M3/ Año	OBSERVACIONES
CUERPOS	40000	480000	Sub Level Stoping, Taladros Largos (RELLENO DETRITICO)
VETAS	11500	138000	Corte y relleno ascendente (RELLENO HIDRAULICO)
TOTAL AVANCES	51500	618000	

Fuente: Departamento de planeamiento e ingeniería – cia minera Alpayana S.A.

3.9. METODOS DE EXPLOTACION EN LA CIA MINERA ALPAYANA S.A

3.9.1. Método de explotación taladros largos (sub level stoping) - zona cuerpos.

La aplicación de este enfoque implica la construcción de galerías de perforación, una galería de base llamada "Undercat" y un sistema de transporte para extraer el mineral, además de chimeneas VCR para crear un frente de trabajo despejado. La perforación se lleva a cabo mediante taladros largos radiales con una longitud de disparo de 15 a 25 metros. El mineral extraído se transporta y evacua desde la galería Undercat, que actúa como una zanja receptora donde el mineral cae por efecto de la gravedad. Este método se utiliza en cuerpos macizos o vetas estrechas, siempre y cuando las condiciones mecánicas de las rocas sean favorables, con paredes y techos sólidos y estables. La calidad de la roca debe ser competente y el ángulo de inclinación debe ser mayor a 60 grados. Por lo general, se aplica en yacimientos verticales con formas y dimensiones regulares..

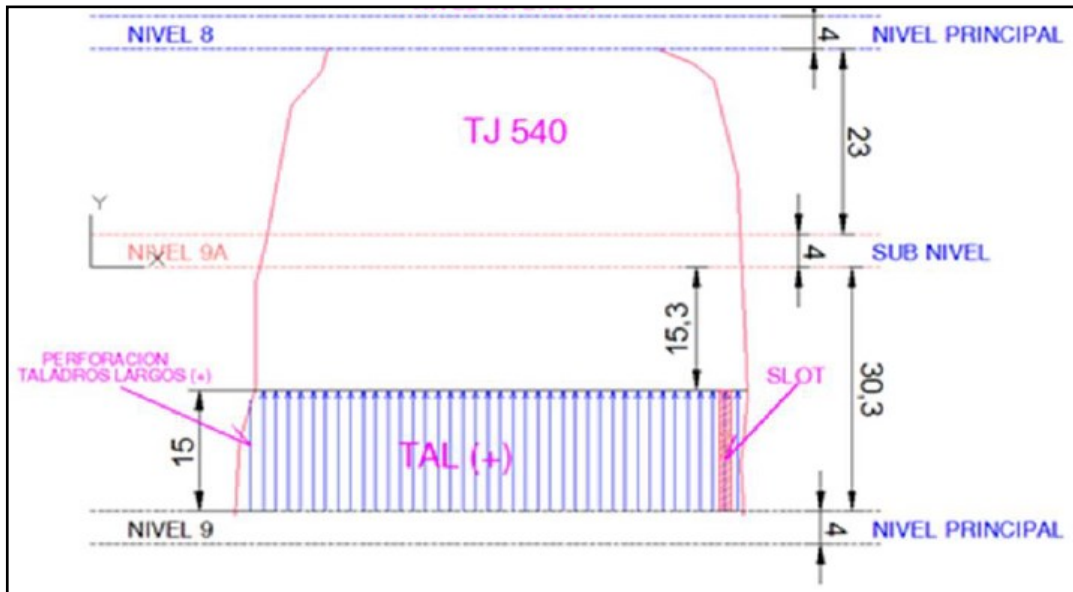
- 3.9.1.1. Preparación:** Los trabajos de preparación tienen en cuenta los sub niveles con sus respectivas comunicaciones con el nivel base, las ventanas receptoras y el primer corte para crear una cara libre. Para los taladros negativos. Este corte se efectúa como si se tratara de explotar una veta estrecha por SLS. Corresponden por lo tanto a los sub niveles de perforación en un SLS estrecho, una chimenea central une estas galerías que sirve a su vez de primer corte para este pequeño SLS. Este trabajo se efectúa simultáneamente con los sub niveles de perforación y con el nivel base.
- 3.9.1.2. Galería de perforación:** La sección de estas galerías puede ser 3.5x3.5 – 4x4 (metros) respectivamente, siempre alejados por pilares.
- 3.9.1.3. Galería de transporte:** Estas galerías se construyen simultáneamente con la galería principal que atraviesa el cuerpo mineralizado. Estas galerías adicionales se ubican de manera paralela entre sí y están intercaladas con ventanas de evacuación de mineral correspondientes.

Imagen 6: *Etapa 1- Modelamiento del cuerpo mineralizado.*



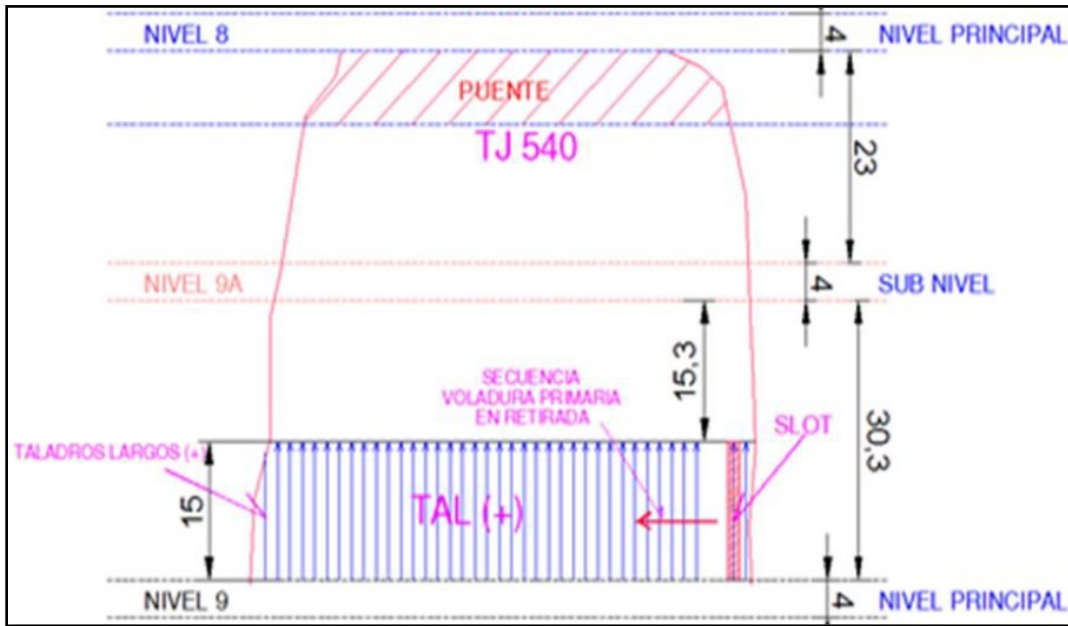
Fuente: Departamento de ingeniería e planeamiento cia minera Alpayana S.A.

Imagen 7: *Etapa 2 - Perforación de taladros positivos en nivel inferior.*



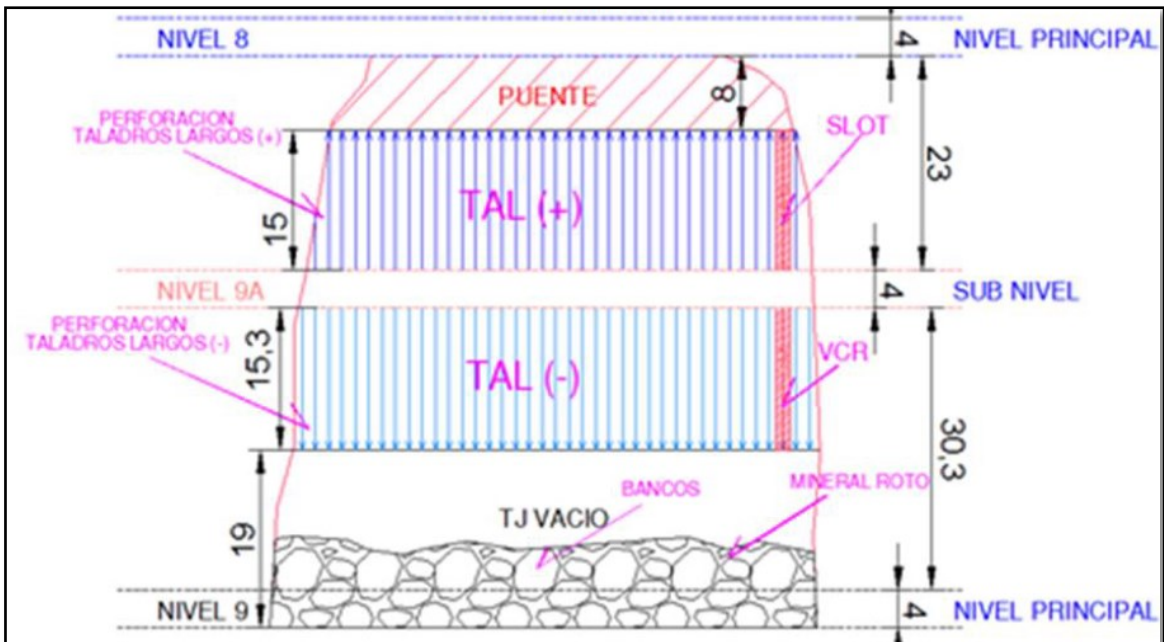
Fuente: Departamento de planeamiento e ingeniería – cia minera Alpayana S.A.

Imagen 8: *Etapa 3 – Voladura de taladros positivos en nivel inferior.*



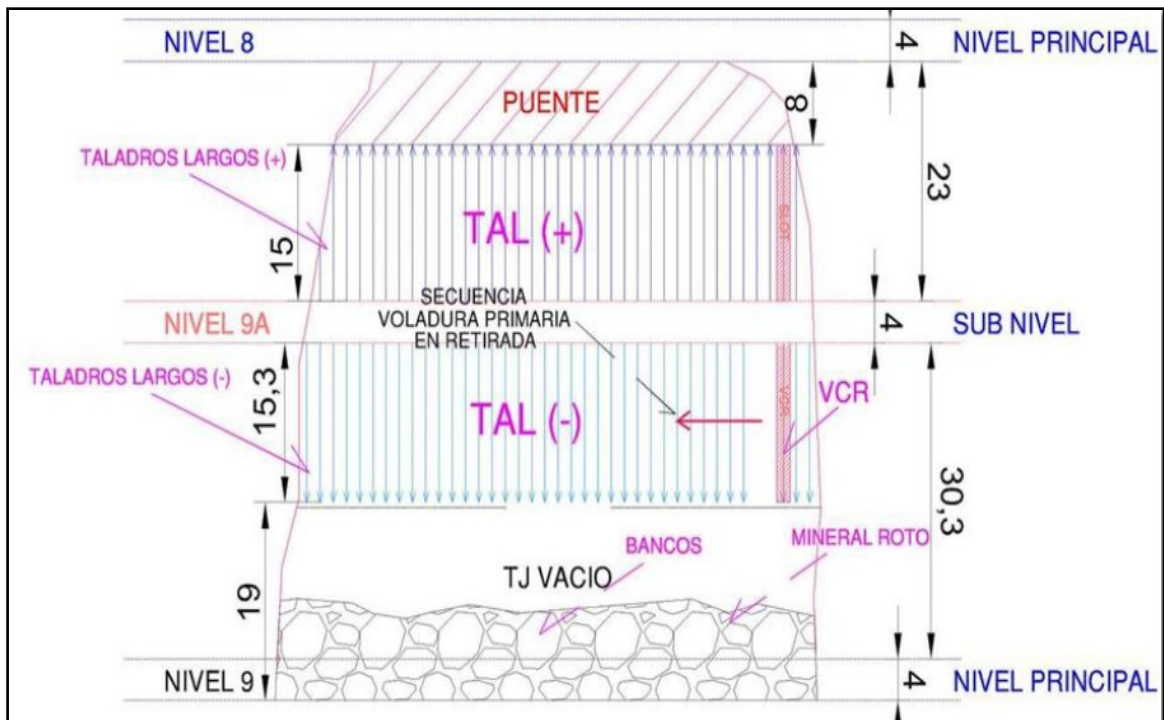
Fuente: Departamento de planeamiento e ingeniería – cia minera Alpayana S.A.

Imagen 9: *Etapa 4 – Perforación de taladros positivos y negativos de nivel intermedio.*



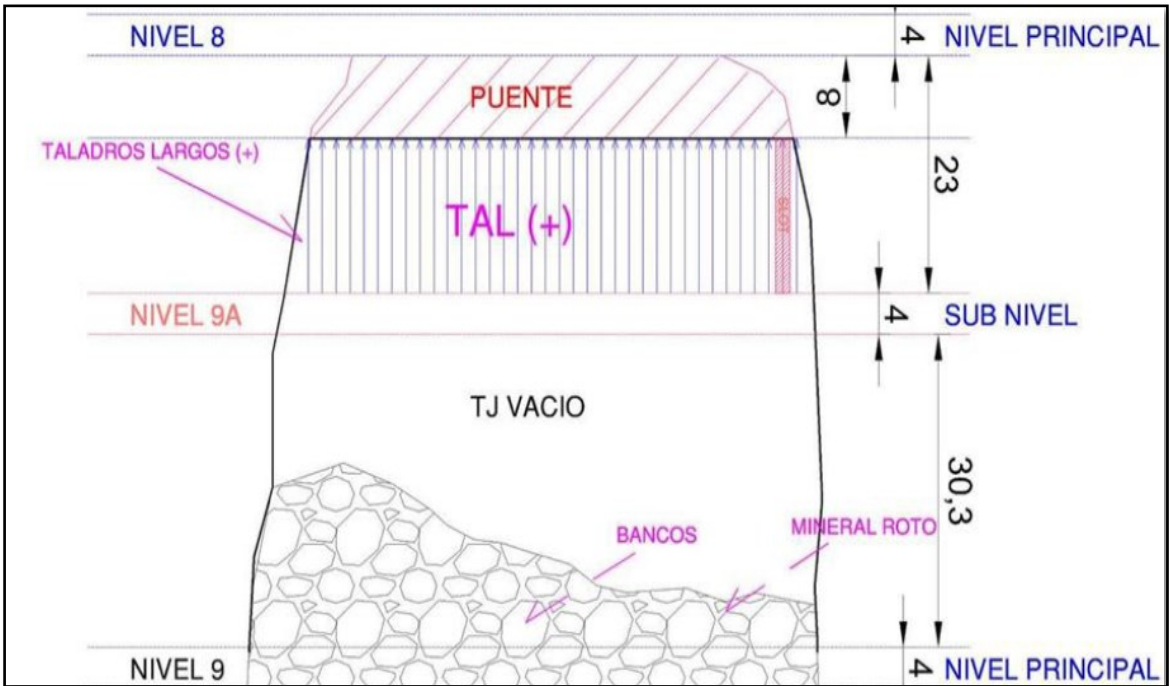
Fuente: Departamento de planeamiento e ingeniería – cia minera Alpayana S.A.

Imagen 10: *Etapa 5 – Voladura de taladros negativos del nivel intermedio.*



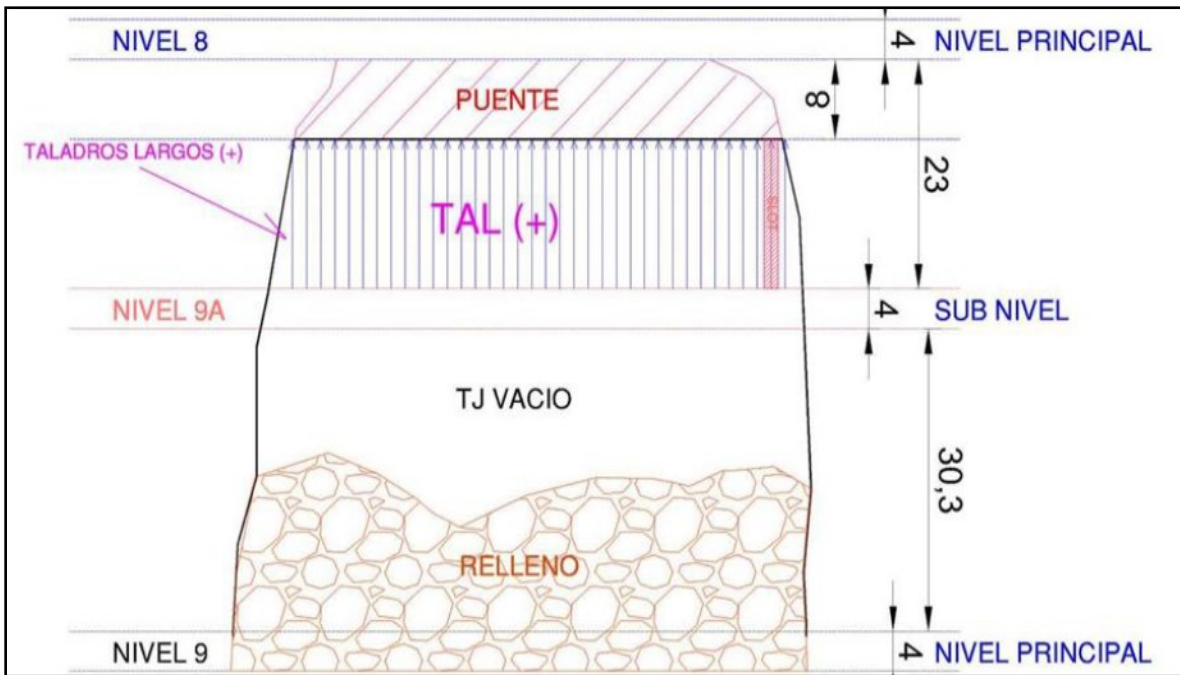
Fuente: Departamento de planeamiento e ingeniería – cia minera Alpayana S.A.

