

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**“DISEÑO DEL CIRCUITO EN UN SISTEMA DE VENTILACIÓN NATURAL DE
LA ZONA GISELA - MINA ESPERANZA DE CARAVELÍ – COMPAÑÍA
MINERA TITÁN DEL PERÚ S.R.L.”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO DE MINAS**

PRESENTADA POR EL BACHILLER:

OSCAR VARGAS RODRIGO

PUNO – PERÚ

2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

**“DISEÑO DEL CIRCUITO EN UN SISTEMA DE VENTILACIÓN NATURAL DE
LA ZONA GISELA - MINA ESPERANZA DE CARAVELÍ – COMPAÑÍA
MINERA TITÁN DEL PERÚ S.R.L.”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. Oscar, VARGAS RODRIGO



A la Coordinación de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano como requisito para optar el título de:

INGENIERO DE MINAS

APROBADO POR LOS SIGUIENTES JURADOS:

PRESIDENTE

.....
Ing. David, VELÁSQUEZ MEDINA

PRIMER MIEMBRO

.....
Ing. Américo, ARIZACA AVALOS

SEGUNDO MIEMBRO

.....
Ing. Lucio Raúl, MAMANI BARRAZA

DIRECTOR DE TESIS

.....
M. Sc. Ing. Esteban, MARÍN PAUCARA

ASESOR DE TESIS

.....
Ing. Lucio, QUEA GUTIERREZ

PUNO – PERÚ

2014

Área: Ingeniería de minas

Tema: Servicios auxiliares requeridos en operaciones mineras.

DEDICATORIA

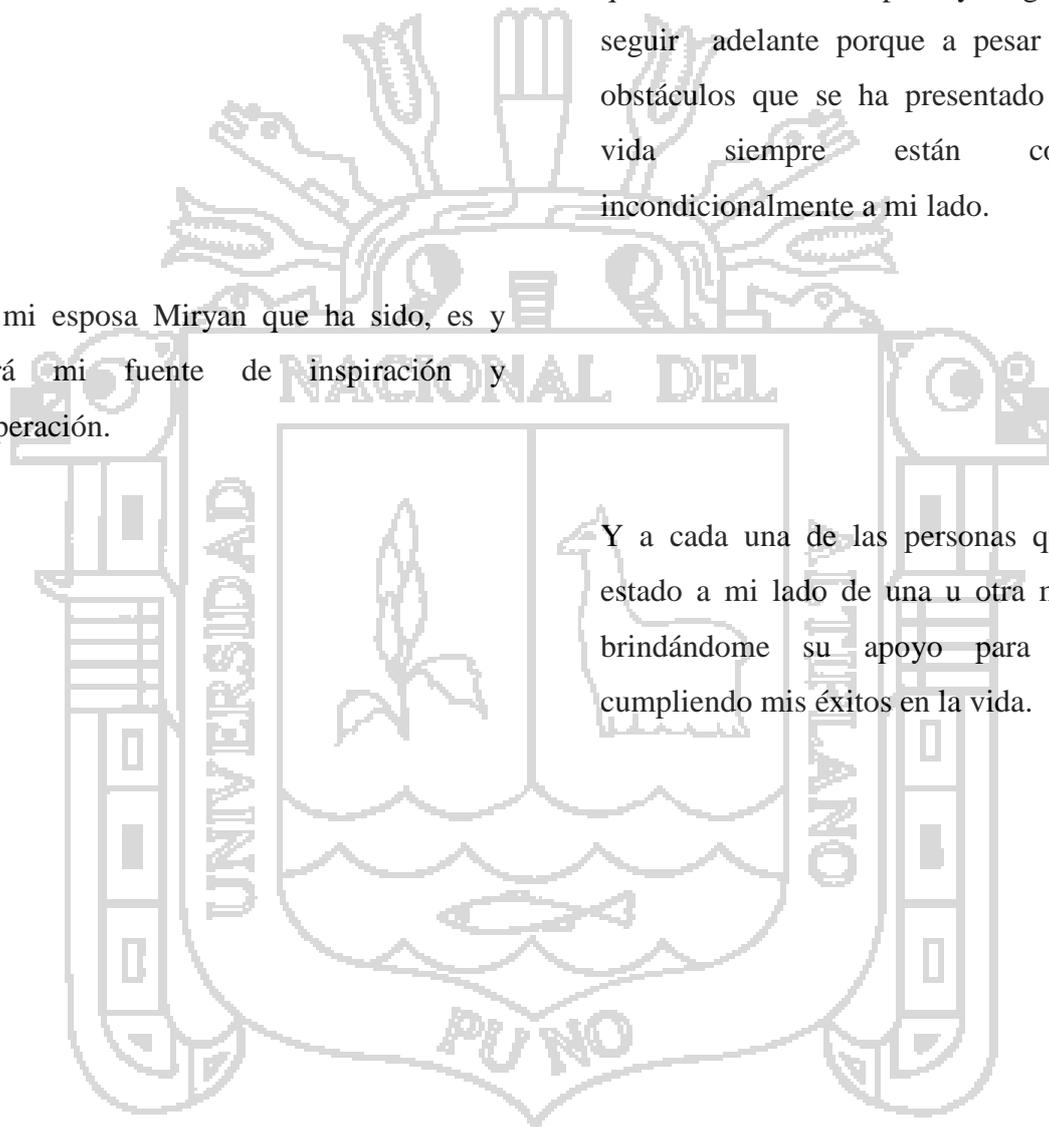
A Dios, ser supremo por darme fuerza de voluntad y espiritual para llegar a la meta.

A mis padres José Adán y Julia Cristina quienes han sido el soporte y mi guía para seguir adelante porque a pesar de los obstáculos que se ha presentado en mi vida siempre están conmigo incondicionalmente a mi lado.

A mi esposa Miryan que ha sido, es y será mi fuente de inspiración y superación.

Y a cada una de las personas que han estado a mi lado de una u otra manera, brindándome su apoyo para seguir cumpliendo mis éxitos en la vida.

Oscar.

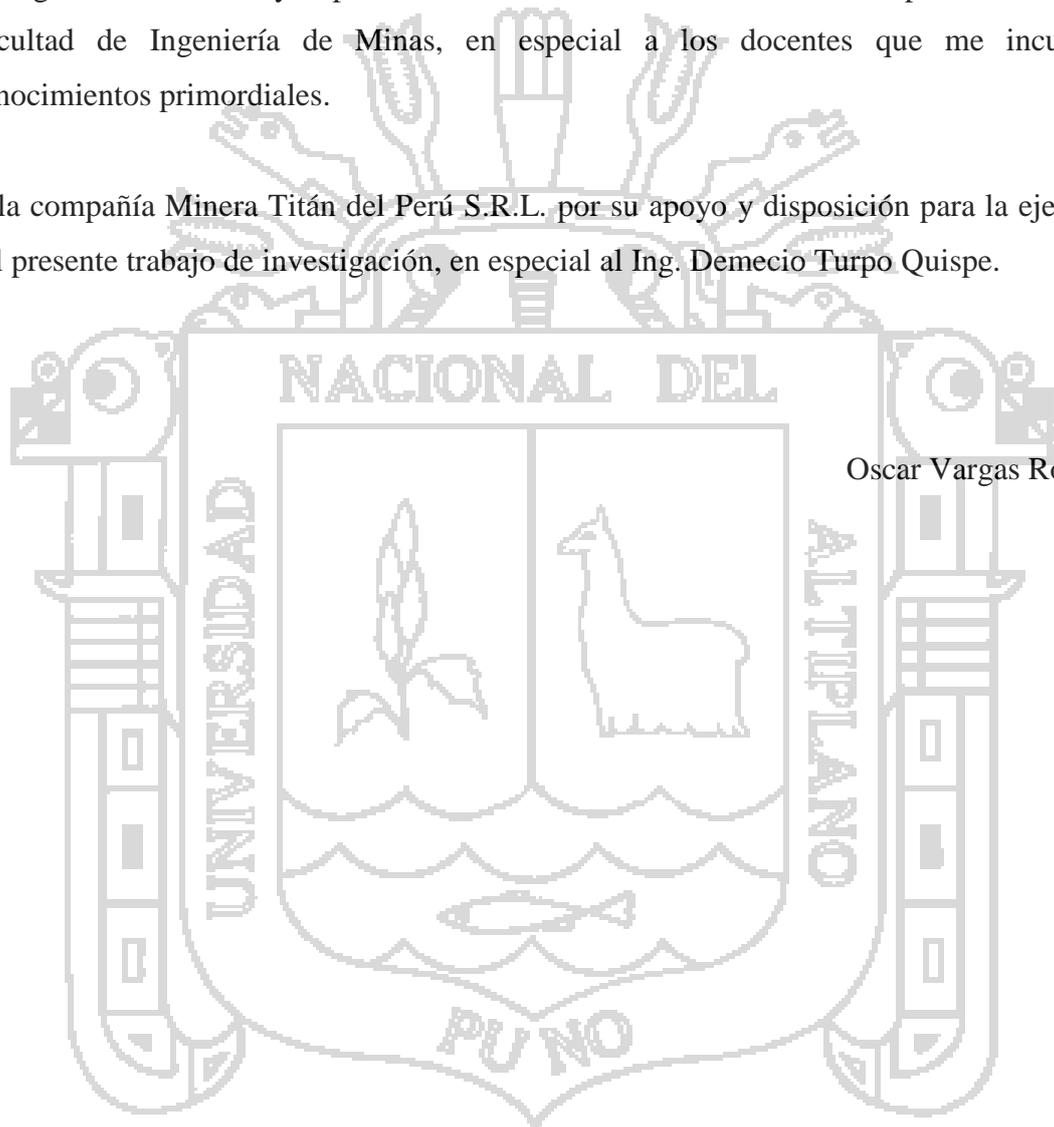


AGRADECIMIENTOS

Mi gran agradecimiento a Dios que día a día me ilumina para seguir adelante con mis estudios. A mis familiares quienes son el pilar fundamental y quienes le dan verdadero sentido a mi vida.

Un agradecimiento muy especial a la Universidad Nacional del Altiplano Puno, a su Facultad de Ingeniería de Minas, en especial a los docentes que me inculcaron conocimientos primordiales.

A la compañía Minera Titán del Perú S.R.L. por su apoyo y disposición para la ejecución del presente trabajo de investigación, en especial al Ing. Demecio Turpo Quispe.



Oscar Vargas Rodrigo.

INDICE

RESUMEN 11

INTRODUCCIÓN..... 13

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática..... 14

1.2 Formulación del problema..... 15

1.3 Objetivos de la investigación..... 15

1.3.1 Objetivo general..... 15

1.3.2 Objetivos específicos 16

1.4 Justificación de la investigación 16

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación..... 17

2.2 Bases teóricas..... 18

2.2.1 Ventilación de minas 18

2.2.2 Tipos de ventilación de minas 20

2.2.2.1 Ventilación natural 20

2.2.2.2 Ventilación mecánica 20

2.2.3	Máquinas ventiladoras	21
2.2.4	Clasificación de ventiladores	21
2.2.4.1	Ventilador centrífugo.....	22
2.2.4.2	Ventilador axial	22
2.2.5	Circuitos de ventilación	23
2.2.5.1	Circuitos en serie	23
2.2.5.2	Circuitos en paralelo.....	24
2.2.6	Diagnóstico de los circuitos.....	26
2.2.6.1	Corrección de los circuitos de ventilación existentes.....	26
2.2.6.2	Creación de los circuitos de ventilación.....	28
2.2.7	Requerimiento de aire fresco	28
2.2.7.1	Número de personas	28
2.2.7.2	Cantidad de equipos diesel que ingresan a la mina	29
2.2.7.3	Consumo de explosivos.....	29
2.2.8	Planeamiento del sistema de ventilación.....	29
2.3.	Definiciones conceptuales	30
2.3.1	Diseño de un circuito de ventilación.....	30
2.3.2	Sistema de ventilación natural.....	30
2.4.	Formulación de hipótesis	30
2.4.1.	Hipótesis general	30
2.4.2.	Hipótesis específicas.....	31

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Metodología de la investigación	32
3.2	Población y muestra.....	32
3.3	Operacionalización de variables	33
3.3.1	Variable independiente (V.I.)	33
3.3.2	Variable dependiente (V.D.).....	33
3.4	Técnicas de recolección de datos.....	34
3.4.1	Mapeo de ventilación.....	34
3.4.2	Medición de áreas	35
3.4.3	Medición del flujo de aire.....	37
3.4.4	Medición de temperaturas.....	39
3.5	Instrumentos de muestreo	41
3.5.1	Anemómetro	41
3.5.2	Detector de gases	43
3.5.3	Termómetro	45
3.6	Técnicas de tratamiento de datos.....	46

CAPÍTULO IV
CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

4.1	Ubicación y accesibilidad	47
4.1.1	Propiedad minera	48
4.1.2	Clima	49

4.1.3	Vegetación	49
4.1.4	Fisiografía	49
4.1.5	Topografía.....	49
4.2	Geología local y regional.....	50
4.3	Geología estructural.....	50
4.4	Geología económica	51
4.4.1	Aspecto metalogénico.....	51
4.4.2	Tipo de yacimiento	51
4.5	Mineralización	51
4.6	Reservas de mineral	52
4.7	Descripción de las etapas de operación mina	52
4.8	Tipos de labores mineras	53
4.8.1	Cortadas y galerías.....	53
4.8.2	Chimeneas.....	54
4.8.3	Subniveles.....	55
4.8.4	Tajeo (método de explotación corte y relleno ascendente).....	56
4.9	Diseño de ventilación	58
4.9.1	Ventilación de galerías y cruceros	58
4.9.2	Ventilación de chimeneas	58
4.9.3	Ventilación de tajeos de explotación	58

CAPÍTULO V
EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.1	Cálculos para el diseño del circuito de ventilación en la Zona Gisela.	60
5.1.1	Cálculo del caudal de aire.....	60
5.1.2	Ingresos y salidas de aire	62
5.1.3	Balance del caudal de aire (ingresos y salidas) de la Zona Gisela	63
5.1.4	Requerimientos de caudal de aire	63
5.1.5	Evaluación de requerimiento total del caudal de aire para la Zona Gisela.....	65
5.2	Instalaciones y acondicionamientos para el diseño del circuito de ventilación.....	65
5.3	Resultados del diseño del circuito de ventilación.....	68
5.3.2	Resultados del diseño de ingresos y salidas de aire.....	68
5.3.3	Balance final de ingresos y salidas de aire de la Zona Gisela	69
5.3.5	Evaluación final de requerimiento total del caudal de aire para la Zona Gisela	70
	CONCLUSIONES.....	71
	RECOMENDACIONES	72
	FUENTES DE INFORMACIÓN	73
	ANEXOS	74
	ANEXO N° 1 Mapa de ubicación de la Mina Esperanza de Caravelí	75
	ANEXO N° 2 Ventilador centrífugo	75
	ANEXO N° 3 Partes de un ventilador axial.....	76
	ANEXO N° 4 Instrumentos de muestreo	76
	ANEXO N° 5 Esquemas de las instalaciones y acondicionamientos para el diseño	78

ANEXO N° 6 Ingreso de aire fresco a las labores de la Zona Gisela	89
ANEXO N° 7 Salida de aire viciado de las labores de la Zona Gisela	90
PLANOS	92



RESUMEN

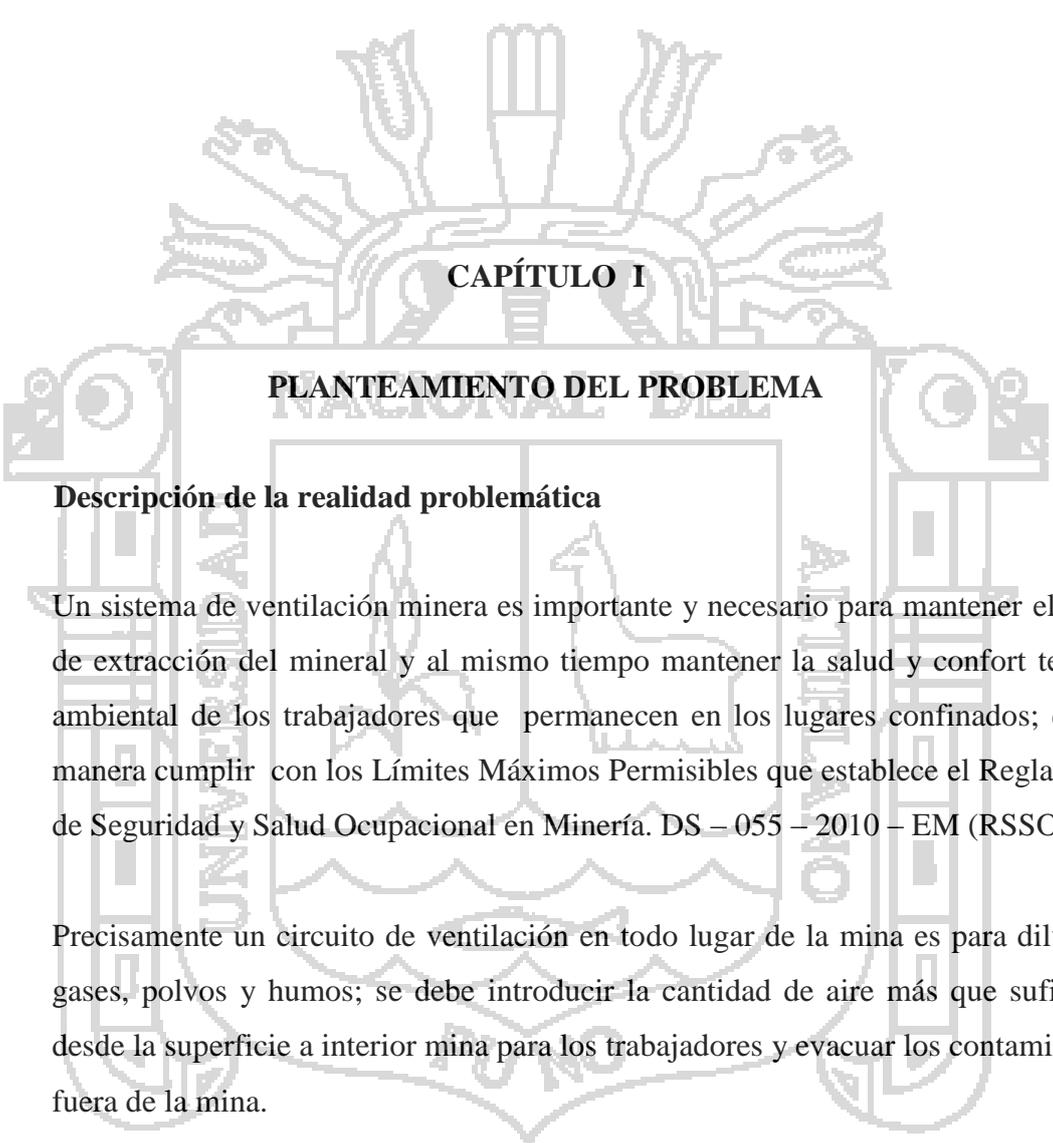
El presente trabajo de investigación titulado “Diseño del circuito en un sistema de ventilación natural de la Zona Gisela - Mina Esperanza de Caravelí – Compañía Minera Titán del Perú S.R.L.”. Por las indicaciones dadas se ha estructurado el contenido del trabajo en: capítulo I. Planteamiento del problema, relacionado con la descripción de la realidad problemática sobre la deficiencia de ventilación en las labores de la Zona Gisela; capítulo II. Marco teórico, consiste en bases teóricas referidos a ventilación de minas, tipos de ventilación, circuitos de ventilación, diagnóstico de los circuitos y requerimientos de aire fresco; capítulo III. Metodología de la investigación, la metodología empleada para la ejecución del presente trabajo, se planificó considerando trabajos de campo (mapeo de ventilación) y gabinete así mismo se describe los instrumentos de muestreo utilizadas en la medición de flujo de aire, temperatura y gases; capítulo IV. Caracterización del área de investigación, donde se describe la ubicación y accesibilidad de la Mina Esperanza de Caravelí, geología (local y regional), tipo de yacimiento, reservas de mineral, descripción de las etapas en operación mina y el diseño de ventilación; capítulo V. Exposición y análisis de los resultados; las estaciones de monitoreo se ha establecido en las labores principales en los niveles 1855, 1905 y superficie de la Zona Gisela (vetas Gisela y Carmen), en los cuales se ha realizado mediciones de áreas, velocidades y dirección del flujo de aire; los cuales son plasmados en un plano de diseño del circuito de flujo de aire; luego con los datos obtenidos se realizó cálculos de caudal de aire, balance del ingreso y salida total de caudal de aire, requerimiento total de aire fresco para la Zona Gisela fue de $416 \text{ m}^3/\text{min}$; el caudal de ingreso fue de $372.60 \text{ m}^3/\text{min}$ equivalente a una cobertura de 89.57% por lo que se tiene una diferencia de $43.40 \text{ m}^3/\text{min}$, que implica falta cubrir este caudal; entonces se observa que la ventilación ha sido deficiente. Con el diseño del circuito de flujo de aire se ha realizado instalaciones de puertas de ventilación, barreras herméticas, tapones herméticos y acondicionamiento de labores; donde el resultado con el diseño del circuito del flujo de aire fresco, el caudal de ingreso se incrementó de $372.60 \text{ m}^3/\text{min}$ a $453.00 \text{ m}^3/\text{min}$, y el requerimiento total de caudal aire para la Zona Gisela ha sido de $416 \text{ m}^3/\text{min}$, por lo que se tiene un saldo favorable de $37.00 \text{ m}^3/\text{min}$, esto indica que se ha obtenido un incremento total de $80.40 \text{ m}^3/\text{min}$ de caudal de aire fresco, con lo

que se cumple la hipótesis planteada; en la parte final se llega a las conclusiones y sus respectivas recomendaciones.



INTRODUCCIÓN

La ventilación natural se debe a la diferencia de peso específico del aire entrante y saliente, esta diferencia de peso específico proviene principalmente de la diferencia de temperatura del aire, el mismo que se aplica en la Mina Esperanza de Caravelí – Zona Gisela, para lo cual se ejecutan chimeneas cada 60 metros que permiten flujos continuos de aire fresco en las labores de desarrollo, preparación y explotación; a pesar de esto se tenía deficiencias en la ventilación (recirculación de aire viciado), la ventilación de una mina es el proceso continuo de proveer aire fresco, un ambiente laboral seguro, comfortable para los hombres, máquinas y operaciones que haya dentro de la mina y evacuar los contaminantes existentes de la mina, toda labor minera subterránea deberá estar dotada de aire limpio de acuerdo a las necesidades del personal, las maquinarias, para evacuar los gases, humos y polvo suspendido que pudiera afectar la salud del trabajador, todo sistema de ventilación en la actividad minera, en cuanto se refiere a la calidad de aire, deberá mantenerse dentro de los límites máximos permisibles, por lo que se ha realizado el presente trabajo denominado “Diseño del circuito en un sistema de ventilación natural de la Zona Gisela - Mina Esperanza de Caravelí – Compañía Minera Titán del Perú S.R.L.”, se realizó con la finalidad de verificar las condiciones de ventilación de las labores (chimeneas, cruceros, inclinados, galerías, etc.), que fueron necesarios para encauzar aire limpio o fresco a los lugares en trabajo y evacuar el aire viciado hacia superficie; se determinó el comportamiento del circuito de ventilación de la mina también permitió realizar el balance de los caudales de aire fresco (ingreso), aire viciado (salida) y evaluación del requerimiento total de caudal de aire fresco para la Zona Gisela; el presente trabajo ha permitido mejorar o incrementar el caudal de aire fresco.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Un sistema de ventilación minera es importante y necesario para mantener el ritmo de extracción del mineral y al mismo tiempo mantener la salud y confort termo - ambiental de los trabajadores que permanecen en los lugares confinados; de esa manera cumplir con los Límites Máximos Permisibles que establece el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. DS – 055 – 2010 – EM (RSSO)

Precisamente un circuito de ventilación en todo lugar de la mina es para diluir los gases, polvos y humos; se debe introducir la cantidad de aire más que suficiente desde la superficie a interior mina para los trabajadores y evacuar los contaminantes fuera de la mina.

En la Mina Esperanza de Caravelí – Zona Gisela, en la actualidad la ventilación de la mina es por medios naturales y forzados para las cuales se ejecutan chimeneas cada 60 metros que permiten flujos continuos de aire en las labores de desarrollo, preparación y explotación; a pesar de esto se presentan una serie de labores de acceso con deficiencia de ventilación, debido a que la ventilación es por tiro

natural; por lo mismo que las velocidades del aire en algunas labores son menores a los 20 – 25 m/min que establece el Art. 236 ° (e) del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. DS – 055 – 2010 – EM (RSSO); también se observa recirculación de aire viciado debido a que falta instalación de puertas de ventilación.

Por estas consideraciones, se debe realizar el estudio del diseño del circuito en un sistema de ventilación natural de la Zona Gisela - Mina Esperanza de Caravelí – Compañía Minera Titán del Perú S.R.L.

