

**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**DE MINAS**



**“DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN  
PARA MEJORAR EL AMBIENTE SUBTERRÁNEO, CASO U.M.  
ANIMON-U. E.A. CHUNGAR S.A.C.”**

PARA : Optar el Título de Ingeniero de Minas  
PRESENTADO : Bach. Gómez Tacuri Omar Osmil

AYACUCHO - AGOSTO

2016

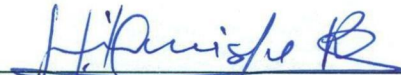
**“DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA MEJORAR EL AMBIENTE SUBTERRÁNEO, CASO U.M. ANIMON – U.E.A. CHUNGAR S.A.C.”**

**RECOMENDADO : 10 DE AGOSTO DEL 2016**

**APROBADO : 19 DE AGOSTO DEL 2016**



**MSc. Ing. Carlos A. PRADO PRADO**  
**(Presidente)**



**MSc. Ing. Indalecio QUISPE RODRÍGUEZ**  
**(Miembro)**




**Ing. Darwin ORTEGA CÁCERES**  
**(Miembro)**



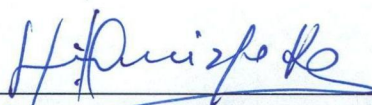
**Ing. Fortunato DE LA CRUZ PALOMINO**  
**(Secretario Docente)**

Según el acuerdo constatado en el Acta, levantada el 19 de agosto del 2016, en la Sustentación de Tesis Profesional presentado por el Bachiller en Ciencias de la Ingeniería de Minas Sr. Omar Osmil GÓMEZ TACURI, con el trabajo Titulado "DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA MEJORAR EL AMBIENTE SUBTERRÁNEO, CASO U.M. ANIMON – U.E.A. CHUNGAR S.A.C.", fue calificado con la nota de QUINCE (15) por lo que se da la respectiva APROBACIÓN.



---

MSc. Ing. Carlos A. PRADO PRADO  
(Presidente)




---

MSc. Ing. Indalecio QUISPE RODRÍGUEZ  
(Miembro)



---

Ing. Darwin ORTEGA CÁCERES  
(Miembro)



---

Ing. Fortunato DE LA CRUZ PALOMINO  
(Secretario Docente)

## DEDICATORIA

Con mucho cariño dedico este trabajo de tesis:

A mi madre Nancy Tacuri Torres por sacarme adelante.

A mi querida familia por el apoyo integro.

A Carlos Antonio Saravia Palomino y Julia Guillén Quispe mis padrinos, gracias por los valores inculcados.

A la memoria de Victoria Palomino, mi segunda madre.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios, por permitirme dar el primer paso en mi vida profesional. A la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería de Minas con toda su plana de docentes que compartieron sus conocimientos. Ing. Jerges Porlles (Superintendente de proyectos de la Mina Animon) gracias por confiar en mí, y apoyarme a laborar en su centro de trabajo (Mina Animón - Empresa Administradora Chungar) para poder desarrollar y expresar mis conocimientos básicos. Un agradecimiento a toda el área de ventilación Ing. Héctor Medina - Jefe de ventilación, capataces, maestros, ayudantes de la EACH que de buena intención me compartieron sus experiencias.

## INDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
INDICE	
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	
<b>CAPITULO I. <u>GENERALIDADES</u></b>	
1.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD.....	09
1.2 CLIMA Y VEGETACIÓN.....	11
1.3 FISIOGRAFÍA.....	12
1.4 SISTEMA DE TRABAJO DE LA MINA.....	12
1.5 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
1.6 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.7 PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS.....	15
1.8 VARIABLES E INDICADORES.....	16
1.9 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN.....	16
1.10 OBJETIVOS.....	17
1.11 MATERIALES Y METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	17
<b>CAPÍTULO II. <u>MARCO TEÓRICO</u></b>	
2.1. OPERACIÓN ACTUAL DE LA UNIDAD MINERA ANIMON....	19
2.1.1. Diseños de métodos de explotación.....	20
2.1.2. Ciclo de minado.....	21
2.1.3. Sistema de transporte de mineral.....	22
2.2. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA U.M. ANIMON.....	23
2.2.1. Sistemas de ventilación de la mina.....	24
2.2.2. Inventario de ventiladoras.....	25
2.2.3. Condiciones de ventilación en labores de producción y servicios.....	27
2.2.4. Levantamiento de ventilación de la mina.....	28
2.2.4.1. Estaciones de control de ventilación.....	29
2.2.5. Parámetros de ventilación.....	29

2.2.6. Medición de velocidad de aire.....	36
2.2.7. Condiciones anómalas en el sistema de ventilación auxiliar.....	42
2.2.8. Circuitos del aire de la mina.....	54
2.2.7.1. Circuitos de ventilación de la zona Este.....	63
2.2.7.2. Circuitos de ventilación de la zona Oeste.....	64
2.2.9. Balance de ingresos y salidas de aire de la mina antes del proyecto.....	66
2.3. DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE LA VENTILACIÓN EN LA U.M. ANIMON.....	68
2.3.1. Marco legal.....	68
2.3.2. Justificación de los proyectos de ventilación.....	69
2.3.3. Planeamiento de la explotación minera y sistema de ventilación.....	70
2.3.4. Proyectos de sistema de ventilación aspirante.....	71
2.3.5. Determinación del diámetro óptimo de las chimeneas de extracción de aire.....	93
2.3.6. Determinación de requerimiento de aire para los proyectos de explotación.....	97
2.3.6.1. Para el personal.....	97
2.3.6.2. Para los equipos diésel.....	98
2.3.6.3. Para la dilución de los gases.....	98
2.3.6.4. Por la temperatura de labores subterráneas.....	99
2.3.6.5. Requerimiento global del aire.....	99
2.3.7. Diseño de sistema de ventilación por la profundización de la mina.....	100
2.3.8. Planes de trabajo cotidiano de ventilación minera.....	100
2.3.9. Selección de ventiladores.....	101
2.4. MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN DEL PROYECTO DE VENTILACIÓN.....	113
2.4.1. Modelamiento.....	113
2.4.2. Proyecto de la red de ventilación.....	124

2.4.3. Parámetros de simulación.....	125
2.4.4. Simulación de circuitos de extracción con software de ventilación.....	126
2.4.4.1. Circuito de extracción 01 Veta María Rosa.....	126
2.4.4.2. Circuito de extracción 02 Veta Carmen - Janeth 01.....	127
2.4.4.3. Circuito de extracción 03 Veta Carmen – Janeth 02....	128
2.4.4.4. Circuito de extracción 04 Veta Principal.....	129
2.4.4.5. Circuito de extracción 05 Veta Karina / Andalucía.....	130
2.4.4.6. Circuito de extracción 06 Veta Gisela / Andalucía.....	131
2.5. INVERSIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA U.M.ANIMON.....	132

### **CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXO I INVENTARIO DE VENTILADORAS

ANEXO II ESTACIONES DE LEVANTAMIENTO DE CAMPO

ANEXO III FOTOGRAFÍAS

ANEXO IV CIRCUITOS DE VENTILACIÓN EN ESQUEMÁTICO

ANEXO V COSTO DE ENERGÍA Y EXCAVACIÓN SEGÚN CHUNGAR

ANEXO VI CICLO DE MINADO

ANEXO VII PLANO ISOMÉTRICO DE VENTILACIÓN

ANEXO VIII PLANOS DE ANTES Y PROYECTO DE RBS ZONA OESTE

## RESUMEN

La evaluación de la red principal y secundaria de la EACH Unidad Animon, realizado de Junio a Agosto, se pudo apreciar la evolución de la red del sistema de ventilación de la mina. El sistema de la red principal al mes de Julio, contaba con los siguientes circuitos de ventilación:

### **Extracción Zona Oeste:**

- Circuito 01. RB-20 (RB-07B)
- Circuito 02. RB-26 (RB-17)

### **Extracción Zona Este:**

- Circuito 03. RB-41 (RB-04)
- Circuito 04. RB-64 (RB-42)
- Circuito 05. RB-51 (RB-46)
- Circuito 06. RB-63

La extracción en la Zona Este originó el 70% de todo el flujo desplazado por la red, el caudal total de ingreso registrado fue de 823,258 cfm y de salida de 902,511 cfm, cuyo promedio del caudal de 860,000 cfm entre la entrada y salida de Aire.

Con un requerimiento de Aire de 1' 064,377 cfm, esto nos dio una cobertura del 77%, la cual no fue crítica y se encuentran en proceso de desarrollo a Octubre.

En vista a la necesidad de la profundización, es imprescindible como también forzoso, establecer una red de descarga para las labores proyectadas futuras.

En el modelamiento en VentSim™, se escogió el NV-150 como el nivel estratégico, puesto que éste se conecta con toda la zona de producción actual y futura para una proyección operativa aproximada para tres años hacia la profundización (Veta Principal, Veta María Rosa, Veta Carmen y Veta Janet) y en horizontal (Veta Andalucía, Veta Karina y Veta Gisela).

Al modelar el trabajo, se formula algunos proyectos de mejoramiento en el circuito de ventilación, la ejecución de 5 RBs (Raise Boring o Chimeneas) que beneficia en la disminución de la resistencia de la mina de 0.01888 Ns<sup>2</sup>/m<sup>8</sup> a 0.00862 Ns<sup>2</sup>/m<sup>8</sup> y consecuentemente en un ahorro anual en el costo de energía, por la disminución de KW-h en el consumo de las ventiladoras.

## INTRODUCCIÓN

E.A. CHUNGAR SAC, presenta dificultades en el análisis integral del sistema de ventilación de la U.M. Animon, por lo cual es necesario la implementación y aseguramiento del volumen de aire necesario para los diferentes procesos de minado (exploración y desarrollos). En asegurar el desempeño laboral en un ambiente subterráneo en condiciones cumpliendo las normativa vigente D.S. 055-2010-EM. El presente trabajo refiere del estudio del circuito de ventilación, que comprende la optimización del sistema de ventilación y simulación proyectada para 4 años. Se realizó el modelado topográfico completo, definiendo los circuitos principales de ventilación, con data de coordenadas locales, proporcionada en AutoCAD y Datamine, que luego ser procesada en VentSim.

El modelo está calibrado y se puede realizar diversas simulaciones confiables, tomando en cuenta la actualización del modelo y el diseño presentado.

Se han realizado los levantamientos de ventilación de los Niveles 620, 520, 465, 390, 355, 310, 250, 200, 150, 100, 075 y 050 (poza de bombeo RP Mirko W), al mes de Julio 2015, ubicando en campo un total de 235 estaciones de control y monitoreo de ventilación (Ver Anexo II).

Para el cálculo del caudal total que requiere la mina, se han tomado las necesidades de aire según el DS-055-2010-EM (RSSO) Art 236 Inciso b. Para 418 personas (Compañía y Empresas Especializadas), para el funcionamiento de los equipos a combustión Diésel (producción, transporte y servicios), para una potencia efectiva de 8,549 HP, considerando un factor de utilización de las máquinas (según la demanda horaria de los equipos), como también, el caudal necesario para diluir los contaminantes por efecto de las voladuras de rocas (con dinamita) y para el control del incremento de temperatura (gradiente geotérmica y presencia de los motores eléctricos estacionarios, como son el calor latente y calor sensible).

Se han considerado cinco (05) niveles de operación, la velocidad mínima que debe circular por las labores de operación debe ser de 20 m/min y máxima de 250 m/min, según el D.S.055-2010-EM, Art. 236 Inciso e), la sección promedio de las labores operativas es de 18.80 m<sup>2</sup>, el tiempo de ventilación promedio, que permite una dilución efectiva simulada en VentSim, es de 60 minutos, con un consumo promedio de explosivos de 1,498 kg/g.

## **CAPÍTULO I**

### **GENERALIDADES**

#### **1.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD**

##### **A.- UBICACIÓN**

La Unidad Minera Animon está ubicada en el distrito de Huayllay localizado en la Sierra Central del Perú al suroeste en la provincia de Cerro de Pasco, en el borde oeste de la meseta andina de Bombón (Junín), a una altitud comprendida entre los 4250 msnm y 4830 msnm. A 149 km de distancia en línea recta a NE de la ciudad de Lima. Su ubicación en la Carta Nacional es en hoja 23-K-Ondores y sus Coordenadas UTM son:

P.P: ANIMON

N: 8°780,728

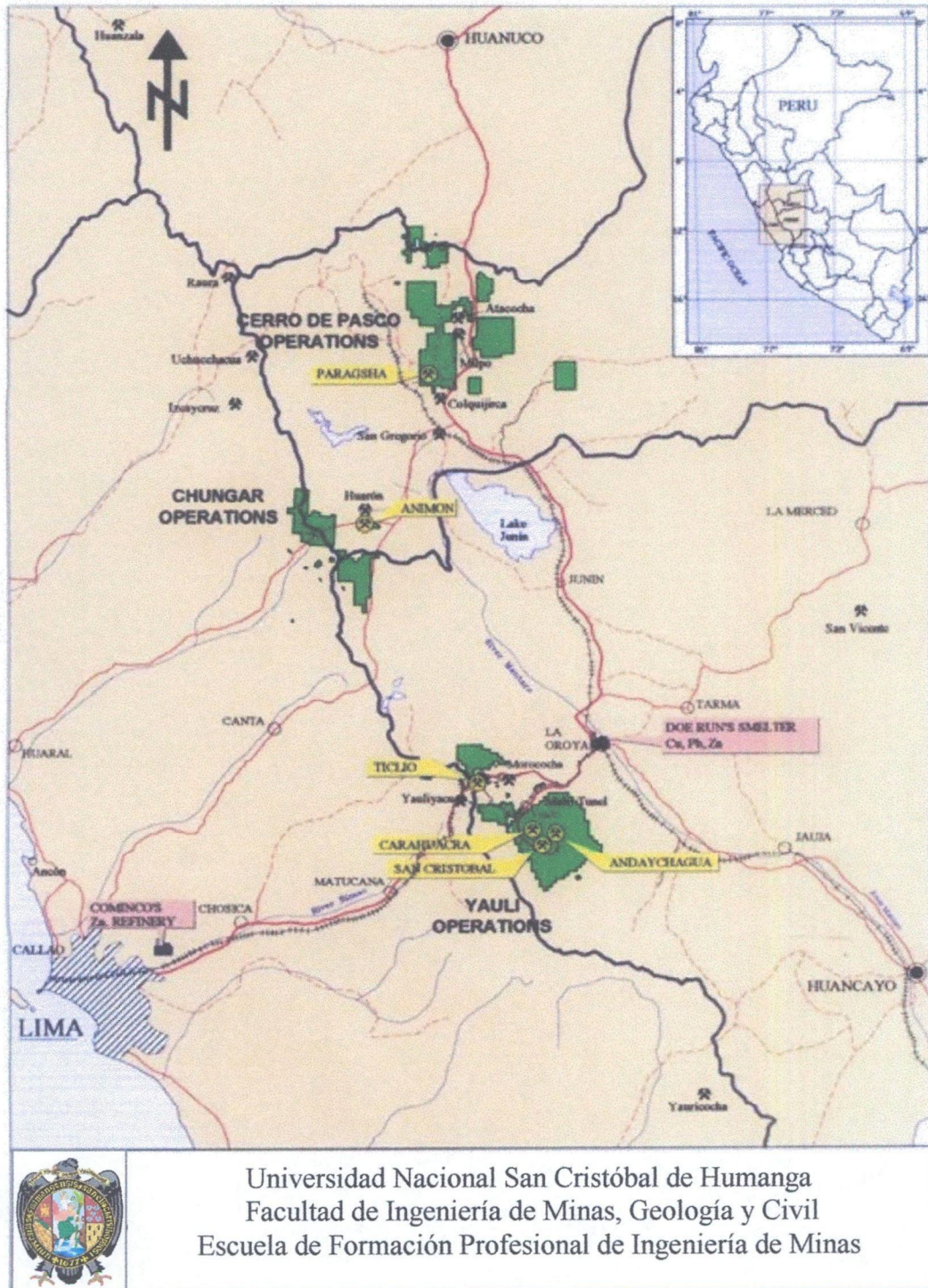
E: 344,654

Limita por el **Norte** con la Cía Minera Huarón, por el **Este** con caserío La Cruzada, al **Oeste** con la Comunidad de Quimacocha y la Laguna Shegue, y al **Sur** con la Laguna Huaroncocha.

##### **B.- ACCESO**

El acceso que nos lleva a la Unidad Animón, esta deducida en la tabla siguiente:

Ruta	Km	Hr
Lima-Oroya-Pasco-Animón	304	06
Lima-Canta-Animón	219	04
Lima-Huaral-Animón	225	04



Universidad Nacional San Cristóbal de Humanga  
 Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil  
 Escuela de Formación Profesional de Ingeniería de Minas

Figura 1.1: Ubicación y acceso

## 1.2 CLIMA Y VEGETACIÓN

### A.- CLIMA.

La Unidad Animon directamente se deduce como un clima “tundra seca de alta montaña”. La zona se caracteriza por presentar dos estaciones marcadas durante el año, una estación seca entre los meses de abril y setiembre y una estación lluviosa entre octubre y marzo. La temperatura mínima promedio alcanza a  $-2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y una temperatura máxima promedio  $11.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Los vientos tienen una dirección S – N y alcanzan una velocidad promedio de 5.9 km/h.

### B.- VEGETACIÓN

La Unidad Minera Animón se encuentra ubicada en una ecoregión Puna, específicamente en las zonas de vida Tundra Pluvial y Páramo Pluvial; donde la característica principal es la ausencia de árboles y mencionando las siguientes especies:

- **Bofedales:** Típica formación de humedal alto andino, con una comunidad vegetal característica y condiciones de eutrofización alta, dando origen a las formaciones de plantas almohadillas y arrossetadas, pegadas al suelo y duras.

- **Césped de Puna (denominado pajonal bajo en anteriores estudios):** Formación constituida por especies de porte bajo. Ocupa zonas relativamente secas del terreno, con alguna presencia de piedras.

- **Pajonal de Puna:** Constituido por especies de porte mediano, habitualmente gramíneas alto andinas de tamaño mediano (ICHU), se ubica en zonas abrigadas en las que se pueda retener algo de humedad. Cubriendo una extensión de 18 millones de hectáreas aproximadamente.

- **Matorral:** Ubicado en laderas rocosas con escasa humedad, constituido por especies presentes en el pajonal, pero con una menor densidad y algunos arbustos de tallo leñoso.

### 1.3 FISIOGRAFÍA

Se caracteriza por una topografía moderada y estable en sus partes bajas. En dirección Este y Oeste se observa que la mina se encuentra en una hollada rodeada por agudas colinas que alcanzan los 5 500 msnm y pertenecen a las cordilleras que dominan los bordes de la meseta del bombón; estos picos forman parte de la cordillera occidental y cordillera oriental.

### 1.4 SISTEMA DE TRABAJO DE LA MINA

La Corporación minera Volcan cuenta con cinco Unidades Económicas Administrativas (UEA): Yauli, Chungar, Cerro de Pasco, Alpamarca y Óxidos de Pasco; dentro de los cuales tiene **nueve minas subterráneas**, **tres tajos abiertos**, **siete plantas concentradoras** con una capacidad de tratamiento de 21,850 TPD y una planta de lixiviación de 2,500 TPD.