Imagen 11: *Etapa 6 – Limpieza de mineral del nivel intermedio.*



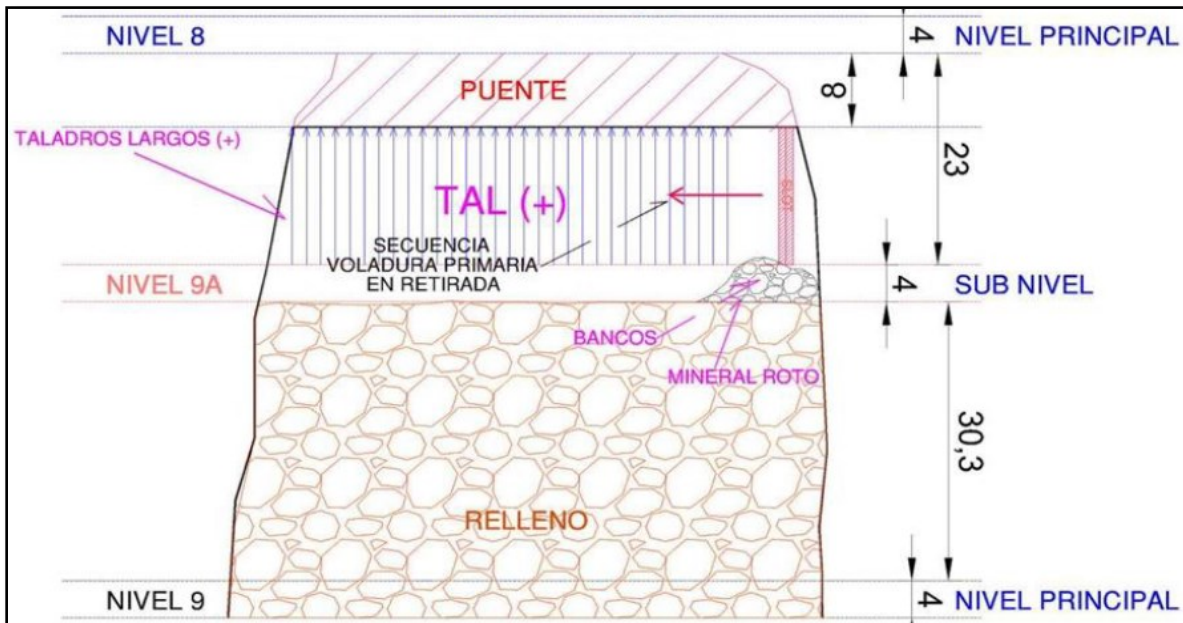
Fuente: Departamento de planeamiento e ingeniería – cia minera Alpayana S.A.

Imagen 12: *Etapa 7 – Relleno de tajeo vacío del nivel intermedio.*



Fuente: Departamento de planeamiento e ingeniería – cia minera Alpayana S.A.

Imagen 13: *Etapa 8 – Voladura de taladros positivos del nivel intermedio.*



Fuente: Departamento de planeamiento e ingeniería – cia minera Alpayana S.A.

3.9.1.4. Chimenea V.C.R o SLOT: Las chimeneas del tipo V.C.R. (Vertical Crater Retreat) con área de 2,5 x 2,5 mt², son elaboradas para establecer la cara libre de cierto cuerpo en producción.

3.9.1.5. Limpieza: Este trabajo se centra en la remoción del material fragmentado generado por la voladura del frente minero o de los tajos, con el propósito de preparar el área para el siguiente ciclo de extracción. Las tareas de limpieza, carga y transporte se realizan mediante el uso de equipos L.H.D (scooptram) de capacidad de 6.3 y 4.10 yardas cúbicas. Estos equipos son capaces de transportar el mineral desde la galería o las ventanas hasta los Pases de Mineral.

3.9.1.6. Acarreo: El acarreo es el movimiento de material, en lo que concierne a la industria minera es el traslado de la roca fragmentada producto de la voladura, desde el lugar de su explotación hacia un punto determinado que puede ser mineral o estéril. Para esta actividad se utilizan dumpers (EJC-417 de SANDVIK y WAGNER ATLAS COPCO MT 2010) y volquetes Volvo FMX de 13.5 metros cúbicos.

3.9.1.7. Sostenimiento

Para realizar la clasificación de la masa de rocas, se usó el criterio de clasificación geomecánica GSI modificado, y correlacionado con el índice RMR. La mina Alpayana comprende tres zonas diferenciadas, la Zona de Cuerpos, Vetas Oroya y Vetas Esperanza.

La calidad de la masa rocosa en el área de evaluación varía de F/R a MF/R en las areniscas calcáreas y de F/B a MF/B en las areniscas silicificadas. Esto se correlaciona con el sistema de

clasificación de RMR, donde predominan los tipos II y III con una calidad que va de buena a regular, con valores de RMR entre 65 y 75. Localmente, se encuentran rocas de calidad regular B, correspondientes al tipo IIIB con un valor de RMR entre 41 y 50 en el rango superior. En algunas zonas muy específicas, las rocas presentan una calidad mala A, correspondiente al tipo IVA con un valor de RMR entre 31 y 40.

Imagen 14: ***Diferenciación de calidad de roca por zonas.***



Fuente: Departamento de Geomecánica – cia minera Alpayana S.A.

Aplicación del tipo de sostenimiento en la unidad minera americana:

El control y sostenimiento de lo estables que serán de las excavaciones el diseño debe ser de acuerdo a los factores de seguridad establecidos para los métodos de minado de acuerdo al planeamiento mensual - anual. Para la selección del soporte se tomó en cuenta como se encuentra la roca compacta en la zona excavada definida en base a su clasificación geomecánica local, la abertura de excavación de acuerdo a los sistemas de minado que se aplica en Minera Alpayana SA. Unidad Americana

El uso y la recomendación de diferentes tipos de soporte que se dan en el minado son:

- Sin soporte o perno ocasional.

- Pernos sistemáticos con reticulados de 1.0 x 1.0 m., 1.20 x 1.20 m., 1.50 x 1.50 m., y 1.80 x 1.80 m.
- Pernos sistemáticos con malla en reticulados de 1.50 x 1.50 m.
- Shotcrete de 2" y 3".
- Shotcrete pesado de 3" con empernado sistemático cada 1.0 x 1.0 m. con malla electrosoldada.
- Shotcrete de 3" y cimbras.
- Cuadros de madera y/o Cimbras.

La longitud de los pernos, así como su tipo, depende de las condiciones de la roca, el tiempo de uso de la labor y sus dimensiones. El comportamiento de la abertura y del sistema de soporte dependerá del momento de colocación y la forma de contacto de sostenimiento, pudiéndose requerir desde pre soporte, soporte inmediato hasta soportes colocados mucho tiempo después de la excavación. (Metro avanzado, metro sostenido).

3.9.1.8. Perforación

Se realiza con el fin de arrancar o volar la mayor cantidad de roca o mineral, realizando huecos cilíndricos (taladros), cuyo objetivo es alcanzar el objetivo con la mínima cantidad de detonantes posibles. Para la tarea de perforación de frentes (galerías, cruceros, by pass, rampas) se utilizan los jumbos SANDVIK (TAMROCK AXERA-5, DD311-40), ATLAS COPCO (BOOMER H-281, ROCKET BOOMER S 1D) y RESEMIN (MUKI FF), de acuerdo a las necesidades de la operación. Para la perforación de taladros largos se emplean los equipos simbas de ATLAS COPCO (SIMBA H-157, SIMBA H-1254, S7D).

3.9.1.9. Voladura

Es un procedimiento que implica la realización de perforaciones en la roca, seguido de la colocación de explosivos para su detonación. La energía liberada por los explosivos al detonar provoca la fragmentación del macizo rocoso que contiene los recursos minerales.

Para realizar dicha actividad se utilizan los siguientes explosivos y accesorios:

- anfo.
- emulsión
- pentacord
- fameplast
- faneles
- carmex
- mecha rápida

3.9.2. Método de minado método por corte y relleno (cut and fill) – zona vetas esperanza y oroya.

Para su aplicación se toman las siguientes consideraciones:

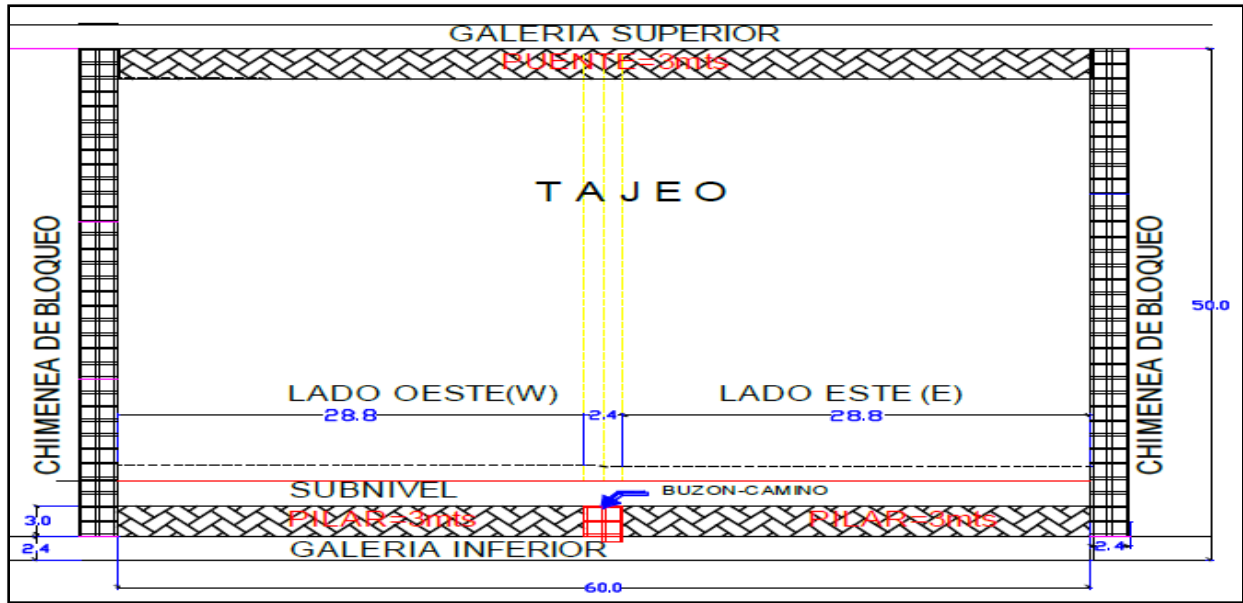
- ✚ Se emplea el método con buzamientos pronunciados.
- ✚ Se aplica en cualquier terreno y depósito de mineral.
- ✚ Es aplicable con cajas medianamente y competentes.
- ✚ El mineral debe tener buena ley.
- ✚ Disponibilidad del material de relleno.
- ✚ En caso de no contar relleno se realizará descaje.

Cuadro 6: *Cuadro comparativo del método de explotación en la cia minera Alpayana S.A.*

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<ul style="list-style-type: none"> - La recuperación del mineral es cercana al 100%. - Es un método de explotación seguro y altamente selectivo que permite trabajar en áreas con altas concentraciones de mineral y evitar la explotación de secciones con bajas concentraciones. - Se puede alcanzar un alto grado de mecanización con este método. 	<ul style="list-style-type: none"> - El costo de explotación es alto. - El rendimiento por este método es bajo debido a la interrupción de la producción causada por el relleno y el elevado consumo de materiales de sostenimiento.

Fuente: Elaboración propia

Imagen 15: *Método de explotación convencional en la zona de vetas*



Fuente: Departamento de planeamiento e ingeniería cia minera Alpayana SA.

3.10. PLANTA DE BENEFICIO

En Alpayana, la planta concentradora tiene una capacidad diaria de procesamiento de 5,000 toneladas métricas secas (tms) y se sitúa a una altitud de 4,800 metros sobre el nivel del mar.

Nuestro proceso se compone de tres etapas principales:

3.10.1. Liberación

El proceso consiste en la reducción de las partículas al tamaño óptimo, desde 25 pulgadas hasta 74 micrones. Este proceso abarca las áreas de chancado, tamizado y molienda.

3.10.2. Separación

El proceso implica la separación de las partículas valiosas en concentrado y relave. Este procedimiento se lleva a cabo en celdas de flotación mediante un proceso de flotación selectiva. Como resultado de este proceso, se obtienen concentrados de cobre, plomo y zinc.

3.10.3. Eliminación

El proceso implica la separación de sólidos y líquidos a través de la sedimentación y el filtrado. Este procedimiento permite facilitar el transporte de los concentrados al eliminar el exceso de líquido.

CAPITULO IV: OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN A CORTO PLAZO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LA CHIMENEA RB 338.

4.1. DIAGNÓSTICO INICIAL DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN LA CIA MINERA ALPAYANA SA.

4.1.1. Ventilación natural

En la unidad minera Alpayana, la ventilación natural juega un papel crucial tanto en la zona de vetas como en la zona alta de cuerpos. En la mayoría de las labores de producción, no se utiliza ventilación mecánica, a excepción de algunas labores ciegas donde los parámetros de ventilación exceden los límites permitidos según la normativa nacional en materia de ventilación de minas. En la zona de estudio, aproximadamente el 30% de las labores cuentan con ventilación natural.

4.1.2. Ventilación mecánica:

Según los estudios realizados en las labores de avance y explotación de la zona baja y profundización se verifico que son ventiladas con ventilación mecánica, para ello se emplean ventiladores principales, secundarios y auxiliares, esto representa un aproximado de 70% de labores mineras con ventilación mecánica o forzada.

4.2. METODOLOGÍA DEL TRABAJO DE CAMPO

Para evaluar la calidad y cantidad del aire en la mina americana, se lleva a cabo un levantamiento del circuito de ventilación, conocido como mapeo de ventilación, que incluye los siguientes pasos:

- Obtener planos actualizados de las labores a una escala adecuada, así como los planos del levantamiento previo. Estos planos deben indicar la ubicación de los ventiladores principales, secundarios y auxiliares, puertas de ventilación y cortinas de control en cada nivel. Además, se requiere que los equipos de medición estén completamente calibrados.
- Identificar los puntos de entrada de aire fresco y salida de aire viciado para determinar sus respectivas áreas y calcular sus capacidades máximas de entrada y salida de aire.
- Luego, con personal capacitado, realizar mediciones de agentes químicos, áreas, temperaturas, humedad relativa y velocidades. También se detallan aspectos como el tipo de sostenimiento utilizado, el tipo de roca presente, los equipos empleados para el movimiento de material (desmonte/mineral), el estado de las puertas y cortinas de ventilación, la ubicación de los ventiladores y la dirección del flujo de aire.
- Es importante describir el tiempo que tardan los gases producidos por la voladura en dispersarse.
- Por último, se realiza un análisis en gabinete para procesar la información recopilada y presentar los proyectos propuestos para solucionar los problemas de ventilación presentes en el interior de la mina.

4.3. ESTACIONES DE VENTILACIÓN

4.3.1. Estaciones principales

Son aquellas estaciones que se consideran para realizar el cálculo del balance general, así como para realizar la simulación del modelo en el software VENTSIM™, para el presente trabajo

se tomó a once (11) estaciones de ingreso como se indica en el cuadro N° 07 y seis (6) estaciones de salida de aire como se muestra en el cuadro N° 08 sumando en total de diecisiete (17) estaciones

Imagen 16: *Toma de datos en las estaciones principales.*



Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. Estaciones secundarias

Se seleccionaron las estaciones secundarias de ventilación en la zona de estudio con base en las labores más representativas, como galerías, cruceros, bypass y chimeneas. Estas estaciones proporcionaron información sobre la distribución interna del flujo de aire.

Imagen 17: *Toma de datos en las estaciones secundarias*



Fuente: Elaboración propia.

4.4. BALANCE INICIAL DE VENTILACIÓN

En cumplimiento del ART. 252 del D.S N° 024-2016 EM y su modificación en el D.S N° 023-2017 EM, que establece el "Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería", se llevan a cabo evaluaciones integrales del sistema de ventilación de manera semestral. Estas evaluaciones tienen como objetivo analizar el equilibrio entre el flujo de aire entrante y saliente en la mina, asegurándose de que la diferencia de caudales no supere el diez por ciento (10%). A continuación, se presenta el cuadro con los datos del balance inicial de ventilación, detallando tanto el flujo de aire limpio que ingresa como el flujo de aire viciado que sale.