1.2 Formulación del problema

Pregunta general

- ¿Cómo es la planificación del sistema de ventilación natural y diseño del circuito del flujo de aire fresco de la Zona Gisela – Mina Esperanza de Caravelí – Compañía Minera Titán del Perú S.R.L.?

Preguntas específicas

- ¿Cuál es la cantidad de aire fresco que circula mediante el sistema de ventilación natural en la Zona Gisela – Mina Esperanza de Caravelí – Compañía Minera Titán del Perú S.R.L.?
- ¿Cuál es el diseño del circuito de flujo de aire fresco de la Zona Gisela – Mina Esperanza de Caravelí – Compañía Minera Titán del Perú S.R.L.?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

- Planificar el sistema de ventilación natural y diseño del circuito para el flujo de aire fresco de la Zona Gisela – Mina Esperanza de Caravelí – Compañía Minera Titán del Perú S.R.L.

1.3.2 Objetivos específicos

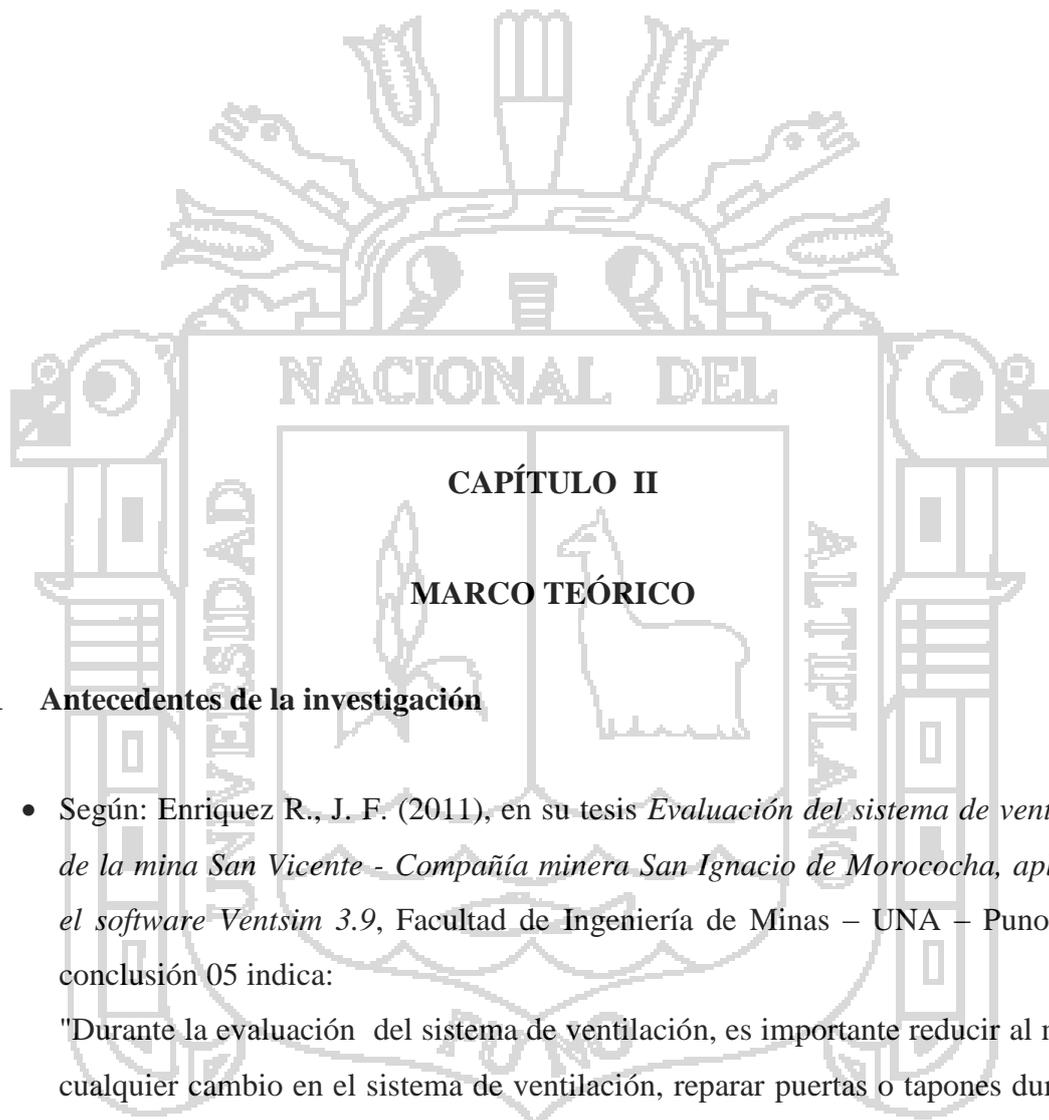
- Determinar la cantidad de aire fresco que circula mediante el sistema de ventilación natural en la Zona Gisela – Mina Esperanza de Caravelí – Compañía Minera Titán del Perú S.R.L.
- Diseñar el circuito del flujo de aire fresco de la Zona Gisela – Mina Esperanza de Caravelí – Compañía Minera Titán del Perú S.R.L.

1.4 Justificación de la investigación

La ventilación de una mina es el proceso continuo de proveer aire fresco, un ambiente laboral seguro, confortable para los hombres, máquinas y operaciones que haya dentro de la mina y evacuar los contaminantes existentes de la mina.

El diseño del circuito en un sistema de ventilación natural de la Zona Gisela – Mina Esperanza de Caravelí – Compañía Minera Titán del Perú S.R.L., se realiza con la finalidad de verificar las condiciones de ventilación de las labores (chimeneas, cruceros, inclinados, galerías, etc.), que nos sirvan para encauzar aire limpio o fresco a los lugares en trabajo y evacuar el aire viciado hacia superficie. Determinar cómo se comporta el circuito de ventilación de la mina, determinar los caudales de aire fresco (ingreso), aire viciado (salida), la cantidad necesaria de aire para el personal y los equipos que laboran en interior mina.

Por estas consideraciones, se debe realizar el estudio del diseño del circuito en un sistema de ventilación natural de la Zona Gisela - Mina Esperanza de Caravelí – Compañía Minera Titán del Perú S.R.L.; lo cual permitirá que se vaya corrigiendo el circuito de ventilación, para poder aprovechar mejor el flujo de aire mediante el sistema de ventilación natural.



NACIONAL DEL

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

- Según: Enriquez R., J. F. (2011), en su tesis *Evaluación del sistema de ventilación de la mina San Vicente - Compañía minera San Ignacio de Morococha, aplicando el software Ventsim 3.9*, Facultad de Ingeniería de Minas – UNA – Puno, en su conclusión 05 indica:
"Durante la evaluación del sistema de ventilación, es importante reducir al mínimo cualquier cambio en el sistema de ventilación, reparar puertas o tapones durante el estudio podría arrojar resultados confusos. Se tiene que mantener la mina lo más estática posible durante el estudio, para que se puedan obtener las mejores y más exactas medidas, evitar el tránsito de equipos y el apagado de ventiladores principales."
- Según: Centeno Q., G. (2011), en su tesis *Evaluación de ventilación natural y*

mecánica que influye en el diseño del sistema de ventilación de galería 635 W nivel 1950 mina Calpa - Arequipa 2011, Facultad de Ingeniería de Minas – UNA – Puno, en su conclusión 04 indica:

“Para diseñar apropiadamente el sistema de ventilación, hay que conocer bien la red de ventilación que es en serie y su dimensionamiento es 101279.521 pies³, El caudal necesario será de 24000 cfm y la caída de presión de 0.28 pulgadas de agua en la manga, por eso un buen cálculo de la red de ventilación implica un diseño más adecuado de los ventiladores en su aplicación.”

- Según Corimanya J., A. y Méndez F., R. (2011) en su tesis *Planeamiento de Ventilación asistida para la Unidad peruana San Cristóbal – Cia. Minera San Cristóbal*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú y Cía. Minera Volcan, Yauli, Perú. en su conclusión 01 indica:

“Evitar gastos innecesarios en construcción de chimeneas inadecuadas, ya sea por su mala ubicación o tamaño inadecuado. Chimeneas mal diseñadas no sirven mucho en los circuitos de ventilación ó sirven solo para generar corto - circuitos en la red principal, hecho que fue verificado en la mina San Cristóbal.”

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Ventilación de minas

Es el arte y ciencia que trata de distribuir y encauzar la circulación de volúmenes de aire dentro de las operaciones mineras del modo más económico, ya sea por medios naturales o mecánicos. (Jiménez A. P. – 2011)

La ventilación en toda labor minera deberá estar dotada de aire limpio de acuerdo a las necesidades del personal, las maquinarias y para evacuar los gases, humos y polvo suspendido que pudiera afectar la salud del trabajador, en cuanto se refiere a la calidad de aire, deberá mantenerse dentro de los límites máximos permisibles siguientes:

Polvo inhalable	: 10 mg/ m ³ .
Polvo respirable	: 3 mg/ m ³ .
Oxígeno (O ₂)	: mínimo 19.5 % y máx. 22.5 %.
Dióxido de carbono	: máximo 9000 mg/ m ³ ó 5000 ppm 30000 por un lapso no superior de 15 min.
Monóxido de carbono	: máximo 29 mg/ m ³ ó 25 ppm.
Metano (NH ₄)	: máximo 5000 ppm.
Hidrógeno Sulfurado	: máximo 14 mg/ m ³ ó 10 ppm.
Gases Nitrosos (NO ₂)	: máximo 7 mg/ m ³ de 3 ppm ó 5 ppm.
Gases Nitrosos (NO)	: 25 ppm.
Anhídrido Sulfuroso	: 2 ppm mínimo a 5 ppm máximo.
Aldehídos	: máximo 5 ppm.
Hidrógeno (H)	: máximo 5000 ppm.
Ozono	: máximo 0.1 ppm.

Teniendo en consideración lo estipulado en el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional aprobado por el Ministerio de Energía y Minas en el Decreto Supremo N° 055 – 2010 – EM, se tomará en cuenta lo siguiente:

En todas las labores subterráneas se mantendrá una circulación de aire limpio y fresco en cantidad y calidad suficiente de acuerdo con el número de personas, con el total de HPs de los equipos con motores de combustión interna así como para la dilución de los gases que permitan contar en el ambiente de trabajo con un mínimo de 19.5 % , cuando las minas se encuentren hasta 1500 metros sobre el nivel del mar, en los lugares de trabajo, la cantidad mínima de aire necesaria por hombre será de 3 metros cúbicos por minuto, en otras altitudes las cantidades de aire será de acuerdo con la siguiente escala:

De 1500 a 3000 metros aumentará en 40 %, será igual a 4 m³/min.

De 3000 a 4000 metros aumentará en 70 %, será igual a 5 m³/min.

Sobre los 4000 metros aumentará en 100 %, será igual a 6 m³/min.

En caso de emplearse equipo diesel, la cantidad de aire circulante no será menor de tres 3 metros cúbicos por minuto por cada HP que desarrollen los equipos, en ningún caso la velocidad del aire será menor de 20 metros por minuto ni superior a 250 metros por minuto en las labores de explotación incluido el desarrollo, preparación y en todo lugar donde haya personal trabajando, Cuando se emplee ANFO u otros agentes de voladura, la velocidad del aire no será menor de 25 metros por minuto. (Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional. Decreto Supremo N° 055 – 2010 – EM. Perú.)

2.2.2 Tipos de ventilación de minas

2.2.2.1 Ventilación natural

La ventilación natural en una mina es ocasionada por la diferencia de densidades o peso entre el aire que ingresa y el aire que sale de la mina, lo cual se debe a la diferencia entre dos temperaturas, es decir un peso mayor empuja a un peso menor. Ésta ventilación es irregular y trabaja en minas de poca profundidad. (Jiménez A. P. – 2011)

2.2.2.2 Ventilación mecánica

La ventilación mecánica es ocasionada por la presión que ejerce un ventilador sobre una masa de aire que envía o succiona aire y el cual es accionado por un motor eléctrico que le permite una constante presión sobre el aire que transporta y en una cantidad fija, en el sentido que uno ha planeado o diseñado a fin de asegurar el ritmo de las operaciones y los ciclos de trabajo. (Jiménez A. P. – 2011)

Ventilación principal: Es cuando el flujo principal de aire que enviamos atraviesa toda la mina o todo el circuito y viaja por una galería principal distribuyéndose el aire por ramales o recibiendo de ramales laterales cuando la ventilación es de succión.

Ventilación secundaria: Es cuando releva la presión de ventilación en un circuito principal, el cual ha resultado demasiado resistente al ventilador principal debido a su longitud, curvaturas o reducción de áreas y que tiene su técnica de instalación para evitar la circulación, que de otro modo se gasta inútilmente la corriente eléctrica.

Ventilación auxiliar: Es la que se usa para las chimeneas, para los tajos, para los frontones, para pequeños circuitos y especialmente para lugares confinados.

2.2.3 Máquinas ventiladoras

Las máquinas ventiladoras son las que transmite energía a un fluido (aire o gases), produciendo el incremento de presión necesario (Presión Total) con la que mantener un flujo continuo de dicho fluido.

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

$$Potencia[watios] = \frac{Caudal[m^3/s] * Presión Total [Pa]}{\eta_{ventilador} [\%]}$$

Cada ventilador vendrá definido por su curva característica, que es el lugar geométrico de los puntos de funcionamiento del mismo para cada ángulo de regulación de los álabes. Por tanto, tendremos una curva característica distinta para cada ángulo. El punto de corte de la curva del ventilador con la resistencia del circuito es el punto de funcionamiento del ventilador.

2.2.4 Clasificación de ventiladores

Con el desarrollo de la ciencia aerodinámica, en los años posteriores a la segunda guerra mundial se desarrollaron los primeros ventiladores de flujo axial, es decir los

ventiladores axiales los cuales son los más utilizados, en la actualidad y a nivel global para mover grandes caudales de aire en los trabajos subterráneos, operando dichas unidades tanto en interior mina, como en superficie. Los ventiladores de tipo centrífugo, actualmente son ampliamente utilizados en Sistemas de Ventilación Industrial dado su capacidad de generar altas caídas de presión con caudales relativamente bajos.

Los ventiladores se dividen en el sentido más general en 2 tipos: ventiladores axiales y centrífugos. Para cada uno de estos tipos se pueden disponer con variedad de posiciones de descarga y distintos tipos de accionamiento del rodete. (Zitron – 2007)

2.2.4.1 Ventilador centrífugo

El ventilador centrífugo consiste en un rotor encerrado en una envolvente de forma espiral; el aire, que entra a través del ojo del rotor paralelo a la flecha del ventilador, es succionado por el rotor y arrojado contra la envolvente se descarga por la salida en ángulo recto a la flecha; puede ser de entrada sencilla o de entrada doble. Son ventiladores de flujo radial. La trayectoria del fluido sigue la dirección del eje del rodete a la entrada y está perpendicular al mismo a la salida. Si el aire a la salida se recoge perimetralmente en una voluta, entonces se dice que el ventilador es de voluta. (Zitron – 2007)

Centrífugos o radiales en los cuales el aire entra paralelo a los ejes del ventilador y es descargado (expulsado) radialmente, por ejemplo a un ángulo recto de los ejes del ventilador. (Ver anexo N° 2) (ISTEC -2000)

2.2.4.2 Ventilador axial

En este tipo de ventiladores, el aire ingresa a lo largo del eje del rotor y luego de pasar a través de las aletas del impulsor o hélice, es descargado en dirección axial. También se les llama ventiladores de hélice. (Ver anexo N° 3) Ventiladores axiales

en los cuales la dirección del flujo del aire a través del ventilador es paralela a los ejes del ventilador. (ISTEC -2000)

2.2.5 Circuitos de ventilación

En ventilación de minas hay dos tipos de combinación de galerías por donde fluye el flujo de los sistemas de ventilación; y son flujos en serie a través de galerías en línea y flujos en paralelo a través de galerías en bifurcaciones hacia paralelo y ambas se acoplan una después de la anterior formando una red, la cual tiene que ser calculada en volúmenes y resistencias para conocer la resistencia o estática total de la red y sus volúmenes y poder pedir el ventilador adecuado.

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

(Jiménez A. P. – 2011)

2.2.5.1 Circuitos en serie

Este circuito tiene las siguientes relaciones:

El volumen total de aire es el mismo a través de todo el circuito desde que ingresa el aire a la mina hasta que sale de ella es decir:

$$Q_T = Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4$$

La resistencia total es igual a la suma de las pérdidas o resistencias de cada una de las galerías por donde viaja el flujo, esto es:

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + ..$$

La relación que hay entre (P_T) y el volumen Q_T del flujo que viaja es igual RQ^2 y podemos decir entonces que:

$P_T = RQ^2 = R_1Q_1^2 + R_2Q_2^2 + R_3Q_3^2 + R_4Q_4^2 = Q^2(R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + ..)$
Pero como todos los volúmenes son iguales podemos escribir que:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + ..$$

En circuitos en serie los requerimientos de fuerza o energía eléctrica son altos, para un determinado volumen, porque los HP para trasladar el peso del aire son acumulativos.

En un circuito en serie dentro de una mina de vetas verticales el circuito sería el siguiente:

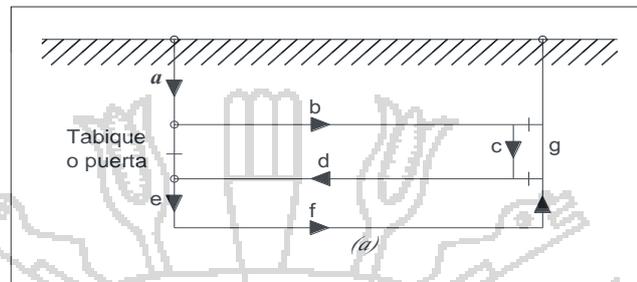
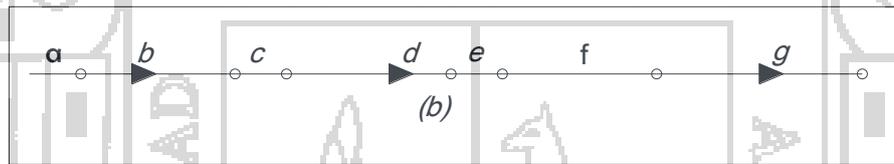


Figura 2.1: Circuito en serie con taponos o puertas que regulan el aire conforme a sus necesidades.

Y su esquema lineal para cálculo de cada una de las P_L o resistencia es la siguiente:



Que calculados y analizados nos dice cuál es el tramo más resistente en mina que debemos inspeccionar para mejorarlo y ver el modo de reducir esta resistencia.

2.2.5.2 Circuitos en paralelo

Es cuando el flujo o volumen total de aire es distribuido o dividido en varias galerías. En la ventilación de minas cuando se está haciendo un circuito en paralelo se dice que se está haciendo un *splitting* y cada ramal del circuito en paralelo se llama *split* y este circuito paralelo tiene las siguientes relaciones:

Cuando el flujo pasa por galerías en paralelo, o galerías que se bifurcan el volumen total es la suma de los volúmenes que pasa por cada ramal:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + ..$$

La pérdida de resistencia es la misma a través de cualquier ramal o galería:

$$P_T = P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = ..$$

Pero sabiendo que $P_T = RQ_2$, podemos decir que la P podemos hallarlo conociendo la R y el Q sin necesidad de usar la fórmula de resistencia y de lo anterior podemos decir también que:

$$Q_T = \sqrt{\frac{P_1}{R_1}} + \sqrt{\frac{P_2}{R_2}} + \sqrt{\frac{P_3}{R_3}} + \sqrt{\frac{P_4}{R_4}}$$

Pero como:

$$P_T = P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = ..$$

Tendremos que:

$$\frac{1}{\sqrt{R}} = \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \frac{1}{\sqrt{R_3}} + \frac{1}{\sqrt{R_4}} + ..$$

Nos dice que cada R o resistividad involucra a las características de cada galería o conductos de los cuales queremos conocer sus resistencias, con datos obtenidos en el mapeo de campo que nos permiten calcular las resistencias de estos conductos.

Si la estática es la misma o constante.

$$P_2 = P_{L1} = P_{L2} ..$$

Y el $Q = \sqrt{\frac{P_L}{R}}$ ó $Q = \sqrt{\frac{P_1}{R_1}}$

Y si podemos escribir o decir que:

$$Q = \frac{1}{\sqrt{R}} \quad \text{y} \quad Q_1 = \frac{1}{\sqrt{R_1}}$$

Y si estas igualdades las dividimos tendremos que:

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{\frac{1}{\sqrt{R}}}{\frac{1}{\sqrt{R_1}}}$$

De donde Q_1 es igual a:

$$Q_1 = Q_X = \frac{1}{\frac{\sqrt{R}}{1}} = \frac{1}{\sqrt{R}}$$

Que es una de las relaciones que indica que conocidas las características o resistividad de las galerías R_1 y R el volumen Q que queremos distribuir, podemos hallar el volumen que pasará por Q_1 .

Esta igualdad da solución a muchos problemas de ventilación minería con solo conocer las características de cada ramal. Y el valor de R lo obtenemos de la fórmula:

$$R = \frac{KPer(L+LE)}{5.2A^3}$$

Ecuación, en la que tenemos todos los datos que hemos obtenido en el mapeo de mina y que ahora nos sirven para hallar las resistencias por cálculos y poder distribuir el volumen principal por diferentes ramales conforme exigen las operaciones. En mina un circuito en paralelo es del siguiente modo:

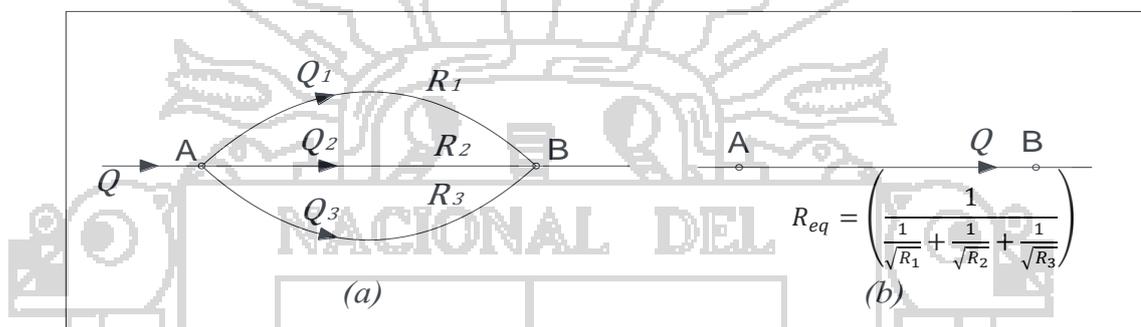


Figura 2.2: Circuito en paralelo

2.2.6 Diagnóstico de los circuitos

2.2.6.1 Corrección de los circuitos de ventilación existentes

Se realiza mediante: bloqueadores, puertas de ventilación, cruces de aire, tabiques de ventilación y reguladores.

a) Bloqueadores

Muro de ladrillo y otro tipo de material son usados para dirigir el aire hacia donde se necesita. Sirven para separar aire fresco de aire de retorno. Los bloqueadores deben ser de fuertes construcción para soportar las diferencias de presión entre los conductos de aire de admisión y retorno, y debe ser a pruebas de fugas. Estos bloqueadores deben ser accesibles por lo menos por un lado para inspecciones regulares y mantenimiento. Es una buena práctica tener todos los bloqueadores y

otras estructuras de ventilación numeradas para propósitos de identificación. (ISTEC -2000)

b) Puertas de ventilación

Las puertas de ventilación son siempre construidas en series. Si hay una sola puerta y uno la abre, el aire tomará la ruta de resistencia más corta y esta será a través de la puerta abierta. Si esto sucede cortará el aire del resto del área donde se necesita.

Las puertas en serie deben estar construidas lo suficientemente separadas de tal forma que cualquier máquina, vehículo o equipo pueden caber entre las puertas. Si no cabe, ambas puertas deben abrirse, causando nuevamente que el aire tome la ruta de resistencia más corta a través de las puertas abiertas. Las puertas deben estar bien construidas y ancladas porque cualquier daño causara serios problemas. Las puertas deben ser bien diseñadas para minimizar cualquier fuga. El diseño de las puertas debe ser tal que si son de cierre automático deben prevenir que la gente la deje abierta cuando transitan a través de ellas. (ISTEC -2000)

c) Cruces de aire

Cuando el aire fresco y el aire de retorno contaminado tienen que cruzarse, cruces de aire deben construirse. Tales cruces de aire deben ser de fuerte construcción y a prueba de fugas. Cualquier daño de los cruces de aire puede causar serios problemas dado que el aire a las fuentes de trabajo puede cortarse. (ISTEC -2000)

d) Tabiques de ventilación

Estas son usadas como una medida temporal para dirigir y controlar el flujo de aire a las labores. Son usados también como bloqueadores temporales hasta que los permanentes puedan ser construidos. Deben estar bien instalados para minimizar cualquier fuga. Deben estar hechos de materiales no inflamables. (ISTEC -2000)

e) Reguladores

Los reguladores son constituidos para controlar la cantidad de aire entrado a una sección y para la distribución uniforme de aire entre las diferentes secciones/labores de una mina. Un regulador debe ser de fuerte construcción para poder soportar las diferencias de presión y del mismo modo debe ser regulable. (ISTEC -2000)

2.2.6.2 Creación de los circuitos de ventilación

Los circuitos de ventilación se crean:

- Corriendo cruceros.
- Comunicando chimeneas.
- Instalando ventiladores secundarios. (Servenco Asociados – 2008)

2.2.7 Requerimiento de aire fresco

Las necesidades de aire fresco al interior de la mina, deben ser determinadas en base al personal y el número de equipos que trabajan al interior de las labores en los niveles que componen la mina, además de conocer el método de explotación.