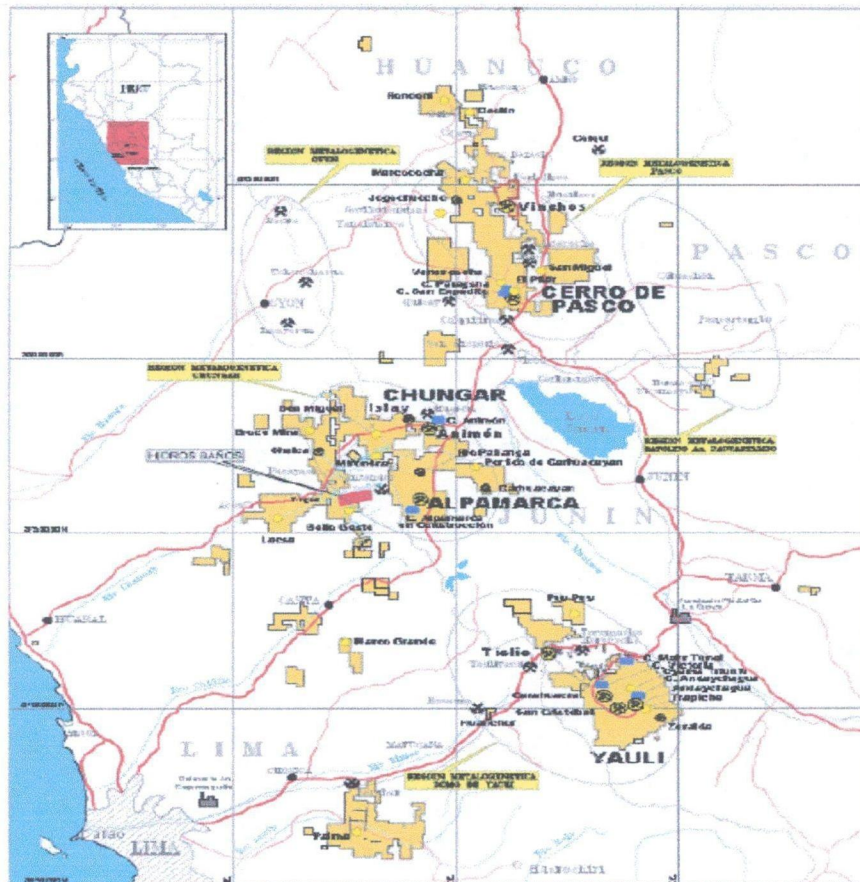


Figura 1.2: Las UEA y principales propiedades mineras del Grupo Volcan

Como se puede observar en la tabla, la Unidad minera Chungar opera dos minas subterráneas: Animón e Islay. La **mina Animon**, abarca 546,1828 Ha de concesiones mineras incluidas las 61 Ha como Concesión de Beneficio.

La Unidad Minera Animon efectúa actividades concernientes a la Industria Minera y Metalúrgica, como las labores de exploración, desarrollo, preparación, cubicación, explotación, transporte y beneficio de minerales por flotación; para lo cual cuenta con una infraestructura compuesta por tres piques y dos rampas como vía de accesos a las labores subterráneas, y carreteras como vías de comunicación en superficie, una planta de beneficio de minerales polimetálicos, cuyos productos principales son los concentrados de Zinc, Plomo y Cobre, los mismos que son transportados por carretera hacia el Callao, para su exportación.

Cuenta con campamentos para la supervisión, con todas las instalaciones auxiliares y sanitarias correspondientes, el personal obrero radica en la ciudad de Huayllay, y todos los días se movilizan hacia la mina en buses que facilita la Empresa; las actividades se desarrollan en el paraje llamado Cuchimachay y La Cruzada en el Distrito de Huayllay. El sistema de trabajo referidas a las actividades de explotación minera se realiza a través de las Empresas Especializadas (Contratistas), que tienen su propia organización a nivel de trabajadores obreros e Ingenieros para la supervisión; por otro lado, la empresa minera titular como Chungar de la Mina Animón tiene profesionales desde la Alta Dirección de la empresa hasta los supervisores, que supervisan y coordinan todas las actividades de la mina.

## **1.5 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Para el desarrollo de la siguiente tesis, fue necesario consultar fuentes diversas o trabajos de investigación relacionados al tema de estudio.

**Víctor Hugo Rodríguez Delgado, (2008)** en la Universidad Nacional de Ingeniería, de Lima, presentó su Trabajo para optar el Título profesional, “Diseño del Sistema de Control para la Ventilación de una Mina subterránea usando un controlador AC800m”.

Con este trabajo se propuso mejorar los estándares de calidad de ventilación de la mina subterránea, proporcionando el caudal necesario, exigido por las normas peruanas establecidas, lo que significa una mejora en las condiciones de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.

**Gerardo, Chambergo Orihuela, (2013)** en la Universidad Nacional de Ingeniería, de Lima, presentó su Trabajo para optar el Título profesional, “Propuesta de un sistema de ventilación, aplicando tecnologías de información y manejo de escenarios técnicos económicos en la Unidad Productiva San Cristóbal, de Minera Bateas S.A.C.”

Se planteó un sistema de ventilación cuya infraestructura tecnológica y de comunicación permitan transmitir en tiempo real cambios en el sistema acorde a los niveles de contaminación. La propuesta planteada genera un beneficio de 438,487 dólares americanos con una inversión de 136,878 dólares americanos; permitiendo minimizar el consumo de energía por uso de tecnología, instrumentación y sistemas de comunicación en interior mina.

**José Antonio Rojas Córdova, (2007)** en la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, de Ayacucho, presentó su Trabajo para optar el Título profesional, “Planeamiento del Sistema de Ventilación Principal de la U.M. el Porvenir de la Compañía Minera Milpo S.A.A.”

El levantamiento de ventilación permitió conocer el ingreso y salida de aire en la mina, con sus caudales obtenidos, logrando obtener el déficit o cobertura aire que se maneja en la mina. El abastecimiento de aire es importante para proseguir en los demás proyectos de producción.

Los proyectos de chimeneas con conexión a superficie fueron simulados en VNETPC2003, la cual resultó un incremento en la cobertura de aire de 103% con en un corto plazo, 11% a mediano plazo, 109% a largo plazo en la mina. El costo de inversión es factible con los indicadores resultantes.

## **1.6 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La Unidad Minera Animon, como resultado de la evaluación de sus sistemas de ventilación reporta una cobertura actual de 77% de aire fresco; por otro lado, el problema central de ventilación en esta mina radica, la distribución deficiente del aire de la red principal, por el déficit de conductos de ventilación (chimeneas) que conduzcan el aire fresco a las labores de producción, tanto horizontalmente como en profundidad, considerando la red de descarga para las futuras labores del proyecto. Este problema de ventilación, formulamos mediante el siguiente interrogante.

### **PROBLEMA PRINCIPAL**

¿Cómo los circuitos deficientes de ventilación afectan el ambiente subterráneo para lograr el grado de confort humano en la U.M. Animon?

### **PROBLEMAS ESPECÍFICOS.**

- 1 ¿Cómo incrementar el caudal de aire fresco para mejorar en ambiente de la U.M. Animon?
- 2 ¿Cómo contribuye el modelado y simulación de circuito de aire para mejorar el sistema de ventilación en la U.M. Animon?

## **1.7 PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS**

### **HIPÓTESIS GENERAL**

El control del ambiente subterráneo mediante el sistema de ventilación, logra alcanzar el grado de confort humano en la U.M. Animon.

### **HIPÓTESIS ESPECÍFICO**

- 1 El incremento de caudal de aire fresco mejora el ambiente de la U.M. Animon.
- 2 El modelado y simulación del sistema de ventilación contribuye al diseño adecuado de los circuitos de aire para las labores de producción en la U.M. Animon.

## 1.8 VARIABLE E INDICADORES

**VARIABLES INDEPENDIENTES.-** Circuitos de ventilación, aire fresco y chimeneas de extracción de aire viciado.

**INDICADORES.-** Número de chimeneas, caudal de aire, velocidad de aire y sección.

**VARIABLE DEPENDIENTE.-** Ambiente subterráneo.

**INDICADORES.-** Límites máximos permisibles de los gases, caudal de aire fresco, temperatura efectiva, presión de aire.

## 1.9 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN

### IMPORTANCIA

El titular de la mina Animon está obligado a dotar de aire limpio a las labores de trabajo de acuerdo a las necesidades del trabajador, de los equipos diésel y para evacuar los contaminantes ambientales que pudieran afectar la salud de los trabajadores, por otro lado, el sistema de ventilación subterráneo debe garantizar el flujo de aire dentro de la cantidad y calidad requerida, de acuerdo a los estándares establecidos, por esta razón el proyecto del sistema de ventilación está orientado a garantizar y mantener el ambiente subterráneo de trabajo saludable para todos los trabajadores de la mina, por lo que el presente trabajo tendría una **relevancia social y ambiental** en el campamento minero y en sus zonas de influencia.

### JUSTIFICACIÓN

En el trabajo cotidiano de la mina siempre existen reclamos y conflictos que generan los trabajadores como consecuencia de ambientes subterráneos poco ventilados, asimismo la ventilación es parte de la operación minera que debe ser gestionada como parte de la administración integral de la empresa, porque si existiera déficit de ventilación no habría producción de mineral en la mina y entre otras consecuencias como gaseamiento, bajo rendimiento y accidentes por falta de visibilidad, por lo que es conveniente plantear el diseño de chimeneas de extracción y optimización del sistema de ventilación, para expulsar el aire viciado inmediatamente.

## **1.10 OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

¿Contribuir al control ambiental subterráneo para lograr el grado de confort humano en la U.M. Animon?

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1 ¿Incrementar el caudal de aire fresco para mejorar el ambiente de la U.M. Animon?
- 2 ¿Contribuir en el diseño adecuado de circuitos de ventilación para lograr alcanzar el grado de confort humano en la U.M. Animon?

## **1.11 MATERIALES Y METODOLOGÍA DE TRABAJO**

### **MATERIALES**

- 01 Termo-anemómetro digital Testo 435-3, con 02 Sondas de anemómetros (de alta y baja velocidad) rangos de 0 a 40m/s.
- 01 Higrómetro digital: Temperatura y humedad relativa.
- 01 Manómetro diferencial Magnehelic – Dwyer (0-250 Pa)
- 01 Barómetro-altímetro digital Testo 511.
- 02 Tubos de Pitot con manguera de silicona de 5mm.
- 01 Taladro portátil eléctrico.
- 01 Distanciómetro digital.
- 01 Cronómetro con tubos de humo.

### **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

El método de investigación es descriptiva y evaluativa, para mejorar el sistema de ventilación de la mina y lograr un ambiente subterráneo saludable, conforme las normas legales vigentes de la minería.

### **Trabajo de campo**

Consiste en recoger la información del sistema de ventilación, concentración de gases de la mina, ubicación de las chimeneas de extracción, los parámetros de ventilación y entre otros datos.

### **Trabajo de gabinete**

Revisión bibliográfica, revisión de las informaciones internas de la mina Animon, elaboración de planos de ventilación, procesamiento, evaluación de datos, elaboración del trabajo de datos.

### **Modelamiento y simulación**

Para el modelamiento y simulación de la red en el VentSim™, se siguieron los siguientes pasos:

- Modelado de las labores antiguas y actuales, a partir de los planos topográficos en 2D y 3D (AutoCAD).
- Con la data de campo obtenida, labores: Ancho y altura de cada estación, se graficó la sección típica, para determinar el área de cada labor y obtener un promedio.
- Ubicaciones de las estaciones de ventilación principales (entradas y salidas de aire), secundarias y auxiliares de la mina en Ventsim.
- Caracterización de los ventiladores operativos, según el caudal y energía consumida (valores medidos en campo) y exportados a la base de datos del modelo en Ventsim™.
- Se asignó un factor de fricción (densidad = 1.2 kg/m<sup>3</sup>) según la rugosidad de las paredes, así mismo la asignación de pérdidas por choque según la geometría de cada labor.
- Ubicación de puertas, tapones, reguladores, orificios y toda condición que cause resistencia al paso de aire.
- Diseñar los escenarios y optimizar los circuitos para definir los nuevos ramales de ventilación.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. OPERACIÓN ACTUAL DE LA UNIDAD MINERA ANIMON**

La Empresa Administradora Chungar S.A.C. (EACH), Opera la Unidad Minera Animón e Islay, la cual abarca 546,1828 Ha de concesiones mineras incluidas las 61 Ha como Concesión de Beneficio. La Unidad Minera Animón e Islay efectúa actividades concernientes a la Industria Minera con una producción de 4000 TMD y 1000 TMD correspondientemente año 2014 - 2015.

La Unidad Minera Animón cuenta con una planta concentradora con una capacidad de 5500 TMD; en producción actual en promedio de concentrado asciende a 472.60 TMSD de Zn, 113.31 TMSD de Pb y 13.41 TMSD de Cu; con un radio de concentrado de 8.39% los mismos que son transportados por carretera hacia el Callao, para su exportación. Interior Mina las operaciones se efectúa en 100% mecanizada; 14 empresas contratistas apoyan en los distintos procesos mineros que comprende las labores de exploración, desarrollo, preparación, cubicación y explotación; para lo cual cuenta con una infraestructura compuesta por tres piques (Montenegro, Esperanza y Jacob Timmer), el pique Montenegro la más antigua solo usado para la movilización de personal para acceder a los Nv 310 – 355, los otros dos para ambos beneficios, tanto transporte de personal y extracción de mineral.

Los horarios de disparo son a las 6:00 am – 12:00 pm ambas guardias. La extracción de mineral se realiza exclusivamente por los piques Montenegro y Jacob Timmer, este último la más reciente llega hasta el Nv 100, el transporte del mineral en interior mina es por volquetes y dumper en dirección a los pocket de extracción. Dos rampas (Terry y Mirko) como vías de accesos a las labores subterráneas.

Cuenta con campamentos para la supervisión, con todas las instalaciones auxiliares y sanitarias correspondientes, el personal obrero radica en la ciudad de Huayllay, y todos los días se movilizan hacia la mina en buses que facilita la Empresa; las actividades se desarrollan en el paraje llamado Cuchimachay y La Cruzada en el Distrito de Huayllay, provincia y departamento de Pasco, en la Región Central del Perú.

### **2.1.1 DISEÑO DE MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN**

En la Unidad Animon el Método de Explotación que se utiliza es el Corte Y Relleno Ascendente (Over Cut and Fill) en los tajos de la Zona Este y Oeste desde el Nv 050 al Nv 355 tanto en la vetas Principal, Janeth, Andalucía, Karina, Carmen, Maria Rosa y Ofelia.

#### **Corte y Relleno Ascendente (Over Cut and Fill)**

La explotación de minerales se realiza, desde el Nv. 355 hasta el Nv. 050, en zona este y oeste. El acceso a los tajos, después de su preparación y antes de su explotación se realiza un by pass de 4.5m x 4.5m, y desde el cual se inicia una rampa con +/-12%, para acceder a los tajos donde se expondrá en dos alas, este y oeste de 80 m cada una.

La perforación en tajos son en breasting en una sección de 4.00 x 3.50 m, con un avance de 3 m/disparo, el material roto es cargado y trasladado por scoop de 6 yd<sup>3</sup> unos 50 m hasta el punto de carguío donde esperan los dumper o volquetes FM 12; culminado la explotación de cualquier ala ya se realiza la marcación del pivot, se agrega desmonte y encima se hace una barrera de madera con puntales de 6'', tablas de 8'' y se le cubre con tela (rafia) generando un pozo para iniciar el relleno hidráulico. Una vez sedimentado el relleno, se retoma la explotación en la ala explotada parte superior, utilizando el relleno como piso.

### **2.1.2. CICLO DE MINADO**

El ciclo de minado, en la Unidad Minera Animon concurre procedimientos complementarios de relleno hidráulico y sostenimiento (Ver Anexo VI)

#### **1.- PERFORACIÓN**

Se ejecuta con de jumbos S1D de Atlas Coopco de un brazo con barrenos de 12 y 14 pies de longitud, pero solo alcanzando un avance efectivo/disparo de 3.00 m por estándares de geomecánica, diámetro de taladro 45 mm, en secciones de 4.50 x 4.50 para rampas, galerías, accesos y crucero el número de taladros/disparo 55, en roca regular de un RMR de 42, logrando un avance efectivo de 90 metros/mes.

En los tajos se realiza perforación en breasting. Donde en una sección de 4.00x3.50 resulta una cantidad de 20 taladros con un burden de 1.23 m y espaciamiento de 1.5 m, pero haciendo las correcciones, porque la sección no es rectángula, entonces tendremos un burden de 0.9 m y espaciamiento de 1.11 m. (Ver Anexo VI)

#### **2.- VOLADURA**

Una vez realizado la perforación se prosigue con el carguío de explosivo con agentes de explosivo semexa65 (labores secos), emulnor 1000 (para trabajos en tajos con presencia de agua), y exablock (para el precorte de la sección), considerando un factor de carga en frentes (4.50x4.50 m) de 1.36 Kg/m<sup>3</sup>, luego como accesorios tenemos el fanel, pentacord y carmex que se amarran entre sí.

La densidad de mineral de 3.2 Tn/m<sup>3</sup>; el avance efectivo en tajos de 4.00x3.50 es de 6 m/guardia, obteniéndose en cada tajeo una producción de 240 tn/guardia y 480 tn/día y un promedio de 1920 tn/día de estos tajos en la Zona este, zona oeste el resto de producción proviene de profundización (veta Principal).

#### **3.- DESATE**

Previamente la ventilación por un lapso de 1 h se retoma el trabajo iniciando el desate manual y mecanizado con Skailer que toma unos 45 min aproximadamente.

#### 4.- LIMPIEZA

Usamos Scoop de 6 yd<sup>3</sup> que trasladan el material roto hasta un punto de carguío que se encuentra a 50 - 80 m.

#### 5.- SOSTENIMIENTO

El sostenimiento se realiza con pernos hidrobolt espaciados acuerdo al tipo de roca que se presente y shotcreth mas fibra metálica lanzado por robots que son abastecidos por Mixer, hasta un espesor de 2'' – 2.5''. En labores inestables se refuerza con mallas electrosoldadas.

Cuadro 2.1: Parámetros técnicos

<b>Parámetros técnicos para el minado.</b>	
<b>Dilución</b>	20% - 25%
<b>Productividad</b>	10.04 t/h-día
<b>Consumo de explosivos</b>	0.43 Kg./t
<b>Longitud de taladro</b>	3.65m (con Jumbo)
<b>Avance efectivo</b>	3.00 m
<b>Labores preparatorias</b>	6.0 m/480 TM extraídas
<b>Prod. Labores preparatorias</b>	10%
<b>Recuperación de recursos</b>	90%
<b>Mineral roto disparado</b>	162.5 TM
<b>Sostenimiento temporal pernos, shotcrete</b>	

#### 2.1.3. SISTEMA DE TRANSPORTE DE MINERAL

En la U.M Animon el mineral es transportado por volquetes hasta los pocket de los piques de extracción. Cuenta con puntos de carguío de un área aproximada de 80 m<sup>2</sup> y a una distancia de 50-80 m de los tajos. Donde los volquetes y dumper son llenados de mineral por los Scoop de 6 yd<sup>3</sup>; son trasladados hasta los pockets del pique Esperanza en el Nv 310 y Pique Jacob Timmer Nv 100. El mineral es extraído solo por los piques, sin así tener la necesidad que los volquetes salgan a superficie. Todo el mantenimiento y disposición de trabajos se realiza en interior mina.

## **2.2. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA U.M. ANIMON**

### **VENTILACIÓN DE MINAS.**

La ventilación de minas es el suministro de caudal de aire en calidad y cantidad necesarias a todas las labores subterráneas accesibles, con velocidades y presiones adecuadas, utilizando los medios naturales, mecánicos o combinados<sup>1</sup>.

Las funciones que cumple el sistema de ventilación de minas, son:

- Suministrar el aire fresco para asegurar las condiciones ambientales adecuadas de interior mina.
- Diluir y/o evacuar los gases y polvos nocivos del ambiente subterráneo, para mantener debajo de los límites máximo permisibles o tener aire limpio.
- Regular las condiciones climáticas adecuadas en aquellas minas calurosas. Este clima subterráneo adecuado se logra manteniendo una temperatura y un contenido de humedad adecuado en el aire de la mina.