4.4.1. Ingreso principal de aire

Cuadro 7: *Estaciones principales de monitoreo – ingreso de aire limpio.*

1.1 ENTRADA DE AIRE																							
UBICACIÓN				VELOCIDADES (m/s)									Velocidad		COTA (msnm)	HORA (hh:mm)	TEMP. (°C)	SECCION		AREA (m2)	CAUDAL		
NIVEL	ESTAC.	ZONA	LABOR	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	(m/s)	(m/min)				a1 (m)	h1 (m)		(m3/s)	(m3/min)	cfm
4	EPI-01	Cuerpos	BM POTOSI	3.00	3.80	3.10	3.80	3.40	3.50	3.20	3.40	3.10	3.37	202	4,559	10:50 a. m.	7.20	3.41	3.74	12.12	40.79	2447.38	86,426.69
1	EPI-02	Cuerpos	BM ALEX-01	4.00	3.20	3.84	4.00	3.80	3.60	3.60	4.10	3.40	3.73	224	4,558	11:30 a. m.	8.70	4.99	4.07	19.29	71.90	4314.10	152,348.18
1	EPI-03	Cuerpos	BM ALEX-02	4.00	3.40	3.80	4.00	4.10	4.10	4.00	4.00	3.80	3.91	235	4,567	12:36 p. m.	8.50	4.96	5.30	24.97	97.67	5860.47	206,956.69
430	EPI-04	Cuerpos	BM NV-430	2.10	2.00	1.20	1.90	1.80	2.00	1.83	2.00	1.90	1.86	112	4,567	1:20 p. m.	8.20	2.42	2.10	4.83	8.97	538.47	19,015.59
435	EPI-05	Esperanza	BM NV-435	2.10	2.00	2.00	2.50	2.00	2.10	2.10	2.10	2.60	2.17	130	4,555	2:10 p. m.	8.50	3.25	2.93	9.05	19.60	1176.03	41,530.28
435	EPI-06	Oroya	BM NV-435	2.60	3.30	3.20	3.30	3.00	3.00	3.10	3.20	3.10	3.09	185	4,556	2:30 a. m.	8.10	3.55	3.42	11.55	35.67	2140.03	75,573.16
435	EPI-07	Cuerpos	BM NV-435	3.50	4.10	3.50	3.60	4.00	3.80	3.60	4.00	3.90	3.78	227	4,557	3:10 a. m.	8.6	5.58	4.42	23.43	88.51	5310.90	187,548.95
480	EPI-08	Esperanza	BM NV-480	2.00	2.20	3.20	3.00	2.90	3.00	3.00	3.20	3.10	2.84	171	4,560	3:26 a. m.	8.9	4.10	3.34	13.01	37.00	2220.25	78,406.05
500	EPI-09	Cuerpos	BM NV-500	2.00	2.30	2.50	2.20	2.00	2.10	2.00	2.10	2.13	128	4,564	3:56 a. m.	8.1	5.08	4.73	22.83	48.70	2921.85	103,182.33	
400	EPI-10	Cuerpos	BM NV-400	2.20	2.30	2.00	2.20	2.20	2.60	2.30	2.30	2.00	2.23	134	4,625	3:16 p. m.	8.0	4.05	3.30	12.70	28.36	1701.36	60,081.99
200	EPI-11	Cuerpos	BM NV-200	2.50	2.30	2.10	2.10	2.00	2.20	2.30	2.30	2.60	2.27	136	4,582	3:10 p. m.	9.2	4.81	4.01	18.32	41.53	2492.02	88,003.28
																	Qi Total		518.7146	31122.8745	1,099,073.19		

Fuente: Elaboración propia.

Analizando el cuadro N° 9 se puede manifestar lo siguiente, que la diferencia entre el ingreso y salida de aire es de 16%, lo que nos indica que estamos por encima del 10% que indica la normativa peruana en materia de ventilación, ya que hay una diferencia de 172,127.46 cfm de caudal de aire. La finalidad de construir la chimenea RB 338 es para optimizar el sistema de ventilación en la zona cuerpos de la cia minera Alpayana S.A.

4.4.2. Salida de aire viciado

Cuadro 8: *Estaciones principales de monitoreo – salida de aire viciado.*

1.2 SALIDA DE AIRE																							
UBICACIÓN				VELOCIDADES (m/s)									Velocidad		COTA (msnm)	HORA (hh:mm)	TEMP. (°C)	SECCION		AREA (m ²)	CAUDAL		
NIVEL	ESTAC.		LABOR	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	(m/s)	(m/min)				a1 (m)	h1 (m)		(m ³ /s)	(m ³ /min)	cfm
SUP.	EPS-01	Cuerpos	RB-131	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	588	4,282	2:06 p. m.	26.4	∅	3.60	10.18	99.75	5,985.12	211,358.70
SUP.	EPS-02	Cuerpos	RB-131	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	588	4,282	5:06 p. m.	26.4	∅	3.60	10.18	99.75	5,985.12	211,358.70
SUP.	EPS-03	Cuerpos	RB-600	10.40	10.00	9.80	9.90	10.50	10.00	9.78	11.40	10.80	10.29	617	4,581	2:38 p. m.	20.4	∅	3.60	10.18	104.71	6,282.35	221,854.75
SUP.	EPS-04	Oroya	RB-730	14.51	16.90	13.97	16.50	16.80	17.20	16.20	14.50	12.80	15.49	929	4,254	11:34 a. m.	20.4	∅	2.40	4.52	70.06	4,203.61	148,446.34
SUP.	EPS-05	Ximena	RB-435	12.73	13.21	12.43	12.45	16.15	16.20	16.80	16.15	13.40	14.39	863	4,247	8:54 a. m.	18.4	∅	1.80	2.54	36.62	2,197.26	77,594.05
SUP.	EPS-06	Cuerpos	CHIMENA HS	5.10	5.42	4.78	3.89	3.45	4.19	5.14	4.16	4.17	4.48	269	4,800	9:54 a. m.	10.0	2.5	2.50	5.94	26.59	1,595.21	56,333.19
																	Qs Total		437.48	26,248.68	926,945.73		

Fuente: Elaboración propia.


Cuadro 9: *Balance inicial de ventilación – zona cuerpos*

1.3 Balance de ventilación		
	(m ³ /min)	(cfm)
Ingreso de aire fresco	31,122.87	1,099,073.19
Salida de aire viciado	26,248.68	926,945.73
Diferencia de aire (salida - ingreso)	4,874.20	172,127.46
Variación (%)	16%	16%

Fuente: Elaboración propia.

4.5. MEDICIÓN DE AGENTES QUÍMICOS, VELOCIDADES, TEMPERATURAS Y HUMEDAD RELATIVA

Cuadro 10: *Formato de recopilación de datos*

MES: NOVIEMBRE - 2020													
EQUIPO DE MONITOREO / MODELO / NS: Detector Multi-gases digital/DRAGER-Xam7000 / Thermo -Anemometro digital KESTREL 4500													
TEC.MONITOREADOR:YATACO YACTAYO MARIO, CUEVAS CONDORI EUDES, GARCIA ROJAS RODOLFO													
ZONA	PROCESO	ITEM	NIVEL	LABOR	HORA	VALORES DE LA MEDICIÓN							OBSERVACION
						O2 (%)	CO2 (%)	CO (ppm)	NO2 (ppm)	Velocidad De Aire (m/min)	T° Normal (°C)	H.R (%)	
CUERPOS	EXPLOTACION Y DESARROLLO	1	700	TJ 047	8:40am	20.9	0.30	0	0	46	8.5	85.5	LABOR DENTRO DEL LMP
		2	900	TJ 978	8:48am	20.9	0.20	0	0	26	10.7	79.8	LABOR DENTRO DEL LMP
		3	1,000	TJ 978	8:57am	20.9	0.02	0	0	36	12.6	69.6	LABOR DENTRO DEL LMP
		4	3A	XC 751 NE	9:15am	20.9	0.03	2	0	26	12.5	85.8	LABOR DENTRO DEL LMP
		5	3A	GL 900 NE	9:25am	20.9	0.03	0	0	26	15.5	74.9	LABOR DENTRO DEL LMP
		6	3A	GL 956 SE	9:36am	20.9	0.05	5	0	25	16.2	65.4	LABOR DENTRO DEL LMP
		7	4B	GL 858 NW	9:47am	20.9	0.19	3	0	25	15.6	73.6	LABOR DENTRO DEL LMP
		8	4B	XC 670 SW	10:15am	20.9	0.07	3	0	26	25.2	62.8	LABOR DENTRO DEL LMP
		9	4A	GL 690 S	10:29am	20.9	0.06	5	0	25	24.2	73.4	LABOR DENTRO DEL LMP
		10	4A	XC 675 W	10:46am	20.9	0.05	4	0	25	24.6	66.1	LABOR DENTRO DEL LMP
		11	5	TJ 550	11:15am	20.9	0.05	3	0	26	23.6	68.1	LABOR DENTRO DEL LMP
		12	6A	GL 541 NE	11:30am	20.9	0.01	2	0	30	14.1	69.3	LABOR DENTRO DEL LMP
		13	6A	XC 585 SW	11:55am	20.9	0.03	0	0	48	13.5	70.7	LABOR DENTRO DEL LMP
		14	6	GL 512 N	9:10 am	20.9	0.03	4	0	26	22.6	71.6	LABOR DENTRO DEL LMP
		15	6	RP 540 SW	10:25 am	20.9	0.06	5	0	42	18.9	67.2	LABOR DENTRO DEL LMP
		16	8A	BP 708 SW	12:36m	20.9	0.02	0	0	26	19.1	64.3	LABOR DENTRO DEL LMP
		17	8	GL 508 NW	12:48m	20.9	0.08	6	0	26	21.1	69.5	LABOR DENTRO DEL LMP
		18	9A	BP 666 SE	12:55m	20.9	0.06	7	0	26	24.2	84.9	LABOR DENTRO DEL LMP
		19	9A	TJ 503	12:58m	20.6	0.11	25	0	25	24.6	85.9	LABOR DENTRO DEL LMP
		20	12A	XC340SW	9:10 am	20.1	0.24	26	1	25	22.4	70.3	LABOR FUERA DEL LMP
		21	12	TJ 350	1:55pm	20.9	0.09	6	0	26	21.8	70.1	LABOR DENTRO DEL LMP
		22	12	TJ 385	12:58pm	20.9	0.08	6	0	36	21.4	81.2	LABOR DENTRO DEL LMP
		23	12	TJ 390	2:00pm	20.9	0.06	5	0	66	20.5	78.1	LABOR DENTRO DEL LMP
		24	13	ROMPE BANCO	9:06pm	20.1	0.60	12	5	48	26.1	76.8	LABOR FUERA DEL LMP
		25	14	XC 320 NW	10:45pm	19.4	0.55	28	0	20	22.3	87.8	LABOR FUERA DEL LMP
		26	14	BP 450 E	1:45pm	20.9	0.41	8	0	26	24.2	87.3	LABOR DENTRO DEL LMP
		27	14	XC 316 SW	12:20am	20.5	0.2	8	0	30	21.5	89.1	LABOR DENTRO DEL LMP
		28	14	GL 255 N	9:45pm	20.1	0.52	30	4	20	23.2	58.6	LABOR FUERA DEL LMP
		29	15A	GL 374 NE	9:32pm	20.4	0.52	26	3.2	24	19.8	67.3	LABOR FUERA DEL LMP
		30	15A	XC 425 NW	1:45pm	20.9	0.4	10	0	26	27.9	83.2	LABOR DENTRO DEL LMP
		31	15A	GL 423 S	11:45pm	20.5	0.11	10	0	48	26.3	89.1	LABOR DENTRO DEL LMP
		32	15	GL 320 N	10:15am	20.8	0.2	32	4	24	23.3	61.4	LABOR FUERA DEL LMP
		33	15	GL 285 N	1:05pm	20.9	0.14	30	0	25	23.2	58.4	LABOR FUERA DEL LMP
		34	15	XC460NW	11:37pm	20.9	0.2	4	0	36	22.5	60.3	LABOR DENTRO DEL LMP

35	16A	GL 377	10:00pm	20.4	0.54	6	1	48	29	75.4	LABOR FUERA DEL LMP	
36	16	TJ 454	9:33pm	20.3	0.56	30	1	24	30	60.3	LABOR FUERA DEL LMP	
37	16	RP 497	1:45pm	20.9	0.5	5	0	26	15.4	75.6	LABOR DENTRO DEL LMP	
38	17	RP (-)370	9:39pm	20.3	0.52	36	5	14	24.6	89.1	LABOR FUERA DEL LMP	
39	17	RP (+)384	10:10pm	20.5	0.57	32	4	20	23.5	61.4	LABOR FUERA DEL LMP	
40	18	RP 565	10:04am	20.5	0.40	10	4	22	25.4	58.4	LABOR FUERA DEL LMP	
41	18	GL 307 NE	2:50pm	20.5	0.35	5	2	30	27.5	60.3	LABOR DENTRO DEL LMP	
42	18	GL 344 NE	3:14pm	20.5	0.30	7	2	30	26	75.4	LABOR DENTRO DEL LMP	
43	19	GL 820SW	3:30pm	20.5	0.40	6	1	28	28	60.3	LABOR DENTRO DEL LMP	
44	20A	XC 230	8:55pm	19.8	0.58	36	3	24	30	75.6	LABOR FUERA DEL LMP	
45	20A	GL 820SW	9:28pm	19.8	0.57	32	3	22	30	78.1	LABOR FUERA DEL LMP	
46	22	RP 565SW	9:48am	19.4	0.72	40	5	18	34.5	76.8	LABOR FUERA DEL LMP	
47	21	GL 175S	10:54am	19.5	0.62	26	3	20	32	87.8	LABOR FUERA DEL LMP	
LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES(*)				≥ 19,5	0,5	25	3	≥ 25	29			

(*) Según el D.S. N° 024 - 2016 - EM - Anexo N° 15

Monitoreo realizado con equipo digital DRAGER-Xam7000, Anemometro KESTREL 4500

Valores de medición por encima de los Niveles Máximos Permisibles establecidos por Legislación

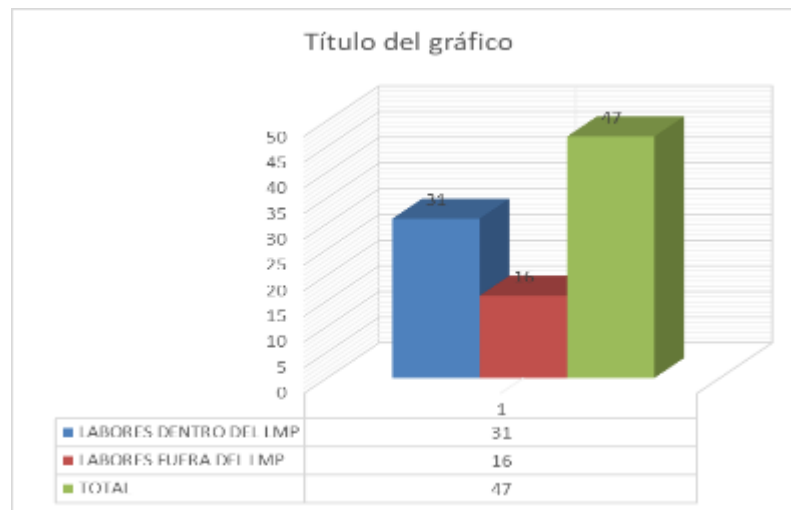
Niveles Máximos Permisibles establecidos por legislación.

V' B' JEFE Ventilación

V' B' TEC. MONITOREADOR

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 18: *Comparación de labores dentro del LMP & labores fuera del LMP.*



Fuente: Elaboración propia.

El cuadro N° 10 es el resultado de recopilación de datos durante un mes y se calcula un promedio aritmético para el estudio del presente trabajo, también según la imagen N° 11, podemos mencionar que catorce (16) labores están fuera del límite máximo permisible, es decir el 34% de nuestras labores mineras de avance y tajeos estarían siendo paralizadas por incumplimiento a la normativa en materia de ventilación. También esto perjudica en el inicio de las operaciones unitarias, generando pérdidas de tiempo para el ingreso de personal a las labores mineras.

4.6. CÁLCULO DE REQUERIMIENTO DE AIRE EN LA UNIDAD MINERA AMERICANA – ZONA CUERPOS

4.6.1. Requerimiento de aire total (Q_{TO})

En la unidad minera americana, siguiendo los estándares establecidos por el DS N° 023-2017 EM, se requiere calcular la cantidad de aire necesaria en el interior de la mina cuando se utilizan equipos con motores de combustión interna, de acuerdo al artículo 252, literal d) del reglamento. Para determinar esta demanda, se debe aplicar la siguiente fórmula:

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

Donde:

Q_{TO} : caudal total para la operación (m³/min)

Q_{T1} : sumatoria de caudal requerido por:

- a) Consumo de aire por el número de trabajadores
- b) consumo de aire por madera
- c) consumo de aire por temperaturas altas
- d) consumo de aire por equipos con motor petrolero

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

Q_{FU} : 15% del Q_{T1} (m³/min)

Caudal requerido por el número de trabajadores (QTr)

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

Donde:

Q_{Tr} = Caudal total para “n” trabajadores (m^3/min);

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

N = Número de trabajadores de la guardia más numerosa.

$$Q_{Tr} = (35 \text{ pers.}) * (6m^3/min-pers.) = 210 m^3/min = 210 m^3/min (35.314) = 7,416 \text{ CFM}$$

Cuadro 11: **Caudal requerido por el número de trabajadores.**

EMPRESA	N° DE TRABAJADORES/GDIA	CAUDAL MINIMO/PERSONA DS 023-2017 EM	CAUDAL	
			m ³ /min	CFM
Cia Minera Alpayana S.A.	35	6	210.0	7,416
Gestion Minera Integral SAC.	250	6	1,500.0	52,971
Isamin Ingenieros S.A.C	44	6	264.0	9,323
Los Tallanes Mining Group S.A.C.	60	6	360.0	12,713
Master Drill	8	6	48.0	1,695
LUBEPO	15	6	90.0	3,178
Robit	4	6	24.0	848
Rock Drill Contratistas Civiles y Mineros S.A.C.	12	6	72.0	2,543
AVG Shaft Technologies S.A.	25	6	150.0	5,297
QTr			2,718	95,983

Fuente: Elaboración propia.

4.6.2. Caudal requerido por el consumo de madera (QMa)

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

Donde:

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

T: Producción en toneladas métricas húmedas por guardia.