El cálculo de las necesidades, permitirá ventilar las labores mineras en forma eficiente, mediante un control de flujos tanto de inyección de aire fresco, como de extracción de aire viciado. Esto permite diluir y extraer el polvo en suspensión, gases producto de la tronadura o de la combustión de los vehículos. Para determinar el requerimiento de aire total se utilizan los siguientes parámetros operacionales de acuerdo a: (Servenco Asociados – 2008)

2.2.7.1 Número de personas

$$Q_1 = q \times n$$

Q_1 = Cantidad de aire necesario para el personal (m^3/min).

q = Cantidad de aire mínimo por persona (m^3/min).

n = Número de personas presentes en la mina por turno.

Necesidades de aire de acuerdo a diferentes altitudes, para respiración del personal:

De 0.00 m.s.n.m. a	1500 m.s.n.m.	3.0 m ³ /min.
De 1501 “ “	3000 “	4.0 “
De 3001 “ “	4000 “	5.0 “
De 4001 “ “	+ “	6.0 “

2.2.7.2 Cantidad de equipos diesel que ingresan a la mina

$$Q_2 = K \times N$$

Q_2 = Cantidad de aire para uso de equipos diesel (m³/min).

K = 3.0 (m³/min) Cantidad de aire necesario por cada HP.

N = Número de HP de los equipos que trabajan en la mina.

2.2.7.3 Consumo de explosivos

$$Q_3 = V \times n \times A$$

Q_3 = Cantidad de aire para diluir contaminantes por explosivos (m³/min).

V = Velocidad del aire 20 m/min (Dinamita) 25 m/min (Anfo).

n = Número de niveles de la mina en trabajo.

A = Área promedio de la sección de las labores en trabajo (m²).

2.2.8 Planeamiento del sistema de ventilación

El planeamiento de ventilación de una mina deberá ser necesariamente compatible y estar en armonía con el método de explotación empleado. El diseño del sistema de ventilación comprende:

- La ubicación y distribución de los ramales que constituyen el circuito de ventilación.
- El cálculo de volumen total de aire requerido de la mina.
- El cálculo de la presión requerida para hacer circular dicho caudal a través del circuito.
- El cálculo de la presión de ventilación natural existente en la mina.
- La selección del ventilador (o ventiladores) requerido(s) para lograr el flujo calculado.

2.3. Definiciones conceptuales

2.3.1 Diseño de un circuito de ventilación

Es la representación gráfica adecuada del comportamiento del circuito de ventilación (sentido del flujo de aire) para la ventilación de una mina en cuanto a calidad, cantidad y fluidez de aire. El diseñador se ve en la necesidad de mapear la mina para tener datos de apoyo en su diseño y circuitos principales a establecer.

Es cuando el diseñador tiene que observar, analizar y crear circuitos factibles para las profundidades a donde de llegar el aire para los hombres, equipos diesel, diluir los humos, polvos y gases y evacuarlos lo más pronto posible sin contaminar muchos niveles a fin de que el personal de la guardia entrante encuentre la mina ventilada para continuar los ciclos de trabajo y extracción de mineral.

2.3.2 Sistema de ventilación natural

Es el flujo natural de aire fresco al interior de una labor sin necesidad de equipos de ventilación. En una galería horizontal o en labores de desarrollo en un plano horizontal no se produce movimiento de aire. En minas profundas, la dirección y el movimiento del flujo de aire, se produce debido a las siguientes causas: diferencias de presiones, entre la entrada y salida. Diferencia de temperaturas durante las estaciones.

2.4. Formulación de hipótesis

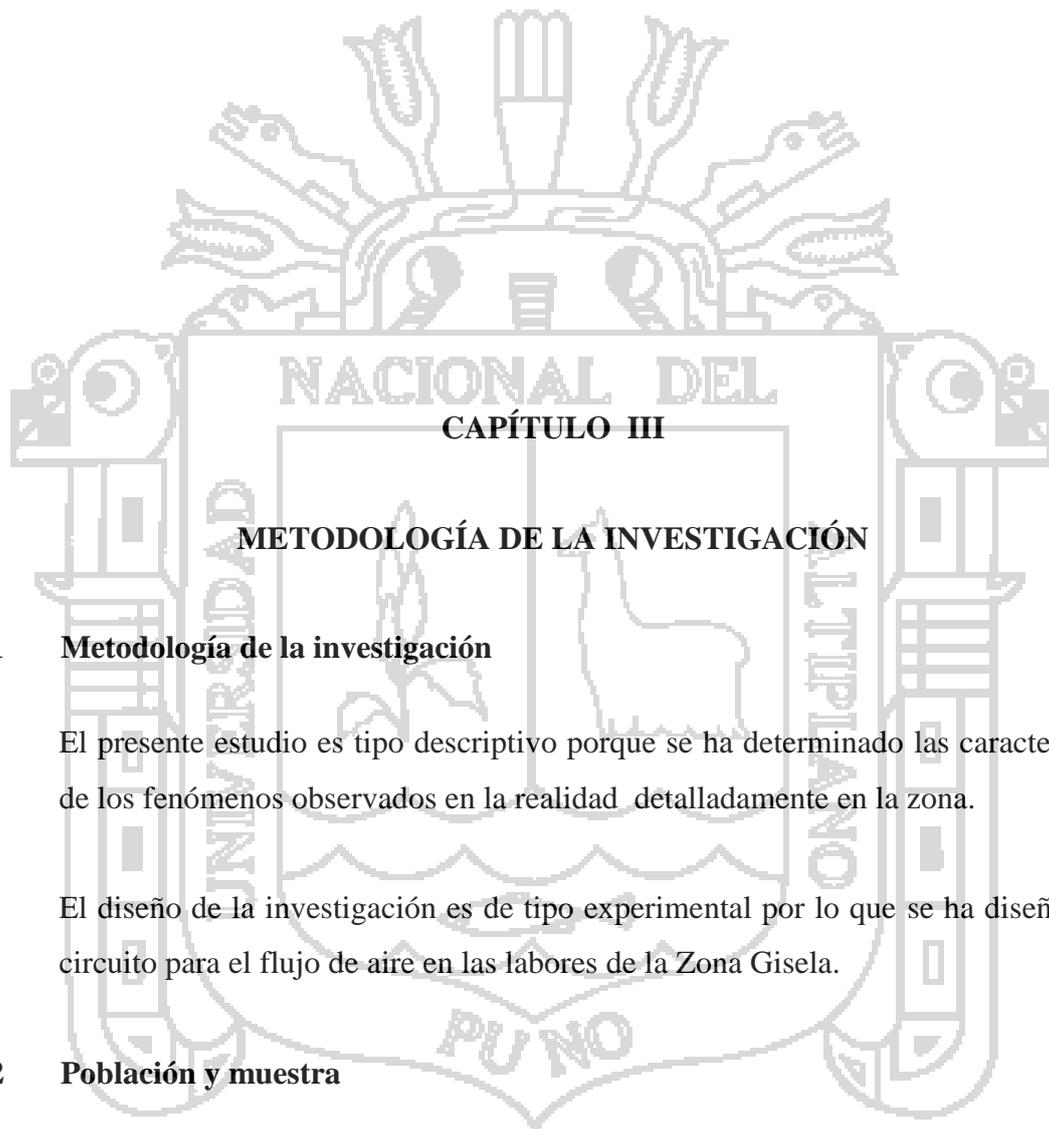
2.4.1. Hipótesis general

- La planificación del sistema de ventilación natural y diseño del circuito de flujo de aire fresco, permitirá aprovechar mejor el flujo de aire fresco en la Zona Gisela – Mina Esperanza de Caravelí – Compañía Minera Titán del Perú S.R.L.

2.4.2. Hipótesis específicas

- La cantidad de aire fresco que circula mediante el sistema de ventilación natural, permitirá determinar el requerimiento de aire fresco en la Zona Gisela – Mina Esperanza de Caravelí – Compañía Minera Titán del Perú S.R.L.
- El diseño del circuito del flujo de aire fresco, permitirá realizar modificaciones pertinentes del circuito de la Zona Gisela – Mina Esperanza de Caravelí – Compañía Minera Titán del Perú S.R.L.





CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Metodología de la investigación

El presente estudio es tipo descriptivo porque se ha determinado las características de los fenómenos observados en la realidad detalladamente en la zona.

El diseño de la investigación es de tipo experimental por lo que se ha diseñado el circuito para el flujo de aire en las labores de la Zona Gisela.

3.2 Población y muestra

Población

La población está constituida por la Zona Gisela - Mina Esperanza de Caravelí, debido a que en esta mina la ventilación es por tiro natural.

Muestra

La muestra ha sido considerada la Zona Gisela - Mina Esperanza de Caravelí en razón a que es la única zona por lo que se ha trabajado con la población.

El tamaño de muestra ha sido considerada 6 muestras en cada estación de monitoreo los cuales están distribuidos en las vetas Gisela y Carmen, siendo un total de 42 estaciones de monitoreo, totalizadas 252 muestras.

3.3 Operacionalización de variables

3.3.1 Variable independiente (V.I.)

Diseño del circuito para el flujo de aire fresco de la Zona Gisela – Mina Esperanza de Caravelí – Compañía Minera Titán del Perú S.R.L.

3.3.2 Variable dependiente (V.D.)

Planificación del sistema de ventilación natural de la Zona Gisela – Mina Esperanza de Caravelí – Compañía Minera Titán del Perú S.R.L.

Cuadro 3.1
Operacionalización de variables

VARIABLES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
V. INDEPENDIENTE Diseño del circuito para el flujo de aire fresco de la Zona Gisela – Mina Esperanza de Caravelí – Compañía Minera Titán del Perú S.R.L.	<ul style="list-style-type: none">• Área de la labor• Diferencia de temperatura.• Velocidad del aire.	m ² °C m/s
V. DEPENDIENTE Planificación del sistema de ventilación natural de la Zona Gisela – Mina Esperanza de Caravelí – Compañía Minera Titán del Perú S.R.L.	<ul style="list-style-type: none">• Caudal de aire.• Dirección y velocidad del aire.	m ³ /min ingreso(+), salida (-) m/s

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Técnicas de recolección de datos

Las técnicas utilizadas en el diseño del circuito para el flujo de aire fresco de la Zona Gisela – Mina Esperanza de Caravelí – Compañía Minera Titán del Perú S.R.L. son las siguientes:

- Mapeo de ventilación.
- Dimensionamiento de las labores para determinar el área y posteriormente calcular el caudal de aire.
- Medición de flujos de aire.

3.4.1 Mapeo de ventilación

Antes de realizar el trabajo de campo se ha inspeccionado la mina – Zona Gisela, las labores de acceso (inclinados, galerías, cruceros, chimeneas y piques) en sus dos niveles Nv.1905 y Nv.1855; en cuanto a orden y limpieza, reconocimiento de obstáculos o taponos móviles que hacen resistencia al flujo de aire, como son: las maderas, carros mineros, locomotoras, sección reducida, derrumbes, cortinas y puertas de ventilación.

La inspección de las labores de acceso se realizó a fin de que durante el mapeo no existan obstáculos o situaciones críticas; esta previsión es importante porque se trata de obtener un modelo de ventilación con datos exactos.

Para la evaluación de la calidad y cantidad de aire limpio que ingresa a interior mina se realizó un mapeo de ventilación, se ha ejecutado de la siguiente forma:

- Revisión de planos de las labores de la Zona Gisela en escala 1/2000, para el reconocimiento de la mina.
- Se realizó el reconocimiento de todos los ingresos de aire limpio y las salidas de aire viciado con sus respectivas áreas para determinar los caudales de ingreso y salida.

- Luego de la revisión de planos y reconocimiento; con el personal de ventilación se inició el mapeo desde el nivel más bajo de la mina (Nv.1855) hacia el nivel más alto (Nv.1905), midiendo y siguiendo el sentido de avance del aire viciado.
- La ejecución del mapeo de ventilación consistió en ubicarse en las estaciones de monitoreo pre - establecidas, determinar el sentido avance del aire mediante la bombilla para humos determinando si existe o no sentido de avance del aire o el aire se encuentra estático, determinación de los gases O₂, CO, CO₂ y NO₂ para continuar con la medición de las velocidades de aire que atraviesa la sección de la estación con el anemómetro digital marca Kestrel 3000, mediciones de temperatura luego las mediciones se anotaron en un formato predeterminado de mediciones y el sentido de avance del aire se graficó en el plano que se llevó en el mapeo de ventilación.
- Se realizó los cálculos de caudal de aire en base a las áreas y velocidades muestreadas luego se realizó el balance de aire limpio que ingresa a interior mina versus la cantidad de aire viciado que sale de la mina.

3.4.2 Medición de áreas

Se estableció la ubicación de las estaciones de monitoreo de la velocidad de aire, temperatura y gases; considerando que la estación es un área de sección transversal al flujo de aire, tiene un perímetro uniforme y está ubicado en la parte media de cinco metros de un tramo de galería, inclinado, chimenea y pique de secciones uniformes y por donde circula el aire, se tomó las medidas de la sección con un flexometro en cada una de las estaciones de monitoreo del flujo de aire, para calcular el área se consideró el ancho y altura de la labor.

$$\text{Área} = \text{Base} \times \text{Altura}$$

Se asume estas dimensiones para calcular el área son para todas las labores donde se estableció las estaciones de monitoreo.

Estos datos quedan como permanentes hasta observar un cambio considerable en la sección de la estación. Las estaciones que se establecieron se muestran en los cuadros 3.2 y 3.3

Cuadro 3.2
Ubicación de las estaciones de monitoreo en las labores de la veta Gisela.

ESTACIÓN	NIVEL	LABOR	UBICACIÓN
EG - 1	Superficie	PQ. Juana	A 2 metros de superficie
EG - 2	Superficie	Camino Auxiliar 760	A 3 escaleras de superficie
EG - 3	Superficie	Inclinado 425	A 20 metros de superficie
EG - 4	Superficie	Inclinado 420	A 20 metros de superficie
EG - 5	1855	Inclinado 420	A 10 metros del NV.1855
EG - 6	1855	GAL. 380 W	Altura Bz. C. 670
EG - 7	1855	GAL. 435 W	Altura de la ventana 565
EG - 8	1855	GAL. 435	Altura de la CH. 530
EG - 9	1855	GAL. 435	Altura de la CH. 453
EG - 10	1855	GAL. 435 W	Altura de la CH. 393
EG - 11	1855	Ventana de comedor	GAL. 380 E
EG - 12	1855	CX. 705	Altura de la bodega
EG - 13	1855	CX. 705	Altura cabina salvataje
EG - 14	1905	PQ. 725	Altura del NV.1905
EG - 15	1905	PQ. 670	Altura del NV.1905
EG - 16	1905	GAL. 770 W	Altura de la GAL. 601
EG - 17	1905	PQ. 595	Altura del NV.1905
EG - 18	1905	PQ. 530	Altura del NV.1905
EG - 19	1905	PQ. 453	Altura del NV.1905
EG - 20	1905	PQ. 393	Altura del NV.1905
EG - 21	1905	PQ. 331	Altura del NV.1905
EG - 22	1905	PQ. 244	Altura del NV.1905
EG - 23	Superficie	Inclinado 118	A 20 metros de superficie

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3.3
Ubicación de las estaciones de monitoreo en las labores de la veta Carmen.

ESTACIÓN	NIVEL	LABOR	UBICACIÓN
EC - 1	Superficie	PQ. 470	A 2 metros de superficie
EC - 2	Superficie	Camino Auxiliar 530	A 4 escaleras de superficie
EC - 3	1905	GAL. 735 W	Altura del camino 530
EC - 4	1905	GAL. 735 W	Altura del Bz. C. 490
EC - 5	1905	PQ. 651	Altura del NV.1905
EC - 6	1905	PQ. 710	A 5 escaleras del NV.1905
EC - 7	1905	GAL. 735 E	Altura del BZ. C. 760
EC - 8	1905	PQ. 768	Altura del NV.1905

EC - 9	1905	PQ. 827	Altura del NV.1905
EC - 10	1905	PQ. 888	A 2 escaleras del NV.1905
EC - 11	1905	GAL. 735 E	A 15 metros del Bz. C. 919
EC - 12	1905	PQ. 947	A 3 escaleras del NV.1905
EC - 13	1905	CH. 939	A 7 escaleras del NV.1905
EC - 14	Superficie	Camino Auxiliar 760	A 3 escaleras de superficie
EC - 15	Superficie	Camino Auxiliar 730	A 1 escalera de superficie
EC - 16	1855	GAL. 255 W	A 10 metros del CX. 705
EC - 17	1855	GAL. 255 E	A 10 metros del CX. 705
EC - 18	1855	GAL. 255 E	Altura de la CH. 827
EC - 19	1855	GAL. 255 E	Altura de la CH. 947

Fuente: Elaboración propia.

3.4.3 Medición del flujo de aire

Para la medición de la velocidad del aire se aplicó el método de medición transversal continua utilizando el anemómetro digital marca Kestrel 3000 para velocidades mayores o iguales a 18 m/min; la medición transversal continua consistió en realizar lecturas en 6 posiciones diferentes con cambios cada 10 s, el anemómetro fue desplazado siguiendo una trayectoria en forma de “S”. Ver figura

3.1

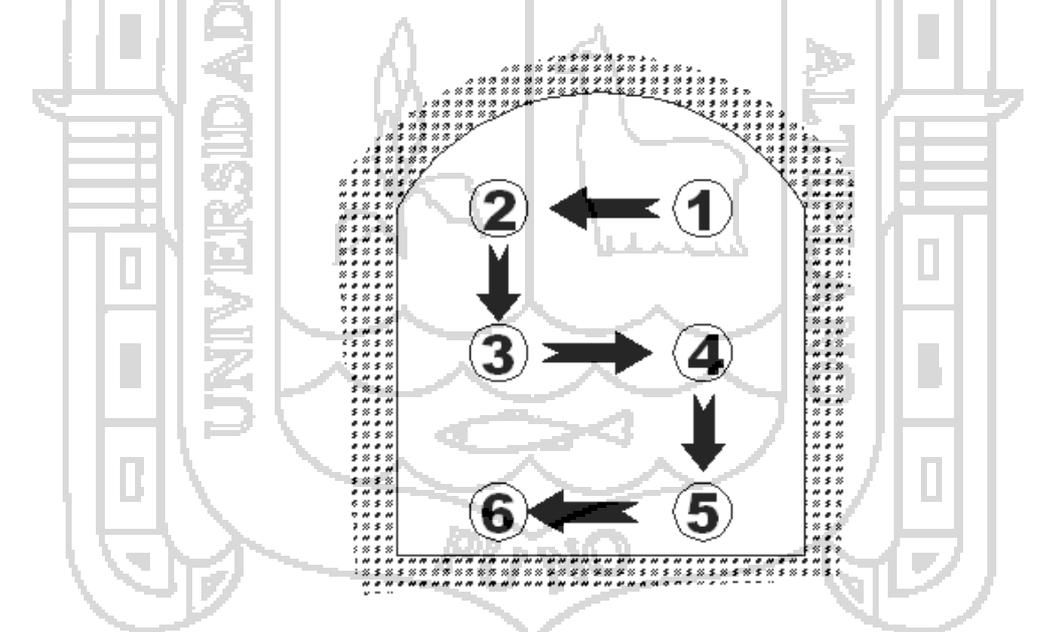


Figura 3.1: Medición del flujo de aire siguiendo una trayectoria en forma de “S”.

La lectura final fue el promedio de las velocidades individuales de las 6 posiciones, se realizó el mismo procedimiento en cada una de las estaciones de monitoreo, las mediciones de la velocidad del flujo de aire se muestran en los cuadros 3.4 y 3.5

Para la medición de velocidades menores a 18 m/min se utilizó el tubo de humo con su bombilla, cronómetro y un flexómetro, el procedimiento fue el siguiente:

En la estación de monitoreo establecido se tomó como referencia 1m de la sección longitudinal (punto A y B).

Se posicionó el tubo con su bombilla en el punto “A” luego se presionó la bombilla. Ver figura 3.2 .Se controló el tiempo que demora en su trayectoria del punto “A” al punto “B”, con el cronómetro.

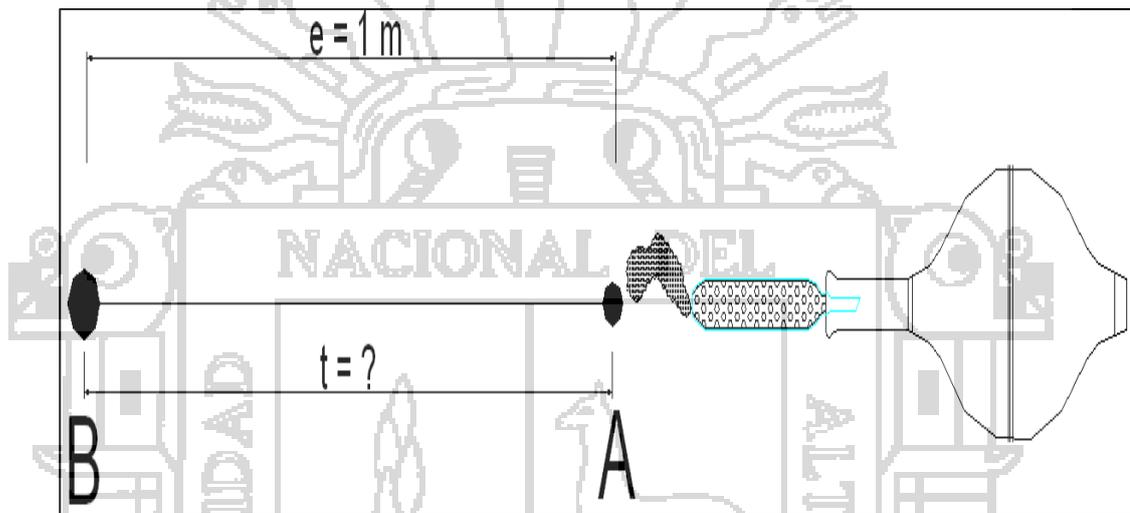


Figura 3.2: Medición de la velocidad del flujo de aire con el tubo de humo con su bombilla

Del procedimiento obtenemos los siguientes datos: tiempo y distancia; con los cuales se procede a calcular la velocidad; las mediciones de velocidades de las vetas Gisela y Carmen se observa en los cuadros 3.4 y 3.5

$$V = \frac{e}{t}$$

Donde:

V = Velocidad del aire (m/s)

e = Distancia (1 m)

t= Tiempo (s)

3.4.4 Medición de temperaturas

Se tomó las temperaturas en cada una de las estaciones de monitoreo de la Zona Gisela para obtener una temperatura promedio, las mediciones se realizó termómetro digital marca Extech 445715. Ver cuadros 3.6 y 3.7

Cuadro 3.4

Medición de velocidades del flujo de aire en las labores de la veta Gisela.

ESTACIÓN	MEDICIÓN DE VELOCIDADES (m/s)						VELOCIDAD PROMEDIO	
	1	2	3	4	5	6	(m/s)	(m/min)
EG - 1	1.00	1.10	1.10	1.00	1.10	1.10	1.07	64.00
EG - 2	0.40	0.40	0.50	0.40	0.50	0.50	0.45	27.00
EG - 3	0.60	0.70	0.60	0.70	0.60	0.60	0.63	38.00
EG - 4	0.60	0.60	0.70	0.60	0.60	0.70	0.63	38.00
EG - 5	0.70	0.60	0.70	0.60	0.70	0.70	0.67	40.00
EG - 6	0.60	0.50	0.50	0.60	0.50	0.50	0.53	32.00
EG - 7	0.40	0.40	0.50	0.50	0.40	0.40	0.43	26.00
EG - 8	0.40	0.40	0.40	0.50	0.50	0.50	0.45	27.00
EG - 9	0.30	0.40	0.40	0.50	0.40	0.50	0.42	25.00
EG - 10	0.30	0.30	0.40	0.30	0.40	0.40	0.35	21.00
EG - 11	0.30	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.38	23.00
EG - 12	0.50	0.60	0.50	0.60	0.60	0.50	0.55	33.00
EG - 13	0.50	0.50	0.50	0.60	0.50	0.50	0.52	31.00
EG - 14	0.30	0.30	0.30	0.30	0.40	0.30	0.32	19.00
EG - 15	0.30	0.20	0.30	0.40	0.30	0.30	0.30	18.00
EG - 16	0.30	0.40	0.40	0.30	0.30	0.30	0.33	20.00
EG - 17	0.30	0.40	0.40	0.30	0.40	0.30	0.35	21.00
EG - 18	0.40	0.40	0.30	0.40	0.40	0.30	0.37	22.00
EG - 19	0.40	0.40	0.40	0.50	0.40	0.40	0.42	25.00
EG - 20	0.50	0.40	0.50	0.50	0.40	0.50	0.47	28.00
EG - 21	0.60	0.50	0.50	0.40	0.50	0.50	0.50	30.00
EG - 22	0.50	0.50	0.50	0.40	0.50	0.50	0.48	29.00
EG - 23	0.50	0.60	0.50	0.60	0.60	0.50	0.55	33.00

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3.5
Medición de velocidades del flujo aire en las labores de la veta Carmen.