El control ambiental de las labores subterráneas, son cada día más complejas, debido a las condiciones ambientales desfavorables que se genera en todo momento, por las siguientes razones:

- El consumo de explosivos.
- El empleo de los equipos diesel.
- La presencia del material particulado (polvo) generado por el mismo trabajo minero.
- La diversidad de labores subterráneas que se ejecutan diariamente como son los piques, chimeneas, cruceros, tajeos, entre otros.
- La profundidad de las minas y
- La cantidad de personal que laboran en la mina.

El conjunto de trabajos que se realiza para suministrar el aire fresco y cumplir con las funciones señaladas, no son actividades que se ejecutan de una vez, sino son trabajos permanentes que se realiza, porque las operaciones mineras son dinámicas y progresivas por extraer miles de toneladas de mineral y correr cientos de metros de labores diariamente.

---

<sup>1</sup> Quispe Rodríguez, I. Texto Universitario: Ventilación de Minas, 2016

Por otro lado, el sistema de ventilación de la mina, está íntimamente relacionado con el planeamiento operacional de la mina, que exige una buena distribución de caudal de aire a todas las zonas de explotación o a las labores de producción, de manera eficiente y eficaz.

#### **A. Ventilación principal.**

Es cuando el flujo de aire principal que enviamos atraviesa toda la sección o mina de 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.

#### **B. Ventilación secundaria.**

Reeleva 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 recirculación, que de otro modo se gasta inútilmente la corriente eléctrica.

#### **C. Ventilación auxiliar.**

Es la que se usa para las chimeneas, para los tajos. Generalmente es utilizado para pequeños circuitos y especialmente para lugares confinados con el uso de ventiladoras de 5,000 a 35,000 cfm y ductos de lona o metálicos se envía aire o se aspira el aire y también en combinación de estas dos formas.

### **2.2.1 SISTEMAS DE VENTILACIÓN DE LA MINA.**

El sistema de ventilación de la mina Animon es impulsado por los ventiladores a través de los circuitos principales y secundarios, por las chimeneas RB, galerías principales y otras labores de la mina, ingresando el aire limpio hasta los niveles inferiores, para ser distribuidos a todos los frentes de trabajo, luego el aire viciado asciende por otras chimeneas hasta la superficie. Sin embargo, presenta dificultades en el sistema de ventilación integral de la mina, porque circula un caudal insuficiente para extraer los contaminantes a tiempo, por lo que es necesario la implementación y aseguramiento de volumen de aire necesario para los diferentes procesos de minado (exploración y desarrollos). Para superar estas deficiencias, la

empresa desarrolló una nueva chimenea, CH-3S, de 6.25 m<sup>2</sup> de sección y está en proceso de implementación para instalar un ventilador que cubra los requerimientos de caudal. El estudio presenta un resumen de estos trabajos y los pasos seguidos para seleccionar el ventilador nuevo.

### 2.2.2 INVENTARIO DE VENTILADORAS.

La mina tiene ventiladores operativos en circuitos primario y secundario de ventilación, con datos nominales en sus placas, mientras otros ventiladores no poseen placa, por este motivo se agruparon por “familias”.

El inventario de ventiladores se presenta en las tablas 2.2 y 2.3, en mayor detalle e incluyendo las ventiladoras auxiliares se muestra en el Anexo I.

Tabla 2.2: Inventario de ventiladores principales de la mina Animon

COD. VENTSIM	COD. SAP	MARCA	UBICACIÓN			MODELO	NOMINAL (PLACA)			
			NIVEL	LABOR	VETA		CAUDAL (cfm)	POTENCIA (HP)	TENSION (V)	VEL. (rpm)
1VP	VEN-0008-CH	AIRTEC	200	RB-41	Principal	VAV-60-30-1750-I-B	150.000	150	460	1.780
2VP		AIRTEC	175	RB-64 (RB-42)	Principal	VAV-60-30-1750-I-B	150.000	150	460	1.780
3VP	VEN-0003-VH	HOWDEN	225	RB-26 (A)	Janeth	AXIVANE S2000	150.000	250	440	1.750
4VP		HOWDEN	225	RB-26 (B)	Janeth	AXIVANE S2000	150.000	250	440	1.750
5VP	VEN-0011-CH	AIRTEC	200	RB-20A	María Rosa	VAV-60-26.5-1750-II-A	120.000	250	440	1.785
6VP	VEN-0001-CH	HOWDEN	200	RB-51 (RB-46)	Principal	AXIVANE S2000	150.000	250	440	1.750
7VP	ZITRON	ZITRON	SUP.	RB-63	Superficie	ZVN 1-18-(550)-360/4	200.000	482	460	1.532
8VP		AIRTEC	LIMA	MANTTO	Lima	-	150.000	-	-	-
9VP		ZITRON	LIMA	MANTTO	Lima	-	200.000	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.3: : Inventario de ventiladores secundarios de la mina Animon

COD. VENTSIM	COD. SAP	MARCA	UBICACIÓN			MODELO	NOMINAL (PLACA)			
			NIVEL	LABOR	VETA		CAUDAL (cfm)	POTENCIA (HP)	TENSION (V)	VEL. (rpm)
1VS	VEN-0004-CH	HOWDEN	150	RB-73	Principal	AXIVANE S2000	150.000	250	460	1.780
2VS		HOWDEN	150	RB-95	Ofelia	AXIVANE S2000	150.000	250	460	1.780
3VS	VEN-0236-CH	AIRTEC	225	RB-94	Janeth	VAV-48-26.5-1750-II-A	75.000	150	460	1.755
4VS		HOWDEN	150	RB-76A	Carmen	AXIVANE S2000	110.000	250	460	1.800
5VS	VINCHOS	HOWDEN	SUP.	SUPERFICIE	Superficie	AXIVANE S2000	110.000	250	460	1.800

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la eficiencia de los ventiladores se midieron: voltaje, amperaje y el factor de potencia de cada equipo. De este modo, se identificó el alto o bajo rendimiento. Es recomendable que la eficiencia del motor se encuentre en un rango del 70% al 90%. Si el ventilador está funcionando por encima de este rango (es decir, el punto de operación nominal del ventilador no es apropiado para cumplir con la resistencia interna al paso del aire del sistema de ventilación), podría ocurrir, con el tiempo, una falla prematura del equipo.

Por el contrario, si el ventilador está funcionando por debajo del 70% de la potencia nominal del motor, el ventilador está trabajando en la curva de baja presión; en este caso, la causa más probable es que la resistencia interna de la mina es menor, debido a las fugas de aire a través de los tapones de ventilación y propiamente por la recirculación del aire por un mal hermetizado durante la instalación del ventilador. Sin embargo, la condición física o mecánica del ventilador es un factor que contribuye también a los siguientes aspectos:

Con el tiempo, el ángulo de los alabes pueden ser desplazados, ésta es la causa para que el ventilador se deteriore prematuramente.

La falta de mantenimiento del equipo (acumulación de polvo, hollín de Diésel que reviste como una película grasosa), a los elementos del sistema impulsor, las propiedades aerodinámicas de los alabes del ventilador se ven comprometidas y ser a la postre reemplazadas.

Mecánicamente, los cojinetes del motor pueden dañarse y necesitarán ser reemplazados.

En cuanto a los ventiladores que funcionan por encima de 90% de eficiencia, su condición podría ser consecuencia de:

Instalación de un ventilador con un punto de trabajo inapropiado del ventilador para la resistencia interna al flujo de aire de los sistemas de ventilación.

No se consideró la demanda de la potencia (HP) en las diferentes cotas de elevación.

Programas inapropiados de mantenimiento de los ventiladores.

A continuación en las siguientes tabla 2.4 y 2.5 se muestra la eficiencia del ventilador con los datos medidos en campo.

**Tabla 2.4: Eficiencia de ventiladoras principales de la mina Animon**

COD. VENTSI M	MODELO	POTENCIA				EFFI. MOTOR (%)	EFFI. VENTILADOR (%)	ESTADO ACTUAL
		ELÉCTRICA (BHP)		MECÁNICA (AHP)				
		(kW)	(HP)	(kW)	(HP)			
1VP	VAV-60-30-1750-I-B	162	217	125	168	87	77	OPERATIVO
2VP	VAV-60-30-1750-I-B	168	225	115	155	90	69	OPERATIVO
3VP	AXIVANE S2000	135	181	60	81	73	45	OPERATIVO
4VP	AXIVANE S2000	175	235	71	96	94	41	OPERATIVO
5VP	VAV-60-26.5-1750-II-A	147	197	117	156	79	79	OPERATIVO
6VP	AXIVANE S2000	161	216	112	151	87	70	OPERATIVO
7VP	ZVN 1-18-(550)-360/4	199	267	196	262	59	98	OPERATIVO
8VP	MANTENIMIENTO	-	-	-	-	-	-	INOPERATIVO
9VP	MANTENIMIENTO	-	-	-	-	-	-	INOPERATIVO

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 2.5: Eficiencia de ventiladoras secundarios de la mina Animon**

COD. VENTSI M	MODELO	POTENCIA				EFFI. MOTOR (%)	EFFI. VENTILADOR (%)	ESTADO ACTUAL
		ELECTRICA (BHP)		MECÁNICA (AHP)				
		(kW)	(HP)	(kW)	(HP)			
1VS	AXIVANE S2000	178	239	115	154	96	65	OPERATIVO
2VS	AXIVANE S2000	104	139	111	136	56	98	OPERATIVO
3VS	VAV-48-26.5-1750-II-A	91	122	89	119	81	98	OPERATIVO
4VS	AXIVANE S2000	77	103	51	68	41	66	OPERATIVO
5VS	AXIVANE S2000	-	-	-	-	-	-	INOPERATIVO

*Fuente:* Elaboración propia

### 2.2.3 CONDICIONES DE VENTILACIÓN EN LABORES DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS.

En las rampas principales (Rp Mirko, Rp Terry). La rampa Terry en todo su trayecto la ventilación es favorable; en la rampa Mirko en su trayecto de superficie al Nv 175 es de buena ventilación, a partir del Nv 175 el ambiente subterráneo empiezan a tener un incremento de temperatura y presencia de vapor de agua, complicando la movilización de equipos y personal de servicio.

La rampa de profundización que conecta a la rampa Mirko Este, que llega al Nv 050 y próximos al Nv 000 hay presencia de aguas subterráneas y el ambiente muestra temperaturas efectivas altas. El comedor del Nv 100 principal hay presencia de monóxido que sobrepasan los límites permisibles; el mismo panorama se presencia en las cámaras de bombeo que hay en todo el tramo de la rampa, teniendo inconvenientes en el rendimiento del personal y perjudicando en la producción.

En las zonas de producción, los tajos en el sistema de ventilación se presencia recirculación de aire, en consecuencia presencia de alto índice de monóxido como pueden ser en los tajos de Janeth Nv 200 - 150, Andalucía Tj 600 – 700 - 800 Nv 250 – 200 – 150, Karina Tj 600 - 800 Nv 250, 175, etc.

Profundización Nv 050 Tj 500 – 600, la temperatura es muy alta que llega a los 40 °C y con presencia de agua subterránea con temperatura de 50-60 °C.

Los tajos de la veta principal también son puntos críticos por la presencia de agua y labores de alta temperatura.

#### **2.2.4 LEVANTAMIENTO DE VENTILACIÓN DE LA MINA.**

El levantamiento de ventilación, es un conjunto de operaciones de campo y de gabinete, que permite conocer el estado real del sistema de ventilación de una mina; el trabajo de campo comprende el muestreo de gases, la medición de la velocidad del aire, temperaturas, la dirección del flujo de aire y medición de las dimensiones de la labor, en las estaciones de ventilación determinados en todo los niveles de la mina; el trabajo de gabinete consiste en los cálculos posteriores y el traslado de datos de campo a los planos en planta, para luego confeccionar el plano de ventilación, que sirve para estudiar, analizar e interpretar el sistema de ventilación, plantear las mejoras, elaborar proyectos de ventilación y emitir el informe respectivo.

Durante el mapeo de ventilación también se evalúa el estado y ubicación de los ventiladores existentes, determinar zonas de recirculación del aire y entre otros.

Asimismo la ventilación en los tajeos, chimeneas y frontones tiene mucha trascendencia después de la voladura, donde los gases deben ser evacuados en el

menor tiempo posible, para el cual debe cumplirse en esos lugares la velocidad mínima de caudal de aire, de 20 a 25 m/min.

#### **2.2.4.1 ESTACIONES DE CONTROL DE VENTILACIÓN.**

Son lugares estratégicos ubicados en todos los niveles de la mina, en galerías principales y secundarias, en la captación y descarga de ventiladores, en la bifurcación de labores, en las chimeneas, con información de su área, perímetro, número de estación, dirección de flujo mediante una flecha. En cada una de las estaciones de ventilación se monitorea el flujo de aire midiendo su velocidad, la sección transversal del lugar, temperatura ambiental, muestreo de gases y la determinación de la dirección del flujo de aire.

De los planos topográficos existentes se obtiene las distancias longitudinales de las galerías, cruceros, rampas y chimeneas de la mina, conocidos como conductos de aire para la Simulación. Las estaciones de control están distribuidas por niveles y especificados en planos como se muestra. (Ver anexo II).

#### **2.2.5 PARÁMETROS DE VENTILACIÓN.**

Los parámetros a considerar en el sistema de ventilación son:

##### **1.- DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE AIRE**

La densidad de aire de un lugar de mina es un dato importante que debe ser hallado y que se usa en el cálculo de ventilación.

Datos obtenidos en campo:

- Cota promedio de mina: 4620 m.s.n.m
- Temperatura de aire 15.34 °C
- Calculando la presión barométrica:

$$\log B = \log P_1 - \frac{h}{122.4(^{\circ}F + 460)} \quad (a)$$

Donde:

B= Presión barométrica lb/pulg<sup>2</sup>

P<sub>1</sub>= Presión a nivel de mar = 14.7 lb/pulg<sup>2</sup>

H = Altura sobre el nivel de mar en ft = 15167.43 ft

F° = Temperatura a esta "h"

$$^{\circ}F = \frac{9}{5}^{\circ}C + 32$$

Entonces tendremos: T=59.61°F

$$\log B = \log 14.7 - \frac{15167.43}{122.4(59.61 + 460)}$$

$$\log B = 1.167317 - 0.23848061$$

$$B = 8.49 \frac{lb}{pulg^2} = 17.28 \text{ pulg de Hg}$$

Para convertir lb/pulg<sup>2</sup> a pulg de Hg multiplicar por 2.036

En la U.M se presencia un aire con presencia de humedad

$$W = \frac{1.327(B - 0.378f)}{460 + t}$$

(b)

Donde:

W = Densidad lb/ft<sup>3</sup>

T = Temperatura del aire, °F

B = Presión Barométrica en pulg de Hg

f = Presión de vapor en el punto de rocío en pulg Hg f = 0.517 pulg Hg (Según tabla 3).

$$W = \frac{1.327(17.28 - 0.378 \times 0.517)}{460 + 59.61}$$

$$W = 0.044 \frac{lb}{ft^3}$$

- Área de la sección transversal del conducto: de los datos obtenidos en las estaciones de control obtenemos una sección promedio de 4.54 m x 4.31 m.

Obteniendo el área promedio de la siguiente manera:

$$= a \times b \times 0.93$$

$$= 18.20 \text{ m}^2$$

- Perímetro

$$= (2a+2b) \times c$$

Donde:

a = Ancho medio de galería

b = Altura medio de galería

$$\begin{aligned}
c &= \text{Constante práctico que de acuerdo a la irregularidad de la sección varia} \\
&\text{de 0.8 a 1.2.} \\
&= (2 \times 4.54 + 2 \times 4.31) \times 0.95 \\
&= 16.82 \text{ m}
\end{aligned}$$

## 2.- DETERMINACIÓN COEFICIENTE DE FRICCIÓN.

El coeficiente de fricción “K” depende de la rugosidad de la superficie de las paredes y de la longitud del ducto o conducto, y está expresado en unidades, (Kg/m<sup>3</sup>). Existen tres métodos principales para determinar un valor adecuado del factor de fricción (K):

### a.- Por analogía con similares conductos de ventilación.

Durante los estudios de ventilación, la medición de la caída de presión por fricción, H, han sido calculados a partir de la ecuación de Atkinson. Estos valores de k posteriormente pueden ser empleados para predecir las resistencias de similares conductos de ventilación planificados.

$$K = \frac{5.2 * H * A^3}{O * L * Q^2} * \frac{0.075}{\omega} \quad (c)$$

### b.- Mediante uso de tablas.

Desde la década de 1920, las diferentes investigaciones sobre coeficientes de fricción, realizadas en muchas minas en los conductos de ventilación, han sido compiladas en las tablas para el diseño de sistemas de ventilación. Sin embargo, estos datos deben ser utilizados solamente como una guía, recomendando que en cada mina se debe determinar su propio coeficiente de fricción.

Este valor de K se obtiene directamente de la tabla, de acuerdo al tipo de roca y características geométricas longitudinales del conducto o labores mineras y está dada para minas situadas a nivel del mar; para las minas ubicadas en alturas se hace la corrección respectiva según la densidad del aire mediante la siguiente relación:

$$K_{\text{corregida}} = K_c = f_c \times K.$$

$$f_c = \frac{P_{e.\text{aire.del.lugar}}}{0.075}$$

También de acuerdo al tipo de sostenimiento y revestimiento de los conductos de ventilación, se debe utilizar dicha tabla.

**c.- De datos geométricos.**

Esta forma de determinar el coeficiente de fricción (K), se adecua mucho mejor a la realidad de cada mina, y está expresada en función de la altura de las asperezas y el diámetro medio hidráulico del conducto ( $Dh = 4A / per$ ).

$$K = \frac{1,855 \times 10^{-6}}{6,67 \left[ 1,74 - 2 \log \left( \frac{2e}{Dh} \right) \right]^2} \quad (d)$$

<sup>2</sup> Arthur B. Cummins. SME Mining Engineering Handbook, Volume I page 16-16, 1973.

Donde:

K: Coeficiente de fricción del conducto (lb min<sup>2</sup>/pie<sup>4</sup>)

e: Espesor de las irregularidades de la sección transversal del conducto (m)

Dh: Diámetro hidráulico del conducto (m).

$$Dh = \frac{4A}{P}$$

A = Área de la labor, m<sup>2</sup>

P = Perímetro de la labor

El espesor (e) de las irregularidades del conducto es un parámetro importante para el cálculo de coeficiente de fricción, del cual depende la consistencia de los resultados de diseño del sistema de ventilación.

La ecuación (d) fue deducida por el Ing. Cam Seeber de nacionalidad Canadiense, relacionando la Fórmula de Atkinson que sirve para Cálculo de Ventilación de Minas, con las Fórmulas científicas de Karman Plandtl y Colebrooke-White de dinámica de fluidos, en el que el parámetro principal es la rugosidad de la sección transversal de los conductos.

El procedimiento de medición del espesor de las irregularidades del conducto, ver figura 2.1:

1. Establecer tramos de 10 m en un conducto
2. Establecer 8 estaciones de medición: 2 en cada pared lateral del conducto, 2 en el techo y 2 en el piso
3. Ubicar 2 puntos en cada estación establecida, separados de 10 m.
4. Extender una cuerda entre los 2 puntos establecidos en cada estación
5. Medir los espacios entre la pared del conducto y la cuerda
6. Obtener el promedio de los espacios medidos, el cual representa el espesor (e) de las irregularidades del conducto.