De acuerdo con la normativa DS 023-2017 EM, en su Artículo 252, Inciso d), se establece que la madera utilizada en labores de sostenimiento dentro de la mina puede generar emisiones de gases como CO₂ y CH₄, los cuales deben ser considerados al calcular la cantidad de aire necesaria en el interior de la mina. Este factor se determina de forma proporcional a la producción. Para realizar dicho cálculo, se debe tener en cuenta la siguiente escala:

Cuadro 12: ***Factor de producción de acuerdo al consumo de madera.***

Consumo de madera (%)	Factor de producción (m ³ /min)
< 20	0
20 a 40	0.6
41 a 70	1
> 70	1.25

Fuente: D.S N° 023-2017 EM. Edición 2019. Editorial MACRO.

En el cuadro número 13 se muestra que el consumo de madera es 7.1%, este resultado es menor a 20% según la normativa; por consiguiente, el factor de producción será 0 m³/min. Reemplazando en la fórmula se tiene, como se muestra a continuación:

$$Q_{Ma} = \left(\frac{150TM}{GD} \right) * (0m^3/min) = 0m^3/min = 0 \text{ cfm.}$$

Cuadro 13: *Caudal requerido por el consumo de madera.*

Production TMH/GD	Consumo de madera TN/GD	Consumo de madera %	Factor de producción m3/min	m3/min	cfm
2100	150.00	7.1%	0	0	0
Qma				0	0

Fuente: Elaboración propia.

4.6.3. Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo (QTe)

"Según el DS N° 023-2017 EM, ANEXO 38"

A fin de asegurar un ambiente laboral cómodo en términos de temperatura, es necesario tener en cuenta una velocidad mínima de flujo de aire de 30 metros por minuto al calcular los requerimientos de ventilación. Esto se aplica cuando la temperatura oscila entre los 24°C y un máximo de 29°C. Para los cálculos se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q_{Te} = V_m \times A \times N \text{ (m3/min)}$$

Donde:

V_m : Velocidad mínima (m3/min)

A: Área de la labor promedio.

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

Para demostrar la aplicación de la formula, se desarrollará solo un ejercicio como ejemplo que servirá como guía.

$$Q_{Te} = \left(\frac{30m}{min}\right) * (18m^2) * 2 = 1080m^3/min = 38139 CFM$$

Cuadro 14: *Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo.*

Zona	# Niveles con temperaturas de 24 a 29 °C	Velocidad mín (Vm) DS 023-2017 EM	Area (m2)	m3/min	cfm
Cuerpos	2	30	18.0	1080	38,139.0
Esperanza	2	30	9.0	540	19,070.0
QTe				1,620.0	57,209.0

Fuente: Elaboración propia.

4.6.4. Caudal requerido por equipo con motor petrolero (QEq)

Según el DS 023-2017 EM, en su Artículo 252, Inciso e), se establece que los equipos que emplean motores de combustión interna deben cumplir con un requisito mínimo de suministro de aire de tres (3) metros cúbicos por minuto por cada unidad de potencia efectiva (HPs) del motor. La determinación de esta cantidad de aire se realiza considerando la disponibilidad mecánica y el uso específico del equipo, siendo evaluados por el responsable de la actividad minera. Además, durante esta evaluación también se toman en cuenta factores como la altitud, el calor generado por los motores y las emisiones de gases y partículas en suspensión.

$$Q_{Te} = 3 \times HP \times D_m \times F_u \text{ (m3/min)}$$

Donde:

HP: Capacidad efectiva de potencia (HPs).

D_m : Disponibilidad mecánica promedio de los equipos (%).

F_u : Factor de utilización promedio de los equipos (%).

Para demostrar la aplicación de la formula, se desarrollará solo un ejercicio como ejemplo que servirá como guía, como se muestra a continuación:

$$Q_{Eq} = 3 * 67.50 * 0.85 * 0.45 = 77.46 \frac{m^3}{min} * (35.314) = 2735.42 CFM$$

Cuadro 15: *Caudal requerido por equipos con motor petrolero*

ITEM	EQUIPOS	Potencia Nominal (HP)	Rendimiento(%)	Potencia efectiva(HP)	DISPONIBILIDAD MECÁNICA (Dm) (%)	FACTOR DE UTILIZACIÓN (Fu) (%)	m3/min	CFM	
1	JUMBOS	J-3	75	0.9	67.50	85%	45%	77.46	2,735.29
2		J-6	100	0.9	90.00	85%	43%	98.69	3,484.96
3		J-7	80	0.9	72.00	85%	52%	95.47	3,371.50
4		J-9	80	0.9	72.00	85%	51%	92.90	3,280.73
5		J-10	80	0.9	72.00	85%	52%	95.47	3,371.50
6		J-11	80	0.9	72.00	85%	49%	89.96	3,176.99
7		J-12	80	0.9	72.00	85%	48%	88.68	3,131.60
8		J-13	80	0.9	72.00	85%	51%	94.19	3,326.11
9		J-14	80	0.9	72.00	85%	42%	77.48	2,736.10
10		J-15	99	0.9	89.10	85%	48%	109.06	3,851.29
11		J-16	99	0.9	89.10	85%	57%	129.96	4,589.45
12		J-17	99	0.9	89.10	85%	61%	138.60	4,894.35
13		J-18	74	0.9	66.60	85%	45%	76.42	2,698.82
14		J-19	74	0.9	66.60	85%	39%	65.38	2,308.99
15		J-20	60	0.9	54.00	85%	37%	50.67	1,789.49
16		J-21	70	0.9	63.00	85%	40%	64.02	2,260.77
17		J-23	80	0.9	72.00	85%	30%	54.35	1,919.16
18		J-24	80	0.9	72.00	85%	42%	77.11	2,723.13
19		J-25	80	0.9	72.00	85%	39%	71.05	2,509.17
20	DUMPER	D-02	200	0.9	180.00	85%	65%	298.35	10,535.93
21		D-03	200	0.9	180.00	85%	64%	293.76	10,373.84
22		D-04	200	0.9	180.00	85%	60%	275.40	9,725.48
23		D-05	200	0.9	180.00	85%	70%	321.30	11,346.39
24		D-06	300	0.9	270.00	85%	50%	344.25	12,156.84
25		D-08	300	0.9	270.00	85%	49%	337.37	11,913.71
26		D-09	300	0.9	270.00	85%	75%	516.38	18,235.27
27		D-10	300	0.9	270.00	85%	75%	516.38	18,235.27
28		D-11	300	0.9	270.00	85%	75%	516.38	18,235.27
29		D-12	300	0.9	270.00	85%	75%	516.38	18,235.27
30	D-13	300	0.9	270.00	85%	75%	516.38	18,235.27	
31	SCOOP TRAMS	S-54	270	0.9	243.00	85%	55%	340.81	12,035.28
32		S-62	270	0.9	243.00	85%	52%	322.22	11,378.81
33		S-63	270	0.9	243.00	85%	45%	278.84	9,847.04
34		S-64	270	0.9	243.00	85%	41%	254.06	8,971.75
35		S-65	175	0.9	157.50	85%	52%	208.85	7,375.15
36		S-66	175	0.9	157.50	85%	44%	176.72	6,240.51
37		S-67	175	0.9	157.50	85%	54%	216.88	7,658.81
38		S-68	175	0.9	157.50	85%	58%	232.94	8,226.13
39		S-71	175	0.9	157.50	85%	56%	224.91	7,942.47
40		S-72	175	0.9	157.50	85%	53%	212.86	7,516.98
41		S-73	175	0.9	157.50	85%	60%	240.98	8,509.79
42		S-74	175	0.9	157.50	85%	70%	281.14	9,928.09
43		S-75	270	0.9	243.00	85%	36%	223.07	7,877.64
44		S-77	270	0.9	243.00	85%	75%	464.74	16,411.74
45		S-78	175	0.9	157.50	85%	46%	184.75	6,524.17
46		S-79	270	0.9	243.00	85%	68%	421.36	14,879.98
47		S-36	95	0.9	85.50	85%	75%	163.52	5,774.50
48		S-81	95	0.9	85.50	85%	60%	130.82	4,619.60
49		S-82	95	0.9	85.50	85%	75%	163.52	5,774.50
50		S-83	95	0.9	85.50	85%	80%	174.42	6,159.47
51		S-90	270	0.9	243.00	85%	70%	433.76	15,317.62
52		S-94	270	0.9	243.00	85%	80%	495.72	17,505.86
53		S-95	175	0.9	157.50	85%	80%	321.30	11,346.39
54		S-01	270	0.9	243.00	85%	50%	309.83	10,941.16
55		S-02	270	0.9	243.00	85%	55%	340.81	12,035.28
56	S-87	270	0.9	243.00	85%	60%	371.79	13,129.39	
57	S-88	280	0.9	252.00	85%	78%	501.23	17,700.37	
58	TELESCOPI	MT-03	101	0.9	90.90	85%	80%	185.44	6,548.49
59	COS	MT-04	101	0.9	90.90	85%	80%	185.44	6,548.49
60	MINICARGA DOR	MN-02	74	0.9	105 66.60	85%	50%	84.92	2,998.69

61	MIXER	MX - 01	174	0.9	156.60	85%	85%	339.43	11,986.65
62		MX - 02	174	0.9	156.60	85%	85%	339.43	11,986.65
63	ROBOT	RT - 01	150	0.9	135.00	85%	85%	292.61	10,333.32
64	C A M E O N E T A S	TOYOTA-02	120	0.9	108.00	85%	33%	90.88	3,209.41
65		TOYOTA-03	120	0.9	108.00	85%	33%	90.88	3,209.41
66		TOYOTA-04	120	0.9	108.00	85%	33%	90.88	3,209.41
67		TOYOTA-18	120	0.9	108.00	85%	33%	90.88	3,209.41
68		TOYOTA-21	120	0.9	108.00	85%	33%	90.88	3,209.41
69		TOYOTA-28	120	0.9	108.00	85%	33%	90.88	3,209.41
70		TOYOTA-29	120	0.9	108.00	85%	50%	137.70	4,862.74
71		TOYOTA-30	120	0.9	108.00	85%	33%	90.88	3,209.41
72		TOYOTA-31	120	0.9	108.00	85%	33%	90.88	3,209.41
73		TOYOTA-32	120	0.9	108.00	85%	50%	137.70	4,862.74
74		TOYOTA-33	120	0.9	108.00	85%	50%	137.70	4,862.74
75		TOYOTA-34	120	0.9	108.00	85%	50%	137.70	4,862.74
76		TOYOTA-35	120	0.9	108.00	85%	50%	137.70	4,862.74
77		TOYOTA-36	120	0.9	108.00	85%	50%	137.70	4,862.74
78		TOYOTA-37	120	0.9	108.00	85%	50%	137.70	4,862.74
79		TOYOTA-38	120	0.9	108.00	85%	50%	137.70	4,862.74
80		TOYOTA-39	120	0.9	108.00	85%	50%	137.70	4,862.74
81		TOYOTA-TALLANES	120	0.9	108.00	85%	33%	90.88	3,209.41
82		TOYOTA-ROCKDRIL	120	0.9	108.00	85%	33%	90.88	3,209.41
83		TOYOTA- AVG	120	0.9	108.00	85%	33%	90.88	3,209.41
84	C A N T E R	CAMION 16	110	0.9	99.00	85%	33%	83.31	2,941.96
85		CAMION 17	110	0.9	99.00	85%	33%	83.31	2,941.96
86		CAMION 18	110	0.9	99.00	85%	33%	83.31	2,941.96
87		CAMION 20	110	0.9	99.00	85%	33%	83.31	2,941.96
88		CAMION 21	110	0.9	99.00	85%	33%	83.31	2,941.96
89		CAMION 23	110	0.9	99.00	85%	33%	83.31	2,941.96
90		CAMION 24	110	0.9	99.00	85%	33%	83.31	2,941.96
91		CAMION 25	110	0.9	99.00	85%	33%	83.31	2,941.96
92		CAMION 26	110	0.9	99.00	85%	33%	83.31	2,941.96
93		CAMION 27	110	0.9	99.00	85%	33%	83.31	2,941.96
94	CAMION 28	110	0.9	99.00	85%	33%	83.31	2,941.96	
95	V O L Q U E T E	V-61-VOLVO	440	0.9	396.00	85%	70%	706.86	24,962.05
96		V-62-VOLVO	440	0.9	396.00	85%	75%	757.35	26,745.06
97		V-63-VOLVO	440	0.9	396.00	85%	70%	706.86	24,962.05
98		V-64-VOLVO	440	0.9	396.00	85%	60%	605.88	21,396.05
99		V-65-VOLVO	440	0.9	396.00	85%	70%	706.86	24,962.05
100		V-81-VOLVO	480	0.9	432.00	85%	70%	771.12	27,231.33
101		V-82-VOLVO	440	0.9	396.00	85%	70%	706.86	24,962.05
102		V-83-VOLVO	440	0.9	396.00	85%	70%	706.86	24,962.05
103		V-84-VOLVO	440	0.9	396.00	85%	70%	706.86	24,962.05
104		V-90-MERCEDES BENZ	440	0.9	396.00	85%	70%	706.86	24,962.05
105		V-91-MERCEDES BENZ	440	0.9	396.00	85%	70%	706.86	24,962.05
106	MOTONIVELADORA	MOTONIVELADORA	120	0.9	108.00	85%	35%	96.39	3,403.92
QEq								26,182	927,321

Fuente: Elaboración propia.

4.6.5. Caudal por fugas (QFu)

Según el DS N° 023-2017 EM, ANEXO 38

$$Q_{Fu} = 15\% \times Q_{T1} \text{ (m3/min)}$$

Donde:

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

Cuadro 16: **Resumen de requerimiento de aire Q_{T1}**

	m3/min	cfm
Q_{Tr}	2,718	95,983
Q_{Ma}	-	-
Q_{Te}	1,620	57,209
Q_{Eq}	26,182	927,321
Q_{T1}	30,520	1,080,513

Fuente: Elaboración propia.

Aplicando la fórmula para calcular la cantidad de caudal de aire por fugas, se tiene el siguiente

dato:

$$Q_{Fu} = 0.15 * 30,520 = \frac{4,578m^3}{min} = 161,667.4 \text{ CFM}$$

Cuadro 17: **Caudal por fugas.**

QT1	Velocidad min (Vm) DS 023-2017 EM	m3/min	cfm
30,520	15%	4,577.98	161,666.69
Qfu		4,578	161,667

Fuente: Elaboración propia.

4.6.6. Requerimiento de caudal total de aire

Según los cálculos realizados en los cuadros anteriores tenemos finalmente el requerimiento de caudal total de aire para la zona cuerpos.

Cuadro 18: *Requerimiento total del caudal de aire.*

	m ³ /min	cfm
QT1	30,520	1,080,513
QFu	4,578	161,667
QT0	35,098	1,242,180

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, detallaremos el cuadro de resumen general de balance y cobertura de aire en la zona de cuerpos - unidad minera americana, antes de ejecutar el RB 338. Donde se evidencia que el sistema de ventilación no es el óptimo para evacuar el aire viciado de interior mina hacia superficie, y por ende se presentan diversos problemas en la operación de la mina.

Cuadro 19: *Balance general de ventilación.*

Balance de ventilacion		
	m3/min	cfm
Ingreso	31,122.87	1,099,073.19
Salida	26,248.68	926,945.73
Balance	4,874.2	172,127.5

Requerimiento de aire		
	m3/min	cfm
a) Caudal requerido por el número de trabajadores (q_{tr})	2,718.00	95,983.45
b) Caudal requerido por el consumo de madera (Q_{Ma})	0.00	0.00
c) Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo (Q_{Te})	1,620.00	57,208.68
d) Caudal requerido por equipo con motor Petrolero (Q_{Eq})	26,181.85	927,321.10
$QT1 = Q_{Tr} + Q_{Ma} + Q_{Te} + Q_{eq}$	30,519.85	1,080,513.23
e) Caudal requerido por fugas (Q_{Fu})	4,577.98	161,666.69
Caudal total Requerido para la operación $T_o = QT1 + Q_{fu}$	35,098	1,242,180

Cobertura de aire		
	m3/min	cfm
Ingreso de aire	31,122.87	1,099,073.19
Caudal Requerido	35,097.83	1,242,179.92
Cobertura (%)	89%	
Deficit (cfm)	143,106.73	

Fuente: Elaboración propia.

Analizando el resumen del cuadro N° 19, se tiene un caudal total de ingreso de 31,122.87 m³/min (1'099,073.19 cfm) y un caudal total de salida de 26,248.68 m³/min (926,945.73 cfm), así teniendo una diferencia de 4,874.20 m³/min entre ingreso y salida del caudal de aire, expresando en porcentaje representa el 16% aproximadamente, ello nos indica que estamos incumpliendo con la normativa nacional en materia de ventilación. Según los cálculos realizados se requiere un caudal total de aire de 35,097.83 m³/min (1,242,179.92 cfm) en consecuencia, esto representa una cobertura de aire de 89% y un déficit de 143,106.73 cfm.

4.7. VENTILADORES

4.7.1. Ventiladores principales

En la unidad minera americana zona cuerpos, en la actualidad se tiene la siguiente distribución de ventiladores principales que tienen como finalidad la extracción del aire viciado del interior mina hacia superficie, como se detalla en el cuadro:

Cuadro 20: *Inventario de ventiladores principales.*

Ventiladores principales							
item	Nivel	Marca	Ubicación (superficie)	labores que ventilan	capacidad (cfm)	potencia	trabajo
						hp	hrs/dia
1	superficie	airtec	RB 131	extrae aire viciado	150,000	400	24
2	superficie	airtec	RB 600	extrae aire viciado	150,000	400	24
3	superficie	airtec	RB 131	extrae aire viciado	150,000	400	24

Fuente: Departamento de ventilación UM AMERICA – ALPAYANA S.A

Imagen 19: *Ventiladores principales.*



Fuente: Elaboración propia.