ESTACIÓN	MEDICIÓN DE VELOCIDADES (m/s)						VELOCIDAD PROMEDIO	
	1	2	3	4	5	6	(m/s)	(m/min)
EC - 1	0.50	0.50	0.50	0.40	0.40	0.50	0.47	28.00
EC - 2	0.50	0.60	0.60	0.50	0.60	0.50	0.55	33.00
EC - 3	0.50	0.50	0.40	0.50	0.50	0.40	0.47	28.00
EC - 4	0.30	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.38	23.00
EC - 5	0.40	0.50	0.50	0.40	0.40	0.40	0.43	26.00
EC - 6	0.50	0.50	0.50	0.50	0.40	0.40	0.47	28.00
EC - 7	0.50	0.50	0.50	0.50	0.40	0.50	0.48	29.00
EC - 8	0.50	0.40	0.40	0.50	0.40	0.50	0.45	27.00
EC - 9	0.40	0.40	0.40	0.50	0.40	0.40	0.42	25.00
EC - 10	0.40	0.50	0.50	0.40	0.40	0.40	0.43	26.00
EC - 11	0.40	0.30	0.30	0.40	0.40	0.40	0.37	22.00
EC - 12	0.40	0.40	0.40	0.50	0.40	0.40	0.42	25.00
EC - 13	0.50	0.50	0.60	0.50	0.50	0.60	0.53	32.00
EC - 14	0.60	0.60	0.50	0.60	0.60	0.50	0.57	34.00
EC - 15	0.80	0.80	0.70	0.80	0.70	0.80	0.77	46.00
EC - 16	0.40	0.40	0.40	0.30	0.40	0.30	0.37	22.00
EC - 17	0.30	0.30	0.40	0.40	0.40	0.40	0.37	22.00
EC - 18	0.30	0.40	0.30	0.30	0.40	0.30	0.33	20.00
EC - 19	0.30	0.30	0.30	0.40	0.30	0.30	0.32	19.00

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3.6
Medición de temperaturas en las labores de la veta Gisela.

ESTACIÓN	NIVEL	LABOR	T (° C)	% HR
EG - 1	Superficie	PQ. Juana	22.70	84.40
EG - 2	Superficie	Camino Auxiliar 760	24.90	60.90
EG - 3	Superficie	Inclinado 425	22.60	76.40
EG - 4	Superficie	Inclinado 420	23.40	78.60
EG - 5	1855	Inclinado 420	23.20	68.20
EG - 6	1855	GAL. 380 W	21.20	63.40
EG - 7	1855	GAL. 435 W	21.80	71.90
EG - 8	1855	GAL. 435	22.30	66.60
EG - 9	1855	GAL. 435	23.60	73.50
EG - 10	1855	GAL. 435 W	22.00	78.20
EG - 11	1855	Ventana de comedor	22.80	59.80
EG - 12	1855	CX. 705	22.90	53.50
EG - 13	1855	CX. 705	21.80	50.20
EG - 14	1905	PQ. 725	22.70	68.90
EG - 15	1905	PQ. 670	24.30	63.60
EG - 16	1905	GAL. 770 W	22.90	81.10
EG - 17	1905	PQ. 595	22.80	76.20
EG - 18	1905	PQ. 530	22.80	85.70
EG - 19	1905	PQ. 453	22.50	88.50
EG - 20	1905	PQ. 393	22.60	88.20
EG - 21	1905	PQ. 331	22.30	80.20
EG - 22	1905	PQ. 244	24.60	62.70
EG - 23	Superficie	Inclinado 118	23.90	79.90

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3.7
Medición de temperaturas en las labores de la veta Carmen.

ESTACIÓN	NIVEL	LABOR	T (° C)	% HR
EC - 1	Superficie	PQ. 470	24.80	68.70
EC - 2	Superficie	Camino Auxiliar 530	23.40	78.60
EC - 3	1905	GAL. 735 W	22.60	75.10
EC - 4	1905	GAL. 735 W	23.60	76.80
EC - 5	1905	PQ. 651	22.70	73.60
EC - 6	1905	PQ. 710	22.90	73.00
EC - 7	1905	GAL. 735 E	22.20	73.90
EC - 8	1905	PQ. 768	22.20	80.20
EC - 9	1905	PQ. 827	23.90	79.90
EC - 10	1905	PQ. 888	22.80	73.80
EC - 11	1905	GAL. 735 E	23.30	66.10
EC - 12	1905	PQ. 947	22.90	73.40
EC - 13	Superficie	CH. 939	21.90	80.70
EC - 14	Superficie	Camino Auxiliar 760	22.50	66.60
EC - 15	Superficie	Camino Auxiliar 730	21.50	78.40
EC - 16	1855	GAL. 255 W	22.30	75.30
EC - 17	1855	GAL. 255 E	21.70	65.90
EC - 18	1855	GAL. 255 E	22.40	72.70
EC - 19	1855	GAL. 255 E	22.50	75.50

Fuente: Elaboración propia.

3.5 Instrumentos de muestreo

3.5.1 Anemómetro

El anemómetro es un molino de viento de cuatro u ocho paletas cuyo eje principal es conectado por medio de engranajes a un contador de revoluciones. Durante la medición, el eje de rotación del instrumento es alineado con la dirección del aire y desplazado lentamente para cubrir toda la sección transversal de la galería o ducto en un tiempo pre-establecido, generalmente de un minuto. La presión del aire, dependiendo de su intensidad, genera una fuerza sobre el rotor del instrumento causando su rotación con una rapidez proporcional a la velocidad del aire. El número de revoluciones es registrado por el contador del instrumento en unidades de longitud. El anemómetro digital que se uso fue de la marca Kestrel 3000.

El anemómetro Kestrel 3000, es una combinación de anemómetro electrónico, termómetro e higrómetro en un solo instrumento que cabe en la palma de la mano; pueden utilizarse para mediciones rápidas y exactas de condiciones medioambientales en cualquier momento, en cualquier lugar. (Ver anexo N° 4)

Características

- Diseño pequeño y robusto.
- Impulsor de alta precisión.
- Gran pantalla nítida de cristal líquido.
- Funciones: velocidad del viento instantánea, velocidad mínima - máxima de las ráfagas, temperatura del aire, del agua o de la nieve, humedad relativa y temperatura de rocío.
- Unidades de medida: nudos, metros por segundo, kilómetros por hora, millas por hora, pies por minuto y fuerza beaufort.
- Resistente al agua.

Especificaciones

Dimensiones : 122 mm x 42 mm x 18 mm.

Peso : 65 g.

Pila : Célula de litio tipo botón (CR2032).

Vida de la pila : 300 horas de operación típicas.

Auto apagado : 45 minutos después de haber pulsado un botón por última vez.

Especificaciones para la medida de la velocidad del aire

Unidades de medida: m/s, pies/min, km/h, mph, nudos, beaufort.

Rango de medida: 1 km/h a 218 km/h.

Resolución: 0.1 km/h.

Precisión: 3 % entre 1 km/h y 144 km/h.

Especificaciones para la medida de la temperatura

Unidades de medida: °C y °F.

Rango de medida: -45 °C a 125 °C.

Resolución: 0.1 °C.

Precisión: 1 °C entre -29 °C y 60 °C.

Especificaciones para la medida de la humedad relativa:

Unidades de medida: %RH.

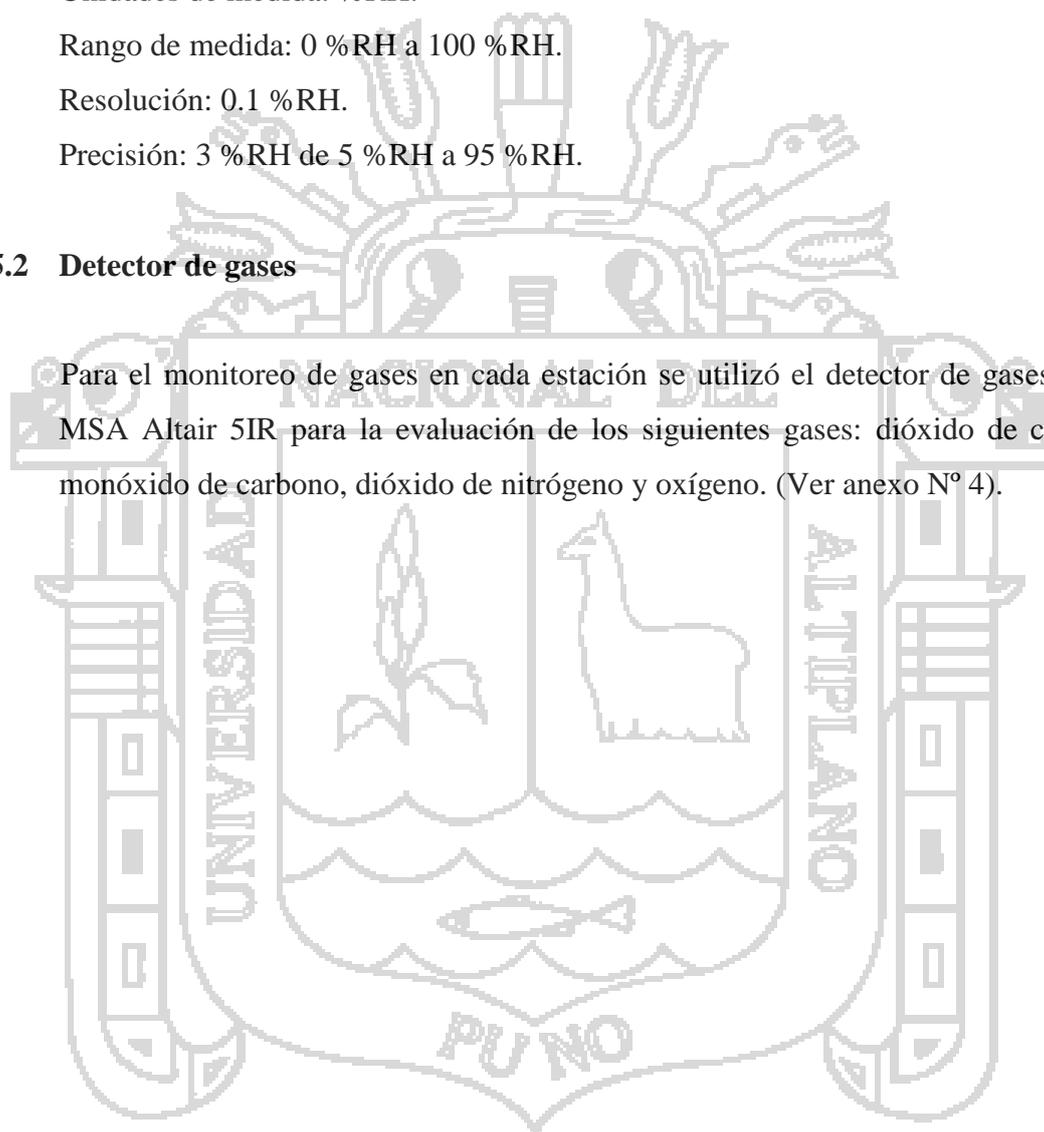
Rango de medida: 0 %RH a 100 %RH.

Resolución: 0.1 %RH.

Precisión: 3 %RH de 5 %RH a 95 %RH.

3.5.2 Detector de gases

Para el monitoreo de gases en cada estación se utilizó el detector de gases marca MSA Altair 5IR para la evaluación de los siguientes gases: dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y oxígeno. (Ver anexo N° 4).



Cuadro 3.8

Características del detector de gases marca MSA Altair 5IR

	Características	Ventajas
Seguridad	MotionAlert (alarma de movimiento).	Dispara una alarma si el usuario permanece inmóvil.
	InstantAlert (alarma de auxilio).	El sistema de alarma puede ser activado manualmente.
	Triple sistema de alarma.	Notificación de alarma claramente visible, audible y vibratoria.
	Pantalla grafica monocroma o con alta resolución en color.	Lecturas explícitas, fáciles y concisas mediante una ojeada.
	Indicador de prueba de comprobación.	Confirma que el detector recientemente ha pasado una prueba de respuesta a gas.
	Alarma de carencia de sensor.	Ayuda a prevenir cualquier error después del mantenimiento.
	Opción W-USB posibilita las lecturas tele-métricas en la estación central de control.	Proporciona información en tiempo real del ambiente en el entorno del usuario.
	Carcasa robusta de caucho.	Resiste la caída desde 2 m.
	Clasificado IP 65 por terceros.	Resiste la entrada de agua y polvo.
Sencillez	Diseño ergonómico con grandes pulsadores de caucho.	Asegura fácil operación, incluso llevando guantes.
	Compatible con MSA Link.	El detector puede ser configurado y los datos volcados mediante PC con enlace IR; así como mostrarlos en tiempo real con control directo.
	Software MSA Link en 18 idiomas prefijados.	Aceptación por los usuarios de todo el mundo.
	Capacidad de registro hasta 12000 datos puntuales.	Historial de uso de fácil acceso.
Flexibilidad	Amplia opción de sensores tóxicos e infrarrojo.	Puede configurarse para satisfacer múltiples aplicaciones.
	Elección entre detección a difusión o por bombeo.	Satisface los requisitos para muestreo y comprobaciones previas a la entrada.
	Pantalla multilingüe.	Aceptación por los usuarios de todo el mundo.
	Posibilidad de personalizar la pantalla con logo.	Marcado corporativo.
Reducción de costos	Compatible con la estación GALAXY.	Ajuste y verificación rápidos y sencillos.
	Autocalibración con bajo caudal.	Ahorra tiempo y reduce costos al verificar simultáneamente todos los sensores.
	Sensores fáciles de sustituir.	Reduce los costos del servicio.

Fuente: Manual MSA Altair 5IR.

Cuadro 3.9
Descripción del detector de gases marca MSA Altair 5IR

DESCRIPCIÓN	
Peso	454 g
Dimensiones [L x A x H]	169 x 89 x 49 mm [recargable, bomba, con clip cinturón] 169 x 89 x 42 mm [recargable, difusión, sin clip cinturón]
Alarma audible	>95 dB a 30 cm
Alarma óptica	2 LEDs ultraluminosos
Alarma vibratoria	Estándar
MotionAlert	Estándar
InstantAlert	Estándar
Carcasa	Envolvente robusta de caucho
Pantalla	45 x 35 mm, color o monocroma, retro-iluminada
Batería	Recargable Ion-Li o pilas alcalinas
Duración de la batería	Hasta 15 h a temperatura ambiente, depende de la configuración
Tiempo de carga	5 - 6 h
Rango operativo de temperaturas	-20 °C a +50 °C
Humedad	15 - 90% RH no-condensable
Protección contra entradas	IP 65 [verificado por terceros]
Ensayo de caída	2 metros
Registro de datos	>200 h con intervalos de 15 s
Registro de eventos	>1000 eventos
Garantía	2 años en condiciones normales de uso para CO/H ₂ S/Comb/O ₂
Aprobaciones	Europa: CE ATEX II 2G, EEx ia d IIC T4 -20 °C a 50 °C USA: UL Clase 1, División 1, ABCDEFG Canadá: CSA C22.2 No.157 Clase I Div. 1 Grupos ABCD Australia: ANZ Ex ia s I/IIC T4 [Zona 0] [en trámite]

Fuente: Manual MSA Altair 5IR.

3.5.3 Termómetro

Para la medición de temperatura y porcentaje de humedad relativa en cada estación se utilizó el Higro -Termómetro de grandes dígitos marca Extech 445715. (Ver anexo N° 4).

Características

- Humedad : 10 % a 99 % RH (Humedad relativa).
- Temperatura : -10 °C a 60 °C (14 °F a 140 °F).
- Precisión : ± 4 %RH; ± 1 °C/1.8 °F.
- Dimensiones : 109 mm x 99 mm x 20 mm (4.3" x 3.9" x 0.78").
- Peso : 169 g (6 oz).
- La sonda se engancha al medidor o se extiende con el cable de 457 mm (18").
- MÁX/MIN con función restablecer.
- Pot de ajuste de calibración (atrás).
- Certificado optativo NIST rastreado cumple ISO y los requisitos de otros cuerpos reguladores para precisión del producto rastreabilidad a normas de referencia reconocidas nacionalmente.
- Completo con soporte integrado, soporte para montaje, sensor, y 1 batería AAA; botellas de sal opcionales para calibración.

3.6 Técnicas de tratamiento de datos

De los datos de muestreo se han calculado la media aritmética de las velocidades del flujo de aire en las labores de las vetas Gisela y Carmen como se puede observar en los cuadros 3.4 y 3.5



CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

4.1 Ubicación y accesibilidad

La Mina Esperanza de Caravelí, políticamente está ubicada en el paraje Cebadilla, distrito de Atico, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa. La mina se encuentra en la faja litoral que comprende la cadena costanera, con una altura promedio de 2000 m.s.n.m. (Ver anexo N° 1)

El acceso desde Lima se realiza según el siguiente itinerario:

Cuadro 4.1

Ruta de acceso a la Mina Esperanza de Caravelí

RUTA LIMA – MINA ESPERANZA DE CARAVELÍ	DISTANCIA	HORAS	TIPO
Lima – Ático	700 km	10	Carretera asfaltada
Ático – km 40 (desvió mina) (vía Ático – Caravelí)	40 km	1	Carretera asfaltada / afirmada
Desvió – Mina Esperanza de Caravelí	34 km	1	Carretera afirmada

Fuente: Planeamiento – Minera Titán del Perú.

4.1.1 Propiedad minera

La mina está ubicada en la Hoja 32-O de Chaparra, conformada por 9 concesiones totalizando 4800 Has. Esta U.E.A. (Unidad Económica Administrativa), está integrada por las siguientes concesiones:

Cuadro 4.2

Concesiones de la (Unidad Económica Administrativa) Esperanza de Caravelí

Principio de formulario CODIGO Final del formulario	UNIDAD	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ZONA	DATUM
					Final del formulario
10116901	ESPERANZA DE CARAVELI	643500.00	8243000.00	18L	PASAD56
10103006	ESPERANZA DE CARAVELI ESTE	646500.00	8243000.00	18L	PASAD56
10285207	ESPERANZA DE CARAVELI NORTE	642042.61	8245500.00	18L	PASAD56
10285307	ESPERANZA DE CARAVELI SUR	645000.00	8241500.00	18L	PASAD56
10144310	NUEVA ESPERANZA DE CARAVELI 2	635125.00	8243750.00	18L	PASAD56
10144210	NUEVA ESPERANZA DE CARAVELI 1	638000.00	8243000.00	18L	PASAD56
10377010	NUEVA ESPERANZA DE CARAVELI 3	635500.00	8242500.00	18L	PASAD56
10144110	PROTECCION ESPERANZA DE CARAVELI 2	642500.00	8241000.00	18L	PASAD56
10144010	PROTECCION ESPERANZA DE CARAVELI 1	642042.61	8245500.00	18L	PASAD56

Fuente: Planeamiento - Minera Titán del Perú.

4.1.2 Clima

El clima es seco, desértico, con algunas hierbas presentes en las quebradas y que solo aparecen en la época de lluvias.

Solo se observan dos estaciones, de Noviembre a Abril, las temperaturas llegan en el día a 30 °C y en las noches a 12 °C, presentando escasas lluvias y vientos alisios provenientes del mar. La precipitación registrada en la zona es casi de 0.10 Lts/m² y de Mayo a Octubre el clima es más seco, con vientos fríos en las noches provenientes de las partes altas, las temperaturas en el día llegan a 25 °C y en las noches llegan a 5 °C.

4.1.3 Vegetación

La vegetación es incipiente, con la presencia esporádica de cactus y algunas plantas de arbusto pequeño en la parte de las quebradas, el resto es terreno seco y árido.

4.1.4 Fisiografía

El paisaje está constituido por cerros aislados y sin vegetación alguna. La zona Noroeste del proyecto presenta un relieve plano a ondulado con pendientes moderadas hasta un 15 % y en el Sureste se aprecian pendientes ligeramente mayores, predominando materiales fragmentados y rocosos. De acuerdo a la zona circundante del área de estudio podemos apreciar que se encuentra en una altiplanicie costera.

4.1.5 Topografía

La topografía presente en la zona es de planicie costanera, de aspecto desértico, con pequeñas lomadas y quebradas no muy profundas, los valles que se presentan son en U (quebrada de Atico).

4.2 Geología local y regional

El yacimiento de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí las rocas predominantes son volcánicas e hipabisales de composición andesítica pertenecientes al Complejo Bella Unión (Cretáceo Medio), también se presentan rocas intrusivas de composición diorítica y monzonitas de grano medio a fino.

Sobre yaciendo a las rocas del Complejo Bella Unión se encuentran la formación Moquegua con tobas dacíticas-riolíticas de la formación Huaylillas (Terciario Superior). Al sur de las concesiones afloran rocas sedimentarias de la formación Moquegua (Terciario Superior), estas rocas cubren a las rocas del Complejo Bella Unión, que son las que hospedan a la mineralización, por lo que es posible que otras vetas paralelas a las vetas de la Zona Gisela puedan encontrarse encapadas.

4.3 Geología estructural

Por los alrededores de la mina pasa una falla regional denominada LOS MEDANOS, de rumbo N80W y más hacia el W a N50W, esta falla sirve como control a la mineralización, formando a su vez fallas de rumbo E-W, así mismo ejercen un control en su deposición (Fallas inversas), con buzamiento muy sinuoso hacia el Norte y Sur, cuando se inclina hacia el sur no son favorables para la mineralización y cuando se inclina hacia el norte son muy favorables.

Todas estas estructuras estarían controladas por 3 grandes estructuras de rumbos NNW-SSE y buzamientos de 60° al SW, de estas grandes estructuras mineralizadas se están desprendiendo estructuras de segundo orden de rumbos casi E-EW y buzamientos Sub verticales.

En general las zonas mineralizadas están controladas por esfuerzos principales de compresión tanto en vertical como longitudinal, así mismo ocurren fallas de un segundo orden de rumbos N-S que provocan desplazamientos gravitacionales, generalmente dextrales.

4.4 Geología económica

4.4.1 Aspecto metalogénico

Regionalmente la mina forma parte de una faja de cobre-oro, que sigue un alineamiento Este-Oeste y en ella se encuentran yacimientos de oro de mediana escala como Ocoña, Champune, Calpa, Caravelí e Ishihuinca. En la faja ocurren numerosos depósitos de pequeña escala como Esperanza del Inca, Orión, Eugenia, Posco, Clavelinas, Torrecillas, 4 horas, todo el valle de Chaparra con abundantes trabajos de labores informales. Esta faja forma parte del cinturón aurífero Nazca-Ocoña. La Mina Esperanza se sitúa en la parte central de la faja y su potencial aún no se conoce, ya que toda el área se encuentra cubierto, por el momento es una mina pequeña, que apunta a crecer.

4.4.2 Tipo de yacimiento

La mineralización está en vetas epitermales de baja sulfuración (Adularia-Sericita) Esperanza se encontraría en los niveles altos del sistema. Las principales alteraciones hidrotermales que afectan a las rocas encajonantes son la propilítica (clorita, epidota, calcita) y la argílica (caolinita). Las vetas destacan por su contenido de oro y cobre, con valores subordinados de plata. A su vez se encuentran vetas del tipo cuarzo sericita con alto contenido de oro (Veta Karla, Noelia).

4.5 Mineralización

La mineralogía de las vetas está constituida por minerales de cobre como: calcosina, calcopirita, covelina, cuprita, malaquita y crisocola. El oro se encuentra en estado nativo y como inclusiones en la pirita y la cuprita. Los minerales de ganga son: cuarzo, calcita, yeso, pirita, óxidos de manganeso, limonita, hematita y oligisto.

En Esperanza las vetas tienen los siguientes ensambles mineralógicos:

Óxido de hierro, limpio, con contenido de oro para ser tratado por cianuración.

Mineral con óxidos de hierro y cobre con contenido de oro.

Mineral con sulfuros de cobre con contenido de oro.

En superficie las vetas destacan por su alto contenido en óxidos de hierro y cobre y a medida que se profundiza la presencia de sulfuros se incrementa, en términos generales la mineralización en las labores mineras es mixta.

A profundidades de 50 m (veta Aurora) y 65 m (veta Gisela) se observan altas concentraciones de calcosina y covelina, minerales característicos de las zonas de enriquecimiento secundario, en la mayoría de los casos estas altas concentraciones de cobre (>10 %) van acompañadas con altos valores de oro (> 1onza), el laboreo desarrollado hasta el momento no ha llegado al límite en profundidad de la zona de oxidación y enriquecimiento; como es típico en estos yacimientos en niveles más profundos encontraremos la zona primaria (sulfuros).