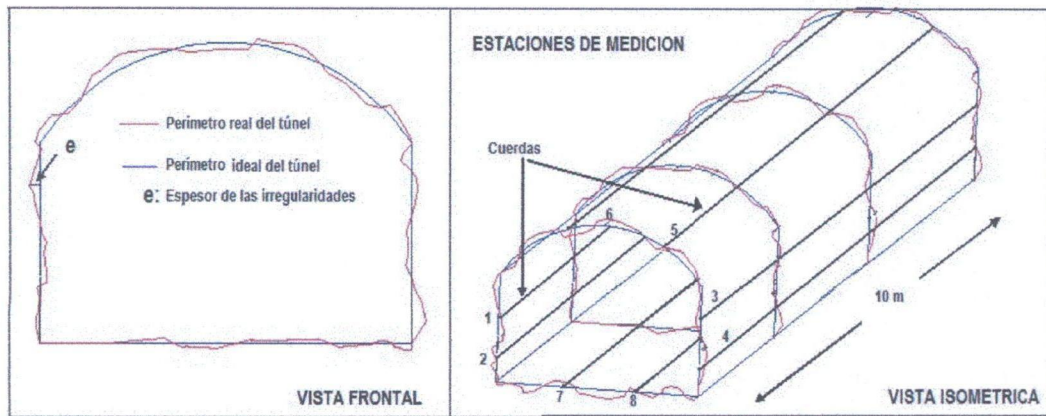


Figura 2.1: Procedimiento para hallar el factor K de una mina.

Asignando mediante tabla el coeficiente de fricción (K) para Galerías y RBs.

Tabla 2.6: Coeficiente – K para minas metálicas

Descripción del ducto	Factor – K Kg/m <sup>3</sup>	Factor – K Lb-min <sup>2</sup> /ft <sup>4</sup> *E-10
Galerías	0.00879	47.4
Rampa	0.01158	62.4
Pique (áspero)	0.01126	60.7
RB	0.00466	25.1

Fuente: Prosser Y Wallace, 1999

K para galerías = 47.4

K para Rbs = 25.1

La cual hay que corregir por la densidad del aire de la mina para obtener el K corregido a nivel de mina.

$K_{\text{corregido}} = K \left( \frac{W}{0.075} \right)$  donde W es la densidad del lugar de mina

### 3.- ORIFICIO EQUIVALENTE

Es un término que sirve para conocer si una mina es factible de ser ventilada o no antes de hacer cálculos. La abertura determinada señala de acuerdo al volumen que se quiere transportar por la chimenea.

$$O = 0.0004 \frac{Q}{\sqrt{H_f}} = \text{pies}^2 \quad (\text{e})$$

Donde:

O = Es el área de la abertura en pies<sup>2</sup>.

Q = Es el volumen de aire en CFM que debe pasar.

H<sub>f</sub> = Es la caída de presión a través de la abertura en pulg de H<sub>2</sub>O.

### 4.- RELACIÓN DE ATKINSON

$$H_f = RQ^2 \rightarrow H_f = \frac{KPLQ^2}{5.2A^3} \quad (\text{f})$$

Donde:

H<sub>f</sub>: Pérdida de presión en pulg de H<sub>2</sub>O

K: Coeficiente de fricción del conducto (lb min<sup>2</sup>/pie<sup>4</sup>)

P: Perímetro de la sección transversal el conducto (pie)

L: Longitud del conducto en (pie)

Q: Caudal requerido en (CFM)

A: Área de la sección transversal del conducto (pie<sup>2</sup>)

### 5.- PERDIDA DE PRESIÓN DINÁMICA.

$$H_v = W \left( \frac{V}{1098} \right)^2 \quad (\text{g})$$

Donde:

H<sub>v</sub>: Pérdida de presión por velocidad (pulg de H<sub>2</sub>O).

W: Densidad del aire (lb/ft<sup>3</sup>).

V: Velocidad de presión (ft/min).

## 6.- PÉRDIDA DE PRESIÓN TOTAL

$$H_t = H_f + H_v$$

(h)

Donde:

H<sub>t</sub>= Pérdida de presión total.

H<sub>f</sub>= Pérdida de presión estática o de fricción.

H<sub>v</sub>: Pérdida de presión dinámica o de velocidad.

## 7.- POTENCIA DE VENTILADOR

$$HP = \frac{H_t Q}{6346n}$$

(i)

Donde:

HP: Potencia del motor en (HP)

H<sub>t</sub>: Pérdida de presión total (pulg de H<sub>2</sub>O)

Q: Caudal requerido (cfm)

n: Eficiencia del motor.

### Otros

- Método de explotación: Mecanizado, corte y relleno ascendente (Cut and Fill).
- Número de guardias: 2 gdia/día
- Número de personas en mina: 418 hombres/g.
- Número de equipos a combustión Diésel: 86; Potencia efectiva equipos Diésel: 17,512 HP
- Consumo de explosivos: 1,498 Kg/g.
- Número de disparos: 2/día.
- Velocidad mínima-máxima: 20-250 m/min. (En zonas de operación o donde opera el personal).
- Producción: 4,000 TMD – Mensual: 120,000 TM.

## 2.2.6 MEDICIÓN DE VELOCIDADES DEL AIRE

Son los factores más importantes que deben conocer y considerar para tomar decisiones. En principio el código de minería establece que las velocidades en una mina nunca deben ser MENOR de 20 m/min (66 ft/min) y nunca mayor de 250 m/min (820 ft/min).

Cuando se trabaje con ANFO la velocidad no debe ser menor de 25 m/min (82 ft/min).

En cuanto a las velocidades máximas estas no deben ser más de 213 m/min (700 ft/m) en galerías principales de tránsito de personal, porque incomoda el frío o calor mientras que en galerías exclusivas que trasladan gases y polvos puede ser hasta 1300 ft/m o 2200 ft/min.

### 1.- MEDICIÓN CON ANEMÓMETRO

La medición de la velocidad de aire, en cada estación de control indicada, se tomó una cantidad de 9 muestras para poder tener un promedio verídico y luego multiplicarlo por el factor de calibración (Ver Anexo III).

$$V = f \times V_p$$

V: Velocidad de flujo de aire, en m/s

V<sub>p</sub>: Velocidad promedio, en m/s

f: Factor de calibración del instrumento

En la tabla 2.7 se muestra las velocidades promedio en las estaciones describiendo su ubicación y el tipo de aire.

Tabla 2.7: Velocidades promedio de todas las estaciones

UBICACIÓN			NATURALEZA DEL AIRE		Velocidad promedio (V <sub>p</sub> )	
NIVE L	ESTAC	LABOR	DIRECCION	TIPO	(m/s)	(m/min)
75	E1	RP MIRKOE	Sale	Viciado	1.24	74.7
75	E2	RB-95	Sale	Viciado	2.88	172.7
75	E3	CX-075	Sale	Viciado	0.53	32.0
75	E4	RB-91	Ingresas	Fresco	0.56	33.3
75	E5	RP MIRKOE	Ingresas	Fresco	2.06	123.3

75	E6	CX-075				
75	E7	CX-075				
75	E8	CX-075				
100	E9	CA-03 BP-100W	Ingresa	Fresco	0.48	28.5
100	E10	ACC-400 1E	Sale	Viciado	1.00	60.0
100	E11	BP-100W	Sale	Viciado	1.34	80.7
100	E12	BP-100	Sale	Viciado	0.83	50.0
100	E13	ACC-200 1E	NF	NF	0.50	30.0
100	E14	ACC-100 1E	Sale	Viciado	0.29	17.1
100	E15	CX-100	Sale	Viciado	2.23	134.0
100	E16	RP MIRKOE	Ingresa	Fresco	0.20	12.0
115	E17	CX-115	Ingresa	Fresco	0.33	20.0
115	E18	RB-81(CA-02)	Sale	Viciado	0.86	51.3
115	E19	ACC-100 BP-115	Sale	Viciado	0.88	52.5
115	E20	RB-83	Ingresa	Fresco	0.54	32.7
115	E21	CA-02 BP-115	Ingresa	Fresco	0.13	8.0
115	E22	ACC-200 1W	Sale	Viciado	0.51	30.7
115	E23	BP-115	Ingresa	Fresco	0.67	40.0
115	E24	BP-115 ACC-400 1W	Sale	Viciado	0.92	55.1
115	E25	BP-115	Ingresa	Fresco	0.30	18.2
115	E26	RB-82	Sale	Viciado	0.36	21.7
115	E27	RP MIRKOE	Ingresa	Fresco	0.42	25.3
100	E28	RP-100 (-)	Sale	Viciado	0.45	27.1
100	E29	BP-100 PRINCIPAL	Sale	Viciado	0.41	24.5
100	E30	RP-100 (-)	Sale	Viciado	0.74	44.7
100	E31	CA-01- RP 100(-)	Sale	Viciado	1.07	64.5
125	E32	BP-125, RB-75B	Sale	Viciado	1.99	119.7
125	E33	BP-125 (-) ACC-500 1E	Sale	Viciado	0.19	11.3
125	E34	RP-125 (-) CA-01 CX-125	Sale	Viciado	0.25	15.2
125	E35	BP-125 (-) RB-71A	Ingresa	Fresco	0.24	14.7
125	E36	RP-125 (-)	Ingresa	Fresco	0.39	23.7
125	E37	RP-125 (-)	Ingresa	Fresco	0.24	14.3
125	E38	RP-130	Ingresa	Fresco	0.24	14.5
150	E39	BP-150	Ingresa	Fresco	0.20	11.8
150	E40	CX-150N	Sale	Fresco	1.00	60.0
150	E41	BP-150	Ingresa	Fresco	0.66	39.5
125	E42	CH-02, RP MIRKOE	Ingresa	Fresco	1.38	82.8
125	E43	RP-125	Sale	Fresco	2.43	145.0
150	E44	CA-47	Sale	Viciado	1.58	94.7
150	E45	RP MIRKOE	Sale	Viciado	2.47	148.0
150	E46	RP MIRKOE	Sale	Viciado	2.37	142.0
150	E47	CX-150 N	Sale	Viciado	0.70	42.0
150	E48	PQ-JT	Ingresa	Fresco	0.93	56.0

150	E49	CX-150N	Ingresa	Fresco	0.57	34.0
150	E50	CX-150N	Sale	Viciado	0.72	43.3
150	E51	CX-150, RB-95	Sale	Viciado	3.67	220.0
150	E52	CX-145, RB-95	Sale	Viciado	0.33	20.0
150	E53	ACC-100 1W	Sale	Viciado	0.48	28.7
150	E54	CA-06, RB-85	Sale	Viciado	0.18	10.7
150	E55	ACC-300 1E	Sale	Viciado	0.77	46.0
150	E56	ACC-300 1W	Sale	Viciado	2.84	170.5
150	E57	BP-150	Sale	Viciado	0.61	36.7
150	E58	CA-15	Sale	Viciado	0.61	36.7
150	E59	ACC-100 1W	Sale	Viciado	1.61	96.5
150	E60	CA-01, BP-150	Sale	Viciado	0.64	38.3
150	E61	BP-150	Sale	Viciado	0.93	55.9
150	E62	BP-150	Sale	Viciado	1.65	99.1
150	E63	CX-150S	Sale	Viciado	0.73	43.9
125	E64	ACC-100	Sale	Viciado	0.13	7.5
125	E65	ACC-100 1W	Sale	Viciado	0.60	35.9
125	E66	RB-20D	Sale	Viciado	1.42	85.5
125	E67	RP MIRKOW, NV-145	Ingresa	Fresco	0.84	50.4
150	E68	RB-74 pie	Ingresa	Fresco	0.64	38.3
150	E69	BP-175 CA-03	Ingresa	Fresco	0.60	36.0
150	E70	RP MIRKOW- INTEGRACION	Sale	Viciado	0.61	36.4
150	E71	ACC-500 1W	Sale	Viciado	1.30	78.0
150	E72	CA-14 RP INTEGRACION	Sale	Viciado	0.53	32.0
150	E73	RP INTEGRACION	Sale	Viciado	0.14	8.7
150	E74	RP INTEGRACION	Ingresa	Fresco	1.44	86.7
150	E75	pie Rb-79	NF	NF	0.26	15.7
150	E76	ACC-600 1W	Sale	Viciado	0.08	4.8
150	E77	RP-125	Sale	Viciado	0.72	43.0
150	E78	BP-150	Sale	Viciado	1.92	115.3
150	E79	RP-150	Sale	Viciado	1.20	72.0
150	E80	BP-175W	Ingresa	Fresco	0.25	15.0
150	E81	ACC-500 1E	Sale	Viciado	0.52	31.0
150	E82	ACC-400 1W	Sale	Viciado	0.72	42.9
150	E83	ACC-300 1E	Sale	Viciado	0.30	18.3
150	E84	ACC-300 1W	Sale	Viciado	0.53	32.0
150	E85	BP-150	Sale	Viciado	0.55	32.9
175	E86	CA-01 500 1E, BP-175	Ingresa	Fresco	0.24	14.7
175	E87	RB-47D	Ingresa	Fresco	0.39	23.3
175	E88	BP-175	Sale	Viciado	0.55	33.0
175	E89	ACC-400 1W	Ingresa	Fresco	0.17	10.0
175	E90	RB-44A	Ingresa	Fresco	0.44	26.6

175	E91	BP-175	Ingresa	Fresco	0.30	18.0
175	E92	ACC-500 1W	Sale	Viciado	0.60	36.1
175	E93	BP-175	Sale	Viciado	0.83	49.5
175	E94	ACC-700 1W	Sale	Viciado	0.28	16.7
175	E95	CA-05 BP-175	Sale	Viciado	1.00	60.0
175	E96	RB-68	Sale	Viciado	0.56	33.4
175	E97	ACC-200	Sale	Viciado	0.38	22.7
175	E98	RP ALTERNATIVA	sale	Viciado	2.13	128.0
175	E99	RP ALTERNATIVA	Sale	Viciado	1.92	115.3
175	E100	RB-62	Ingresa	Fresco	0.43	25.7
175	E101	RP INTEGRACION	Ingresa	Fresco	1.00	60.0
175	E102	RP INTEGRACION	Ingresa	Fresco	1.08	64.7
175	E103	RP MIRKOW	Ingresa	Fresco	1.82	109.1
175	E104	RB-20	Sale	Viciado	0.36	21.5
175	E105	RP MIRKOW	Ingresa	Fresco	2.07	124.2
175	E106	RP MIRKOW	Ingresa	Viciado	0.25	14.8
175	E107	BP-175 1E	Sale	Viciado	0.74	44.5
175	E108	RB-63A 63B	Sale	Viciado	0.70	42.1
175	E109	BP-175 1E	Ingresa	Viciado	2.76	165.3
175	E110	RP MIRKOE	Sale	Viciado	1.31	78.5
175	E111	RP MIRKOE	Sale	Viciado	0.83	50.0
175	E112	RP MIRKOE	Ingresa	Viciado	4.37	262.0
200	E113	CX-100	Sale	Viciado	2.17	130.5
200	E114	ACC-200 1E	Ingresa	Fresco	2.55	152.9
200	E115	Pasando CH-raptor	Sale	Viciado	0.22	13.1
200	E116	BP-200	Ingresa	Viciado	3.17	190.0
200	E117	RB-64	Sale	Viciado	2.39	143.5
200	E118	BP-200 1E	Sale	Viciado	0.62	37.1
200	E119	RP-200 (+)	Ingresa	Viciado	1.22	73.4
200	E120	BP-225	Sale	Viciado	0.79	47.4
225	E121	RB-63B	Ingresa	Viciado	1.24	74.5
200	E122	BP-225	Ingresa	Viciado	1.48	88.9
200	E123	BP-200 1E	Ingresa	Fresco	0.42	25.3
200	E124	RP MIRKOE	Ingresa	Fresco	3.29	197.1
200	E125	ACC-100 3E	Sale	Viciado	0.31	18.9
200	E126	RP MIRKOE	Ingresa	Fresco	1.91	114.7
200	E127	RP MIRKOE	Ingresa	Fresco	0.25	14.9
250	E128	BP-250	Ingresa	Fresco	1.04	62.7
250	E129	CX-250	Ingresa	Fresco	1.17	70.0
250	E130	ACC-200 1E	Sale	Viciado	0.92	55.3
250	E131	BP-250	Sale	Viciado	0.59	35.6
250	E132	BP-250	Sale	Viciado	0.35	21.1
200	E133	RP MIRKO Alternativa	Sale	Viciado	0.82	49.3

225	E134	CX-250N	Sale	Viciado	0.86	51.7
225	E135	BP-225	Sale	Viciado	1.27	76.0
225	E136	BP-225	Sale	Viciado	1.17	70.0
225	E137	ACC-300 1E	Sale	Viciado	0.58	34.8
225	E138	RP-400 (+)	Ingresa	Fresco	1.40	84.0
225	E139	CX-225	sale	Viciado	2.47	148.0
225	E140	RP-400 (-)	sale	Viciado	2.35	140.9
225	E141	CA-04, RP-400 (-)	Ingresa	Fresco	2.70	162.0
200	E142	CX-200	Ingresa	Fresco	2.37	142.0
200	E143	BP-200W	Sale	Viciado	0.59	35.3
200	E144	BP-200	Sale	Viciado	0.79	47.3
200	E145	RP MIRKOW	Ingresa	Fresco	2.80	168.0
200	E146	RP MIRKOW	Ingresa	Fresco	2.87	172.3
200	E147	CX-200N	Ingresa	Fresco	0.34	20.7
200	E148	RP MIRKOW	Ingresa	Fresco	3.05	182.9
200	E149	RP-500 (-)	Ingresa	Fresco	0.33	20.0
200	E150	RP-500	Sale	Fresco	0.31	18.9
200	E151	RP-500	Sale	Fresco	0.18	10.6
200	E152	CX-225	Sale	Viciado	0.66	39.5
200	E153	RB-66	Sale	Viciado	0.38	22.9
250	E154	RP-500 (-)	Sale	Fresco	0.21	12.7
250	E155	CX-600	Ingresa	Fresco	1.91	114.7
250	E156	RP-500 (-)	Ingresa	Fresco	0.97	58.0
250	E157	BP-280W	Sale	Fresco	0.20	12.0
250	E158	BP-260W	Ingresa	Fresco	0.31	18.5
250	E159	BP-260W	Ingresa	Viciado	0.33	20.0
250	E160	PQ ESPERANZA	Ingresa	Fresco	2.00	120.0
250	E161	CX-600S	Ingresa	Fresco	1.19	71.7
250	E162	RP-250	Sale	Viciado	0.39	23.3
250	E163	BP-250	Ingresa	Fresco	1.45	87.1
250	E164	RP MIRKOE	Ingresa	Fresco	3.00	180.0
250	E165	BP-260	Ingresa	Fresco	1.02	61.0
250	E166	BP-260E	Ingresa	Fresco	0.76	45.3
250	E167	BP-260E	Ingresa	Fresco	0.78	46.5
250	E168	BP-260E	Ingresa	Viciado	1.38	82.7
250	E169	CX-250	Sale	Viciado	0.58	34.7
250	E170	RB-63	Sale	Viciado	4.53	272.0
250	E171	ACC-700 1E	Ingresa	Viciado	3.12	187.1
310	E172	RP-260 (+)	Sale	Viciado	0.90	54.0
310	E173	RB-70	Sale	Viciado	0.34	20.7
310	E174	CX-310	Sale	Viciado	0.74	44.7
310	E175	CX-310	Sale	Fresco	0.09	5.6
310	E176	PQ JACOB TIMMERS	Ingresa	Fresco	0.06	3.3