4.7.2. Ventiladores secundarios

En la unidad minera americana en la actualidad se tiene la siguiente distribución de ventiladores secundarios, que tienen como finalidad ayudar a los ventiladores principales a remover, extraer y direccionar el aire viciado en el interior mina, como se detalla en el cuadro:

Cuadro 21: *Inventario de ventiladores secundarios.*

Ventiladores secundarios							
item	nivel	marca	ubicación (interior mina)	labores que ventilan	capacidad (cfm)	potencia trabajo	
						HP	hrs/dia
1	13	airtec	RB 600	direcciona aire viciado	40,000.0	100	24
2	13	airtec	RB 600	direcciona aire viciado	60,000.0	150	24
3	10	airtec	RB 338	direcciona aire viciado	40,000.0	100	24
4	10	airtec	RB 338	direcciona aire viciado	60,000.0	150	24
5	14	airtec	Cam 582	direcciona aire viciado	40,000.0	100	20
6	18	airtec	RB 174	direcciona aire viciado	40,000.0	100	20

Fuente: Departamento de ventilación UM AMERICA – ALPAYANA S.A

Imagen 20: *Ventiladores secundarios.*



Fuente: Elaboración propia.

4.7.3. Ventiladores auxiliares

En la unidad minera americana en la actualidad se tiene la siguiente distribución de ventiladores auxiliares, que tienen como finalidad ventilar los frentes ciegos en labores de avance y explotación tanto vertical como horizontal, como se detalla en el cuadro:

Imagen 21: *Ventiladores auxiliares.*



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 22: *Inventario de ventiladores auxiliares.*

item	nivel	marca	ubicación (interior mina)	labores que ventilan	capacidad (cfm)	potencia trabajo	
						hp	hrs/dia
1	1	airtec	XC 390	PIQUE 650	11,500.0	25	24
2	600	airtec	BM 600	POLVORINES PRINCIPALES	20,000.0	45	5
3	5	airtec	GL 675 S	BP 630 SW	30,000.0	75	14
4	7A	airtec	CH 769	XC 765 E	30,000.0	75	14
5	7	airtec	CAM 694	XC 694 W	7,500.0	20	14
6	7	airtec	RB 651	XC 760 NE	30,000.0	75	14
7	10	airtec	BP650	TALLER TRACKLES	20,000.0	50	20
8	10	airtec	BP 650	COMEDOR NV.10	5,000.0	7.5	2
9	14	airtec	XC 650	COMEDOR NV.14	5,000.0	10	2
10	14	airtec	XC 411 SW	XC 444 N	10,000.0	30	14
11	15	airtec	CAM 540	XC 564 SE	30,000.0	75	14
12	15	airtec	POLVORIN	POLVORIN DE EXPLOSIVO Y ACCESORIO	20,000.0	50	5
13	16A	airtec	RB 494	GL 362 NE	30,000.0	75	14
14	16	airtec	GL 366 NE	TAJO 454	30,000.0	75	14
15	18A	airtec	CH 453	TAJO 445	30,000.0	75	14
16	19	airtec	CH 565	XC 205 NE	30,000.0	75	14
17	21	airtec	RP (-) 565 SW	CAM 419	30,000.0	75	14
18	21	airtec	RP (-) 565 SW	RP (-) 566 SW	30,000.0	75	14
19	21	airtec	RP (-) 565 SW	RP (-) 565 SW	30,000.0	75	14
20	21	airtec	XC 356 SW	GL 175 S	30,000.0	75	14
21	15	airtec	CH 470	TALLER GARAJE	10,000.0	30	14
22	13	airtec	CAM 574 SE	XC 598 SW	3,000.0	3.5	14
23	10	airtec	GL 740 N	TALLER DE TRACKES	20,000.0	50	14
24	10	airtec	RP 565	TOLVA SHOCRETH	12,000.0	30	14
25	9	airtec	RP (-) 565	ROMPE BANCO NV.09	10,000.0	30	20

26	16	airtec	CH 366	GL 366 W	10,000.0	30	14
27	6	airtec	CH 621	XC 652, XC 585	20,000.0	45	14
28	4B	airtec	XC 818 NE	GL 901	20,000.0	45	14
29	17	airtec	XC 461	RP (+)384, RP (-)370	30,000.0	75	14
30	13	airtec	XC 393 W	TJ 330	20,000.0	30	14
31	15	airtec	PIQUE 650	XC 595 NE	20,000.0	30	14
32	16	airtec	RP 565	RP 497, XC 497	20,000.0	30	14
33	14	airtec	RB 338	TJ 330 , GL 323	30,000.0	75	14
34	12	airtec	CH 470	RP 491 SE	10,000.0	30	14
35	19	airtec	CH 220	RP 565 (-)	30,000.0	75	14
36	19	airtec	CH 565	RP 565	30,000.0	75	14
37	12A	airtec	CAM 450 E	RP 566 SE	20,000.0	50	14
38	16	airtec	RB 494	TJ 265	30,000.0	75	14
39	18	airtec	XC 352 NE	GL 240 N	30,000.0	75	14
40	5	airtec	XC 582 N	BP 507 NW	10,000.0	30	14
41	6A	airtec	XC 616	GL 575 NE	7,500.0	20	14
42	14	airtec	XC 650	ROMPE BANCO NV.13	20,000.0	50	20
43	4	airtec	GL 801	GL 939	20,000.0	50	14
44	15A	airtec	XC 374 NE (RB 505)	GL 394	30,000.0	75	14
45	15A	airtec	RB 494	TJ 300, TJ 320	30,000.0	75	14
46	11	airtec	CH 340	XC 340	20,000.0	50	14
47	18A	airtec	CH 140	GL 445 SE	30,000.0	60	14
48	6	airtec	REFUGIO MINERO	XC 442SE	20,000.0	45	14

Fuente: Departamento de ventilación UM AMERICA – ALPAYANA S.A

4.7.4. Ventiladores en mantenimiento

Son aquellos equipos (ventiladores) que salen de interior mina a superficie por presentar desperfectos al momento de su funcionamiento y son internados en los talleres de área de mantenimiento.

Cuadro 23: *Inventario de ventiladores en mantenimiento.*

Mantenimiento Carmen - Lima							
item	nivel	marca	ubicación	observación	capacidad (cfm)	potencia	trabajo
						HP	hrs/día
1	superficie	airtec	Lima	mantenimiento	150,000.0	400	0
2	18	airtec	taller Carmen	mantenimiento	30,000.0	75	0

Fuente: Departamento de ventilación UM AMERICA – ALPAYANA S.A

4.7.5. Ventiladores en stand by

son aquellos equipos (ventiladores) que se tiene en el almacén o taller de mantenimiento que están disponibles para realizar el cambio de inmediato de un equipo, cuando se presentan problemas con los ventiladores en funcionamiento, ya que si no se realiza el cambio esto genera pérdidas en la operación, por ello es la importancia de tener ventiladores en stand by en la unidad minera.

Cuadro 24: *Inventario de ventiladores en stand by.*

stand by - mina						
item	nivel	marca	ubicación	labores que ventilan	capacidad (cfm)	potencia
						HP
1	superficie	airtec	Carmen chatarra		60,000.0	150
2	superficie	airtec	Carmen almacen		60,000.0	150
3	superficie	airtec	taller elec. - mina		5,000.0	15
4	superficie	airtec	taller elec. - mina		5,000.0	30
5	superficie	airtec	taller Carmen		60,000.0	150
6	superficie	airtec	ch 790 chisay		40,000.0	100
7	superficie	airtec	taller Carmen		60,000.0	150
8	superficie	airtec	taller Carmen		30,000.0	75
9	superficie	airtec	taller Carmen		3,000.0	3
10	superficie	airtec	taller Carmen		10,000.0	30
11	superficie	airtec	taller Carmen		60,000.0	150
12	superficie	airtec	taller Carmen		5,000.0	15
13	superficie	airtec	taller Carmen		40,000.0	100
14	superficie	airtec	taller Carmen		5,000.0	15

Fuente: Departamento de ventilación UM AMERICA – ALPAYANA S.A

4.8. DISEÑO DE SISTEMA DE VENTILACION EN LA CIA MINERA ALPAYANA

El objetivo de un sistema de ventilación es proveer de aire limpio a todos los lugares de trabajo (labores de avance, exploración, tajeos, polvorines, talleres, etc.), para alcanzar con los objetivos de producción y seguridad de los colaboradores. Para alcanzar este objetivo en la unidad minera Americana, tenemos presente realizar lo siguiente:

- ✓ Se tiene establecido las entradas y salidas de aire.
- ✓ Determinar los caudales requeridos (Qo).
- ✓ Determinar el balance de caudal de aire.
- ✓ Formular una red de ventilación.
- ✓ Equipos (Ventiladores)
- ✓ Galerías y chimeneas de distribución del flujo de aire.
- ✓ Controles de ventilación (puertas, cortinas, silenciadores, reguladores)
- ✓ Resolver la red y determinar un sistema económico de ventilación.

4.9. TIPOS DE PLANIFICACIÓN EN UNA ORGANIZACION

4.9.1. Planificación a corto plazo

Está definido como un período específico menores a un año, y se realiza un seguimiento diario, semanal, mensual y semestral. Este escenario es para planificar las acciones a seguir en el corto plazo para orientar el rumbo de una empresa en el futuro próximo, como para proporcionar consistencia y coordinación en la toma de decisiones para implementar las acciones correspondientes.

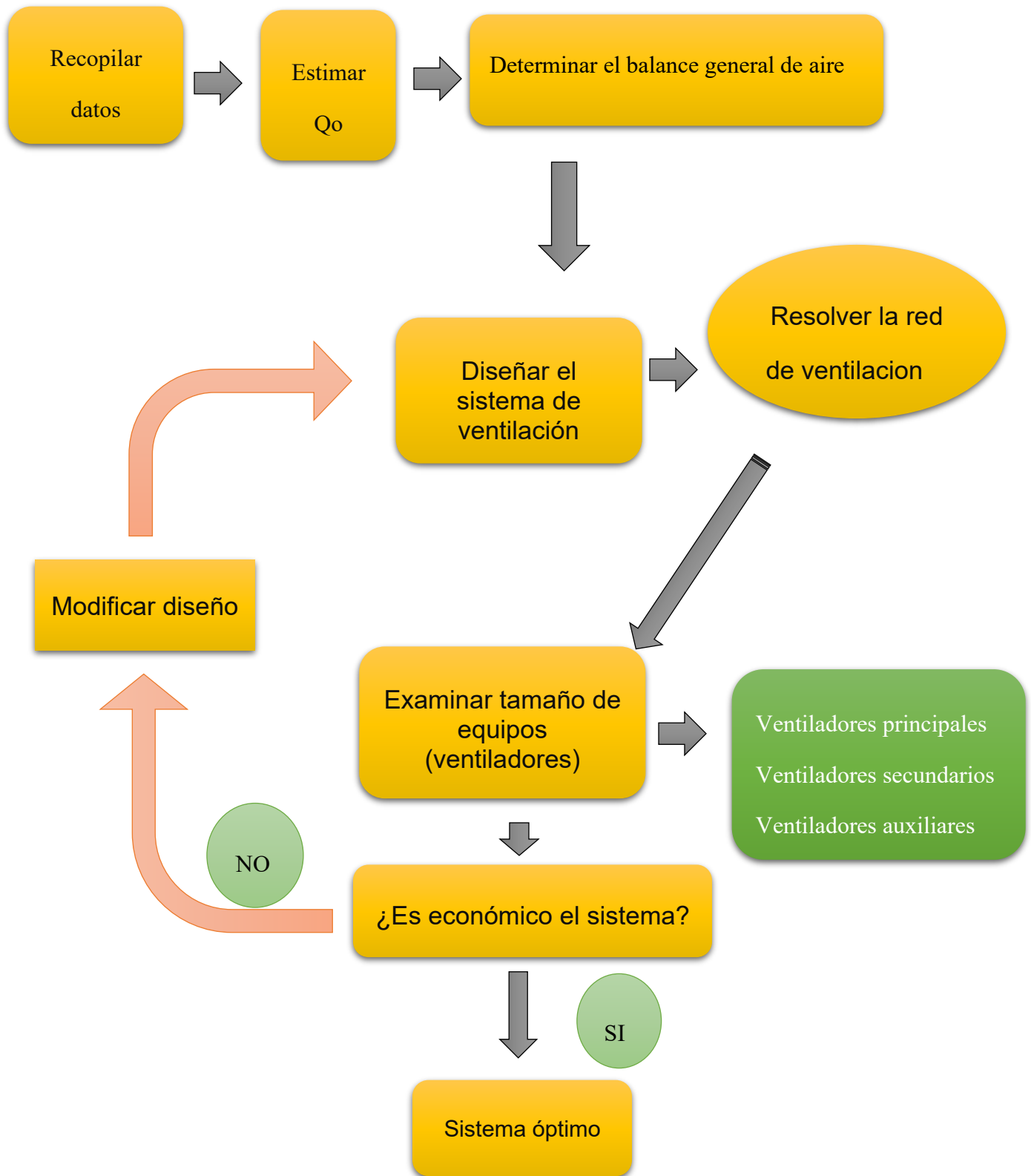
4.9.2. Planificación a mediano plazo

Un plan a mediano plazo implica establecer una serie de metas, objetivos y estrategias para un período de hasta 5 años. Este plan define la dirección y el propósito de la empresa, así como las áreas estratégicas en las que se centrará para lograr sus objetivos.

4.9.3. Planificación a largo plazo.

Un plan a largo plazo implica una visión proyectada de la empresa más allá de un período de 5 años. En este plan, se consideran tanto los desafíos como las oportunidades que pueden surgir como resultado de las decisiones tomadas en el presente.

4.10. PROCEDIMIENTO PARA DISEÑAR UN SISTEMA DE VENTILACIÓN



4.11. DEFINICIÓN DE RAISE BORING

La técnica de perforación de chimeneas verticales, con un ángulo de inclinación entre 45° y 90°, consta de dos etapas principales: la perforación piloto y el rimado. Este proceso requiere la creación de dos niveles: uno superior para la instalación de la máquina y otro inferior para conectar la cabeza rimadora.

Imagen 22: *Rimado del RB 338.*



Fuente: Elaboración propia.

4.12. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DEL RB 338

La construcción de la chimenea RB 338 se realiza con la finalidad de optimizar el sistema de ventilación en la zona cuerpos, para ello se planteó la ejecución de dicha chimenea de acuerdo con los cálculos y analices realizadas en campo y gabinete. Para realizar la elaboración del proyecto se realizaron la toma de datos como la calidad del macizo rocoso, ubicación de ventiladores secundarios y primarios, ubicación de chimeneas, distancias, dirección del flujo de aire.

Las coordenadas se obtuvieron de los levantamientos topográficos hechos por el área de planeamiento e ingeniería como se detalla a continuación:

Cuadro 25: *Coordenadas en superficie y NV 10.*

COORDENADAS EN SUPERFICIE:		
E	N	Z
366218.33	8711002.92	4427.40
COORDENADAS DEL NV 10		
E	N	Z
366302.16	8711012.48	3932.05

Fuente: Elaboración propia.

La chimenea RB 338 tiene una longitud de 502.4 metros desde el Nv 10 hasta superficie con un diámetro de 12 pies (3.6 m.), ocupará una plataforma de 25.0 x 50.0 m donde se instalará el ventilador de 200 000 cfm que extraerá el flujo de aire viciado de la zona cuerpos hasta superficie mediante la chimenea RB 338, a corto, mediano y largo plazo se tiene que seguir profundizando los RB 338, 600, 131 y chimeneas locales hasta la profundización y extraer el aire viciado de los niveles inferiores.

4.13. CRONOGRAMA

Cuadro 26: *Cronograma de ejecución del proyecto.*

ETAPAS	Dic 20				Ene 21				Feb 21				Mar 21				Abr 21				May 21				Jun 21				Jul 21				Ago 21			
	1ra	2da	3ra	4ta	1ra	2da	3ra	4ta	1ra	2da	3ra	4ta	1ra	2da	3ra	4ta	1ra	2da	3ra	4ta	1ra	2da	3ra	4ta	1ra	2da	3ra	4ta	1ra	2da	3ra	4ta	1ra	2da	3ra	4ta
1.- Estudio de Ventilación																																				
Mapeo de ventilación	■																																			
Propuesta Corto Plazo			■	■	■																															
Propuesta Mediano y Largo Plazo			■		■																															
2.- Ejecucion del RB 338																																				
Desbroce y movimiento de tierra en superficie					■																															
Barrera y sostenimiento del talud desbrozado					■																															
Lozas para S.E, Plataforma y Poza de Agua					■																															
Instalaciones eléctrica y transformador					■																															
Movilización / Desmovilización del Equipo RB					■																															
Instalacion del equipo SBM 800					■																															
Perforación del piloto del RB									■																											
Rimado del RB													■				■				■				■											
Desinstalación del Equipo SBM 800																									■											
3.- Instalacion del los Equipos																																				
Orden de fabricacion de ventilador 200,000 cfm					■																															
Construcion de base para el ventilador																													■							
Traslado de ventilador de 200,000 cfm Lima - Mina																													■							
Instalacion y puesta en Marcha del Ventilador																													■							
Transformador																													■							
4.- Cerco Perimetrico																																				
Construcion del Cerco perimetrico																																	■			

Fuente: Departamento de planeamiento e ingeniería ALPAYANA S.A

4.14. EQUIPO SBM 800

Para la ejecución del RB 338 del Nv 10 hasta superficie se empleó el equipo SBM 800, este equipo es una máquina especializada en perforación Raise Boring, esta técnica ha sido desarrollada con el objetivo de aumentar la eficiencia en las operaciones mineras y disminuir los riesgos asociados a ellas, el SBM 800 es un equipo de:

- ✓ potencia electro – hidráulica mediante el uso de sistemas de control integral, una estación de control remoto y herramientas especializadas para el acoplamiento y desacoplamiento de tuberías.
- ✓ La unidad hidráulica ofrece la ventaja de contar con velocidad variable y torque constante, lo que posibilita ajustar la velocidad de rotación de manera precisa para adaptarse a las condiciones específicas del terreno de perforación.
- ✓ Ajuste del ángulo de perforación lateral.