4.6 Reservas de mineral

Cuadro 4.4
Reservas de mineral 2013

ZONAS	RESERVAS MINABLES			MINERAL POTENCIAL			Equiv Au Grs /Tm
	Mineral Accesible + Event Acces.			TMS	Au Grs/tm	Cu %	
	TMS	Au Grs/tm	Cu %				
AURORA	15024	6.72	1.10	12060.00	4.01	1.27	6.78
GISELA	43878	4.63	2.54	60589.00	4.38	2.73	8.61
COILA	1180	7.22	0.59	4210.00	8.52	0.59	10.61
TOTAL	60,082.00	5.20	2.15	76,859.00	4.55	2.38	8.43

Fuente: Geología - Minera Titán del Perú

4.7 Descripción de las etapas de operación mina

4.7.1 Exploración

En esta etapa se realizarán labores horizontales y verticales (cortadas, estocadas, chimeneas) cuyos objetivos son: llegar a las proyecciones de las vetas para su

posterior desarrollo, así mismo de ejecuta cámaras diamantinas de donde se realizarán taladros diamantinos que confirmarán o descartaran la presencia de vetas en las proyecciones dadas.

4.7.2 Desarrollo

Luego que las cortadas llegan a su objetivo (vetas) se realizan labores horizontales o verticales (galerías, chimeneas) siguiendo la estructura de la veta y que permiten su reconocimiento y la confirmación de leyes y potencias a lo largo de su recorrido, estas labores permiten la cubicación de reservas minerales.

4.7.3 Preparación

En esta etapa, realizada después o en forma paralela al desarrollo se realizan labores horizontales o verticales (chimeneas, subniveles) que permiten la preparación de blocks de mineral que conformarán las zonas a explotación.

4.7.4 Explotación

Es la etapa final en que se extrae en forma sistemática el recurso mineral preparado y cubicado en las zonas de trabajo llamadas “Tajeos”.

4.8 Tipos de labores mineras

4.8.1 Cortadas y galerías

Son labores horizontales de 2.1 m x 2.4 m de sección realizadas principalmente con fines exploratorios, para dar accesos y servicios a las zonas de trabajo. Se realizan en forma convencional con equipos como:

Perforadoras tipo Jack leg.

Limpieza con palas neumáticas Eimco 12B.

Extracción con locomotoras de 1.5 TM y carros mineros U-35.

El ciclo de trabajo está compuesto por las siguientes etapas:

Perforación: Se realiza con perforadoras Jack leg con barrenos de 4, 6, 8 pies y su malla de perforación consta de 30 a 37 taladros dependiendo del tipo de roca.

Voladura: El explosivo tipo pulverulenta semexa 45 %, 65 % y 80 %, y como accesorios de voladura se utiliza el carmex, armadas con fulminante de guía blanca.

Limpieza: Se utiliza las palas neumáticas que cargan a los carros mineros uno a uno, los carros son empujados hacia un cambio de vía cauville, para luego ser jalados con la locomotora.

Sostenimiento: El sostenimiento se realiza de acuerdo a las características geomecánicas de la labor, como principal elemento de sostenimiento es la madera, split set, split set con malla, pernos helicoidales.

4.8.2 Chimeneas

Son labores verticales de doble compartimiento de 2.4 m x 1.2 m de sección y de chimeneas simples de 1.2 m x 1.2 m. de sección, estas labores se realizan en forma convencional con equipos como:

Perforadoras tipo Jack leg.

Extracción con locomotoras de 1.5 TM y carros mineros U-35.

El ciclo de trabajo está compuesto por las siguientes etapas:

Perforación: Se realiza con perforadoras Jack leg con barrenos de 2, 4, y 6 pies y su malla de perforación consta de 18 a 26 taladros para chimeneas de doble compartimiento y de 12 a 18 taladros para chimeneas simples como también es dependiendo del tipo de roca.

Voladura: El explosivo tipo pulverulenta semexa 45 %, 65 % y como accesorios de voladura se utiliza el carmex.

Limpieza: La limpieza del tope de la chimenea se realiza por gravedad, la carga limpiada es almacenada en la tolva que se construye al inicio de la chimenea, para luego ser jalados en carros mineros U-35 con la locomotora.

Sostenimiento: El sostenimiento se realiza de acuerdo a las características geomecánicas de la labor, como principal elemento de sostenimiento es cuadros de madera y puntales de avance y las chimeneas de doble compartimiento son forradas con tablas para separar el camino del shut.

4.8.3 Subniveles

Son labores horizontales de 1.2 m x 1.8 m de sección, realizadas durante la etapa de preparación a partir de una chimenea sobre el nivel principal y sirven para delimitar el inicio del área de explotación son labores convencionales con equipos como:

Perforadoras tipo Jack leg.

Carretilla tipo “Buggy”.

Extracción con locomotoras de 1.5 TM y carros mineros U-35.

El ciclo de trabajo está compuesto por las siguientes etapas:

Perforación: Se realiza con perforadoras Jack leg con barrenos de 2, 4, y 6 pies y su malla de perforación consta de 14 a 21 taladros esto dependiendo del tipo de roca.

Voladura: El explosivo tipo pulverulenta semexa 45 %, 65 % y como accesorios de voladura se utiliza el carmex.

Limpieza: La limpieza se realiza a pulso con carretillas tipo “Buggy”, llevando la carga del subnivel hacia la tolva de la chimenea. Para luego ser jalados en carros mineros U-35 con la locomotora.

Sostenimiento: Generalmente por las dimensiones de la sección, no se efectúa

sostenimiento, en caso requiera sostenimiento de acuerdo a las características geomecánicas de la labor, se utilizará cuadros de madera y/o puntales.

4.8.4 Tajeo: (método de explotación corte y relleno ascendente)

El método de explotación empleado es de Corte y Relleno Ascendente (Over Cut and Fill), el cual garantiza una adecuada recuperación, estabilidad y selectividad del mineral. Todos los trabajos se realizan convencionalmente.

Para los casos de vetas muy angostas e irregulares en potencia y mineralización se emplea el circado como un sub-método de explotación, que tiene la particularidad de ser muy selectivo. El método consiste en disparar solamente la caja y luego se tiende este material como relleno y luego se dispara mineral puro.

Las labores donde se realizan la explotación de mineral, está compuesto por uno o más blocks, las dimensiones del block son de promedio 30 m x 50 m. la explotación se realiza en forma convencional y los equipos a utilizar son:

Perforadoras tipo Jack leg y/o Sttoper.

Carretilla tipo “Buggy”.

Winches de 10 HP y scrapper de 18” de ancho y capacidad de 4.5 pies³.

Extracción con locomotoras de 1,5 TM y carros mineros U-35.

El ciclo de minado consiste en:

Perforación: La perforación de taladros se realiza con máquinas perforadoras neumáticas tipo Jack leg y Sttoper con barreros cónicos de 3, 4 y 5 pies de longitud y brocas de 38 mm de diámetro, malla de perforación tipo hilera y zigzag, con burden 0.25 m. á 0.30 m. y espaciamiento de 0.30 m.

Voladura: Se realiza voladura controlada con explosivos tipo pulverulenta como el exadit de 45 %, semexa 45 % para terrenos muy suaves y explosivos tipo pulverulenta semexa 65 %, para rocas duras y como accesorios utilizamos las armadas con fulminante, mecha lenta, carmex y pentacord.

Sostenimiento: El sostenimiento que se emplea en la explotación es utilizando a la madera como elemento principal, split set con malla y pernos helicoidales, el sostenimiento se realiza con cuadros de madera en galerías y cruceros y sobre cuadros de madera en buzones y caminos que da acceso a los tajeos.

Cuando las cajas se encuentren fracturadas o inestables se utiliza un sostenimiento temporal con puntales de seguridad y dejando pilares que luego son recuperados, si las características geomecánicas de la labor lo requieren se utilizan cuadros de madera, pernos y split set, esto permite al trabajador realizar su tarea en forma segura durante la limpieza del mineral y luego del cual se procede al relleno detrítico respectivo del tajeo que constituye el sostenimiento definitivo.

Limpieza de mineral: Se realiza mediante dos métodos uno con carretillas tipo buggy, y con winches de arrastre de 10 HP con scrapers de 18" de ancho y capacidad de 4.5 pies³. Este mineral es depositado en las tolvas de madera instalados en los extremos de cada tajeo.

Transporte: El transporte del mineral, una vez descargados de las tolvas a los carros mineros U-35, que luego en transportando con locomotora a batería de 1.5 TN hasta el orepass, para luego ser extraído mediante winches de izaje por inclinados hasta superficie.

Relleno: Luego de realizar el corte de la veta y limpieza de mineral, se procede al descaje del tajeo, con la finalidad de dar el ancho ergonómico para el perforista, para luego hacer el pampillado dejando una altura de 2.30 m del piso al techo de la labor, hasta formar un piso que permita realizar la perforación del siguiente corte.

El espacio dejado por la extracción de mineral es rellenado con desmonte producido en las labores mineras de exploraciones y desarrollo, permitiendo reciclar el material estéril dentro del interior de mina. También se utiliza como relleno la rotura de la corona pobre.

4.9 Diseño de ventilación

El diseño del laboreo minero considera la ejecución de chimeneas cada 60 metros con la finalidad de tener un flujo adecuado de aire natural. El diseño del sistema de ventilación estará calculado de acuerdo a la cantidad de trabajadores que desarrollan las actividades, para permitir un flujo adecuado de aire en interior mina.

4.9.1 Ventilación de galerías y cruceros

Siendo las galerías y cruceros labores ciegas y confinadas, Minera Titán del Perú cuenta para ello con 3 ventiladores eléctricos axiales de 10,000 cfm y 7 ventiladores de 5,000 cfm, que permiten insuflar aire fresco a los frentes con mangas de 24” y 18” de diámetro hasta 300 metros sin mayores problemas, que a su vez permiten ejecutar las chimeneas en un tiempo perentorio.

El número de trabajadores en las galerías no superan de 3 personas y la cantidad de oxígeno está garantizado por el uso de palas neumáticas que usan el aire comprimido como fuente de energía y ayudan a tener un ambiente con aire fresco.

4.9.2 Ventilación de chimeneas

Siendo las chimeneas labores ciegas y con mayor nivel de riesgo por la acumulación de monóxido en el tope de la chimenea, Minera Titán del Perú cumple con lo dispuesto en DS. 055-2010 EM, disponiendo ventilación forzada con aire comprimido a través una línea auxiliar de ventilación, con aire permanente durante las 24 horas del día que garantiza el desarrollo del ciclo completo.

4.9.3 Ventilación de tajeos de explotación

El diseño de las chimeneas cada 60 metros tiene 3 objetivos básicos: ventilación de labores, exploración vertical y servicios (camino, tuberías, etc.).

Para mantener un buen circuito de ventilación natural en los tajeos se tiene establecido la explotación de una batería de tajeos en forma simultánea de modo que permita mantener la conexión entre los 3 tajeos que existen entre las chimeneas de ventilación. En los planos de ventilación de cada veta se puede apreciar el diseño de las chimeneas y el flujo del aire natural que permite un sistema de ventilación natural en las labores de explotación y ventilación forzada en las labores ciegas.



CAPÍTULO V

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.1 Cálculos para el diseño del circuito de ventilación en la Zona Gisela.

5.1.1 Cálculo del caudal de aire

El caudal de aire que circula por una galería o a través de una sección transversal; calculamos mediante la ecuación de continuidad de flujo que es:

$$Q = V \times A$$

Q = Caudal aire. (m³/min)

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

A = Área, sección transversal al flujo de aire. (m²)

El cálculo de caudales del flujo de aire en las labores de la Zona Gisela se muestran en los cuadros 5.1 y 5.2; los cuales nos indican 23 estaciones de monitoreo del flujo de aire en las labores de la veta Gisela y 19 estaciones de monitoreo del flujo de aire en las labores de la veta Carmen totalizando 42 estaciones, que fluye con diferentes velocidades según la sección transversal de la labor, luego con el cálculo respectivo obteniéndose caudales en cada una de las estaciones, de los cuales los más importantes que se han tomado en cuenta son los ingresos y salidas de aire como se puede ver en los cuadros 5.3 y 5.4

Cuadro 5.1
Caudales del flujo de aire en las labores de la veta Gisela.

ESTACIÓN	V(m/min)	Área (m ²)	Q (m ³ /min)	Q (CFM)
EG - 1	64.00	1.30	83.20	2938.18
EG - 2	27.00	0.90	24.30	858.15
EG - 3	38.00	4.20	159.60	5636.23
EG - 4	38.00	5.10	193.80	6843.99
EG - 5	40.00	5.10	204.00	7204.20
EG - 6	32.00	4.20	134.40	4746.30
EG - 7	26.00	4.20	109.20	3856.37
EG - 8	27.00	4.20	113.40	4004.69
EG - 9	25.00	4.40	110.00	3884.62
EG - 10	21.00	4.20	88.20	3114.76
EG - 11	23.00	1.80	41.40	1462.03
EG - 12	33.00	4.40	145.20	5127.69
EG - 13	31.00	4.40	136.40	4816.93
EG - 14	19.00	1.20	22.80	805.18
EG - 15	18.00	1.20	21.60	762.80
EG - 16	20.00	4.20	84.00	2966.43
EG - 17	21.00	1.00	21.00	741.61
EG - 18	22.00	1.40	30.80	1087.69
EG - 19	25.00	0.80	20.00	706.29
EG - 20	28.00	0.80	22.40	791.05
EG - 21	30.00	0.90	27.00	953.50
EG - 22	29.00	0.80	23.20	819.30
EG - 23	33.00	4.62	152.46	5384.08

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.2
Caudales del flujo de aire en las labores de la veta Carmen.

ESTACIÓN	V(m/min)	Área (m ²)	Q (m ³ /min)	Q (CFM)
EC - 1	28.00	0.90	25.20	889.93
EC - 2	33.00	0.90	29.70	1048.85
EC - 3	28.00	4.20	117.60	4153.01
EC - 4	23.00	4.20	96.60	3411.40
EC - 5	26.00	1.00	26.00	918.18
EC - 6	28.00	1.10	30.80	1087.69
EC - 7	29.00	4.20	121.80	4301.33
EC - 8	27.00	0.70	18.90	667.45
EC - 9	25.00	0.60	15.00	529.72
EC - 10	26.00	1.40	36.40	1285.46
EC - 11	22.00	4.40	96.80	3418.46
EC - 12	25.00	0.50	12.50	441.43
EC - 13	32.00	0.60	19.20	678.04
EC - 14	34.00	0.90	30.60	1080.63
EC - 15	46.00	0.90	41.40	1462.03
EC - 16	22.00	4.20	92.40	3263.08
EC - 17	22.00	4.20	92.40	3263.08
EC - 18	20.00	4.00	80.00	2825.18
EC - 19	19.00	4.20	79.80	2818.11

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Ingresos y salidas de aire

Cuadro 5.3

Ingresos de aire fresco a la Zona Gisela.

ESTACIÓN	VETA	NIVEL	LABOR	Q (caudal)	
				(m ³ /min)	cfm
EG - 3	Gisela	Superficie	Inclinado 425	159.60	5636.23
EG - 4	Gisela	Superficie	Inclinado 420	193.80	6843.99
EC - 13	Carmen	Superficie	Chimenea 939	19.20	678.04
TOTAL				372.60	13158.26

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 5.3 nos muestra 3 estaciones de monitoreo de ingreso de aire fresco los cuales son: la chimenea 939, inclinados 425 y 420 que estas estaciones están ubicadas cerca a la superficie, donde la sumatoria de los caudales del flujo de aire resulta 372.60 m³/min que equivale a 13158.26 cfm.

Cuadro 5.4

Salidas de aire viciado de la Zona Gisela.

ESTACIÓN	VETA	NIVEL	LABOR	Q (caudal)	
				(m ³ /min)	cfm
EG - 1	Gisela	Superficie	PQ. Juana	83.20	2938.18
EG - 2	Gisela	Superficie	Camino Auxiliar 760	24.30	858.15
EG - 23	Gisela	Superficie	Inclinado 118	152.46	5384.08
EC - 1	Carmen	Superficie	PQ. 470	25.20	889.93
EC - 2	Carmen	Superficie	Camino Auxiliar 530	29.70	1048.85
EC - 14	Carmen	Superficie	Camino Auxiliar 760	30.60	1080.63
EC - 15	Carmen	Superficie	Camino Auxiliar 730	41.40	1462.03
TOTAL				386.86	13661.84

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 5.4 nos muestra 3 y 4 estaciones de monitoreo en las labores de la veta Gisela y Carmen respectivamente que son las salidas de aire viciado como son: Caminos auxiliares 530, 760 y 730; en los piques Juana y 470, así como el Inclinado 118 por donde se evacua el aire contaminado con un caudal de 386.86 m³/min que equivale a 13661.84 cfm.; con estos resultados se ha calculado el balance del flujo de aire.

5.1.3 Balance del caudal de aire (ingresos y salidas) de la Zona Gisela

Cuadro 5.5
Balance del caudal de aire de la Zona Gisela

TOTAL	Q (caudal)	
	(m ³ /min)	cfm
INGRESOS	372.60	13158.26
SALIDAS	386.86	13661.84
DIFERENCIA	-14.26	-503.59
EQUIVALENTE	3.69 %	

Fuente: Elaboración propia.

La diferencia entre ingresos de aire limpio a la Zona Gisela y salidas de aire viciado de la Zona Gisela es de -14.26 m³/min, equivalente a una diferencia por exceso del 3.69 %, que es aceptable.

5.1.4 Requerimientos de caudal de aire

Requerimiento de caudal de aire para el personal (Q₁)

La cantidad de personal que labora en interior mina Zona Gisela por turno se muestra en el cuadro 5.6.

Cuadro 5.6
Personal que labora en interior mina Zona Gisela.

ÁREA	Nº TRAB.
OPERACIÓN MINA	34
GEOLOGÍA	2
INGENIERÍA / SUPERVISIÓN	4
SEGURIDAD	1
MAESTRANZA	2
ELECTRICISTAS	1
SERVICIO MINA	6
TOTAL PERSONAL POR TURNO	50

Fuente: Planeamiento – Minera Titán del Perú.

El cuadro 5.6 nos muestra el total del personal que labora en la Zona Gisela que totaliza 50 personas.

El caudal de aire para el personal que labora a 2000 m.s.n.m. Caudal en m³/min por persona de acuerdo al DS. 055 - 2010 - EM Art. 236 (De 1500 a 3000 m.s.n.m., aumentará en 40 % que será igual a 4 m³/min)

$$Q_1 = q \times n$$

Q_1 = Cantidad de aire necesario para el personal (m³/min).

q = Cantidad de aire mínimo por persona (m³/min).

n = Número de personas presentes en la mina por turno.

$$Q_1 = q \times n$$

$$Q_1 = 4 \text{ m}^3/\text{min} \times 50$$

$$Q_1 = 200 \text{ m}^3/\text{min}$$

Requerimiento de caudal de aire para equipos diesel (Q_2)

$$Q_2 = K \times N$$

Q_2 = Cantidad de aire para uso de equipos diesel (m³/min.)

K = 3.0 (m³/min) Cantidad de aire necesario por cada HP.

N = Número de HP de los equipos que trabajan en la mina.

En la Zona Gisela no se usan equipos diesel, entonces el requerimiento de caudal de aire para equipos diesel es cero. ($Q_2 = 0$)

Requerimiento de caudal de aire para diluir contaminantes por explosivos

$$(Q_3) \quad Q_3 = V \times n \times A$$

Q_3 = Cantidad de aire para diluir contaminantes por explosivos (m³/min.)

V = Velocidad del aire 20 m/min (Dinamita) y 25 m/min (Anfo).

n = Número de niveles de la mina en trabajo.

A = Área promedio de la sección de las labores en trabajo (m²).

Cuadro 5.7

Área promedio de la sección de las labores de la Zona Gisela.

LABORES	ANCHO (m)	ALTURA (m)	ÁREA (m ²)
Chimenea	1.20	2.40	2.88
Galería	2.10	2.40	5.04
Inclinado	2.40	2.10	5.04
Área promedio			4.32

Fuente: Elaboración propia.

El número de niveles en trabajo de la Zona Gisela son el Nv.1905 y 1855, entonces (n = 2)

$$Q_3 = V \times n \times A$$

$$Q_3 = 25 \text{ m}^3/\text{min} \times 2 \times 4.32 \text{ m}^2$$

$$Q_3 = 216 \text{ m}^3/\text{min}$$

Requerimiento total de caudal de aire para la Zona Gisela (Q_T)

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_T = 200 \text{ m}^3/\text{min} + 0 + 216 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q_T = 416 \text{ m}^3/\text{min}$$

5.1.5 Evaluación de requerimiento total del caudal de aire para la Zona Gisela

Comparando el caudal de aire fresco que ingresa a la Zona Gisela: 372.60 m³/min con el requerimiento total de caudal de aire para la Zona Gisela: 416 m³/min, se tiene una diferencia de: 43.40 m³/min, equivalente a una cobertura de 89.57 % del requerimiento total de caudal de aire para la Zona Gisela. Se observa que la ventilación es deficiente y requiere un adecuado diseño en el circuito de ventilación.

5.2 Instalaciones y acondicionamientos para el diseño del circuito de ventilación

- En el sub nivel S/N 669 W, Nv.1955 a 5 metros de la CH. 641, se instaló una

barrera hermética; con la finalidad de que el aire viciado con un caudal de 61.20 m³/min, es evacuado por la CH. 560 del Nv.1905 para que no se evacue por la CH. 641 del Nv.1955; la CH. 641 comunica a superficie a 5 metros del campamento Gisela, tal como se observa en el anexo 5.1; el objetivo es evitar la contaminación del campamento Gisela, por eso se instala la barrera hermética y se logra evacuar el aire viciado por el Pique Juana, tal como se observa en el anexo 5.2.

- En el camino auxiliar 655, del Nv.1905, se instaló una tapa; para evitar que el aire viciado con un caudal de 29.40 m³/min se evacue mediante este camino, tal como se observa en el anexo 5.3; esta tapa se colocó para evitar la contaminación del campamento Gisela, tal como se observa en el anexo 5.4.
- En el buzón camino BZ. C. 680 y buzón BZ. 700 - tajeo TJ. 700 del Nv.1905, se instaló tapones herméticos, para evitar que una parte del aire viciado con caudales 27.20 m³/min y 24.00 m³/min respectivamente, provenientes del Nv.1905 y Nv.1855 se evacue hacia superficie (campamento Gisela) mediante el pique PQ. Yovana, tal como se observa en el anexo 5.5; con la instalación de los tapones herméticos se evita la contaminación del campamento Gisela, tal como se puede observar en el anexo 5.6.
- En la galería Gal. 380 E - Nv.1855 a 5 metros del camino 650, se instaló una puerta de ventilación; para evitar que una parte del aire fresco que ingresa por el inclinado 425, se encauce hacia el camino 650 con un caudal de 43.20 m³/min sin ser utilizado, tal como se observa en el anexo 5.7; con la instalación de la puerta de ventilación se logra que el aire fresco que ingresa por el inclinado 425 se encauce hacia la Gal. 380 W y crucero CX. 705, tal como se observa en el anexo 5.8.
- En el crucero CX. 758 S - Nv.1905 a 20 metros de la Gal. 735 (veta Carmen), se instaló una puerta de ventilación; para evitar la recirculación del aire viciado proveniente de las labores de la veta Carmen Nv.1855 que es evacuado por las chimeneas: CH. 768, CH. 827, CH. 888 y CH. 947; así evitar que el aire viciado recircule con un caudal de 66.20 m³/min, que se evacua por el CX. 758 S e ingrese por el inclinado 425 del Nv.1905 hacia el Nv.1855, tal como se observa en el anexo

5.9; con la instalación de la puerta de ventilación se logra evacuar el aire viciado hacia la Gal. 735 W, tal como se observa en el anexo 5.10.

- En la galería Gal. 770 W - Nv.1905 a 10 metros del buzón BZ. 740, se instaló una puerta de ventilación; para evitar la recirculación del aire viciado con un caudal de $96.00 \text{ m}^3/\text{min}$, proveniente de las labores de la veta Gisela Nv.1855 que es evacuado por las chimeneas: CH. 725, CH. 675 y CH. 595; así evitar que el aire viciado ingrese por inclinado 425 del Nv.1905 hacia el Nv.1855, tal como se observa en el anexo 5.11; con la instalación de la puerta de ventilación se logra evacuar el aire viciado por el buzón BZ. 740, tal como se observa en el anexo 5.12.
- En el crucero CX. 778 - Nv.1905 a 30 metros de la veta Gisela, se instaló una puerta de ventilación; para evitar que una parte del aire fresco con un caudal de $87.40 \text{ m}^3/\text{min}$, que ingresa por el inclinado 425 luego continua hacia las labores de la veta Esperanza y se pierde sin ser utilizado, tal como se observa en el anexo 5.13; en la veta Esperanza las labores se encuentran paralizadas por lo cual no se requiere encauzar aire fresco. Con la instalación de la puerta de ventilación se logra encauzar el aire fresco hacia el inclinado 425, tal como se observa en el anexo 5.14.
- En la galería Gal. 770 E - Nv.1905 a 5 metros del BZ.C. 790, se instaló una barrera hermética; para evitar que una parte del aire fresco con un caudal de $79.80 \text{ m}^3/\text{min}$, que ingresa por el inclinado 425 y luego continua hacia el BZ.C. 790 y se pierde sin ser utilizado, tal como se observa en el anexo 5.15; teniendo en cuenta que en la Gal. 770 E las labores se encuentran paralizadas. Con la instalación de la barrera hermética se logra encauzar el aire fresco hacia el inclinado 425, tal como se observa en el anexo 5.16.
- La chimenea CH. 939 – Nv.1905 construido sobre la veta Carmen, se encontraba obstaculizado con entablados y material detrítico acumulado, que servía como echadero de relleno para los tajeos del Nv.1855, entonces esta chimenea se acondicionó para que el aire fresco con un caudal de $19.20 \text{ m}^3/\text{min}$ incremente su caudal ingreso de, tal como se observa en el anexo 5.17; por lo que con el acondicionamiento se incrementó a un caudal de $33.60 \text{ m}^3/\text{min}$, para diluir y

evacuar el aire viciado proveniente del Nv.1855, tal como se observa en el anexo 5.18.