270	E177	RP MIRKOE	Ingresa	Fresco	3.38	202.7
270	E178	BP-280	Sale	Viciado	0.67	40.1
270	E179	CX-600N	Ingresa	Fresco	1.30	78.0
270	E180	CX-270	NF	NF	0.10	5.9
270	E181	RP-500 (+)	Ingresa	Fresco	1.34	80.7
270	E182	RP-270	Sale	Viciado	0.57	34.0
270	E183	RP-500 (+)	Ingresa	Fresco	2.07	124.0
270	E184	RP-500 (+)	Ingresa	Fresco	0.67	40.0
355	E185	CX-135	Sale	Semi	1.63	97.8
355	E186	BP-860E	Ingresa	Fresco	0.67	40.0
355	E187	BP-860E	Ingresa	Fresco	0.51	30.7
355	E188	GL-623E	Ingresa	Fresco	0.09	5.3
355	E189	PQ-ESPERANZA	Ingresa	Fresco	1.86	111.8
355	E190	GL-902E	Sale	Viciado	0.89	53.3
355	E191	CX-000 1W	Ingresa	Fresco	0.42	25.3
355	E192	PQ-MONTENEGRO	Ingresa	Fresco	0.29	17.5
310	E193	RP MIRKOE	Ingresa	Fresco	4.64	278.7
310	E194	PQ-AUXILIAR	Ingresa	Fresco	1.21	72.4
310	E195	RP MIRKOE	Ingresa	Fresco	1.92	115.3
310	E196	RP TERRY	Ingresa	Fresco	3.08	184.7
310	E197	RP MIRKO	Ingresa	Fresco	3.92	235.2
310	E198	RP MIRKOW	Ingresa	Fresco	1.07	64.1
310	E199	RP-300	Ingresa	Fresco	1.31	78.9
330	E200	RP-300	Ingresa	Fresco	1.14	68.4
330	E201	BP-100NE RP-200	Ingresa	Fresco	0.46	27.9
330	E202	BP-100	Ingresa	Fresco	0.50	29.9
270	E203	RP MIRKOW	Ingresa	Fresco	2.66	159.4
270	E204	RP MIRKOW	Ingresa	Fresco	2.93	175.7
355	E205	CX-355	Ingresa	Fresco	1.37	82.4
355	E206	RP TERRY	Ingresa	Fresco	4.82	289.4
310	E207	RP TERRY	Ingresa	Fresco	3.40	204.0
310	E208	RP TERRY	Ingresa	Fresco	2.93	175.5
355	E209	RP MIRKO	Ingresa	Fresco	3.21	192.7
355	E210	RP MIRKO, CX-?	Ingresa	Fresco	2.40	143.7
390	E211	RP-200 (+)	Ingresa	Fresco	2.67	160.5
390	E212	RP MIRKO	Ingresa	Fresco	1.94	116.3
390	E213	COMEDOR ZICSA	Ingresa	Fresco	2.25	135.0
390	E214	RP-300 INTEGRACION	Ingresa	Fresco	0.38	22.9
390	E215	RP-300	Ingresa	Fresco	0.24	14.5
465	E216	BP-200	Ingresa	Fresco	2.14	128.6
465	E217	RP MIRKO	Ingresa	Fresco	3.15	188.9
520	E218	RP-400 (+)	Ingresa	Fresco	1.31	78.4
465	E219	RP TERRY	Ingresa	Fresco	3.36	201.5

520	E220	RP TERRY	Ingresa	Fresco	3.60	215.7
520	E221	RP TERRY	Ingresa	Fresco	3.55	212.9
520	E222	CX-520	Ingresa	Fresco	0.43	25.6
520	E223	CX-520	Ingresa	Fresco	0.21	12.3
520	E224	RP MIRKO	Ingresa	Fresco	2.99	179.7
520	E225	RP MIRKO	Ingresa	Fresco	1.85	111.1
540	E226	CX-292	Ingresa	Fresco	1.23	74.1
540	E227	RP MIRKO	Ingresa	Fresco	3.10	185.9
540	E228	RB-90	Ingresa	Fresco	1.07	64.0
540	E229	RP TERRY	Ingresa	Fresco	3.50	210.0
570	E230	RP TERRY	Ingresa	Fresco	3.50	210.0
465	E231	RP TERRY	Ingresa	Fresco	3.24	194.3
465	E232	RP TERRY	Ingresa	Fresco	0.91	54.3
465	E233	RP TERRY	Ingresa	Fresco	3.12	187.5
465	E234	RP TERRY	Ingresa	Fresco	2.55	153.3
355	E235	RP TERRY	Ingresa	Fresco	3.27	196.3

*Fuente:* Elaboración propia

### **2.2.7 CONDICIONES ANÓMALAS EN EL SISTEMA DE VENTILACIÓN AUXILIAR.**

Los sistemas de ventilación que operan en interior mina son la ventilación primaria, secundaria y auxiliar. Los tres sistemas trabajan en conjunto y muchas veces se complementan entre sí; sin embargo, cuando uno de los sistemas no ha sido apropiadamente instalado y mantenido, puede también afectar la eficiencia de cualquier de los sistemas. Por esta razón se ha realizado una evaluación preliminar del sistema de ventilación auxiliar en toda la operación minera, donde se observaron muchas condiciones anómalas, que son fácilmente corregibles y cuando se concretizan estas correcciones, se puede incrementar considerablemente la eficiencia del sistema de ventilación auxiliar, y al mismo tiempo se reducen los costos de operación de la mina.

Se describen las siguientes condiciones anómalas del sistema de ventilación auxiliar.

## 1. Conexiones deficientes de ventilador a ducto

La mayor gradiente de presión desarrollada por un ventilador es el diferencial en un sistema de ventilación auxiliar que se produce en la interface del ducto/ventilador. Actualmente en la mina Animon se encontró anomalías en los acoples ventilador/ducto que se utilice un adecuado adaptador del ventilador – ducto.

- En la salida del ventilador se tiene un sellado inapropiado en la interfaz del ventilador/ducto, a falta de un ducto cónico (evase).
- El cono de salida, en donde la superficie cónica no es adecuada, está sujetado con alambre.



Fotografía 2.1: Acople ventilador/manga deficiente.

Realizando una conexión con acoples (correas de acople, multclip o acoples y suspensión radial en los extremos del ducto) y con evase adecuado al diámetro de la manga, las fugas que se producen pueden ser eliminadas o controladas.

Este arreglo en los acoples maximiza la presión estática y caudal de aire del ventilador, permitiendo ventilar los frentes de desarrollo y tajos en operación.

## 2. Conexiones deficientes de ducto a ducto.

Actualmente en la mina prefieren coser la red de ductos, utilizando ataduras inapropiadas y anti-técnicas como método de conexión entre ductos, ver fotografía 2.2. Este es un ahorro engañoso, porque genera fugas de aire en cada empalme, por lo tanto desacredita el propósito de la red de ventilación auxiliar.



Fotografía 2.2: Empalme deficiente de un ducto a otro auxiliar.

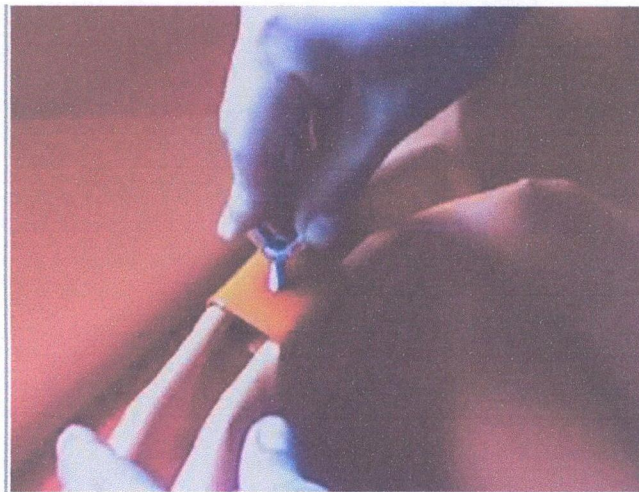
En el mercado existen varios tipos de acoples para empalmar la red de mangas de ventilación de manera correcta, ver fotografías 2.3, 2.4, 2.5 y 2.6; se recomienda adquirir los acoples adecuados para un buen empalme de los ductos.



Fotografía 2.3: Acople de aros.



Fotografía 2.4: Acople y suspensión radial en los extremos del ducto.



Fotografía 2.5: Acople con Multiclip



Fotografía 2.6: Acople Unión Velcro (pega-pega)

### 3. Método deficiente de suspensión de ductos.

En la fotografía 2.7, se muestra un bloqueo típico de la manga de ventilación por una tubería y el codo de la labor subterránea, que genera una turbulencia de aire y daño prematuro del ducto. La red de ductos debe instalarse de manera correcta utilizando el cable mensajero y los acoples apropiados. La fotografía 2.8 y la figura 2.2 (b) muestran la suspensión correcta de las manga de ventilación.



Fotografía 2.7: Bloqueo de la manga por una tubería.

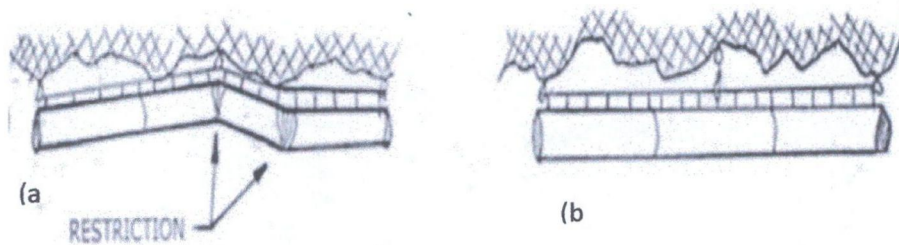
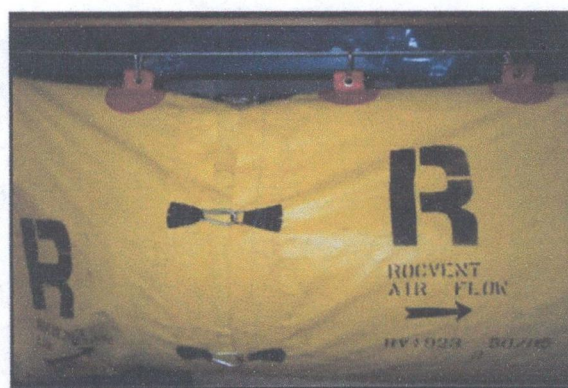


Figura 2.2: (a) Instalación incorrecta del cable mensajero; (b) Instalación correcta de la manga con cable mensajero.



Fotografía 2.8: Suspensión correcta de la manga en cable

#### 4. Uso deficiente de los accesorios del ducto.

Actualmente el personal de ventilación, confecciona sus propios accesorios para los ductos en la mina. Estos accesorios son piezas del ducto confeccionados a mano, como conexiones de mayor a menor  $\varnothing$  o viceversa, conexiones en “Y” o ramales, ver fotografía 2.9, que generan mayormente fugas de aire y caídas de presión; por lo tanto, hay ineficiencia en el manejo de la energía.



Fotografía 2.9: Accesorio en “Y” deficientemente confeccionado.

#### 5. Factor de fugas en una manga.

A través de las manga de ventilación existen fugas debido el estado de la manga, la calidad de la instalación, el número de juntas o longitud de tramos, las características de las uniones entre mangas, el caudal y la presión a través de la manga.

La estimación del % de fugas es un elemento crucial para garantizar el caudal necesario en el frente.

El % de fugas por las mangas, puede variar entre 0.4% hasta 1.5% por cada 100 m de manga. Asimismo el caudal total considerando las fugas se calcula con la siguiente formula empírica:

$$Q_{FINAL} = Q \times \left(1 - \frac{F}{100}\right)^{-L/100} \quad (j)$$

Dónde:

$Q_{FINAL}$ : caudal a la salida del ventilador axial (m<sup>3</sup>/s).

Q: caudal requerido en el frente de trabajo (m<sup>3</sup>/s).

L: longitud equivalente del túnel (m).

F: factor de fuga de la tubería otorgada por el fabricante (%).

Para el caso de la mina Animón, se evaluó el sistema de ventilación auxiliar considerando la longitud de la manga, el ingreso y salida de caudal de aire en los frentes de trabajo, con los cuales se determinó el porcentaje de fuga de aire, que mayormente es debido al desgaste y el contacto con objetos cortantes. La siguiente tabla 2.8 muestra las fugas de aire tomados en campo, en la zona de producción Carmen: Se evaluó el sistema de ventilación auxiliar tomando datos de entrada de caudal que toma el ventilador y la salida de caudal en los frentes de trabajo. Tomando como datos la longitud de mangas, se determinó el porcentaje de fuga de aire que tienen las mangas; éstas debido al desgaste y el contacto con objetos que cortan las mangas, las siguientes tablas y gráficos muestran los datos tomados en campo (ventilación auxiliar).

#### a) Zona de producción Carmen

Tabla 2.8: Fuga de mangas en zona de producción Carmen

UBICACIÓN			Vel. Entrada	Vel. Salida	AREA (E)	AREA (S)	CAUDAL (Entrada)	CAUDAL (Salida)	LONG. (m)	FUGA (%)
NIVEL	VETA	LABOR	(m/min)	(m/min)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(cfm)	(cfm)		
125	Carmen	RP-125	1,280	27	0.50	21.56	22,728	20,829	100	8
150	Carmen	RB-848 (ACC-400 IE)	1,116	44	0.64	15.78	25,072	24,404	40	7
150	Carmen	BP-150 (CA-01 300)	959	66	1.50	15.90	50,644	37,268	290	10
150	Carmen	BP-150 (RB-76A)	1,002	56	1.96	20.09	69,386	39,414	255	20
150	Carmen	BP-150 (ACC-500 IE)	1,116	16	0.75	24.55	29,727	13,838	140	42
150	Carmen	ACC-500	464	16	0.75	20.09	12,370	11,322	40	20
150	Carmen	RB-848 (RP-125)	1,308	53	1.50	20.40	69,088	38,038	236	22

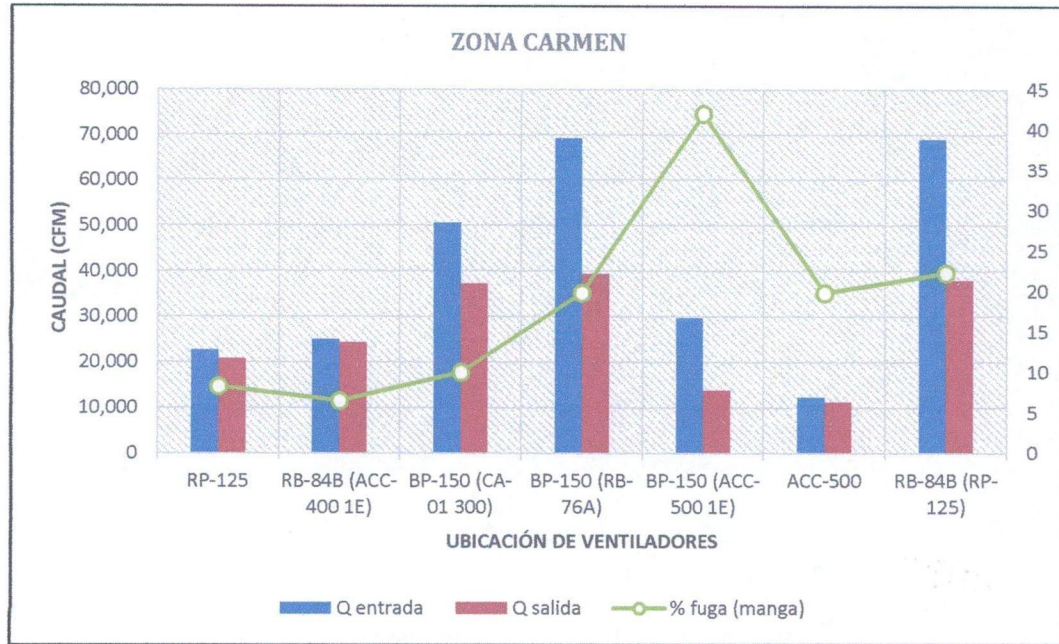


Gráfico 2.1: Fuga de manga en zona de producción Carmen.

## b) Zona de producción Elva

Tabla 2.9: Fuga de manga en zona de producción Elva

UBICACIÓN			Vel. Entrada (m/min)	Vel. Salida (m/min)	AREA (E) (m <sup>2</sup> )	AREA (S) (m <sup>2</sup> )	CAUDAL (Entrada) (cfm)	CAUDAL (Salida) (cfm)	LONG. (m)	FUGA (%)
NIVEL	VETA	LABOR								
125	Elva	ACC-100 (MVC)	638	9	0.50	20.76	11,328	6,773	200	23
125	Elva	RP MIRKOW	865	28	1.33	17.56	40,555	17,562	458	17

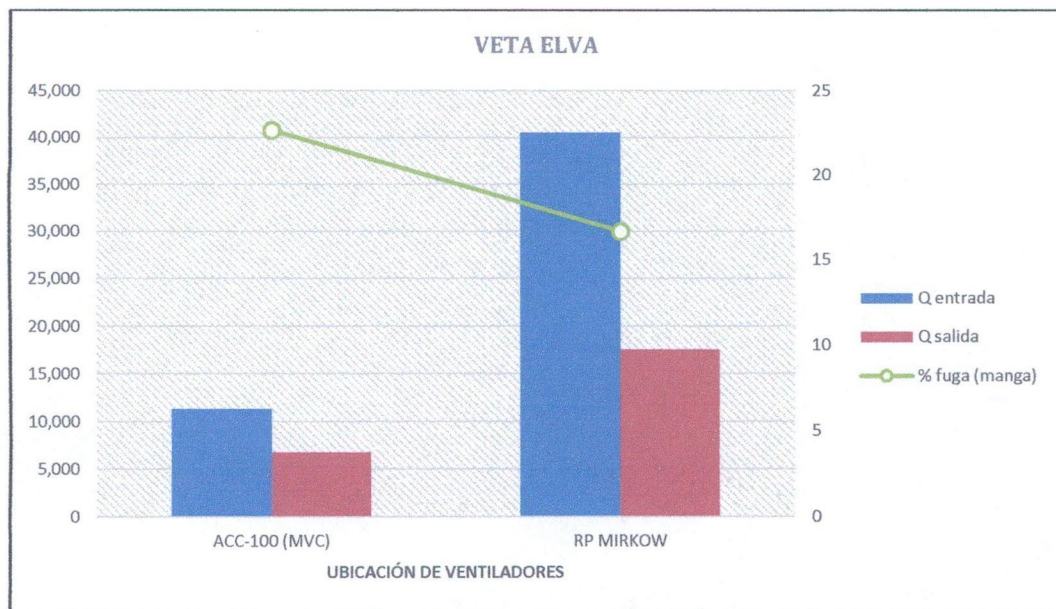


Gráfico 2.2: Fuga de manga en zona de producción Elva.