El avance promedio del piloto con la maquina SBM 800 fue de 10 metros lineales por guardia, por otro lado, el avance promedio del rimado fue de 6 metros lineales por guardia, dichos avances dependieron de la calidad del macizo rocoso y condiciones de trabajo.

4.15. EVALUACIÓN GEOMECANICA

Para la ejecución del dicho proyecto se ha desarrollo una evaluación geomecanica detallada desde el nv 10 hasta superficie, con la finalidad de determinar la calidad del macizo rocoso. Los parámetros tomados en cuenta fueron: calidad de roca según el índice de resistencia geológica (GSI), sistemas de discontinuidades principales y orientación con respecto al eje del proyecto (Geoestructural). Además,

se cuenta con información proveniente de pruebas de laboratorio realizadas en la zona. La roca que rodea el área de estudio está mayoritariamente compuesta por Capas Rojas, las cuales presentan intercalaciones de lutitas, areniscas calcáreas y areniscas silicificadas. Las areniscas exhiben un rango de tamaño de grano que va desde fino hasta grueso, y suelen mostrar una estratificación débil. En particular, se destaca la presencia de areniscas silicificadas que son compactas y masivas en mayor medida.

**CAPITULO V: ANALISIS DE RESULTADOS DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN POR
LA CONSTRUCCION DE LA CHIMENEA RB 338.**

5.1. ANÁLISIS TÉCNICO DEL PROYECTO

Una vez culminado la chimenea RB 338, se realizó la nueva evaluación del circuito de ventilación de la zona cuerpos, para realizar la medición de los parámetros de ventilación, como se indica a continuación:

Cuadro 27: Estaciones principales de monitoreo – ingreso de aire limpio.

1.1 ENTRADA DE AIRE																									
UBICACIÓN				VELOCIDADES (m/s)									Velocidad		COTA (msnm)	HORA (hh:mm)	TEMP (°C)	SECCION		AREA (m2)	CAUDAL				
NIVEL	ESTAC.	ZONA	LABOR	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	(m/s)	(m/min)				a1 (m)	h1 (m)		(m3/s)	(m3/min)	cfm		
4	EPI-01	Cuerpos	BM POTOSI	3.10	3.10	3.40	3.00	3.00	2.50	3.90	3.20	2.80	3.11	187	4,559	10:36 a. m.	10.20	3.40	3.74	12.1	37.58	2254.97	79632.03		
1	EPI-02	Cuerpos	BM ALEX-01	4.40	4.50	4.30	4.30	4.00	4.40	4.00	4.10	4.40	4.27	256	4,558	10:30 a. m.	10.70	5.00	4.07	19.3	82.49	4949.12	174773.22		
1	EPI-03	Cuerpos	BM ALEX-02	4.00	4.30	4.10	4.50	4.10	4.00	4.20	4.20	4.40	4.20	252	4,567	9:49 a. m.	8.00	5.00	5.30	25.2	105.74	6344.10	224035.55		
430	EPI-04	Cuerpos	BM NV-430	3.00	2.60	2.20	2.90	2.40	2.00	2.00	2.00	2.60	2.41	145	4,567	9:49 a. m.	8.20	2.40	2.10	4.8	11.54	692.66	24460.74		
435	EPI-05	Esperanza	BM NV-435	3.00	2.80	3.10	3.20	2.70	3.00	2.10	3.50	3.40	2.98	179	4,555	12:36 p. m.	8.00	3.20	2.90	8.8	26.25	1575.13	55623.98		
435	EPI-06	Oroya	BM NV-435	2.70	3.20	3.20	3.30	3.10	3.00	3.00	3.00	3.30	3.09	185	4,556	5:03 p. m.	9.00	3.55	3.42	11.5	35.67	2140.03	75573.16		
435	EPI-07	Cuerpos	BM NV-435	3.50	3.30	3.50	3.60	4.00	3.80	3.70	3.00	3.80	3.58	215	4,557	2:36 p. m.	8.6	5.58	4.42	23.4	83.83	5029.73	177619.89		
480	EPI-08	Esperanza	BM NV-480	3.10	3.30	3.10	3.00	3.00	3.00	3.00	3.20	3.10	3.09	185	4,560	5:36 p. m.	6.0	4.10	3.34	13.0	40.18	2411.06	85144.06		
500	EPI-09	Cuerpos	BM NV-500	3.20	3.30	3.20	3.00	2.00	3.10	3.00	3.50	3.10	3.04	183	4,564	10:32 a. m.	6.8	5.00	4.70	22.3	67.97	4078.03	144011.67		
400	EPI-10	Cuerpos	BM NV-400	3.20	3.30	3.90	3.20	3.20	2.60	2.30	3.20	3.10	3.11	187	4,625	4:10 p. m.	9.5	4.00	3.30	12.5	39.01	2340.80	82663.01		
200	EPI-11	Cuerpos	BM NV-200	3.50	3.30	3.20	3.80	3.10	4.00	3.30	3.40	3.50	3.46	207	4,582	4:23 p. m.	9.0	4.8	4.00	18.2	63.03	3781.76	133549.07		
																	Qi Total			593.29	35,597.39	1,257,086.39			

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 28: *Estaciones principales de monitoreo – salida de aire viciado.*

1.2 SALIDA DE AIRE																												
UBICACIÓN				VELOCIDADES (m/s)									Velocidad		COTA (msnm)	HORA (hh:mm)	TEMP. (°C)	SECCION		AREA (m2)	CAUDAL							
NIVEL	ESTAC.		LABOR	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	(m/s)	(m/min)				a1 (m)	h1 (m)		(m3/s)	(m3/min)	cfm					
SUP.	EPS-01	Cuerpos	RB-131	10.80	10.50	10.20	10.40	10.00	9.70	10.10	10.00	10.20	10.21	613	4,282	4:53 p. m.	11.2	∅	3.60	10.2	103.94	6,236	220,225.23					
SUP.	EPS-02	Cuerpos	RB-131	10.80	10.00	11.00	10.50	10.00	9.80	10.00	11.00	9.80	10.32	619	4,581	5:06 p. m.	11.2	∅	3.60	10.2	105.07	6,304	222,621.58					
SUP.	EPS-03	Cuerpos	RB-600	10.40	10.00	9.80	9.90	10.50	10.00	10.80	11.40	10.80	10.40	624	4,422	3:38 p. m.	10.1	∅	3.60	10.2	105.86	6,352	224,299.03					
SUP.	EPS-04	Oroya	RB-730	14.51	16.90	13.97	16.50	16.80	17.20	18.00	14.50	12.80	15.69	941	4,254	10:34 a. m.	8.9	∅	2.40	4.5	70.96	4,258	150,363.43					
SUP.	EPS-05	Ximena	RB-435	12.73	13.21	12.43	12.45	16.15	16.20	16.80	16.15	13.40	14.39	863	4,247	8:54 a. m.	8.9	∅	1.80	2.5	36.62	2,197	77,594.05					
SUP.	EPS-06	Cuerpos	CHIMENA HS	5.10	5.42	4.78	3.89	3.45	4.19	5.14	4.16	4.17	4.48	269	4,800	8:54 a. m.	8.7	2.51	2.48	5.9	26.48	1,589	56,106.05					
SUP.	EPS-07	Cuerpos	RB-338	10.00	10.80	9.80	10.20	10.60	10.80	10.60	10.80	10.40	10.44	627	4,585	6:10 p. m.	7.2	∅	3.60	10.2	106.31	6,379	225,257.58					
																	Qs Total											

Fuente: Elaboración propia.

5.1.1. Resumen del nuevo balance general de ventilación

Según los cálculos realizados se tiene un nuevo balance general de ventilación, donde el caudal de ingreso de aire limpio a la zona cuerpos asciende a 1'257,086.39 cfm, de igual forma el caudal de aire de salida asciende a 1'176,466.94 cfm, esto indica una diferencia de 6.4% entre el ingreso y salida de aire. Es así que se puede mencionar que con este nuevo proyecto ejecutado se estaría cumpliendo con la normativa en materia de ventilación, como indica el artículo 252 del D.S N° 024-2016-EM.

Cuadro 29: *Balance general de ventilación, después de ejecutar el proyecto RB 338.*

1.3 Balance de ventilación		
	(m ³ /min)	(cfm)
Ingreso de aire fresco	35,597.39	1,257,086.39
Salida de aire viciado	33,314.46	1,176,466.94
Diferencia de aire (salida - ingreso)	2,282.93	80,619.45
Variación (%)	6.4%	6.4%

Fuente: Elaboración propia

5.1.2. Requerimiento de caudal de aire.

Los cálculos para determinar el requerimiento del flujo de aire, se realizan según el anexo número 38 del D.S N°024-2016-EM y su modificatoria D.S N° 023-2017-EM. A continuación, se muestra el resumen final del caudal de aire necesario para la operación en la zona de cuerpos de la unidad minera americana.

Cuadro 30: *Requerimiento de caudal de aire.*

REQUERIMIENTO DE AIRE		
	m3/min	cfm
a) Caudal requerido por el número de trabajadores (q_{tr})	1,950.00	68,862.30
b) Caudal requerido por el consumo de madera (Q_{Ma})	0.00	0.00
c) Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo (Q_{Te})	0.00	0.00
d) Caudal requerido por equipo con motor Petrolero (Q_{Eq})	29,415.27	1,041,506.29
$QT1 = Q_{Tr} + Q_{Ma} + Q_{Te} + Q_{Eq}$	31,365.27	1,110,368.59
e) Caudal requerido por fugas (Q_{Fu})	4,704.79	166,144.99
Caudal total Requerido para la operación $T_o = QT1 + Q_{fu}$	36,070.07	1,276,513.58

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3. Cobertura de aire

Es la relación que existe entre la cantidad total del caudal de aire que ingresa y el caudal de aire requerido. Una vez en operación la ventiladora principal con capacidad de 200,000.0 cfm y la redistribución de los ventiladores secundarios en el Nv 14 y Nv 18 en interior mina, se llegará a una cobertura de 98.7% con un déficit de 19,427.20 cfm de caudal de aire.

Cuadro 31: Cobertura de aire.

COBERTURA DE AIRE		
	m3/min	cfm
Ingreso de aire	35,597.39	1,257,086.39
Caudal Requerido	36,070.07	1,276,513.58
Cobertura (%)	98.7%	
Deficit (cfm)	19,427.20	

Fuente: Elaboración propia.

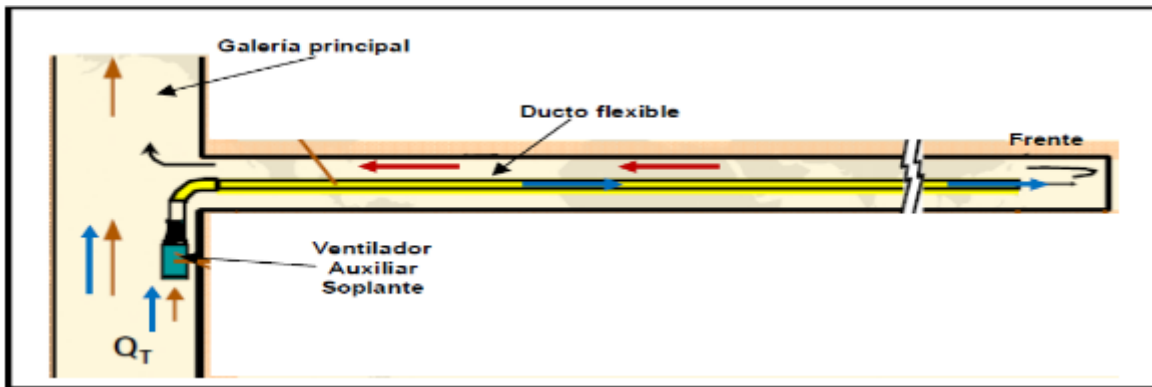
5.2. TIPOS DE VENTILACIÓN EN LA UNIDAD MINERA AMERICA - ZONA CUERPOS.

Según la evaluación integral que se realizó detalladamente al circuito de ventilación en la zona de cuerpos en la cia minera Alpayana S.A, se puede indicar que se tiene tres tipos de ventilación, como se indica a continuación:

5.2.1. Ventilación soplante/impelente

El flujo de aire penetra en el frente de la labor mediante un conducto, conocido como manga de ventilación, el cual es impulsado por un ventilador, donde el flujo se encarga de desplazar la masa de aire viciado hacia la corriente principal de aire. Cabe mencionar que este es el sistema predominante en nuestra unidad minera. Cabe mencionar que en este sistema se tiene tres zonas (zona muerta, zona de barrido y la zona de retorno).

Imagen 23: *Sistema de ventilación impelente.*

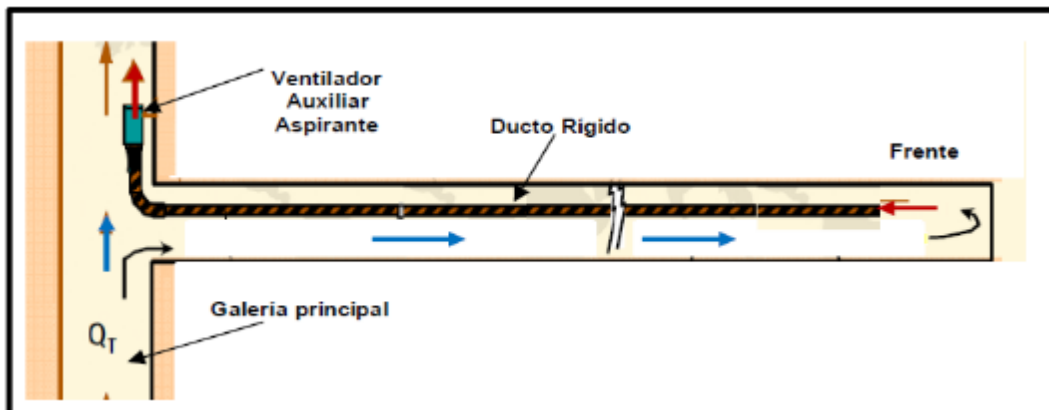


Fuente: Curso de ventilación de minas 2008 – INTERCADE.

5.2.2. Ventilación aspirante

En este tipo de ventilación el aire contaminado del frente de trabajo es succionado a través de un conducto (manga de ventilación anillada) debido a la depresión generada por un ventilador ubicado en el extremo opuesto, el aire es evacuado en la dirección de la corriente de ventilación principal.

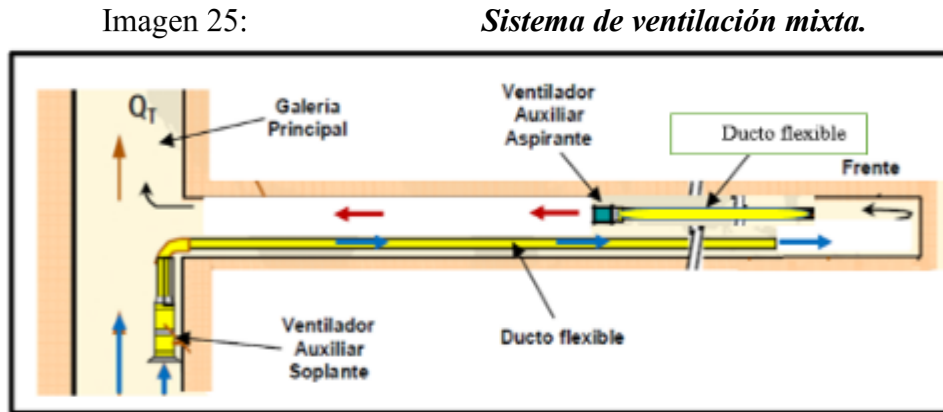
Imagen 24: *Sistema de ventilación aspirante.*



Fuente: Curso de ventilación de minas 2008 – INTERCADE.

5.2.3. Ventilación mixta (soplante - aspirante)

Este tipo de ventilación es la combinación de las dos mencionadas anteriormente, cabe indicar que este tipo de sistema se aplica en la zona de profundización de la zona cuerpos, donde se ejecutan el avance de las rampas principales RP (-)565 y RP (-) 274 hacia el NV 23.



Fuente: Curso de ventilación de minas 2008 – INTERCADE.