- El aire viciado del Nv. 1855 y 1905 se evacua por los buzones caminos BZ. C. 760, 785 y 815 hasta alcanzar al tajeo TJ. 760 (labor paralizada), continuando por este tajeo hasta llegar a evacuarse por el camino auxiliar 760; para lo cual se realizó la limpieza de carga acumulada al pie del camino, de manera que el aire viciado con un caudal de 18.00 m³/min, incremente su caudal, tal como se observa en el anexo 5.19. Con la limpieza de la carga acumulada se incrementó el caudal a 64.8 m³/min, el cual facilitó la evacuación del aire viciado proveniente del Nv.1855 y Nv. 1905, tal como se observa en el anexo 5.20

5.3 Resultados de diseño del circuito de ventilación

Los resultados del diseño del circuito de ventilación se han obtenido mediante los ingresos y salidas de aire, con los cuales se han realizado el balance final de la circulación del aire y se ha elaborado los planos de circuitos del flujo de aire de las labores de las vetas Gisela y Carmen, ver planos N° 1 y 2.

5.3.2 Resultados del diseño de ingresos y salidas de aire

Realizado el diseño del circuito del flujo de aire fresco se ha obtenido los resultados del caudal de aire, tal como se observa en los cuadros 5.8 y 5.9

Cuadro 5.8

Ingresos de aire fresco a la Zona Gisela.

ESTACIÓN	VETA	NIVEL	LABOR	Q (caudal)	
				(m ³ /min)	cfm
EG - 3	Gisela	Superficie	Inclinado 425	184.80	6526.16
EG - 4	Gisela	Superficie	Inclinado 420	234.60	8284.83
EC - 13	Carmen	Superficie	Chimenea 939	33.60	1186.57
TOTAL				453.00	15997.56

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 5.8, indica con el diseño realizado, el ingreso de aire total en la actualidad es de 453.00 m³/min (15997.56 cfm) y comparando con el cuadro 5.3 que indica el caudal de ingreso total antes del diseño ha sido de 372.60 m³/min (13158.26 cfm), y la diferencia de ambos resultados es de 80.40 m³/min (2743.95 cfm), equivalente a un incremento de 21.58 %.

Cuadro 5.9
Salidas de aire viciado de la Zona Gisela.

ESTACIÓN	VETA	NIVEL	LABOR	Q (caudal)	
				(m ³ /min)	cfm
EG - 1	Gisela	Superficie	PQ. Juana	97.50	3443.18
EG - 2	Gisela	Superficie	Camino Auxiliar 760	34.20	1207.76
EG - 23	Gisela	Superficie	Inclinado 118	157.08	5547.23
EC - 1	Carmen	Superficie	PQ. 470	45.00	1589.16
EC - 2	Carmen	Superficie	Camino Auxiliar 530	39.60	1398.46
EC - 14	Carmen	Superficie	Camino Auxiliar 760	46.80	1652.73
EC - 15	Carmen	Superficie	Camino Auxiliar 730	53.10	1875.21
TOTAL				473.28	16713.74

Fuente: Elaboración propia.

5.3.3 Balance final de ingresos y salidas de aire de la Zona Gisela

El balance final del flujo de aire se ha realizado con los resultados del diseño de ingreso y salida de aire, tal como se observa en el cuadro 5.10.

Cuadro 5.10
Balance de ingresos y salidas de aire de la Zona Gisela

TOTAL	Q (caudal)	
	(m ³ /min)	cfm
INGRESOS	453.00	15997.56
SALIDAS	473.28	16713.74
DIFERENCIA	-20.28	-716.18
EQUIVALENTE	4.28 %	

Fuente: Elaboración propia.

La diferencia entre ingresos de aire fresco y salidas de aire viciado de la Zona Gisela es de -20.28 m³/min (-716.18 cfm), equivalente a una diferencia por exceso

del 4.28 %; que es aceptable, en razón a que la teoría indica que la salida debe ser en mayor volumen por unidad de tiempo, menor o igual a 8 % (Jiménez Ascanio, Pablo - 2011).

5.3.5 Evaluación final de requerimiento total del caudal de aire para la Zona Gisela

El requerimiento total de caudal de aire para la Zona Gisela (Q_T) es como sigue:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_T = 200 \text{ m}^3/\text{min} + 0 + 216 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q_T = 416 \text{ m}^3/\text{min}$$

Comparando el caudal de aire fresco que ingresa a la Zona Gisela es de 453.00 m^3/min , con el requerimiento total de caudal de aire para la Zona Gisela que es de 416 m^3/min , se tiene un saldo favorable de 37.00 m^3/min , equivalente a una cobertura de 108.09 % del requerimiento total de caudal de aire para la Zona Gisela. Por lo tanto, con el nuevo diseño del circuito de ventilación, se cubre el requerimiento total de caudal de aire fresco, lo que permite aprovechar mejor el flujo de aire en la Zona Gisela de la Mina Esperanza de Caravelí; con lo que se cumple con la hipótesis planteada en el presente trabajo.

CONCLUSIONES

1. La planificación del sistema de ventilación natural se realizó con la distribución adecuada del caudal de flujo de aire fresco en las labores de la Zona Gisela, para lo cual se instaló puertas de ventilación, barreras herméticas, tapones herméticos y se acondicionó chimeneas, los cuales han dado buenos resultados.
2. La cantidad de aire limpio que circula mediante el sistema de ventilación natural en la Zona Gisela antes de realizar el diseño del circuito de flujo de aire fresco es de $372.60 \text{ m}^3/\text{min}$, equivalente a una cobertura de 89.57% y el requerimiento total de caudal aire para la Zona Gisela es de $416.00 \text{ m}^3/\text{min}$, por lo que se tiene una diferencia de $43.40 \text{ m}^3/\text{min}$, que implica falta cubrir este caudal; entonces se observa que la ventilación ha sido deficiente.
3. Con el diseño del circuito de flujo de aire fresco, el caudal de ingreso se incrementó de $372.60 \text{ m}^3/\text{min}$ a $453.00 \text{ m}^3/\text{min}$, comparando con el requerimiento total de caudal aire para la Zona Gisela que es $416 \text{ m}^3/\text{min}$, se tiene un saldo favorable de $37.00 \text{ m}^3/\text{min}$, equivalente a una cobertura de 108.09% , que implica mejor aprovechamiento del flujo de aire.
4. Comparando los caudales de ingreso de aire fresco, antes y después del diseño del circuito del sistema de ventilación natural, la diferencia es de $80.40 \text{ m}^3/\text{min}$ equivalente a un incremento de 21.58% , entonces con el nuevo diseño del circuito de ventilación se cubre el requerimiento total de caudal de aire fresco, que permite aprovechar mejor el flujo de aire en la Zona Gisela de la Mina Esperanza de Caravelí; por lo que se cumple con la hipótesis planteada.

RECOMENDACIONES

1. Se sugiere asignar personal obrero para realizar la instalación y mantenimiento de las puertas de ventilación; taponear galerías, chimeneas, cruceros que están paralizadas; instalación de ventiladores auxiliares; transporte e instalación de mangas de ventilación.
2. Se recomienda continuar con el diseño del circuito de flujo de aire fresco, para las nuevas labores de exploración y explotación a fin de mantener el requerimiento total de caudal aire fresco con un saldo favorable para las labores de la Zona Gisela.
3. Implementar instrumentos para realizar mapeos de presión de aire con la finalidad de determinar la pérdida de presión o presión estática del flujo de aire, así como la dirección de la circulación en las labores de la Zona Gisela de la Mina Esperanza de Caravelí.
4. Se sugiere la evaluación y el balance continuo del caudal de los ingresos y salidas de aire acorde a las normas establecidas.

FUENTES DE INFORMACIÓN

BIBLIOGRAFÍA

- Centeno Q., G. (2011), *Evaluación de ventilación natural y mecánica que influye en el diseño del sistema de ventilación de galería 635 W nivel 1950 mina Calpa - Arequipa 2011*. Perú.
- Corimanya J., A. y Méndez F., R. (2011) en su tesis *Planeamiento de Ventilación asistida para la Unidad peruana San Cristóbal – Cia. Minera San Cristóbal*. Perú
- DS – 055 - EM. (2010). *Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional*. Perú.
- Enríquez R., J. F. (2011), *Evaluación del sistema de ventilación de la mina San Vicente - Compañía minera San Ignacio de Morococha, aplicando el software Ventsim 3.9*. Perú.
- Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (1989), *Manual de Ventilación de minas*. Lima. Perú.
- ISTECS (2000), *Ventilación Elemental*. Perú
- Jiménez A., P. (2011), *Ventilación de minas subterráneas y túneles; practica, aplicada y avanzada en minería clásica y minería por trackless*. Perú
- Novitzky, A. (1962), *Ventilación de Minas*. Buenos Aires. Argentina.
- Vejarano S., A. (2008), *Levantamiento de ventilación de una mina*. Lima
- Zitron. (2007), *Conferencia de Ventilación de Minas*. Lima. Perú.

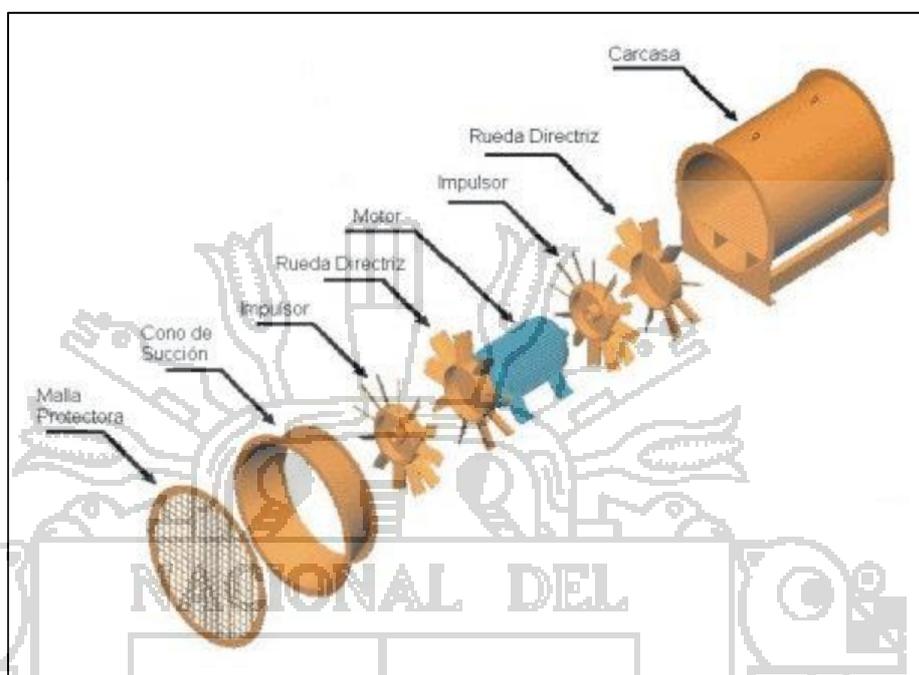
WEBGRAFÍA

- <http://www.compumetingenieros.com>
- <http://www.servencoasociados.com>
- <http://www.vdmconsultores.com>



ANEXO N° 3

Partes de un ventilador axial



Fuente: Ingeniería en ventilación subterránea – 2007.

ANEXO N° 4

Instrumentos de muestreo

FOTO 4.1 Anemómetro marca Kestrel 3000.



FOTO 4.2 Detector de gases marca MSA Altair 5IR.



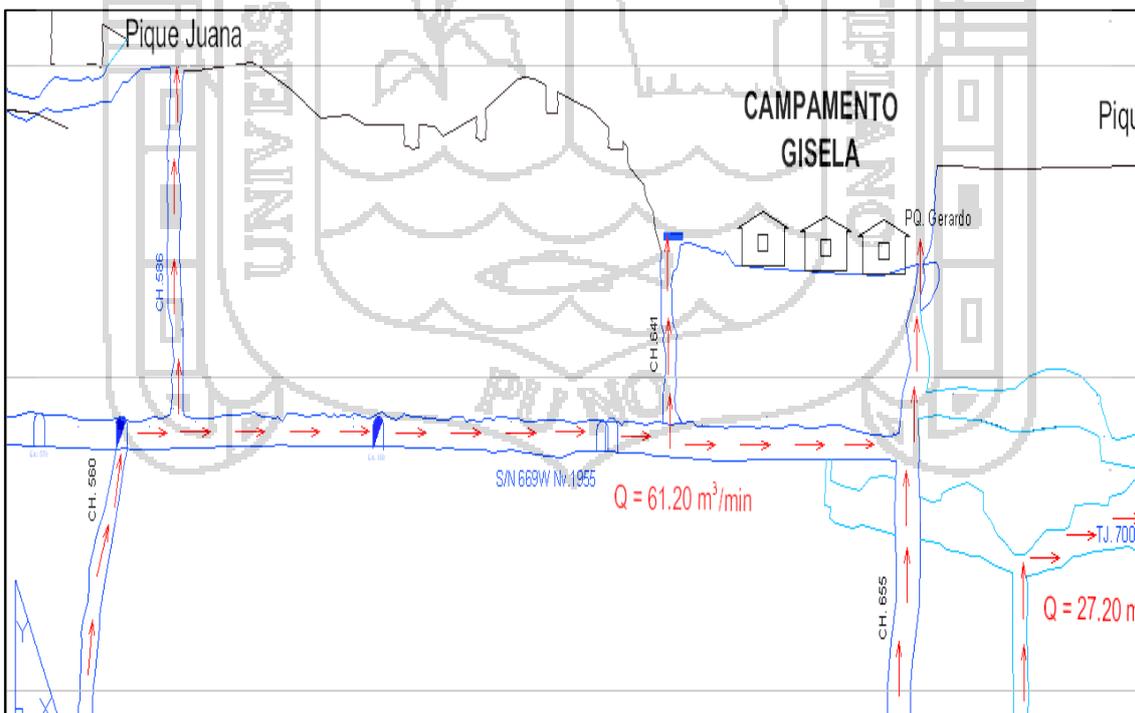
FOTO 4.3 Higno -Termómetro de grandes dígitos marca Extech 445715.



ANEXO N° 5

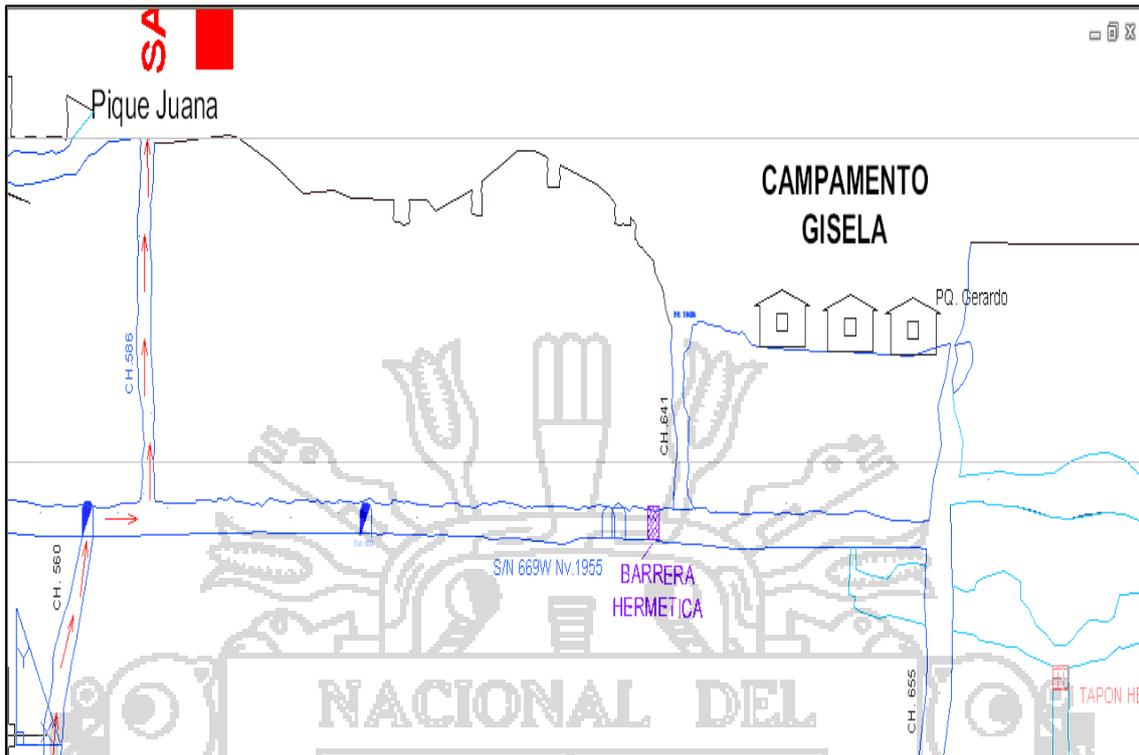
Esquemas de las instalaciones y acondicionamientos para el diseño del circuito de ventilación.

ANEXO 5.1 Esquema de la evacuación de aire viciado por el S/N 669 W - Nv. 1955.



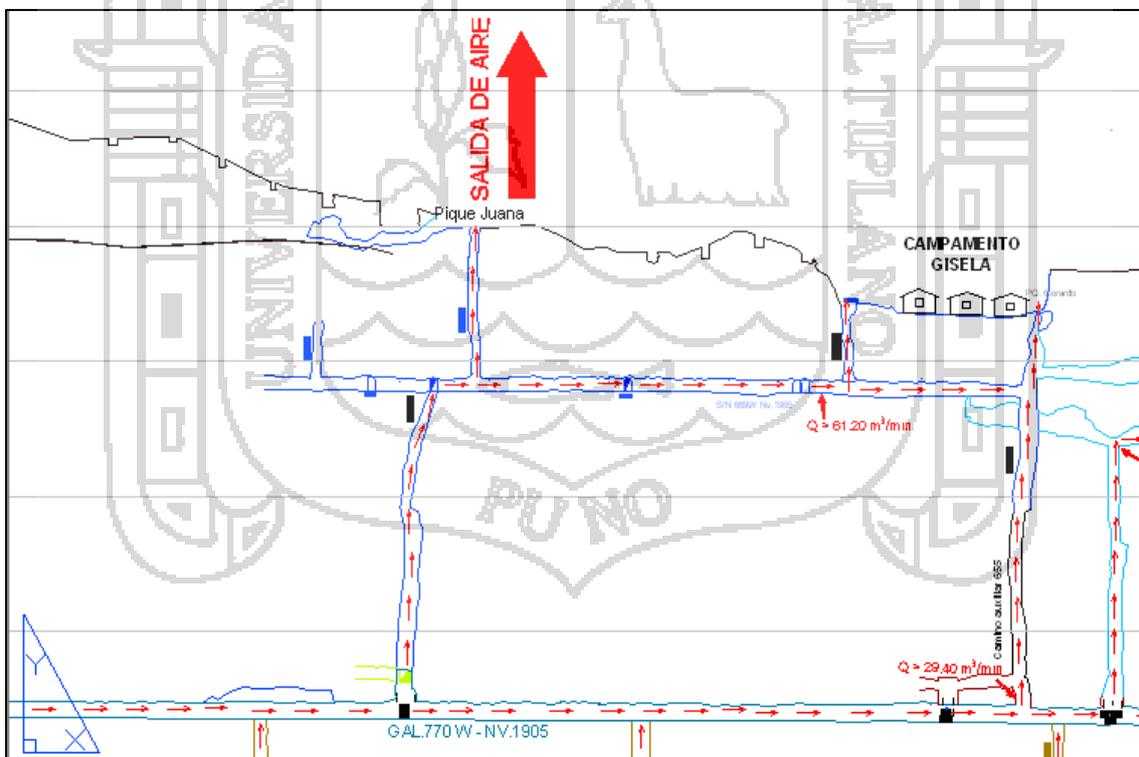
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5.2 Esquema de la instalación de la barrera hermética S/N 669 W - Nv. 1955.



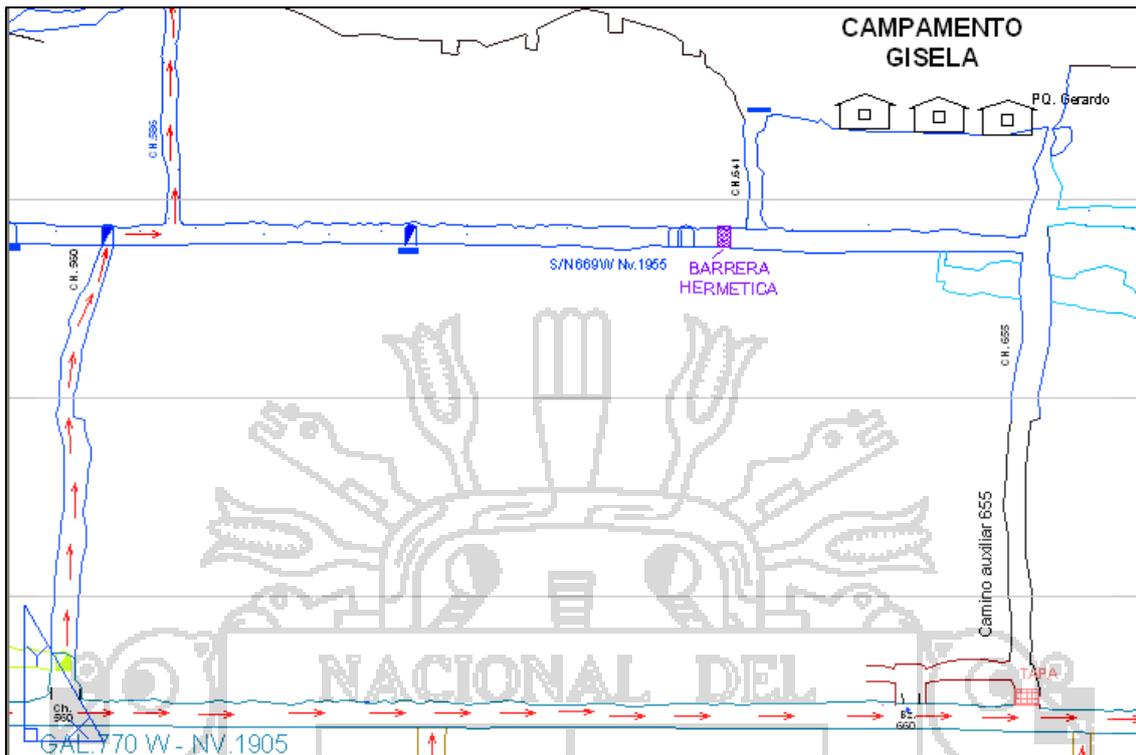
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5.3 Esquema de la evacuación de aire viciado por el Camino Auxiliar 655.