### c) Zona de producción Janeth

Tabla 2.10: Fuga de manga en zona de producción Janeth

UBICACIÓN			Vel. Entrada (m/min)	Vel. Salida (m/min)	AREA (E) (m2)	AREA (S) (m2)	CAUDAL (Entrada) (cfm)	CAUDAL (Salida) (cfm)	LONG. (m)	FUGA (%)
NIVEL	VETA	LABOR								
355	Janeth	CX-355 (RP-500(+))	988	46	1.65	20.50	57,591	33,182	270	18
270	Janeth	ACC-600 (RP-500(+))	1,087	18	0.82	16.60	31,372	10,695	122	59
100	Janeth	RB-93A, TJ-600(-)	1,307	23	0.32	17.72	14,846	14,339	132	3
175	Janeth	RB-96	1,414	42	0.65	20.50	32,467	30,663	176	3
200	Janeth	RB-84A	1,135	67	1.65	18.37	66,198	43,441	405	10
200	Janeth	RB-92A	1,060	62	1.65	18.30	61,790	40,163	370	11
225	Janeth	RB-92	1,397	31	0.75	18.30	37,207	20,159	259	21
175	Janeth	RB-92A	1,157	46	1.50	16.11	61,102	26,424	477	16
175	Janeth	BP-175 (TJ-400)	1,272	43	0.75	17.56	33,883	26,639	135	16
200	Janeth	BP-200 (ACC-400 IW)	1,367	30	0.50	20.44	24,262	21,309	112	11

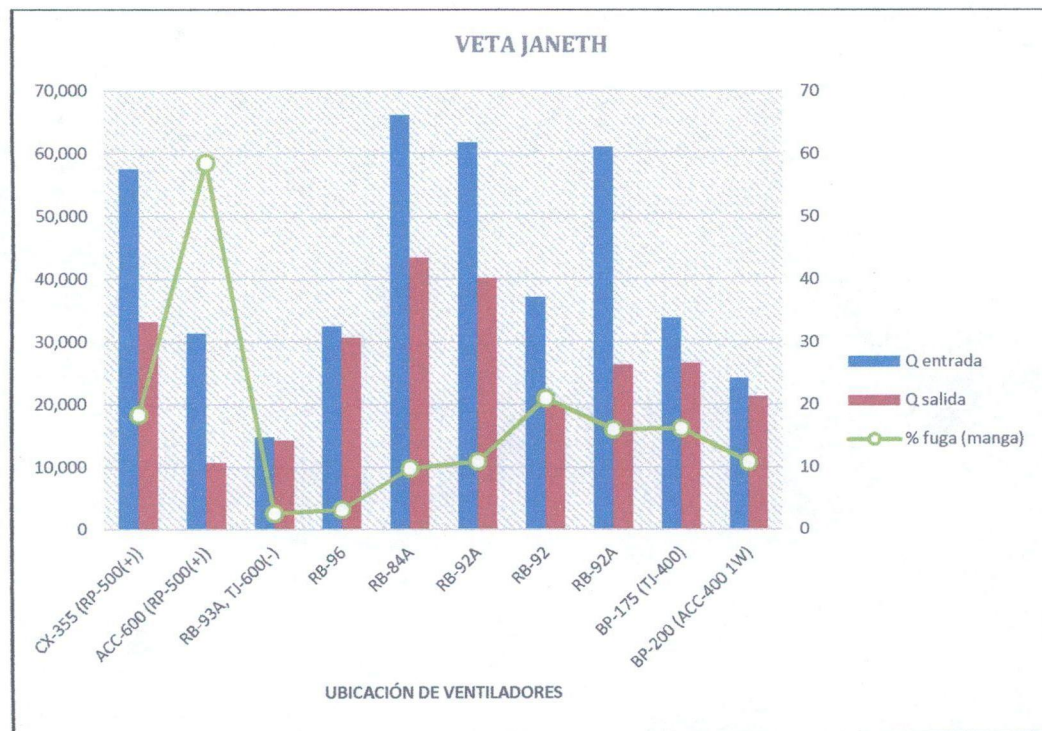


Gráfico 2.3: Fuga de manga en zona de producción Janeth.

#### d) Zona de producción Karina/Andalucía

Tabla 2.11: Fuga de manga en zona de producción Karina/Andalucía

UBICACIÓN			Vel. Entrada (m/min)	Vel. Salida (m/min)	AREA (E) (m2)	AREA (S) (m2)	CAUDAL (Entrada) (cfm)	CAUDAL (Salida) (cfm)	LONG. (m)	FUGA (%)
NIVEL	VETA	LABOR								
150	Karina	BP-150 (ACC-500) RB-80	1,082	39	1.50	21.65	57,172	30,087	530	11
250	Karina	BP-250 (CA-01)	1,292	49	0.75	18.85	34,426	32,599	191	3
250	Karina	RP-250	838	41	1.33	20.45	39,261	29,642	149	17
250	Andalucía	BP-250, ACC-201 W	1,122	62	1.65	22.02	65,428	48,347	261	11

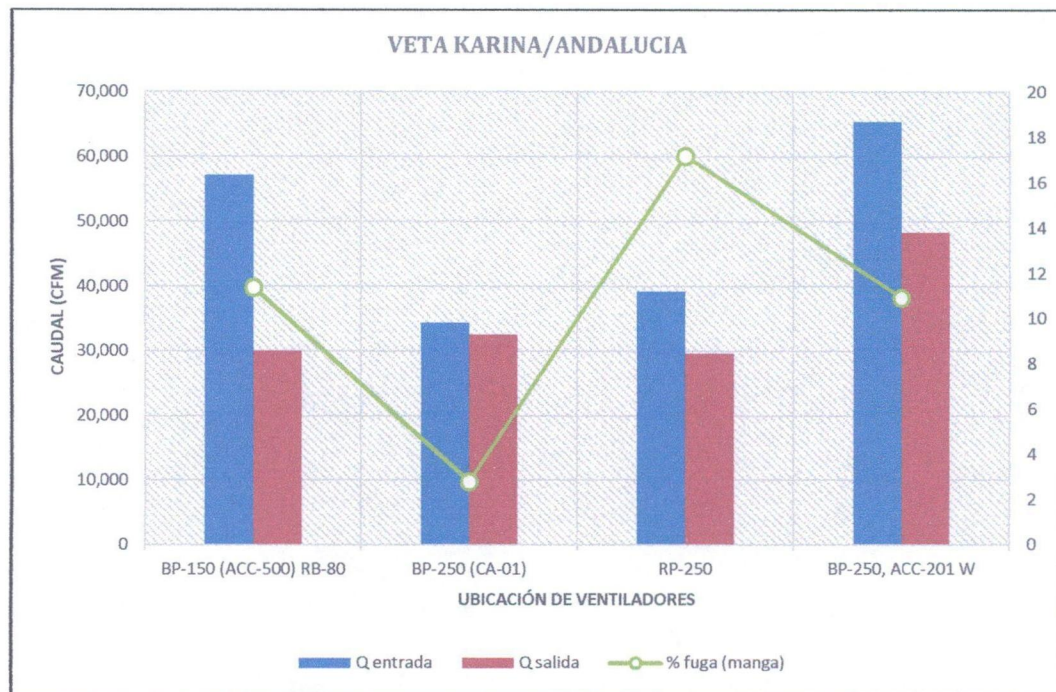


Gráfico 2.4: Fuga de manga en zona de producción Karina/Andalucía.

#### e) Zona de producción Lorena y María Rosa

Tabla 2.12: Fuga de manga en zona de producción Lorena y María Rosa.

UBICACIÓN			Vel. Entrada (m/min)	Vel. Salida (m/min)	AREA (E) (m2)	AREA (S) (m2)	CAUDAL (Entrada) (cfm)	CAUDAL (Salida) (cfm)	LONG. (m)	FUGA (%)
NIVEL	VETA	LABOR								
200	Lorena	TALLER ATLAS	1,009	21	0.53	19.42	18,821	14,568	120	19
270	Lorena	TALLER MIRO VIDAL	715	9	0.26	18.00	6,673	5,645	127	12
150	María Rosa	ACC-200	1,034	21	0.50	16.94	18,361	12,490	350	10
150	María Rosa	RP MIRKOW	860	19	1.77	18.83	53,693	12,370	264	43

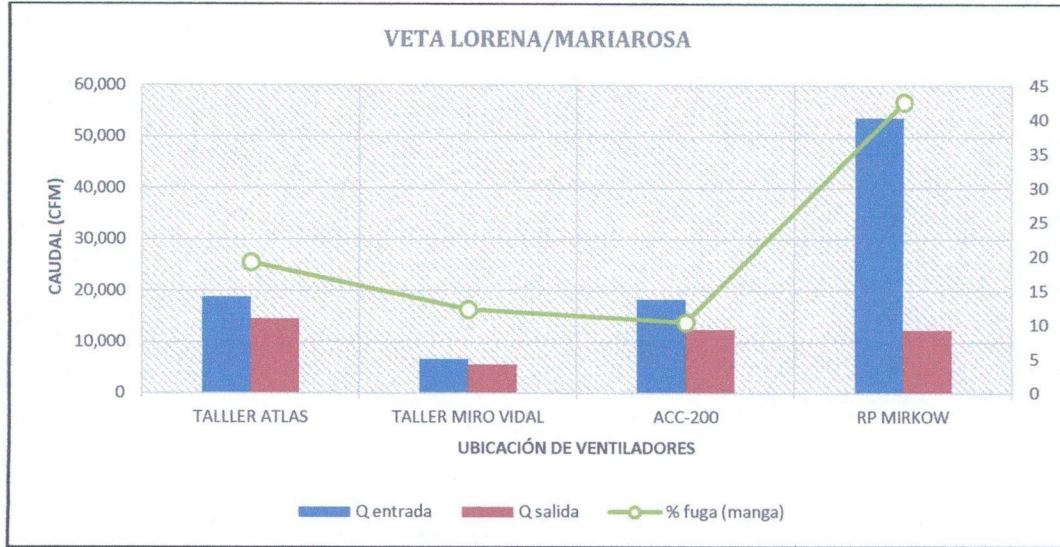


Gráfico 2.5: Fuga de manga en zona de producción Lorena y María Rosa.

f) Zona de producción Ofelia

Tabla 2.13: Fuga de manga en zona de producción Ofelia.

UBICACIÓN			Vel. Entrada (m/min)	Vel. Salida (m/min)	AREA (E) (m <sup>2</sup> )	AREA (S) (m <sup>2</sup> )	CAUDAL (Entrada) (cfm)	CAUDAL (Salida) (cfm)	LONG. (m)	FUGA (%)
NIVEL	VETA	LABOR								
145	Ofelia	(ACC-100 IW) RP-200	1,086	25	0.50	21.64	19,273	18,803	80	3
145	Ofelia	BP-145 (CX-145)	1,032	60	1.65	18.54	60,180	39,599	290	13
250	Ofelia	RB-91	889	29	1.50	21.04	46,967	21,401	270	25
150	Ofelia	RP INTEGRACION	1,069	41	0.75	18.33	28,481	26,411	90	8

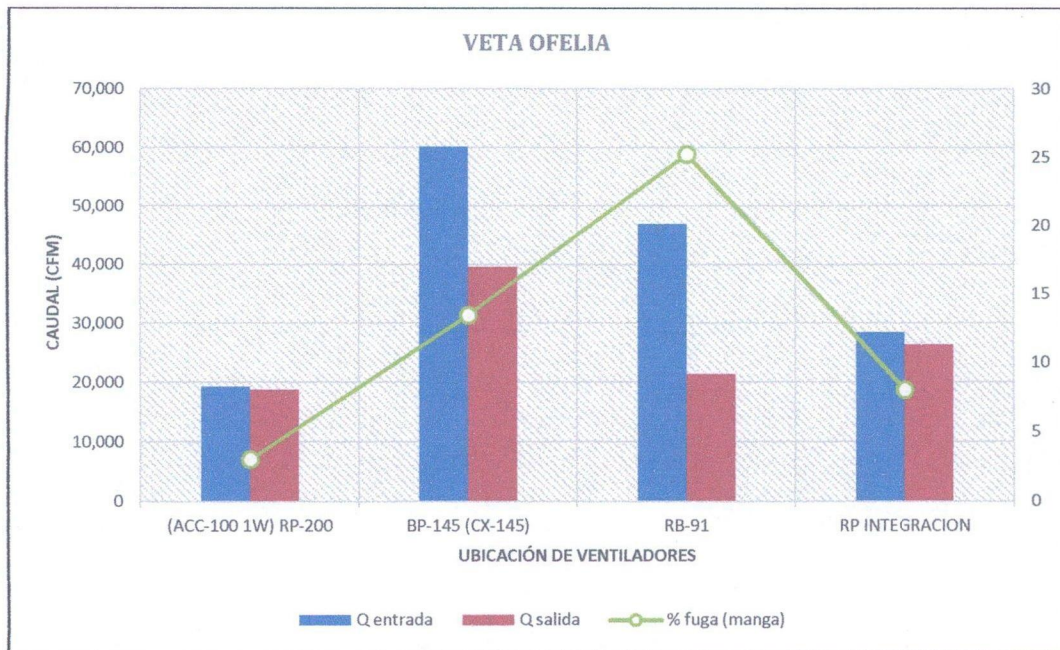


Gráfico 2.6: Fuga de manga en zona de Producción Ofelia.

### g) Zona de producción Principal

Tabla 2.14: Fuga de manga en zona de producción Principal.

UBICACIÓN			Vel. Entrada (m/min)	Vel. Salida (m/min)	AREA (E) (m2)	AREA (S) (m2)	CAUDAL (Entrada) (cfm)	CAUDAL (Salida) (cfm)	LONG. (m)	FUGA (%)
NIVEL	VETA	LABOR								
75	Principal	RB-91	880	21	0.64	22.10	19,766	16,578	100	16
355	Principal	RB-36 (CX-355)	1,330	36	0.75	16.80	35,417	21,281	100	40
100	Principal	CH-03	1,333	40	1.50	16.70	70,419	23,422	425	23
100	Principal	CH-02	1,188	34	1.50	17.56	62,750	21,205	471	21
115	Principal	RB-83	1,128	80	1.52	16.28	60,428	46,097	352	7
115	Principal	RB-80A	1,073	45	1.52	16.56	57,476	26,249	360	20
115	Principal	RB-87	1,123	21	1.33	15.03	52,659	11,148	87	83
125	Principal	RB-72B	1,088	55	1.50	19.72	57,489	38,016	290	13
125	Principal	CX-100 (Semiglo)	1,136	25	0.50	20.28	20,166	18,221	240	4
270	Principal	BP-280 (POLV. EXPL.)	1,009	70	0.50	3.30	17,914	8,172	105	53
75	Principal	RB-97	1,036	35	1.65	21.09	60,390	26,362	145	44
355	Principal	PQ MONTENEGRO	534	13	0.50	6.57	9,479	2,980	85	74
75	Principal	RP-MIRKOE (RB-95)	1,080	65	1.50	21.87	57,045	50,054	172	7
200	Principal	RB-36	1,135	29	0.50	17.74	20,151	17,969	160	7
100	Principal	ACC-200	1,093	39	0.75	17.62	29,120	24,336	160	11
200	Principal	RB-70	666	8	0.17	13.76	3,909	3,733	85	5
465	Principal	PQ MONTENEGRO	709	9	0.26	17.80	6,617	5,582	150	11
150	Principal	ROMPE BANCOS	715	9	0.26	17.40	6,673	5,529	73	23
100	Principal	RP INTEG (RP MIRKO E)	1,272	35	0.50	17.40	22,579	21,378	115	5
SUP.	Superficie	POLVORIN PRINCIPAL	710	9	0.26	18.91	6,628	5,931	95	11
115	Principal	CH-03 (ACC-400)	1,214	34	0.50	17.68	21,557	21,204	210	1

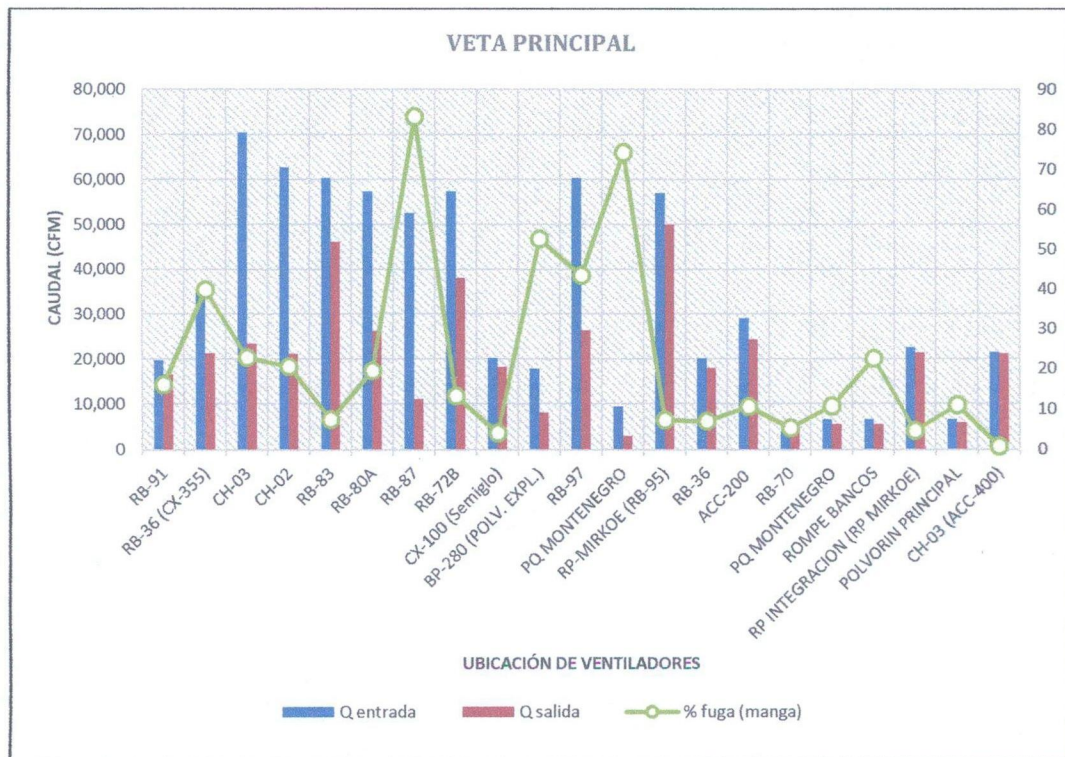


Gráfico 2.7: Fuga de manga en zona de producción Principal.

El porcentaje no debe superar el 6% por cada 100 metros. Como se observa en las tablas, cuyos datos fueron obtenidos en campo, muchos de estos sobrepasan éste valor, debido a muchos factores que consideramos pertinentes controlar:

- Según las condiciones de los tendidos de las mangas de ventilación, se ventila bien hasta una longitud de 120 metros, a partir de esta longitud el sistema decae, asignándose un factor mayor por pérdidas (fugas).
- Los ventiladores auxiliares son de gran caudal y las mangas están instaladas a mayor longitud de lo permitido, esto se debe a la falta de circuitos principales, y se adolece de fuentes de aire fresco en los desarrollos.
- Las mangas presentan múltiples aberturas (roturas, mal empalme) y en algunos casos de dimensiones considerables, razón por la cual, se muestran porcentajes altos por fugas. Las dimensiones de los equipos a la sección típica del minado, no son las correctas y constantemente sufren roturas.
- Para evitar la rotura de manga por rozamiento, es necesario seleccionar mangas de menor diámetro e instalar dos líneas paralelas. Es importante tener un troncal principal de aire limpio accesible para tomar aire limpio a las labores de producción.

Las deficiencias de lo expuesto representan en promedio por fugas del 20-30% para el sistema auxiliar. Si estas condiciones se corrigen, entonces se podrá ventilar mejor las labores, en menor tiempo y reducir costos.

### **2.2.8 CIRCUITOS DEL AIRE DE LA MINA.**

Los circuitos de ventilación de la mina Animon se basa en el estudio de tres zonas principales, que se le divide en un plano XY en Zona Oeste, Centro y Este. Cada uno de las zonas cuenta con circuitos de ventilación que se toma de referencia con las RBs o chimeneas de extracción de aire viciado que cuenta cada zona. La zona centro no ingresa al estudio por la razón que no cuenta con RBs de extracción de aire viciado, sino, su estudio se enfoca en el puente de enlace entre la zona Este y Oeste. Los circuitos de cada zona recorren por diferentes labores de producción como la zona de Carmen, Janeth, María Rosa, Andalucía, Karina, Gisela, Ofelia y Principal.