5.3. RESUMEN DEL NUEVO SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE AIRE VICIADO DE LA ZONA CUERPOS

1) El sistema de ventilación final en la cía minera ALPAYANA S.A, quedara definido por tres ejes principales que servirán para la extracción de aire viciado de interior mina hacia superficie, así como los ventiladores secundarios serán redistribuidos en el Nv 14 y el Nv 18, también los ventiladores auxiliares serán redistribuidos según el nuevo circuito de ventilación, como se indica a continuación:

Eje N° 01 – CH-RB 131 - Superficie: dos ventiladores principales axiales instalados en superficie que extraerán aire viciado desde el Nv 18, con las siguientes características: modelo VAV-

66-30-1750-II-B, caudal de 150,000cfm, Presion Total 12.3" H₂O, Potencia de Motor 375 HP @ 4800 msnm RPM 1750 y Temperatura 21 °C

Eje N° 02 – CH RB 600 – Superficie: Un ventilador principal instalado en superficie que extraerá el aire viciado desde el nv 18, con las siguientes características: modelo VAV-66-30-1750-II-B, caudal de 150,000cfm, Presion Total 12.3" H₂O, Potencia de Motor 375 HP @ 4800 msnm RPM 1750 y Temperatura 21 °C

Eje N° 03 – CH RB 338 - Superficie: un ventilador principal axial instalado en superficie que extraerá el aire viciado desde el Nv 18, con las siguientes características: modelo VAV-72-36-1750-II-B, marca AIRTEC de aletas aerodinámicas y paso variable (doble etapa - alta presión), con las siguientes características:

Caudal de aire: 200,000 CFM

Presión total a nivel mar: 20.69" H₂O

Presión estática a nivel mar: 19.31" H₂O

Consumo Fuerza a nivel mar: 794.12 HP

Presión total a 4500 msnm y 20°C: 12.0" H₂O

Presión estática a 4500 msnm y 20°C: 11.2" H₂O

Consumo Fuerza a 4500 msnm y 20°C: 460.59 HP

RPM Ventilador: 1750

Eficiencia: 82.19 %

Nivel de ruido: 115-120 dB(A)

Diámetro del ventilador: 72"Ø

Potencia Nominal: 500 HP

Voltaje: 460 V

Frecuencia: 60 Hz

Grado Protección: IP65

2) Con este nuevo sistema de ventilación, tenemos una mejora sustancial tanto en el balance global de la mina, así como en las labores de desarrollo y explotación, debido a la redistribución de los ventiladores ya que estos permitirán reducir el período necesario para la evacuación del aire viciado de los frentes de trabajo para diluir las concentraciones de los gases tóxicos dentro de los límites permitidos, garantizando la seguridad de los colaboradores en todas las áreas de trabajo.

3) Realizando los cálculos numéricos, llegaríamos a una cobertura de 98.7% con un déficit de 19,427.20 cfm; así mejorando el ciclo de minado en la unidad minera americana, pues esto nos permitirá trabajar en forma continua y dinámica cumpliendo con las normativas vigentes referentes a ventilación de minas y seguridad.

4) Realizar la ampliación de la sección del crucero 270 NW del Nv 18 al pie del RB 131 de 2.5m x 2.5m a 4m x 4m y evacuar la carga presente en el ingreso del crucero ó se debe de desarrollar un crucero desde la actual rampa 565 de profundización del Nv 19 y ejecutar una chimenea hacia la

proyección de RB 131, para dar mayor velocidad de extracción de aire viciado de la zona profundización.

5) Realizar la nueva distribución de los equipos (ventiladores) de ventilación, de un total de seis ventiladores secundarios en operación en interior mina, cuatro serán reubicados en el Nv 14 y el Nv 18, y el resto de los equipos saldrán a mantenimiento una vez culminado el proyecto RB 338, para optimizar el circuito de ventilación.

6) También se recomienda realizar las inspecciones de seguridad de los equipos (ventiladores) de forma diaria, semanal, mensual, semestral y anualmente, para evitar daños innecesarios en los equipos y evitar las demoras operativas, para lo cual se recomienda realizar las siguientes observaciones como se indica:

- Realizar inspección del estado del rodete
- Verificar el correcto arranque de los ventiladores
- Comprobar el consumo eléctrico
- Verificar el apriete de los terminales de las cajas de bornas
- Asegurarse de que el rodete no esté rozando con la carcasa
- Detectar y eliminar ruidos inusuales
- Evaluar el estado de los atenuadores acústicos, asegurándose de que estén en buenas condiciones y libres de agujeros y humedad
- Evaluar el nivel de vibraciones
- Inspeccionar el estado de los anclajes, asegurándose de que estén correctamente apretados y no haya ninguna pieza suelta

- Verificar el estado de los muelles de los apoyos, asegurándose de que estén funcionando correctamente y no estén trabados.

5.4. CONDICIONES TERMO AMBIENTALES EN LA ZONA CUERPOS

En la unidad minera americana zona cuerpos se identificaron las fuentes de calor que incrementan la temperatura del aire en interior mina, que la fuente principal de calor en el área de trabajo proviene tanto del frente de trabajo, donde se realizan operaciones de tajeo y avance, como de las diversas máquinas y equipos utilizados en la operación, como transformadores eléctricos e iluminación. Sin embargo, también se debe tener en cuenta que la temperatura de la roca circundante es una fuente de calor natural. En los frentes de trabajo, especialmente en zonas con roca virgen, es común que se utilicen diversos equipos, tanto con motores de combustión interna como eléctricos, zonas donde se generan calor y los colaboradores están expuestos a temperaturas altas. Además, se hizo un análisis detallado de la temperatura en las labores de la zona de profundización Nv 23 donde la temperatura está por encima de los 37°C, también se tiene la presencia de gases y polvo que se generan durante la ejecución de labores de trabajo, donde se está realizando trabajos de capacitación a los colaboradores en el tema del estrés térmico, en dicho nivel los trabajos se realizan en periodos de tiempo de 10 a 20 minutos, para luego ir a la zona de refrigeración, para lo cual es muy importante que los caudales de aire sean lo suficientemente necesarios, el objetivo es mantener las velocidades de flujo de aire dentro de los límites establecidos en cada caso, tanto por razones de seguridad para proteger al personal, como por razones económicas. Velocidades de flujo de aire muy altas pueden generar presiones significativas, lo que resulta en un consumo de energía elevado por parte de los ventiladores. Por lo tanto, es importante encontrar un equilibrio que permita cumplir con los requisitos de seguridad sin incurrir en costos excesivos de energía.

5.5. CONTROL DEL CIRCUITO DE VENTILACIÓN EN LA MINA ALPAYANA S.A

Una de las principales responsabilidades del área de ventilación en la unidad minera americana es de llevar el control de la ventilación en toda la operación. Para un control adecuado del sistema de ventilación, el responsable no sólo tiene que cuidar de que el flujo de aire circule en todo momento por las labores de avance y explotación en interior mina en cantidades suficientes para garantizar la seguridad, salud y bienestar del personal; sino que, además, es necesario garantizar un control eficiente y económico de los costos de ventilación. Para lograr esto, es fundamental cumplir con tres requisitos esenciales de manera efectiva y sencilla:

- ✓ Es imprescindible asegurar la recopilación precisa de los datos.
- ✓ El sistema de ventilación y sus dispositivos deben garantizar eficiencia y seguridad en su funcionamiento.
- ✓ Es necesario implementar un sistema de registro de datos más eficiente que proporcione toda la información necesaria para un control óptimo del sistema de ventilación en la mina. Este sistema debe estar diseñado de manera adecuada para facilitar el monitoreo y el análisis de los datos de las medidas del sistema de ventilación.

5.6. ANÁLISIS ECONÓMICO

5.6.1. Consumo de energía por equipos de ventilación

Para el análisis económico de este proyecto se realizó la comparación del consumo de energía kW-h/mes por los equipos ventiladores principales, secundarios y auxiliares, como se indica en los siguientes cuadros:

Cuadro 32: *Consumo de energía y costo por los ventiladores principales.*

Ventiladores principales							
Ubicación (superficie)	capacidad (cfm)	potencia		trabajo	consumo		costo/mes (\$)
		HP	Kw	hrs/día	kw-h/día	kw-h/mes	\$/kw- h= 0.05
RB 600	150,000	400	298.40	24	7161.60	214848.00	10742.40
RB 131	150,000	400	298.40	24	7161.60	214848.00	10742.40
RB 131	150,000	400	298.40	24	7161.60	214848.00	10742.40
RB 338	200,000	500	373.00	24	8952.00	268560.00	13428.00
Total parcial	650,000	1700	1268.20	96	30436.80	913104.00	45655.20

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 33:

Consumo de energía y costo por los ventiladores secundarios

Ventiladores secundarios							
Ubicación (interior mina)	Capacidad (cfm)	Potencia		trabajo	consumo		costo/mes (\$)
		hp	kw	hrs/día	kw-h/día	kw-h/mes	\$/kw- h= 0.05
RB 600	60,000	100	74.60	24	1790.40	53712.00	2685.60
RB 338	60,000	100	74.60	24	1790.40	53712.00	2685.60
RB 338	60,000	100	74.60	20	1492.00	44760.00	2238.00
RB 131	40,000	100	74.60	20	1492.00	44760.00	2238.00
Total parcial	220,000	400	298.40	88	6564.80	196944.00	9847.20

Fuente: Elaboración: propia

Cuadro 34:

Consumo de energía y costo por los ventiladores auxiliares

Ventiladores auxiliares							
Ubicación (interior mina)	Capacidad (cfm)	Potencia		Trabajo	consumo		costo/mes (\$)
		hp	kw	hrs/día	kw-h/día	kw-h/mes	\$/kw- h= 0.05
XC 390	11,500	25	18.65	24	447.60	13428.00	671.40
BM 600	20,000	45	33.57	5	167.85	335.70	16.79
XC 640 S	30,000	75	55.95	14	783.30	23499.00	1174.95
BP 122 NW	30,000	75	55.95	14	783.30	23499.00	1174.95
CH 694	7,500	20	14.92	14	208.88	6266.40	313.32
RB 651	30,000	75	55.95	14	783.30	23499.00	1174.95
BP 650	20,000	50	37.30	20	746.00	22380.00	1119.00
BP 650	5,000	7.5	5.60	2	11.19	335.70	16.79
XC 650	5,000	10	7.46	2	14.92	29.84	1.49
POLVORIN	20,000	50	37.30	5	186.50	373.00	18.65
RB 494	30,000	75	55.95	14	783.30	23499.00	1174.95
CH 565	30,000	75	55.95	14	783.30	23499.00	1174.95
RP (-) 565 SW	30,000	75	55.95	14	783.30	23499.00	1174.95

RP (-) 565 SW	30,000	75	55.95	14	783.30	23499.00	1174.95
RP (-) 565 SW	30,000	75	55.95	14	783.30	23499.00	1174.95
XC 356 SW	30,000	75	55.95	14	783.30	23499.00	1174.95
CAM 574 SE	3,000	3.5	2.61	14	36.55	1096.62	54.83
RP (-) 565	10,000	30	22.38	20	447.60	13428.00	671.40
CH 366	10,000	30	22.38	14	313.32	9399.60	469.98
CH 621	20,000	45	33.57	14	469.98	14099.40	704.97
XC 818 NE	20,000	45	33.57	14	469.98	14099.40	704.97
XC 461	30,000	75	55.95	14	783.30	23499.00	1174.95
PIQUE 650	20,000	30	22.38	14	313.32	9399.60	469.98
RP 565	20,000	30	22.38	14	313.32	9399.60	469.98
CH 470	10,000	30	22.38	14	313.32	9399.60	469.98
CH 220	30,000	75	55.95	14	783.30	23499.00	1174.95
CH 565	30,000	75	55.95	14	783.30	23499.00	1174.95
CAM 450 E	20,000	50	37.30	14	522.20	15666.00	783.30
XC 352 NE	30,000	75	55.95	14	783.30	23499.00	1174.95
XC 650	20,000	50	37.30	20	746.00	22380.00	1119.00
GL 801	20,000	50	37.30	14	522.20	15666.00	783.30
XC 374 NE	30,000	75	55.95	14	783.30	23499.00	1174.95
CH 140	30,000	60	44.76	14	626.64	18799.20	939.96
BP 466 NE	20,000	45	33.57	14	469.98	14099.40	704.97
total parcial	732,000	1756	1309.98	462	18313.55	539067.06	26953.35

Fuente: Elaboración propia

Para realizar los cálculos de consumo de energía por los ventiladores principales, secundarios y auxiliares, se aplica la siguiente formula:

$$\text{Kw-h/día-ventilador} = (\text{potencia}) * (\# \text{ de horas/día-ventilador})$$

$$\$/\text{día-ventilador} = (\text{Kw-h/día-ventilador}) * (\text{costo/kw-h})$$

Potencia del ventilador = expresados en kw

\$/kw-h = 0.05, para la cia minera Alpayana S.A.

Cuadro 35: **Cuadro de resumen por el consumo de energía & costos, antes de ejecutar el proyecto RB 338.**

Ventiladores principales (superficie)				
zona	total de ventiladores	consumo	costo (\$/kw-h= 0.05)	
		kw-h/mes	\$/mes	\$/año
Superficie	3	644,544.00	32,227.20	386,726.40
SUB TOTAL		644,544.00	32,227.20	386,726.40
Ventiladores secundarios (mina)				
zona	total de ventiladores	consumo	costo (\$/kw-h= 0.05)	
		kw-h/mes	\$/mes	\$/año
Cuerpos	6	358080.00	17,904.00	214,848.00
SUB TOTAL		358,080.00	17,904.00	214,848.00
Ventiladores auxiliares (mina)				
zona	total de ventiladores	consumo	costo (\$/kw-h= 0.05)	
		kw-h/mes	\$/mes	\$/año
Cuerpos	48	764657.46	38,232.87	458,794.48
SUB TOTAL		764,657.46	38,232.87	458,794.48
Total	57	1,767,281.46	88,364.07	1,060,368.88

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 36: *Cuadro de resumen por el consumo de energía y costos, después de ejecutar el proyecto RB 338.*

Ventiladores principales (superficie)				
zona	total de ventiladores	consumo	costo (\$/kw-h= 0.05)	
		kw-h/mes	\$/mes	\$/año
superficie	4	913,104.00	45,655.20	547,862.40
SUB TOTAL		913,104.00	45,655.20	547,862.40
Ventiladores secundarios (mina)				
zona	total de ventiladores	consumo	costo (\$/kw-h= 0.05)	
		Kw-h/mes	\$/mes	\$/año
cuerpos	4	196944.00	9,847.20	118,166.40
SUB TOTAL		196,944.00	9,847.20	118,166.40
Ventiladores auxiliares (mina)				
zona	total de ventiladores	consumo	costo (\$/kw-h= 0.05)	
		kw-h/mes	\$/mes	\$/año
cuerpos	34	539067.06	26,953.35	323,440.24
SUB TOTAL		539,067.06	26,953.35	323,440.24
TOTAL	42	1,649,115.06	82,455.75	989,469.04

Fuente: Elaboración propia.

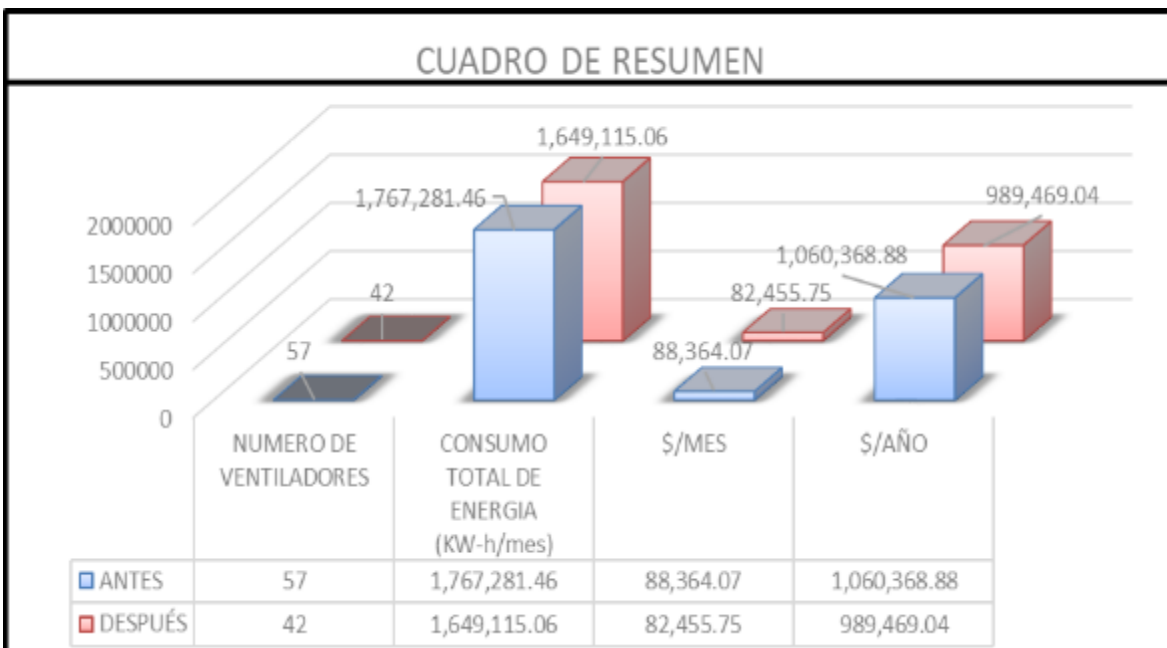
Cuadro 37: *Resumen general de consumo de energía y costos,*

CUADRO DE RESUMEN			
	antes	después	diferencia
numero de ventiladores	57	42	15
consumo total de energia (kw-h/mes)	1,767,281.46	1,649,115.06	118,166.40
\$/mes	88,364.07	82,455.75	5,908.32
\$/año	1,060,368.88	989,469.04	70,899.84

Fuente: Elaboración propia

Según el cuadro N° 37 podemos indicar que hay un ahorro en el consumo de energía de 118,166.40 kw-h/mes, esto representa en dinero un total de \$70,899.84 por cada año.