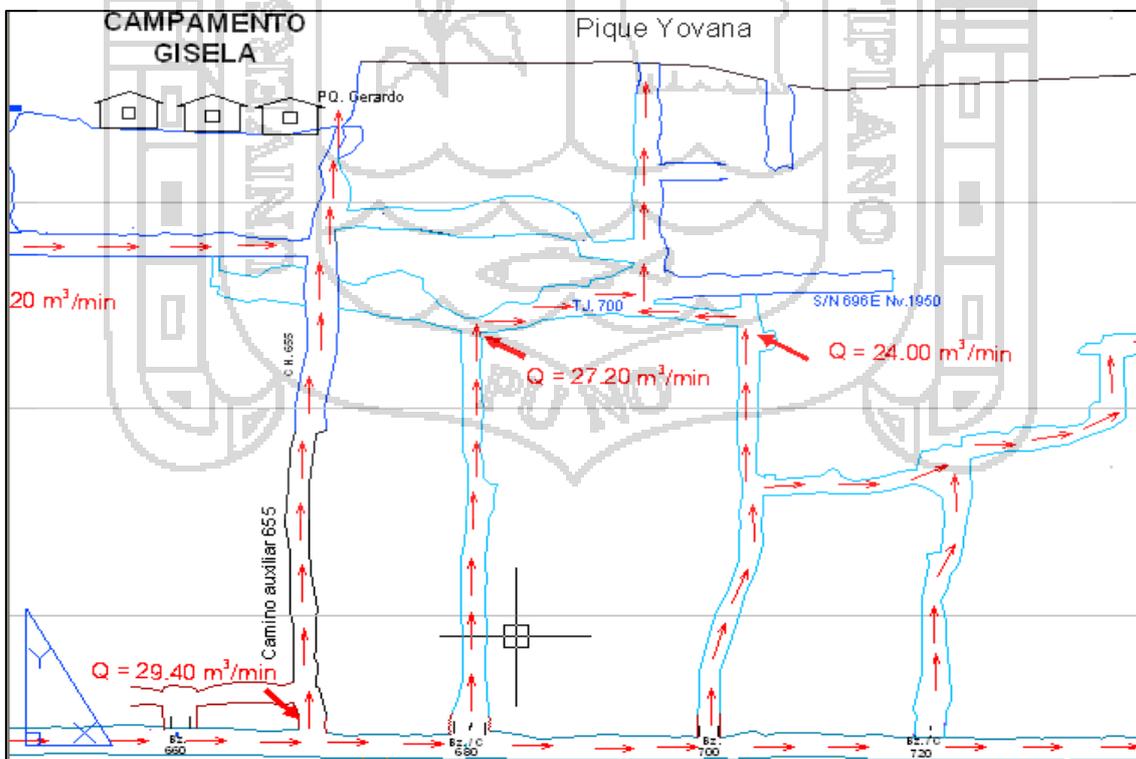
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5.4 Esquema de instalación de una tapa en el Camino Auxiliar 655.



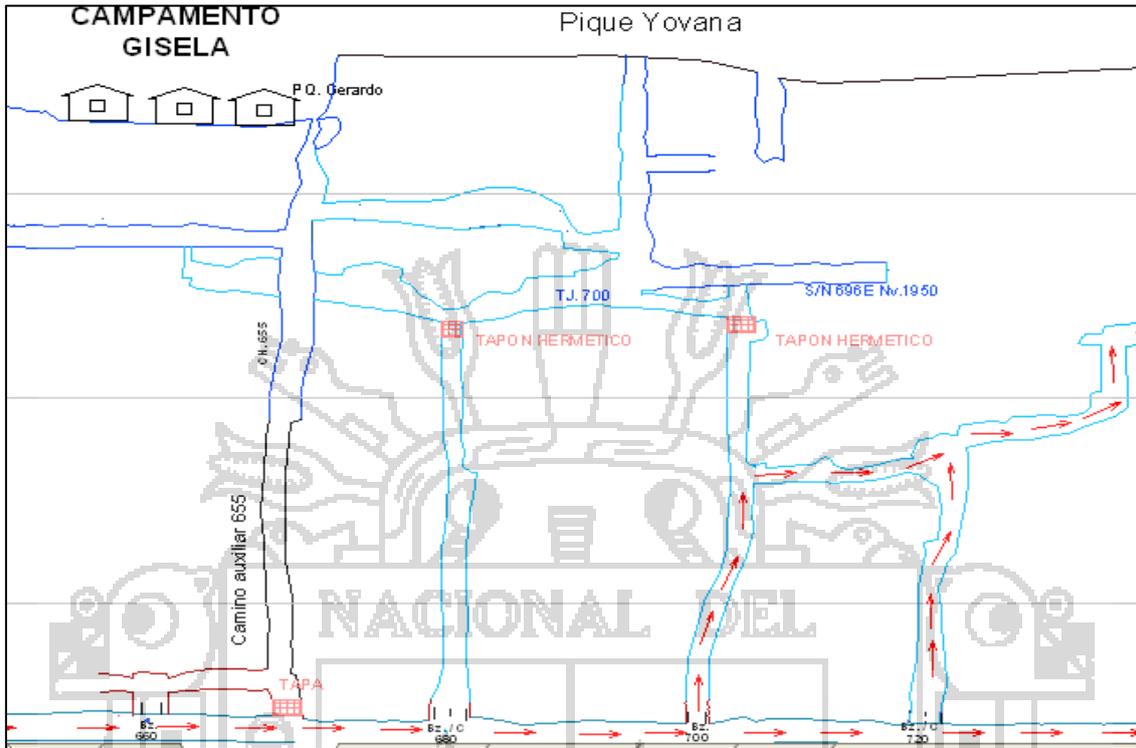
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5.5 Esquema de la evacuación de aire viciado por el buzón camino BZ. C. 680 y buzón BZ. 700 - tajeo TJ. 700 del Nv.1905



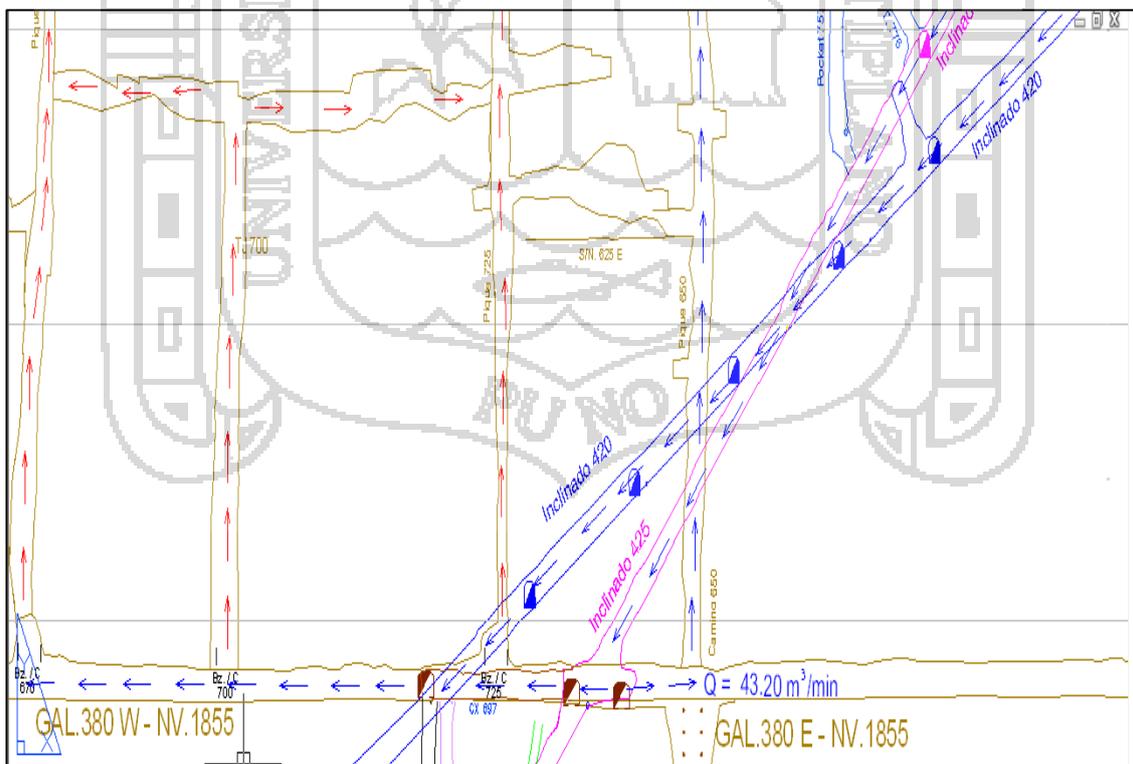
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5.6 Esquema de la instalación de tapones herméticos; BZ. C. 680 y BZ. 700.



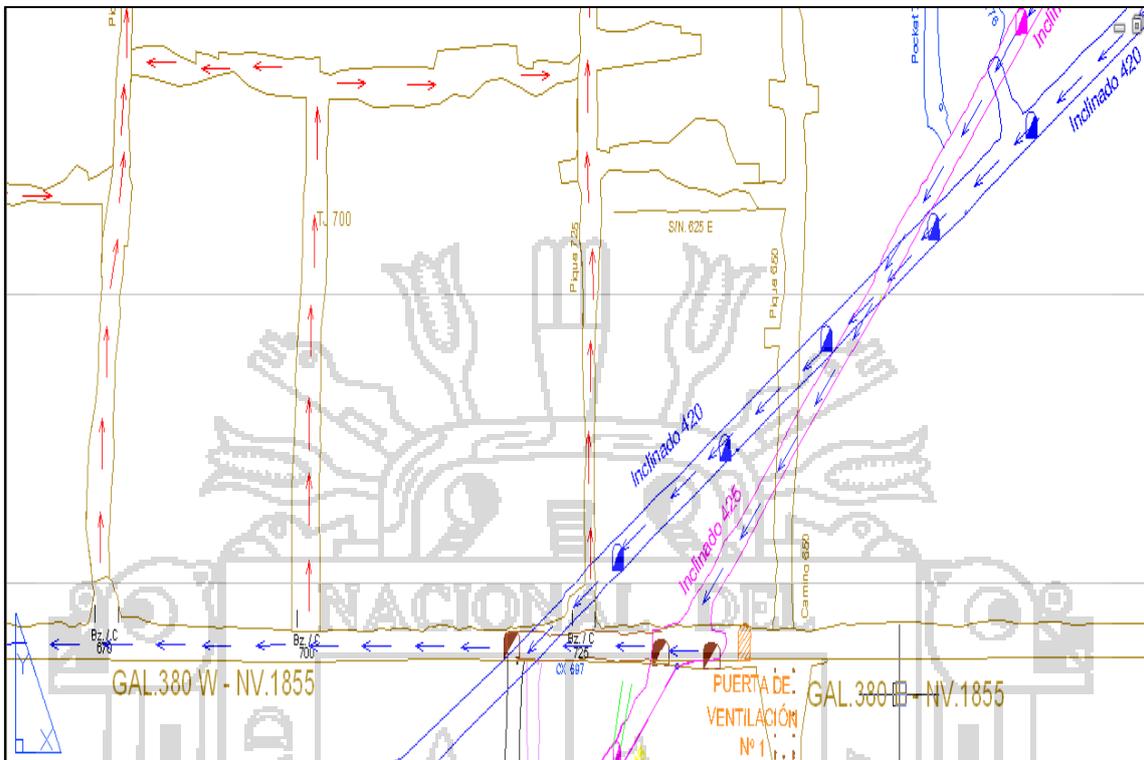
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5.7 Esquema del flujo de aire fresco en la Gal. 380 E - Nv.1855



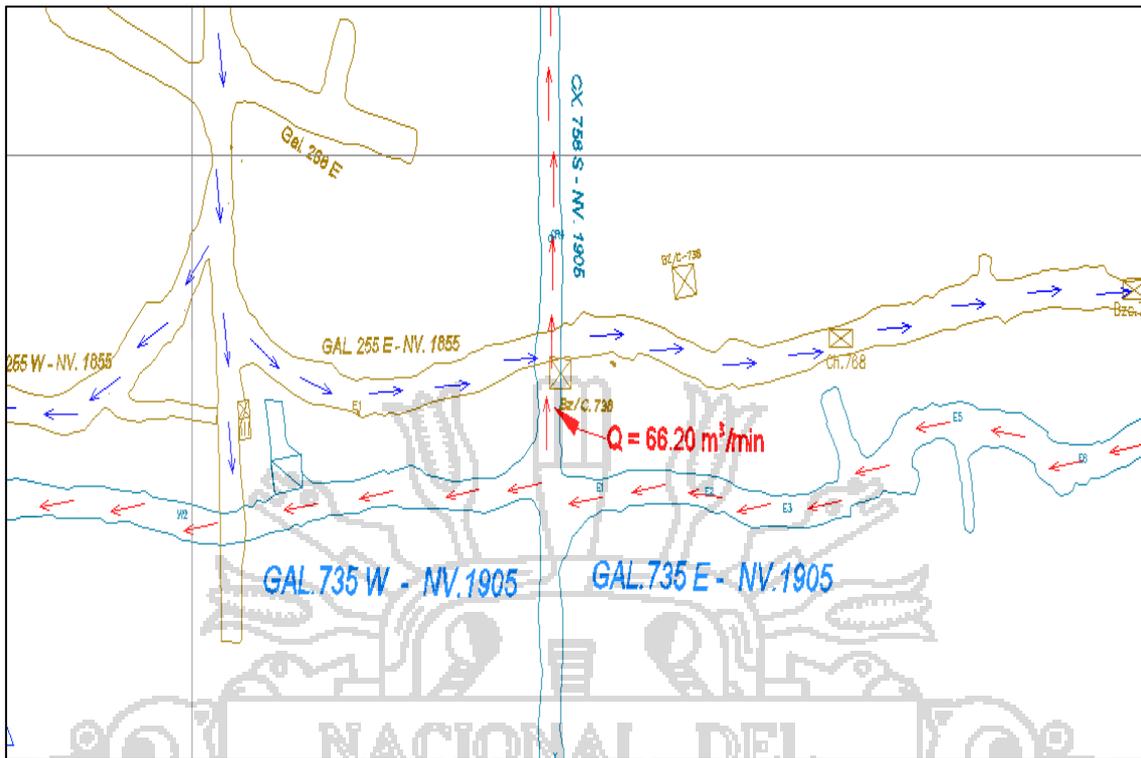
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5.8 Esquema de instalación de la puerta de ventilación N° 1; Gal. 380 E- Nv.1855



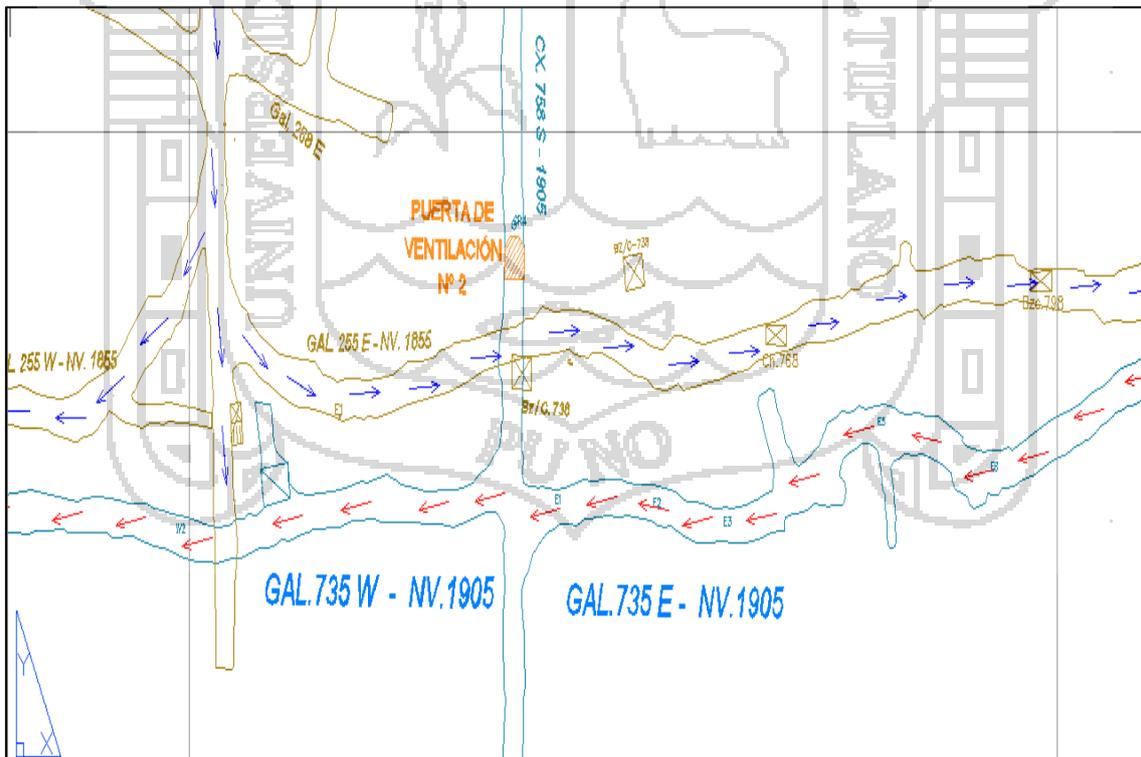
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5.9 Esquema de la evacuación de aire viciado por el CX. 758 S - Nv.1905.



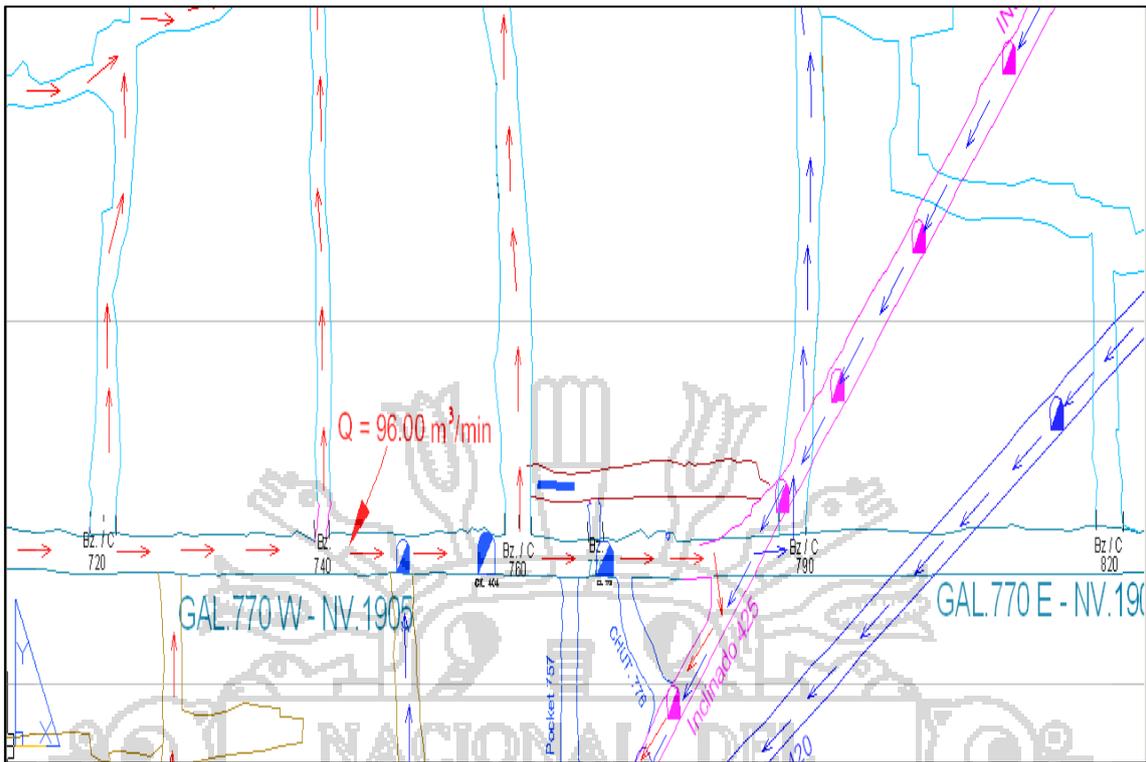
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5.10 Esquema de instalación de la puerta de ventilación N° 2 en el CX. 758 S.



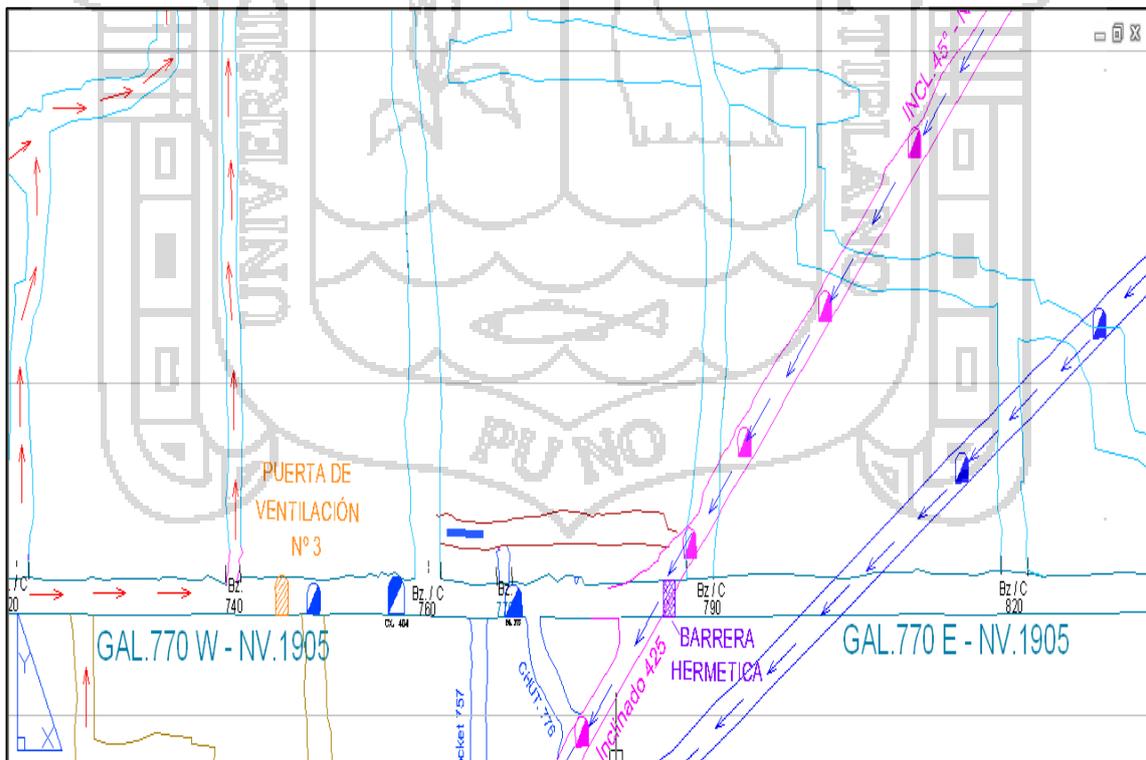
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5.11 Esquema de la evacuación de aire viciado por la Gal. 770 E - Nv.1905



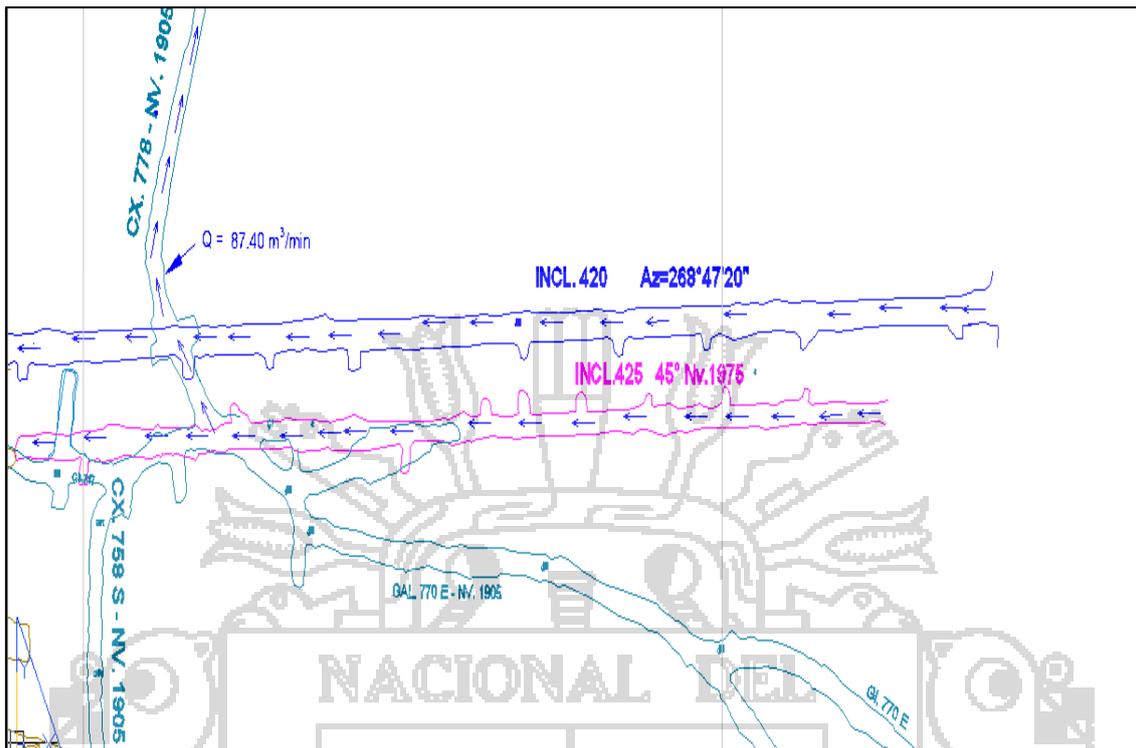
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5.12 Esquema de instalación de la puerta de ventilación N° 3; Gal. 770 E