Inicialmente en el estudio de julio 2014 la mina Animon contaba con 6 circuitos (RB-20, RB-26, RB-04(RB-41), RB-64(RB-42), RB-51(RB-46) y RB-63), como se muestra en el acápite 2.2.9. Con los proyectos se modifica, contemplando a 11 circuitos (BM Nv 620, RB-10, RB-18(RB-11), RB-47, RB-14(RB-09), RB-20(7B), RB-26, RB-04(RB-41), RB-64(RB-42), RB-51(RB-46) y RB-63), acápite 2.4.2.

### 1.- Circuito en serie

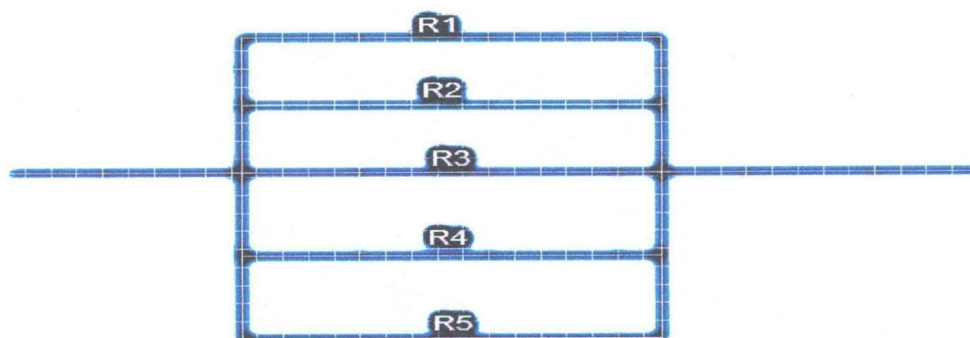


Este circuito tiene las siguientes relaciones

- $Q_t = Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = Q_5 = Q_6$
- $H_T = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5 + H_6$
- $H_f = RQ_2 = R_1Q_1^2 + R_2Q_2^2 + R_3Q_3^2 + \dots + R_6Q_6^2 = Q_2(R_1 + R_2 + \dots + R_6)$
- $R_t = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6$

### 2.- Circuito en paralelo

Es cuando el volumen total es distribuido o dividido en varias galerías.



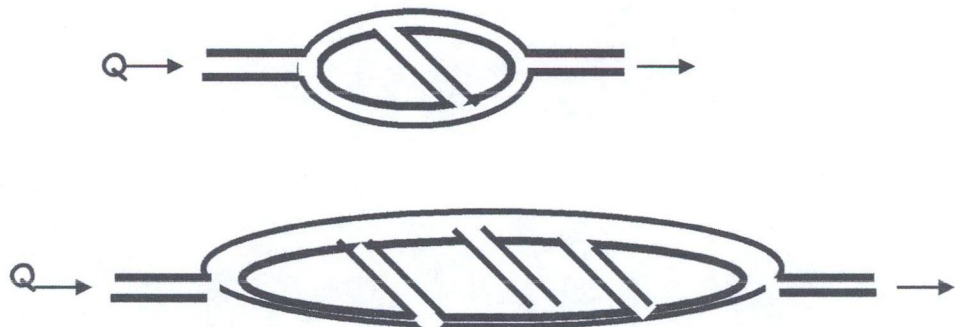
Este circuito tiene las siguientes relaciones

- $Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$
- $H_T = H_1 = H_2 = H_3 = H_4 = H_5$
- $R_{equi} = \left( \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R_1}} + \sqrt{\frac{1}{R_2}} + \sqrt{\frac{1}{R_3}} + \sqrt{\frac{1}{R_4}} + \sqrt{\frac{1}{R_5}}} \right)^2 \times 10^{-10}$
- $Q_1 = Q_T \sqrt{\frac{R_{equi}}{R_1}}$
- $Q_2 = Q_T \sqrt{\frac{R_{equi}}{R_2}}$
- $Q_3 = Q_T \sqrt{\frac{R_{equi}}{R_3}}$

### 3.- Circuito en diagonal

Es una unión en paralelos de labores, en la que, además, los ramales están unidos entre sí por una o varias labores complementarias, denominadas diagonales.

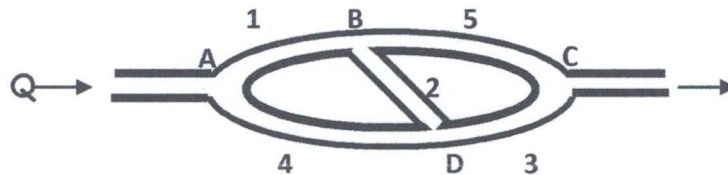
En minería, las uniones diagonales se encuentran frecuentemente. Se dividen en diagonal simples, con una diagonal, y complejas, con dos o más. Por ejemplo, en minas fuertemente grisutas, el frente se hace escalonado; todo el aire no entra por la galería del nivel inferior, sino también por las galerías intermedias (diagonales).



Propiedades básicas de la unión en diagonal: igualdad de depresiones de las corrientes principales entre los puntos de bifurcación y de unión y reversibilidad de la corriente en la diagonal.

Analicemos la situación del movimiento del aire en la diagonal:

En la práctica están dadas o se calculan las resistencias de los circuitos en  $\mu$  o R y la cantidad total de aire Q. Se determinan los caudales parciales (se usa la resistencia "R" o el valor " $\mu$ " ya que su diferencia es solo numérica,  $R=1.000\mu$ ).



El aire no pasa por la diagonal BC ( $Q_2 = 0$ ,  $H_2 = 0$ ) cuando las presiones de aire en "B" y "D" son iguales. En este caso,  $H_1 = H_4$  y  $H_5 = H_3$ ; dividiendo ambas ecuaciones y reemplazando:

$$\begin{aligned} R_1 * Q_{12} &= R_4 * Q_{42} \\ R_5 * Q_{52} &= R_3 * Q_{32} \\ \hline \frac{R_1 * Q_{12}}{R_5 * Q_{52}} &= \frac{R_4 * Q_{42}}{R_3 * Q_{32}} \end{aligned}$$

Como:

$Q_1 = Q_5$  y  $Q_4 = Q_3$  se tiene:

$$\frac{R_1}{R_5} = \frac{R_4}{R_3}$$

Ahora si admitimos que el aire en "2" es distinto de cero y se mueve desde "B" a "D", por propiedades de las desigualdades se demuestra que se debe cumplir que:

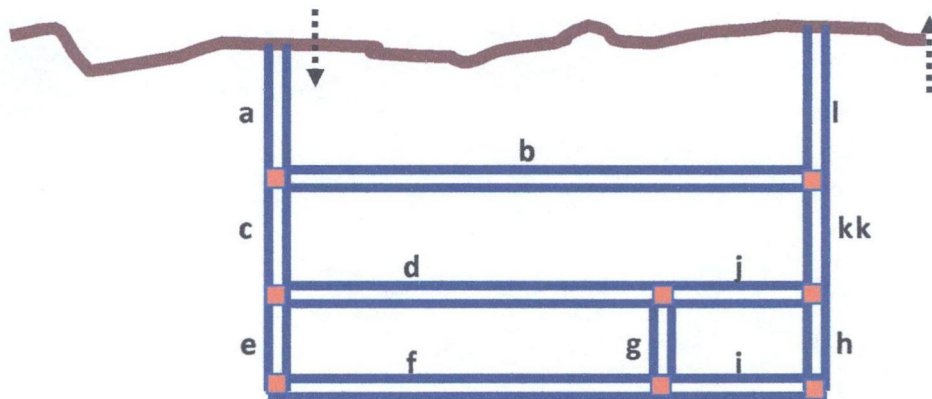
$$\frac{R_1}{R_5} < \frac{R_4}{R_3}$$

Y para que el aire suba desde "D" a "B" se debe cumplir que:

La resistencia de la diagonal "2" no influye sobre el sentido del movimiento del aire.

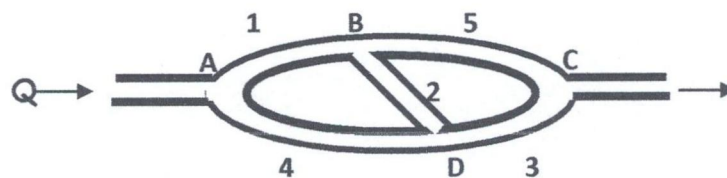
$$\frac{R_1}{R_5} > \frac{R_4}{R_3}$$

Veamos al circuito que hemos analizado en las uniones en Serie y en Paralelo. Se ha sacado el tapados en de la galería "g" y con ello basta para que el aire circule solo por todos los niveles, donde la galería "g" ha formado una unión en Diagonal con las galerías "b j" y "e f i h".



Existen varios métodos para resolver este tipo de unión, mostraremos dos de los más usados.

#### A.- Método de las hipérbolas.



En el esquema analizado anteriormente, admitimos como dirección del aire en la diagonal la de "D" a "B". Los ramales "AB" y "ADB" constituyen una unión en paralelo; sus depresiones deben ser iguales:

$$Q_5 = Q_1 + Q_2$$

$$Q_4 = Q_2 + Q_3$$

$$H_{AB} = H_{AD} + H_{DB}$$

$$R_1 * Q_1^2 = R_4 * (Q_2 + Q_3)^2 + R_2 * Q_2^2$$

De igual modo, son iguales las depresiones de las corrientes "DBC" y "DC"; o:

$$R_3 * Q_3^2 = R_5 * (Q_1 + Q_2)^2 + R_2 * Q_2^2$$

Dividiendo ambas ecuaciones por  $Q_2^2$  y designamos  $Q_1/Q_2 = X$  y  $Q_3/Q_2 = Y$  las ecuaciones se transforman:

$$X = \frac{(R_4 * (1 + Y)^2 + R_2)^{1/2}}{(R_1)^{1/2}}$$

$$Y = \frac{(R_5 * (1 + X)^2 + R_2)^{1/2}}{(R_3)^{1/2}}$$

Este sistema de ecuaciones se puede resolver por aproximaciones sucesivas y, en forma más fácil, por medio de las curvas que representan (hipérbola). Resuelto X e Y tenemos que:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q/Q_2 = Q_1/Q_2 + 1 + Q_3/Q_2$$

$$Q/Q_2 = X + Y + 1$$

De donde:

$$Q_2 = \frac{Q}{X + Y + 1}$$

Determinado el caudal que pasa por "2" se podrá determinar los otros caudales, por medio de "X" e "Y" como también con las relaciones de caudales.

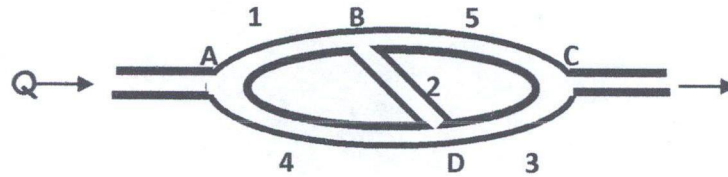
Conocida la distribución de los caudales, podremos determinar la caída de presión del circuito:

$$H = H_1 + H_5 = H_4 + H_2 + H_5 = H_4 + H_3$$

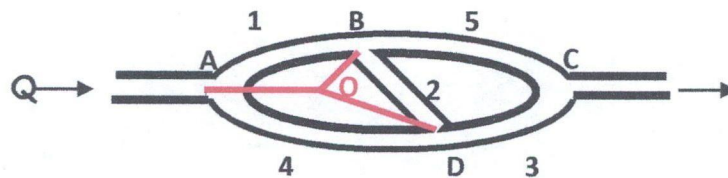
### **B.- Método de transformación del triángulo en estrella.**

Por analogía con el cálculo de las redes eléctricas, en el cálculo de los sistemas de ventilación, para su simplificación, se utiliza la transformación del triángulo en

estrella de tres rayos. Este método permite la resolución de uniones en diagonales compuestas.



El triángulo "ABD" puede ser reemplazado por una equivalente estrella con radios "AO", "BO", y "DO"



Con ello desaparecen las ramas "1" - "2" - "4" de la unión en diagonal y se crean los siguientes brazos del triángulo:

$$AO = R_{1,4}$$

$$AB = R_{1,2}$$

$$OD = R_{2,4}$$

Si suponemos que el aire entra en el punto A y sale en el punto B, entonces, para el triángulo la resistencia entre estos puntos se determinará como la resistencia común de las ramificaciones paralelas AB y ADB. Para la estrella esta resistencia será igual a la suma de resistencias de las secciones AO y OB. Al colocarnos en los otros vértices y generando el movimiento similar al anterior, se llega a determinar las fórmulas para el cálculo de las tres ramas creadas por el triángulo:

Si para simplificar la escritura de las formulas, suponemos que:

$$\Sigma R = R_1 + R_2 + R_4$$

$$a_1 = R_1 * (\Sigma R - R_1)$$


---

$$a_2 = \frac{R_2 * (\sum R - R_2)}{\sum R + 2 \{ R_1 * (\sum R - R_1) \}^{1/2}}$$

$$a_4 = \frac{R_4 * (\sum R - R_4)}{\sum R + 2 \{ R_4 * (\sum R - R_4) \}^{1/2}}$$

El valor de cada uno de los rayos de la estrella estará dado por:

$$R_{1,2} = \frac{1}{2}(a_1 + a_2 - a_4)$$

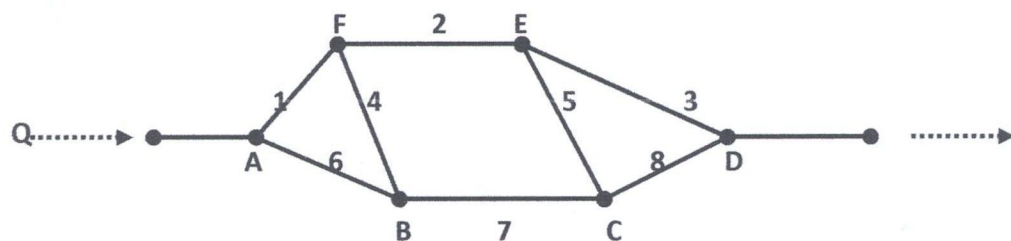
$$R_{1,4} = \frac{1}{2}(a_1 + a_4 - a_2)$$

$$R_{2,4} = \frac{1}{2}(a_2 + a_4 - a_1)$$

Como se puede apreciar en la figura, reemplazado el triángulo por la estrella desaparece la diagonal y queda un esquema de dos ramas en paralelo lo cual es fácil de solucionar.

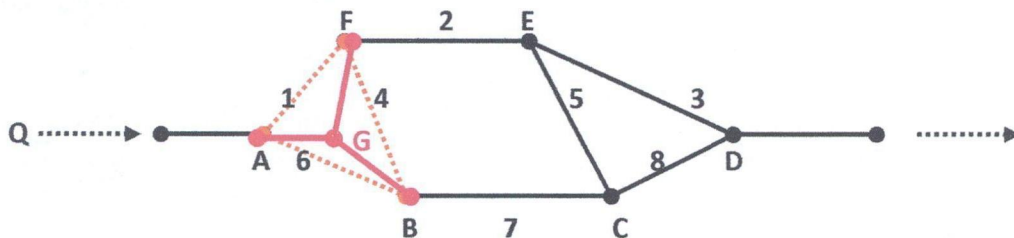
De esta forma se conocerá la resistencia total del circuito y el caudal que pasa por las ramas "3" y "5". Al hacer la misma transformación de triángulo en estrella, desde el otro extremo, considerando el triángulo "BCD", podremos determinar el caudal de las ramas "1" y "4". Por diferencia entre "1" y "5" ó "4" y "3" se determina el caudal y la dirección de la rama "2".

Para la unión diagonal compuesta, representada en la figura que se muestra a continuación:

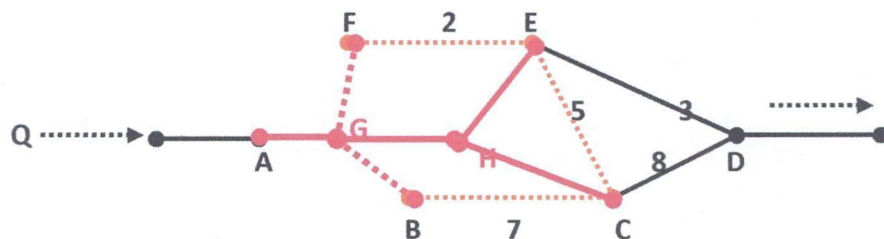


Para la cual están dados el caudal total y las resistencias de los elementos, la resolución se reduce a la simplificación progresiva del sistema, mediante la transformación de triángulo en estrella. A continuación se colocan los pasos necesarios para su completa resolución:

a) El triángulo "ABF" se transforma en estrella con centro en "G" y rayos "GA", "GB", "GF", con lo que se elimina la diagonal "4".

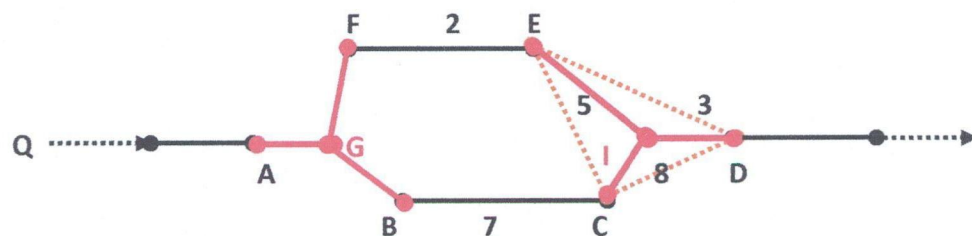


b) El nuevo triángulo "GEC" formado se recalcula en estrella con centro en "H" y los rayos "HG", "HE", "HC", con ello se obtiene la eliminación de la diagonal "5".

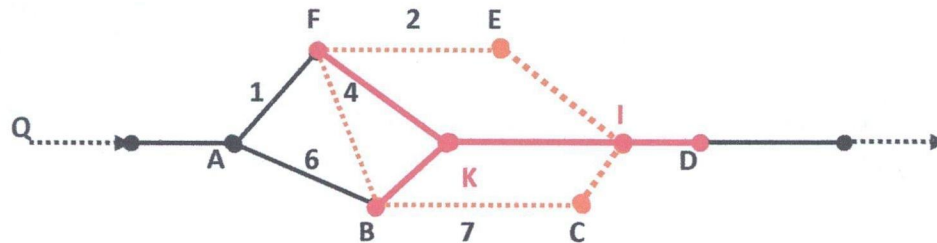


c) Para la unión en paralelo obtenida, se determina la distribución del aire, para las ramificaciones "HED" y "HCD". Con ello se determina el flujo de aire que pasará por las ramas "3" y "8".

d) Ahora, en la figura resultante de la primera transformación ejecutada (a), el triángulo "CDE" se reemplaza por estrella con centro en "I". Se determinan los caudales de las ramificaciones "IEFG" e "ICBG". Con ello el caudal de las ramas "2" y "7". Por diferencia entre las ramas que conforman la diagonal "5" se determina su dirección y magnitud.



e) Con la unión original y considerando la fase con centro en "I", se reemplaza por estrella con centro en "K". En la unión en paralelo "KFAB" se determinan los caudales de las ramas "1" y "6" y, con ello, en base a los otros datos ya determinados, la diagonal "4".



Es importante anotar que la dirección del viento en las diagonales se determina automáticamente en este sistema de cálculo.

Los levantamientos de los caudales serán datos para establecer los circuitos de ventilación de la mina, la cual servirá para calcular las resistencia de los diferentes circuitos, mediante el software VentSim, de esta manera se empezara a calibrar la mina, y se podrá recomendar mejoras en los circuitos actuales.