Imagen 26: **Consumo de energía y costos,**



Fuente: Elaboración propia

Para la ejecución del RB 338 se tiene el siguiente análisis detallado de costos, como se indican en los siguientes cuadros:

Cuadro 38: *Costo de ejecución e implementación del RB 338.*

Denominaciones				Dic 20	Ene 21	Feb 21	Mar 21	Abr 21	May 21	Jun 21	Jul 21	TOTAL
DESCRIPCIÓN	UNIDADES	CANTIDAD REQUERIDA	PRECIO UNITARIO (\$)	(US \$)	(US \$)	(US \$)	(US \$)	(US \$)	(US \$)	(US \$)	(US \$)	(US \$)
1.- C. Estudio de Ventilación												
Estudio a Corto, Mediano y Largo Plazo	unid	1.00	10,000.00	10,000.00								10,000.00
TOTAL												10,000.00
2.- C. Movilización / Desmovilización												
Movilización / Desmovilización del equipo RB	unid	2.00	6,000.00		6,000.00						6,000.00	12,000.00
TOTAL												12,000.00
3.- C. Instalacion y Desinstalación												
Instalacion y Desinstalación	unid	2.00	10,000.00		10,000.00						10,000.00	20,000.00
TOTAL												20,000.00
4.- C. de perforación												
Rb Piloto 12 1/4 pulgada	m	502.40	500.00			125,600.00	125,600.00					251,200.00
Rimado del Rb 12 pies	m	502.40	1,300.00					163,280.00	163,280.00	163,280.00	163,280.00	653,120.00
TOTAL												904,320.00
5.- C. de Preparacion y Eiecución												
Desbroce y carguio topsoil con excavadora	horas	300.00	70.00	21,000.00								21,000.00
Traslado del topsoil a Relavera N°3	viajes	60.00	70.00	4,200.00								4,200.00
Percución y remosión de Roca	horas	20.00	65.00	1,300.00								1,300.00
Instalación de servicios agua	m	1,000.00	0.30	300.00								300.00
Instalación de servicios aire	m	550.00	0.30	165.00								165.00
Traslado y Instalación de transformador	unid	1.00	150.00		150.00							150.00
Construccion y Instalación de postes para linea de energia	unid	10.00	20.00		200.00							200.00
Instalación de linea de energia	m	900.00	0.50		450.00							450.00
Construcción de Loza (plataforma de perforación)	m3	80.00	100.00	8,000.00								8,000.00
Construcción de poza de agua y sedimentación.	m3	90.00	5.00	450.00								450.00
Alquiler de bomba de agua centrifuga 100 HP para TUMI	unid	1.00	110.00			3,410.00	3,300.00	3,410.00	3,410.00	3,080.00	3,410.00	20,020.00
Construcción de Loza (Sub estación electrica y tableros)	m3	10.00	105.00	1,050.00								1,050.00
Construcción de tapón del concreto RB .338 NV.10	m3	8.00	105.00		840.00							840.00
Limpieza y traslado del material Rimado	m3	6,644.58	10.00					16,611.45	16,611.45	16,611.45	16,611.45	66,445.82
TOTAL												124,570.82

6.- C. de Infraestructura e instalaciones												
Instalación de rieles con mallas como barreras de seguridad	m	30.00	20.00		600.00						600.00	
traslado y Instalación mallas tejida para sostenimiento del talud	m2	750.00	2.00		1,500.00						1,500.00	
Sostenimiento con pernos	m2	208.33	5.00		1,041.67						1,041.67	
Sostenimiento con shotcrete del talud	m2	120.00	85.90		10,308.00						10,308.00	
Sostenimiento con pernos helicoidal del talud	und	20.00	53.00		1,060.00						1,060.00	
Sostenimiento con pernos split set galvanizado del talud	und	20.00	43.07		861.40						861.40	
Estructura metalica del cerco para la sub estación eléctrica y tableros.	m	20.00	30.00				600.00				600.00	
Construccion de cerco para la sub estación elec. y tableros.	m3	32.00	105.00				3,360.00				3,360.00	
Estructura metalica para la barrera del ventilador	m	30.00	30.00				900.00				900.00	
Muro de concreto (Barrera de proteccion para ventilador).	m3	24.00	105.00				2,520.00				2,520.00	
Base de concreto para ventilador y accesorios.	m3	75.00	105.00						7,875.00		7,875.00	
Instalación de los ventiladores 200,000 cfm c/u	und	1.00	10,000.00						10,000.00		10,000.00	
Construcción del cerco perimetrico	m	160.00	10.00						1,600.00		1,600.00	
TOTAL											42,226.07	
7.- C. en Adquisición de Equipos												
Ventilador de 200,000 cfm pt =12.00 " H2O a 4, 500 msnm.	und	1.00	89,034.00		26,710.20					62,323.80	89,034.00	
Cono difusor CD -VAV-72	und	1.00	5,187.00		1,556.10					3,630.90	5,187.00	
Tablero variador de velocidad 500 HP	und	1.00	69,126.00		20,737.80					48,388.20	69,126.00	
Silenciadores S-VAV-72	und	2.00	6,064.00		3,638.40					8,489.60	12,128.00	
Juntas flexibles JF -VAV-72	und	2.00	1,794.00		1,076.40					2,511.60	3,588.00	
Compuerta contrapresión CVA-72	und	1.00	5,834.00		1,750.20					4,083.80	5,834.00	
Monitoreo e Instrumentación	und	1.00	19,223.00		5,766.90					13,456.10	19,223.00	
Monitoreo de gases	und	1.00	20,700.00		6,210.00					14,490.00	20,700.00	
Damper guillotina DGVA-72	und	1.00	6,574.00		1,972.20					4,601.80	6,574.00	
Codo, transicion y "y"	und	1.00	19,500.00							19,500.00	19,500.00	
Puesta en Marcha	und	1.00	4,200.00								4,200.00	
Transformador Sub Estacion Electrica 600 KW	und	2.00	35,000.00							70,000.00	70,000.00	
TOTAL											325,094.00	
MONTO PARCIAL ESTIMADO DEL PROYECTO DE VENTILACIÓN - RB 338				46,465.00	102,429.27	129,010.00	136,280.00	183,301.45	183,301.45	453,922.25	203,501.45	1,438,210.88
Contingencia (5%)				2,323.25	5,121.46	6,450.50	6,814.00	9,165.07	9,165.07	22,696.11	10,175.07	71,910.54
MONTO TOTAL ESTIMADO DEL PROYECTO DE VENTILACIÓN - RB 338				48,788.25	107,550.73	135,460.50	143,094.00	192,466.53	192,466.53	476,618.37	213,676.53	1,510,121.43

Fuente: Departamento de ventilación UM Americana – Alpayana S.A.

5.6.1.1. Costo de materiales

Cuadro 39: *Costo de materiales para la ejecución e implementación del RB 338.*

Denominaciones				Dic 20	Ene 21	Feb 21	Mar 21	Abr 21	May 21	Jun 21	Jul 21	Total
1.- Sub estación eléctrica	Unidades	Cantidad Requerida	Precio Unitario (\$)	(U S\$)	(U S\$)	(U S\$)	(U S\$)	(U S\$)	(U S\$)	(U S\$)	(U S\$)	(U S\$)
Losa:												
Arena de 3/4"	m3	10	7.30	73.0								73.0
Cemento, tipo I, bolsa X 42.5KG	bls	100	5.70	570.0								570.0
Fierro corrugado 1/2" X 30'	pza	33	6.20	206.7								206.7
Alambre de fierro negro de amarre NO.08	kg	2	0.90	1.8								1.8
Alambre de fierro negro de amarre NO.16	kg	2	0.82	1.6								1.6
Madera eucalipto aserrado de 2X 8" X 10'	pza	30	3.84	115.2								115.2
Clavo de alambre 3''	kg	2	0.86	1.7								1.7
Pared y techo:												
Clavos 4"	kg	4	0.91			3.6						3.6
Calamina ondulada galvanizada de 0.83MM X 0.40MM X 1.80M	und	35	5.50			191.0						191.0
Malla tejida galvanizado 2"X 2" X2 MT de alto	m	40	6.40			256.0						256.0
Tubo de fierro negro redondo 2" X 1/8" X 6M standar	pza	15	29.49			442.4						442.4
TOTAL												1,863.0
2.- Sostenimiento y Barrera del talud de la plataforma												
Arena de 3/4"	m3	1	7.30		4.4							4.4
Cemento, tipo I, bolsa X 42.5KG	bls	7	5.70		39.9							39.9
Riel de acero X 5M 30lb/yd	pza	15	32.60		489.0							489.0
Malla tejida galvanizado 2"X 2" X2 MT de alto	m	900	6.40		5,760.0							5,760.0
Pernos helicoidales	pza	208	5.02		1,045.8							1,045.8
TOTAL												7,339.1
3.- Plataforma para la maquina Raise Borer												
Losa:												
Arena de 3/4"	m3	81	7.30		592.8							592.8
Cemento, tipo I, bolsa X 42.5KG	bls	729	5.70		4,155.3							4,155.3
Fierro corrugado 1" X 30'	pza	40	24.40		976.0							976.0
Fierro corrugado 1/2" X 30'	pza	40	6.20		248.0							248.0
Alambre de fierro negro de amarre N°.08	kg	3	0.90		2.7							2.7
Alambre de fierro negro de amarre N°.16	kg	4	0.82		3.3							3.3
Madera eucalipto aserrado de 2X 8" X 10'	pza	60	3.84		230.4							230.4
Puntal de eucalipto 6" X 10'	pza	3	4.20		12.6							12.6
Clavo de alambre 3''	kg	4	0.86		3.4							3.4
TOTAL												6,224.5

4.- Construcción de poza de agua y sedimentación.													
geomembrana	m2	180	2.46		442.8						442.8		
TOTAL											442.8		
5.- Instalación de servicios agua													
Tubería de polietileno de 4" PN12.5 SDR11 color verde	m	1000	6.27		6,270.0						6,270.0		
TOTAL											6,270.0		
6.- Instalación de servicios aire													
Tubería de polietileno de 4" PN12.5 SDR11 color azul	m	350	6.27		2,194.5						2,194.5		
TOTAL											2,194.5		
7.- Instalación eléctrica													
Cable de media tensión 3 X 70 mm2, 20 KV , N2XSEY	m	400	30.00		12,000.0						12,000.0		
Seccionador de 15 KV, CUT OUT	und.	9	95.34		858.1						858.1		
Cemento conductivo, bolsa x 25 KG	Bls	25	12.10		302.4						302.4		
TOTAL											13,160.5		
8.- Aditivo para la perforación del RB338													
Aditivo poliplus JCPD 2000	gl.	560	18.80			2,105.6	2,105.6	2,105.6	2,105.6	2,105.6	10,528.0		
TOTAL											10,528.0		
9.- Cerco perimétrico													
Malla Tejida Galvanizado 2"X 2" X2 MT de alto	m	180	6.40							1,152.0	1,152.0		
Tubo de fierro negro redondo 2" X 1/8" X 6M standar	pza	90	29.49							2,654.1	2,654.1		
TOTAL											3,806.1		
MONTO PARCIAL ESTIMADO DEL PROYECTO DE VENTILACIÓN - RB 338					970	35,631	2,999	2,106	2,106	2,106	2,106	3,806	51,828.5
Contingencia (5%)					48.5	1,781.6	149.9	105.3	105.3	105.3	105.3	190.3	2,591.4
MONTO TOTAL ESTIMADO DEL PROYECTO DE VENTILACIÓN - RB 338					1,019	37,413	3,148	2,211	2,211	2,211	2,211	3,996	54,419.9

Fuente: Departamento de ventilación UM Americana – Alpayana S.A.

Según los cuadros en Excel se da a conocer los costos por la ejecución e implementación del RB 338, donde los costos por: el estudio de ventilación, movilización / desmovilización, instalación y desinstalación, perforación, preparación/ejecución, infraestructura e instalaciones y de adquisición de equipos suman un total de \$ 1'510,121.4, por otro lado el costo total por materiales para la ejecución del proyecto asciende un total de \$ 54,419.9, así sumando un costo total de \$ 1'564,541.30 por la ejecución e implementación del RB 338 en la cia minera Alpayana s.a.

CONCLUSIONES

C1: El nuevo sistema de ventilación en la zona cuerpos esta detallado de la siguiente forma:

Se tendrá 11 puntos de ingreso de aire fresco y 07 puntos de salida de aire viciado.

En cuanto se refiere a los equipos de ventilación, se indica lo siguiente:

En superficie se tiene 03 ventiladores principales de 150,000.0 c/u y un ventilador de 200,000.0 cfm en operación que son los encargados de extraer el aire viciado de interior mina. En interior mina se tiene 03 ventiladores secundarios de 60,000.0cfm c/u y un ventilador de 40,000cfm en los niveles 14 y 18, para direccionar el aire viciado hacia los RB 131, RB 338 y RB 600. Con respecto a los ventiladores auxiliares se optimizará la ventilación de los frentes de trabajo y el costo de energía, ya que inicialmente se tenía 48 ventiladores en operación y con el nuevo sistema se logró reducir a 32 la cantidad de ventiladores auxiliares. También mencionar con respecto al circuito de ventilación en la cia minera Alpayana, se emplean los tres tipos, como se indica a continuación: circuito de ventilación en serie, circuito de ventilación en paralelo y mixto.

C2: La infraestructura inicial de ventilación que se tenía en la unidad cia minera Alpayana s.a –zona cuerpos, no estaba alineado a las necesidades de la operación, según el balance general de ventilación solo se tenía una cobertura de 89% con un déficit de 143,106.73 cfm. Con la ejecución del proyecto RB 338 se llegó a cubrir hasta el 98.7% de cobertura y un déficit de 19,427.20 cfm, ya que el caudal de aire que ingresa a interior mina es de 1'257,086.39 cfm y el caudal de aire requerido es de 1'276,513.58 cfm con esto se logró notablemente mejorar en calidad y cantidad de aire, debido a que el nuevo sistema permite una mayor capacidad de succión de aire viciado con la instalación de un ventilador de

200,000.0 cfm en superficie, con esto podemos indicar que la seguridad de los colaboradores está garantizada, también el rendimiento de los equipos y personal se ven reflejados en la producción.

C3: La estructura de los equipos de ventilación (ventiladores) con la ejecución del RB 338 está dada de la siguiente forma: con respecto a los ventiladores principales se incrementó de 03 a 04 ventiladores, con respecto a los ventiladores secundarios se redujo de 06 a 04 ventiladores y con respecto a los ventiladores auxiliares se redujo de 57 a un total de 42 ventiladores. El consumo de energía por los ventiladores principales se elevó de 644,544.0kw-h/mes a 913,104.0kw-h/mes, esto por la instalación de un ventilador de 200,000.0cfm en superficie. El consumo de energía por los ventiladores secundarios se redujo de 358,080.0kw-h/mes a 196,944.0kw-h/mes y por último el consumo de energía por los ventiladores auxiliares se redujo de 764,657.46kw-h/mes a 539,067.06kw-h/mes. Entonces podemos indicar que esto representa un ahorro enorme en el consumo de energía total de 118166.40 kw-h/mes, lo que significa un ahorro de 5908.32\$/mes.

C4: Según los cuadros elaborados en excel se da a conocer la inversión total por la ejecución e implementación de la chimenea RB 338, donde los costos por: el estudio de ventilación, movilización / desmovilización, instalación y desinstalación, perforación, preparación/ejecución, infraestructura e instalaciones y de adquisición de equipos suman un total de \$ 1'510,121.4, por otro lado el costo total por materiales para la ejecución del proyecto asciende un total de \$ 54,419.9, así sumando un costo total de inversión de \$ 1'564,541.30.

RECOMENDACIONES

R1: A largo plazo realizar la profundización de los RB 338, RB 131 y RB 600 con un diámetro de 3.6m hasta el Nv 23. A mediano plazo instalar otro ventilador principal de 200,000 cfm en el RB 338 en superficie, ya que esto permitirá continuar avanzando con la profundización de la mina, debido a que incrementará la velocidad de succión de aire viciado y a la vez permitirá una mayor circulación de aire en la rampa principal.

R2: Reubicación e instalación de tres ventiladores secundarios de 60,000 cfm y un ventilador de 40,000cfm en los siguientes niveles: NV 14 RB 338 (02 ventiladores), Nv 14 RB 600 (01 ventilador) y en el Nv 18 RB 131 (01 ventilador), con la única finalidad de optimizar el tiempo de evacuación de los gases producto de la voladura en la zona baja.

R3: Automatizar los equipos de ventilación (ventiladores) en interior mina, para optimizar los costos en consumo de energía por dichos equipos, para llevar un control eficiente.

R4: Realizar las evaluaciones integrales del sistema de ventilación cada semestre, según el art. 252 del D.S.Nº 023-2017 EM, para llevar un control eficiente del sistema de ventilación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Calderón, J. y Alzamora de los Godos, L. (2010) *Metodología de la investigación científica*. Edición Ilustrada. Editorial: Lulu.
2. Calizaya, F. (2008), *Curso internacional especializado en minería - ventilación de minas*. Editorial: INTERCADE.
3. Contreras, L. (2015) en su tesis *Perforación de chimeneas con el método raise boring en la unidad minera ARCATA*.
4. Figueroa, Y. (2010) en su tesis *Estudio del diseño de la red de ventilación de mina papagayo en compañía minera Poderosa S.A.*
5. Guillen, C. (2016), en su tesis *Optimización del sistema de ventilación aplicando tecnologías informáticas minera Hemco – Nicaragua*.
6. Hernández, R. (2014) *Metodología de la investigación*. 6ª edición. Editorial: McGRAW-HILL.
7. Jiménez, P. (2011) *Ventilación de minas subterráneas y túneles*. Editorial: IIMP.
8. K&M mining (2019), *Proyecto: evaluación y plan de mejoramiento del sistema de ventilación y planeamiento de ventilación – corto plazo*.
9. Viza, R. (2016) en su tesis *Diseño y simulación de red de ventilación con el software Ventsim Visual en la unidad minera San Rafael MINSUR S.A.*