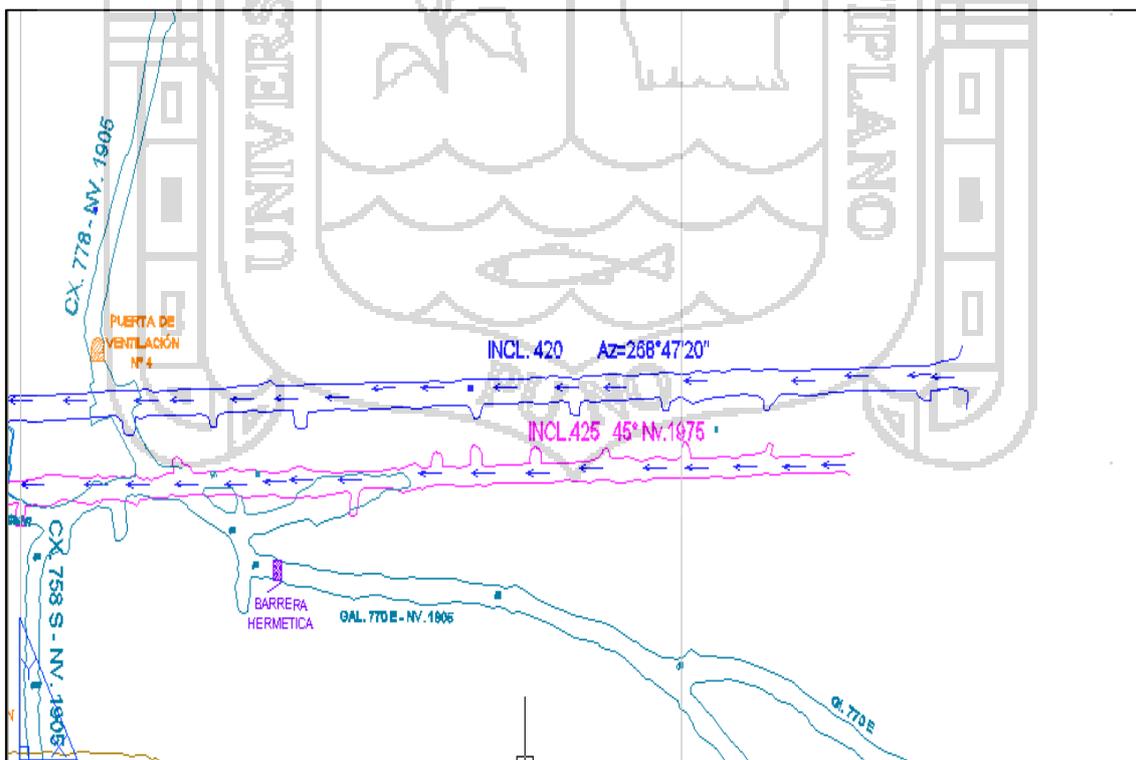
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5.13 Esquema del flujo de aire fresco por el CX. 778 – Nv. 1905



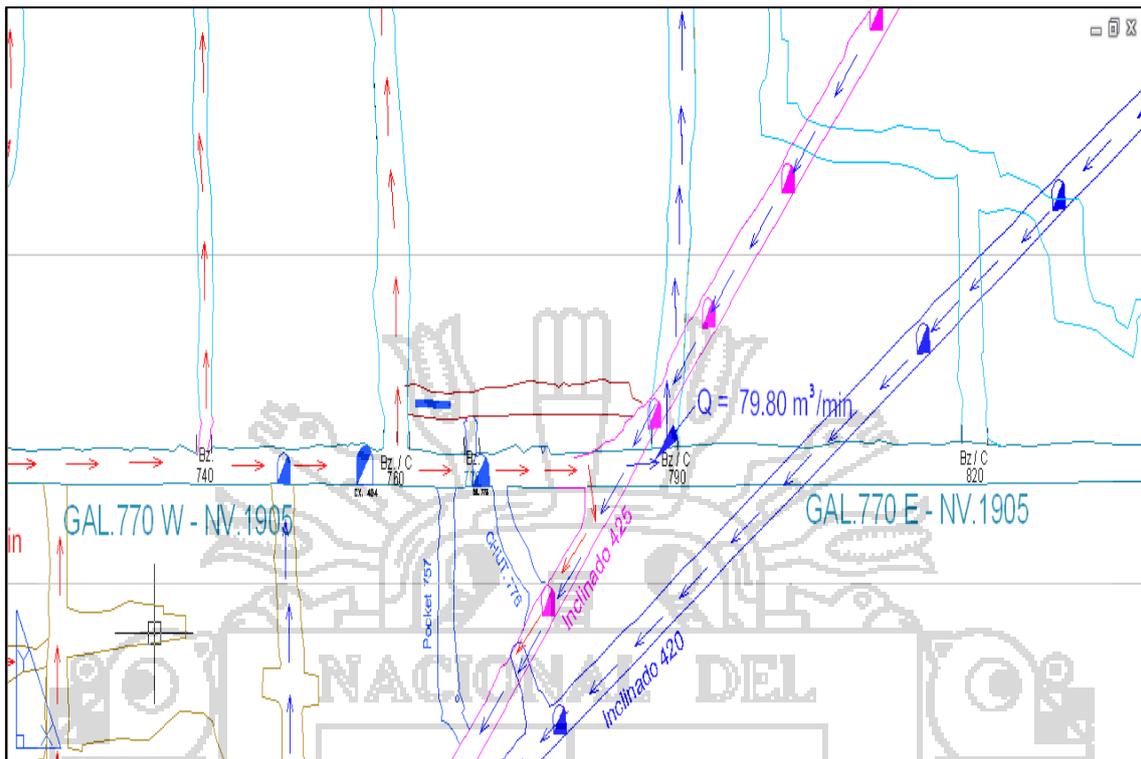
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5.14 Esquema de instalación de la puerta de ventilación N° 4 en el CX. 778.



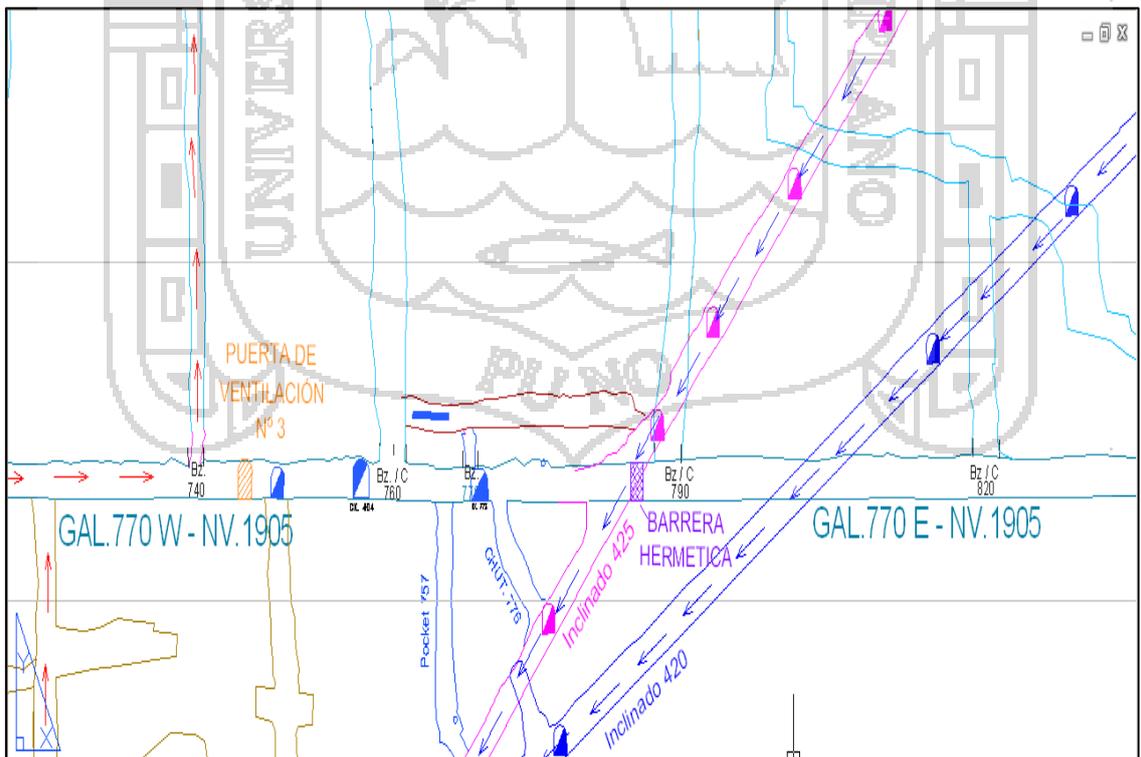
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5.15 Esquema del flujo de aire fresco por la Gal 770 E y BZ. C. 790 – Nv. 1905



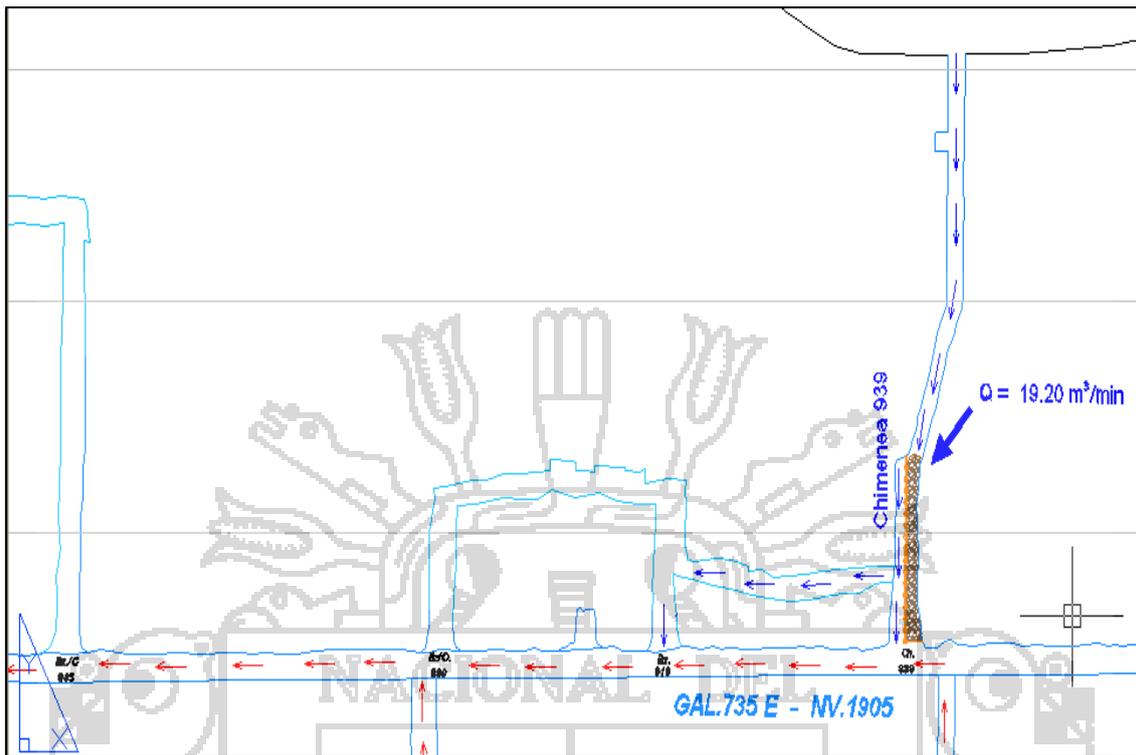
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5.16 Esquema de instalación de la barrera hermética en la Gal 770 E.



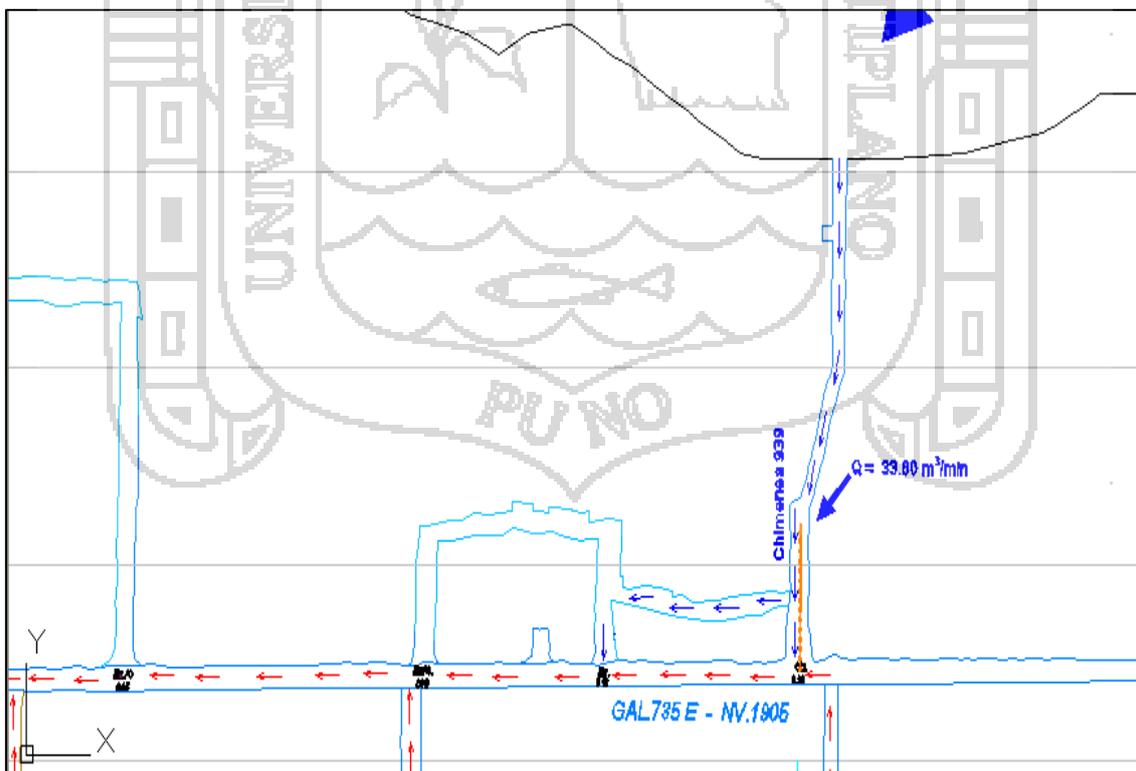
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5.17 Esquema del flujo de aire fresco por la chimenea 939 – Nv. 1905



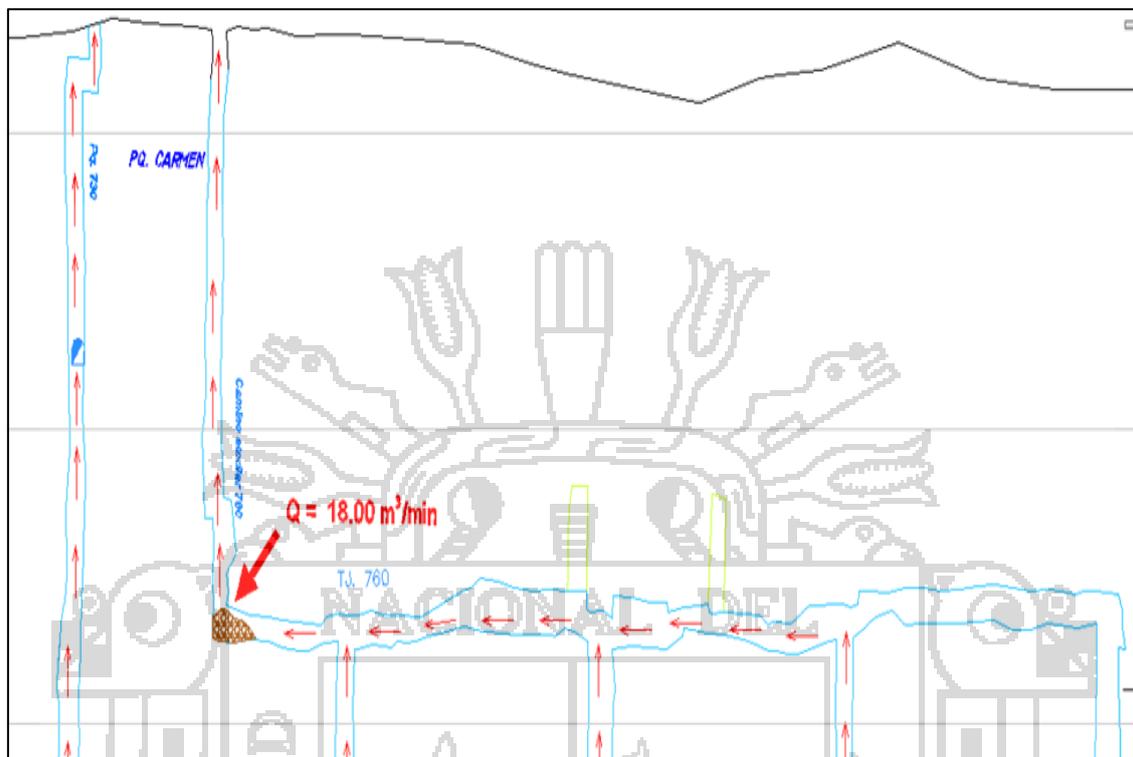
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5.18 Esquema de acondicionamiento de la chimenea 939 – Nv. 1905



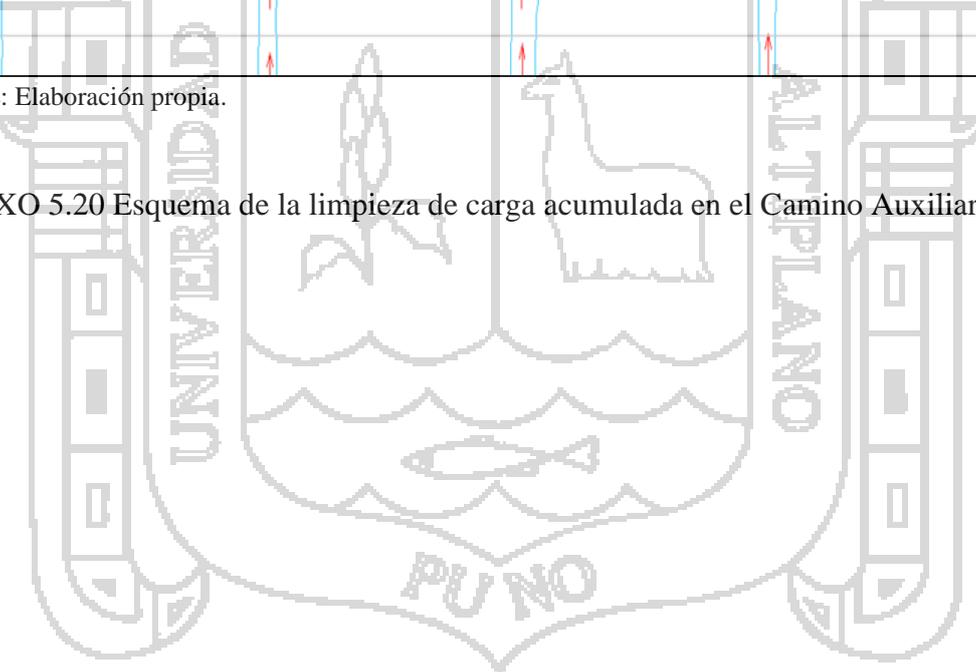
Fuente: Elaboración propia.

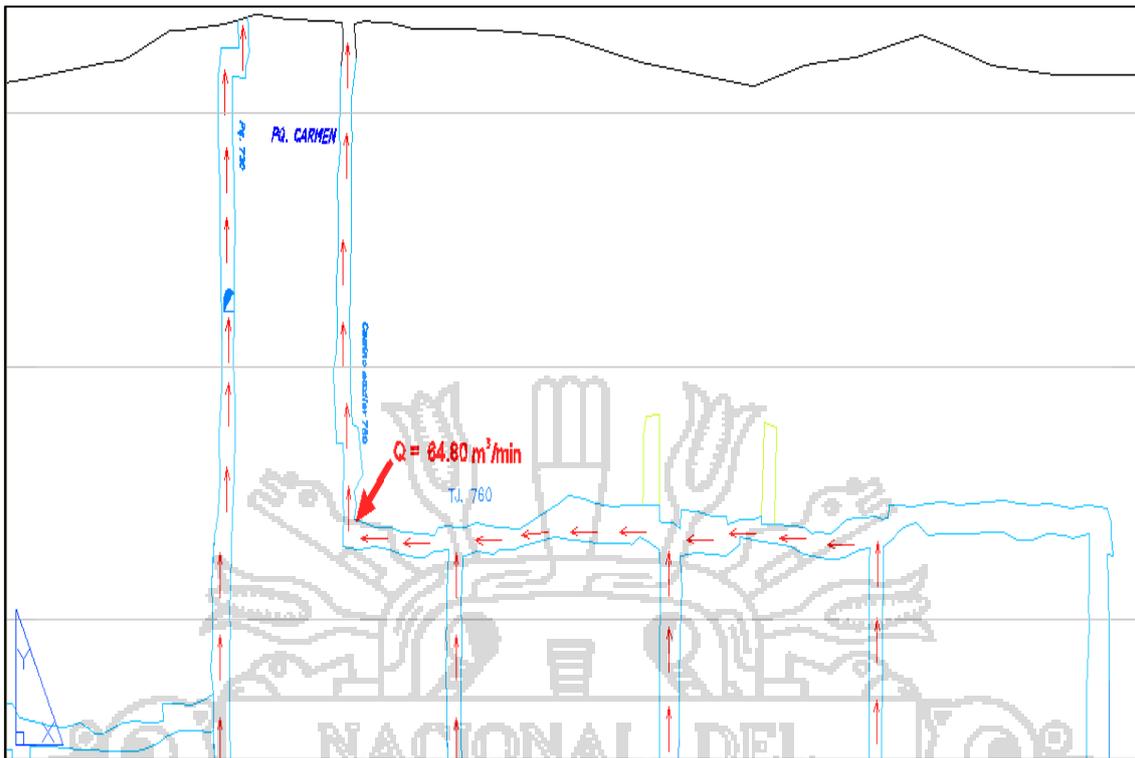
ANEXO 5.19 Esquema de la evacuación del aire viciado por el Camino Auxiliar 760



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5.20 Esquema de la limpieza de carga acumulada en el Camino Auxiliar 760.





Fuente: Elaboración propia.

ANEXO N° 6

Ingreso de aire fresco a las labores de la Zona Gisela

FOTO 6.1 Inclinado 420



FOTO 6.2 Inclinado 425



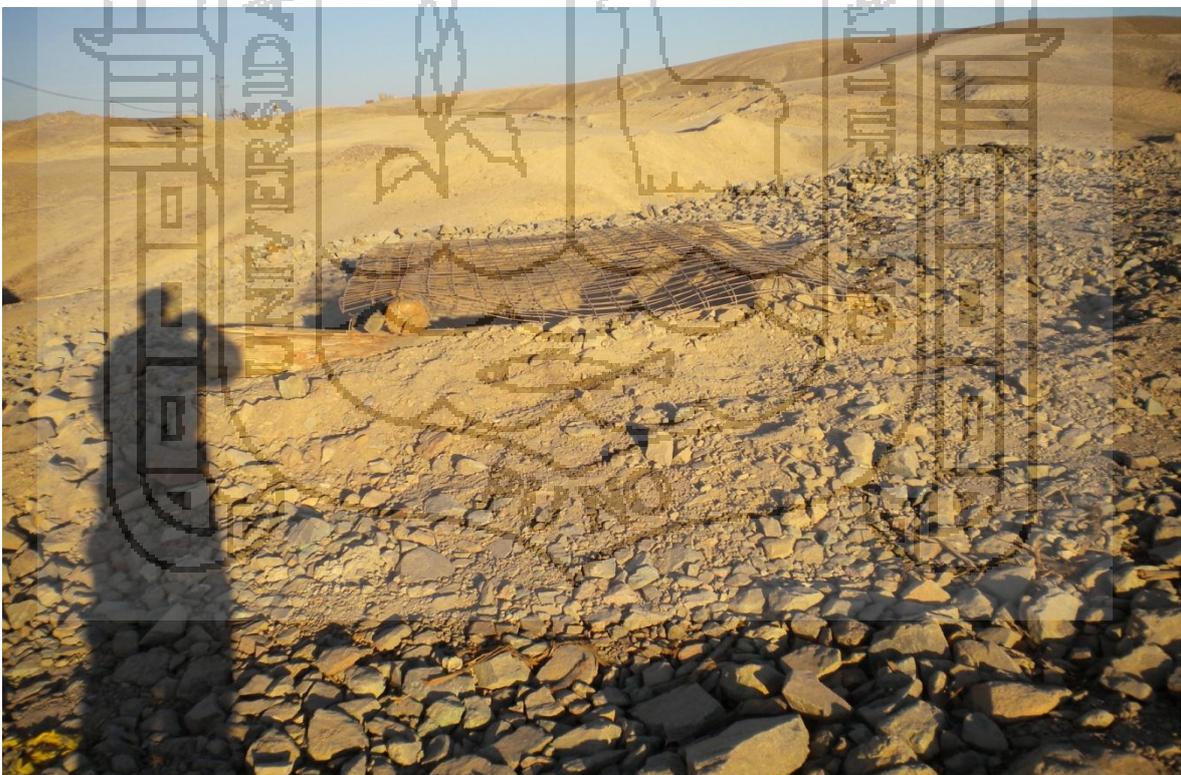
ANEXO N° 7

Salida de aire viciado de las labores de la Zona Gisela

FOTO 7.1 Camino Auxiliar 760 – veta Gisela.



FOTO 7.2 Pique Juana





PLANOS