### 2.2.8.1 CIRCUITOS DE VENTILACIÓN DE LA ZONA ESTE.

La zona Este inicialmente en la evaluación del mes de julio 2014 estaba conformada por los 4 circuitos de extracción de Rb 41(04), Rb 46, Rb 42 y Rb 63, posteriormente con los proyectos se distinguen 7 circuitos, la BM Nv 620, RB-14(RB-09), RB-20(RB-7B), RB-04(RB-41), RB-64(RB-42), RB-51(RB-46) y RB-63 . Los cuales afectan a las zonas de producción de Principal (SEMIGLO), tajos de Andalucía, Karina, Gisela, taller de mantenimiento de FERREYROS, ATLAS COPCO, comedor del Nv 310, almacén de bins de Órica y una parte de los tajos de veta Principal.

Cabe decir los circuitos de extracción del aire contaminado de la zona Este equivale al 70% del total.

El aire fresco ingresa principalmente por el Pique Jacob Timmer y Rampa Mirko Este, el aire limpio desciende por todo el trayecto del pique y el trayecto de la Rampa Mirko, llegando hasta el Nv 310.

El aire que ingresa por el Pique Jacob Timmer desciende hasta el Nv 050 repartiendo una gran parte de aire fresco en el Nv 100; utilizando el aire para ventilar toda la zona de profundización y el pocket de skip del Nv 100.

El aire fresco que ingresa de bocamina de Rp Mirko llega hasta el Nv 355 que divide su caudal tanto para la Rp Mirko Este y Oeste. La Rp Mirko Este utiliza una parte de aire fresco del total que ingresa por la bocamina Mirko, es impulsada por una ventiladora secundaria de 100,000 cfm en el trayecto de la rampa Mirko Este a la altura del Nv 250, para que el aire llegue hasta profundización, el aire fresco se distribuye en los distintos niveles de operación del Nv 100 al Nv 355, incluyendo el Nv 150 que es el nivel de gran producción.

El aire fresco que ingresa por la bocamina Rp. Terry desciende hasta el Nv 310, empalmado a la Rp 500 llevando aire fresco a la zona Oeste y encausada por Rbs impulsando aire fresco a la zona este.

Los circuitos principales de esta zona los resumimos en (Ver Anexo IV):

- Circuito esquemático SEMIGLO.
- Circuito esquemático principal.
- Circuito esquemático Karina.
- Circuito esquemático Maria Rosa – Elva.

#### **2.2.8.2 CIRCUITOS DE VENTILACIÓN DE LA ZONA OESTE.**

Los circuitos de la zona Oeste que inicialmente compuesto por el RR-20(RB-7B) y RB-26 se modificó con los proyectos planteados a los circuitos de extracción de aire contaminado al RB-10, RB-18, RB-47 y RB26, siendo en total 4 circuitos que conforman esta zona. Los circuitos afectan principalmente a los tajos de las vetas Carmen, Janeth, Andalucía y Ofelia.

El aire fresco ingresa principalmente por la Rp Mirko Oeste en el Nv 355, continuando su trayecto hasta el Nv 150 que durante su tramo prevé de aire limpio en los diferentes niveles superiores incluyendo el comedor de MVC Nv 225.

El aire fresco ingresa por la bocamina Quimacocha que tiene un encuentro con el aire limpio que entra por la bocamina del Nv 610, estos descienden por las dos chimeneas CH-200 llegando a la Rp auxiliar de la Rp Mirko, su trayecto continua por la Rp Mirko hasta el Nv 330 donde distribuye un caudal a la Rp Mirko W y el resto prosiguiendo por la Rp Mirko Este.

El aire fresco de la Rampa Mirko, desciende por una CH-100 llegando a la Rp 400 seguida a la Rp 300, desciende por la Rb-37 llegando al Nv 355 y ventilando los tajos de Araceli, a este nivel ingresa aire también de la Rb-07 dejando un cierta cantidad de aire limpio en la Rp auxiliar. El aire recorre el Nv 355 luego desciende por la Rb-35 y Rb-28, el Rb-35 volviendo a la Rp Mirko Este y la del Rb-28 y el aire de la Rp Mirko Este es aspirado por una ventiladora de 60000 cfm llevando toda la Rp 355 llegando al Nv 250.

El aire fresco ingresada por el Rb-14(RB-09) desciende y se conecta por una labor a la RB-14<sup>a</sup> desciende por una rampa, se conecta con la RB-24 llegando al Nv 250 y continuando por la RB-24A, finiquita a la Rp Mirko W y por una ventiladora de 50000 cfm impulsa aire a partir de mangas a los tajos del Nv 125, el aire viciado se empalma a la RB-20D, RB-20C, RB-20B se apoya con una ventiladora de 110 000 cfm dispuesta en una labor que une a la RB-20<sup>a</sup> y RB-20 saliendo a superficie.

El aire fresco que ingresa por la Rp. Terry se une en el trayecto con el aire que ingresa de la RB-08 y RB-10. En el Nv 520 hay un puente que une la Rp Terry con Mirko, una cierta cantidad de aire pasa a esta Rp, otra parte desciende por la RB-90 llegando hasta el Nv 250, RB-84 llegando al Nv 200 de la Zona Janeth y el resto continua por la Rp Terry hasta llegar al Nv 310 donde se junta a la Rp Mirko E y al Pique esperanza para descender y ventilar toda la zona de Andalucía.

El aire fresco que ingresa por la Rb-47 ingresa al Nv 355 de Janeth y continuando al 250 de Janeth y así hasta el Nv 100 de SEMIGLO.

Los circuitos que encontramos en esta zona son (Ver Anexo IV):

- Circuito esquemático Carmen W.
- Circuito esquemático Janeth.

## 2.2.9 BALANCE DE INGRESOS Y SALIDA DE AIRE DE LA MINA ANTES DEL PROYECTO.

El flujo de aire que ingresa a la mina lo hace por las siguientes labores como indica en las tablas 2.15, 2.16 y en los gráficos 2.8, 2.9 consecutivamente, que han sido medidos en superficie e interior mina.

### Ingresos y Salidas de Aire – Levantamiento de Campo

Tabla 2.15: Caudal de aire - Ingreso

CAUDAL DE AIRE - ENTRADA				
UBICACIÓN				CAUDAL (cfm)
NIVEL	ESTACION	VETA	LABOR	
SUP.	I1	M. Rosa	BM NV-610	40,704
SUP.	I2	M. Rosa	BM NV-620	6,427
SUP.	I3	M. Rosa	BM QUIMACOCHA	36,512
SUP.	I4	M. Rosa	BM RP MIRKO	158,688
SUP.	I5	M. Rosa	BM RP TERRY	149,572
SUP.	I6	M. Rosa	PQ ESPERANZA	36,622
SUP.	I7	Principal	PQ JACOB TIMMERS	208,730
SUP.	I8	Principal	PQ MONTENEGRO	24,811
SUP.	I9	M. Rosa	RB-06	14,388
SUP.	I10	M. Rosa	RB-07	10,942
NV 570	I11	M. Rosa	RB-08	7,502
SUP.	I12	M. Rosa	RB-10	20,586
SUP.	I13	M. Rosa	RB-18	18,783
SUP.	I14	M. Rosa	RB-47	33,147
NV 390	I15	M. Rosa	RB-14 (RB-09)	55,843
<b>TOTAL</b>				<b>823,258</b>

Tabla 2.16: Caudal de aire - Salida

CAUDAL DE AIRE - SALIDA				
UBICACIÓN				CAUDAL (cfm)
NIVEL	ESTAC.	VETA	LABOR	
SUP.	S1	M. Rosa	RB-20 (7B)	101,224
SUP.	S2	M. Rosa	RB-26	179,340
200	S3	Principal	RB-04 (RB-41)	149,763
175	S4	Principal	RB-64 (RB-42)	138,028
200	S5	Principal	RB-51 (RB-46)	141,472
250	S6	Principal	RB-63	192,684
<b>TOTAL</b>				<b>902,511</b>

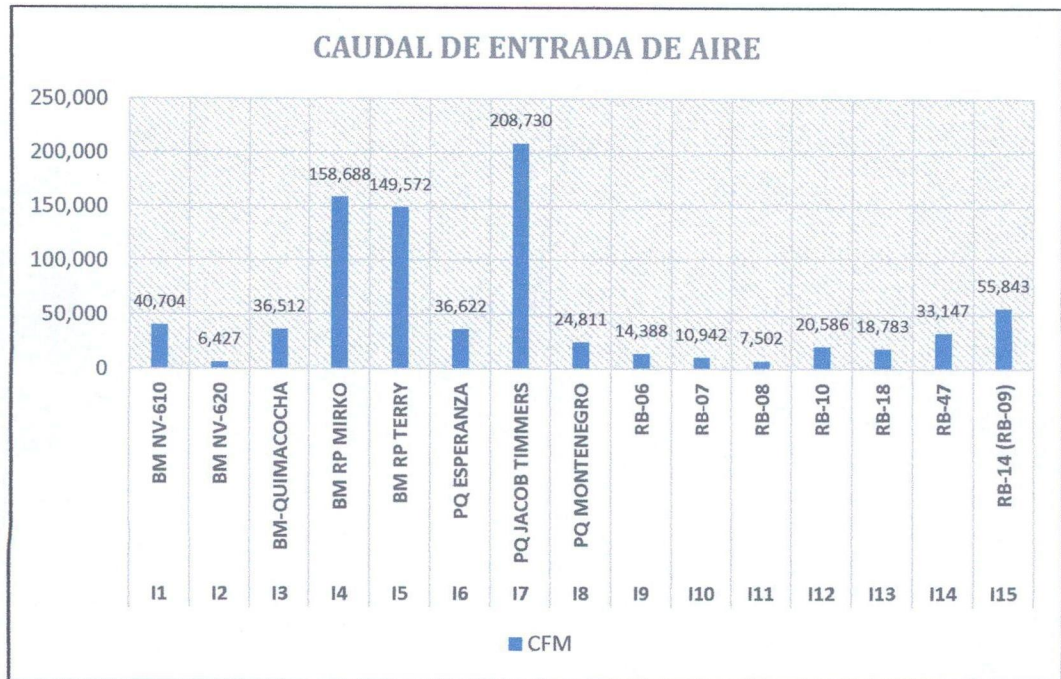


Gráfico 2.8: Caudal de entrada

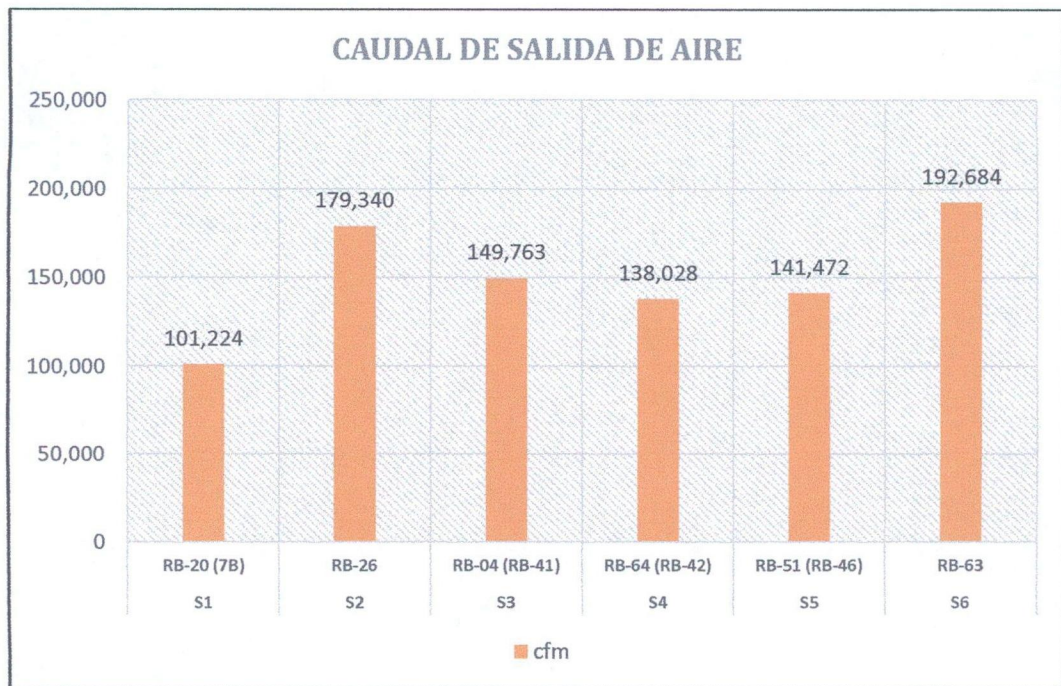


Gráfico 2.9: Caudal de salida

La relación entre los ingresos y egresos de la mina varía en un 9%, representado del total de aire; el caudal de ingreso un 48% y el caudal de egreso un 52%.

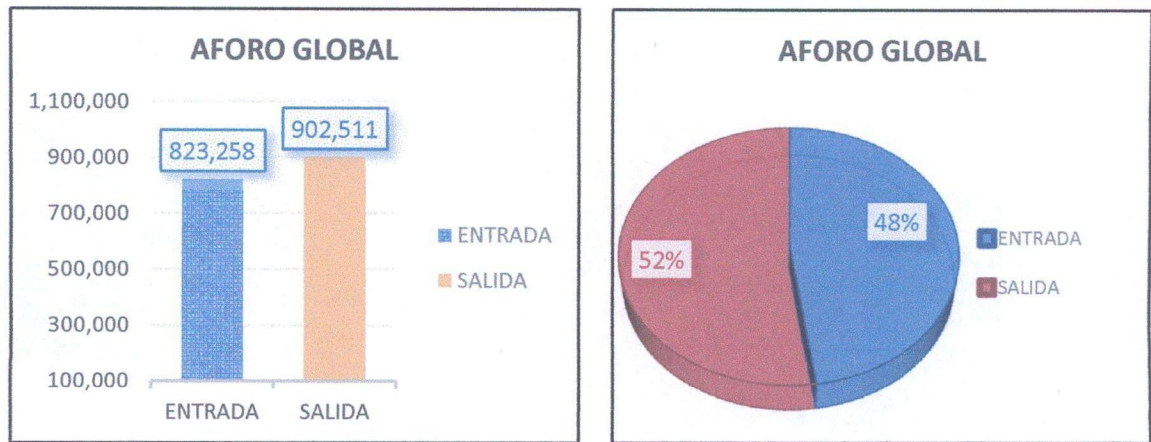


Gráfico 2.10: Aforo global)

Los datos de requerimientos globales del caudal de aire fue otorgado por el personal de ventilación, esto se mantendrá constante cuando se profundice. Es por ello que éste caudal requerido no variará cuando se ejecuten los proyectos de RBs.

Tabla 2.17: Resumen del aforo global

RESUMEN	
Ingreso	823,258 cfm
Salida	902,511 cfm
Relacion entre ingresos y egreso	9%
% ingreso	48%
% salida	52%

### 2.3. DISEÑO Y OPTIMIZACION DE LA VENTILACION EN LA U.M.ANIMON

#### 2.3.1. MARCO LEGAL.

El marco legal bajo el cual se realiza el presente estudio, se considera las principales normas legales vigentes.

1. **Decreto Supremo 055-2010-EM**, mediante el cual el titular minero dotará de aire limpio a las labores de trabajo acuerdo a las necesidades del trabajador, de los equipos y para evacuar los gases, humos y polvo suspendido que pudieran 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 de exposición ocupacional para agentes químicos de acuerdo al

ANEXO N°4 lo establecido en el Decreto Supremo 055-2010-EM. **Artículo 236°**, en todas las labores subterráneas se mantendrá una circulación de aire limpio y fresco en cantidad y calidad suficientes de acuerdo con el número de trabajadores, con el total de HP's de los equipos con motores de combustión interna, así como la dilución de los gases que permitan con el ambiente de trabajo con un mínimo de 19.5% de oxígeno.

2. **OHSAS 18001:2007**, Sistema de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional, (3.12), condiciones y factores que afectan, o podrían afectar, la salud y seguridad de los empleados u otros trabajadores (incluyendo trabajadores temporales y personal contratista), visitantes, o cualquier otra persona en el área de trabajo (3.23), cualquier locación física en la que las actividades relacionadas con el trabajo son realizadas bajo control de la organización.
3. **La Ley 29783**, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo que tiene como objetivo promover una cultura de prevención de riesgos laborales en el país, sobre la base de la observancia del deber de prevención de los empleadores, el rol de fiscalización y control del Estado y la participación de los trabajadores y sus organizaciones sindicales. Artículo 23, los empleadores que tienen implementados sistemas de gestión o cuentan con certificaciones en seguridad y salud en el trabajo deben verificar que éstas se cumplan, como mínimo, con lo señalado en la ley, el presente Reglamento y demás normas aplicables.

### **2.3.2. JUSTIFICACIÓN DE LOS PROYECTOS DE VENTILACIÓN**

En la U.M.Animon los proyectos de ventilación se enfocan en el mejoramiento del ambiente subterráneo en las zonas de producción de profundización.

Las operaciones mineras exigen un equilibrio en la producción diaria, originando la profundización de las rampas tanto en zona este y oeste.

El principal soporte de las operaciones es la buena ventilación para el buen desenvolvimiento del personal, tanto en trabajos de servicios, operaciones y equipos de transporte como de apoyo en la explotación mejorando su eficiencia y mecanismo en el trabajo.

Los proyectos referentes enlazan a los tajos de producción de las vetas Janeth-Carmen Nv 225-175, Principal Nv 250-175, Karina profundización, Guisela, María Rosa y Elva.

### **2.3.3. PLANEAMIENTO DE LA EXPLOTACIÓN MINERA Y SISTEMA DE VENTILACIÓN.**

#### **1.- PLAN DE DESARROLLO**

Se concibe dentro de un plan de desarrollo orientado en poner en evidencia los recursos inferidos que se tiene en la zona Este y Oeste en blocks probado y probable, para ello se ha programado la profundización de la Rampa Mirko Este, con objetivo del cumplimiento con la producción diaria de 4000 TMSD.

#### **2.- PLAN DE PREPARACIÓN**

El plan de preparaciones parte de la profundización de la Rp Mirko Este y Oeste, unidos a partir de accesos a los tajos de producción. El acceso con dirección al subnivel inferior es ejecutado sobre desmonte y el subnivel base se apertura sobre mineral en dirección norte y sur, consecuentemente este subnivel es rellenado y continuando con la explotación ascendentemente.

#### **3.- PROGRAMA DE PRODUCCIÓN**

El planeamiento del 2015 contempla alcanzar una producción de 4000 TPD y el siguiente año lograr los 4500 TPD, los cuales también exigen brindar las condiciones ambientales pertinentes. Ya que a mayor profundidad los factores ambientales son distintos.

#### **4.- PLANEAMIENTO DE SISTEMA DE VENTILACIÓN**

Como objetivo principal es proveer de aire limpio a todos los frentes de trabajo ya sea: tajos, talleres, topes de exploración, etc.

Para alcanzar este objetivo es necesario lo siguiente:

- Determinar el método de explotación con que va proseguir sus operaciones la U.M. Animon.
- Establecer las entradas y salidas primarias.
- Determinar los Caudales requeridos en la mina.
- Formular y resolver las redes críticas de ventilación.
- Simular y modelar los circuitos con ayuda de algún software.
- Determinar una solución económica más aceptable.
- Controlar las modificaciones futuras en el sistema de ventilación.

#### 2.3.4. PROYECTOS DE SISTEMA DE VENTILACIÓN ASPIRANTE.

##### 1.- PROYECTO DE EXTRACCIÓN 01 VETA JANETH-CARMEN

El circuito 01 del RB-10 se extraerá el aire viciado desde el Nv 225 mediante el RB-10A (Long: 167.9 m, Ø: 2.1m), uniendo el RB-94 con el RB-10 de descarga hacia el exterior, este RB se debe integrar al RB-10 y luego salir a superficie extrayendo el aire viciado de la zona de producción veta Janeth.

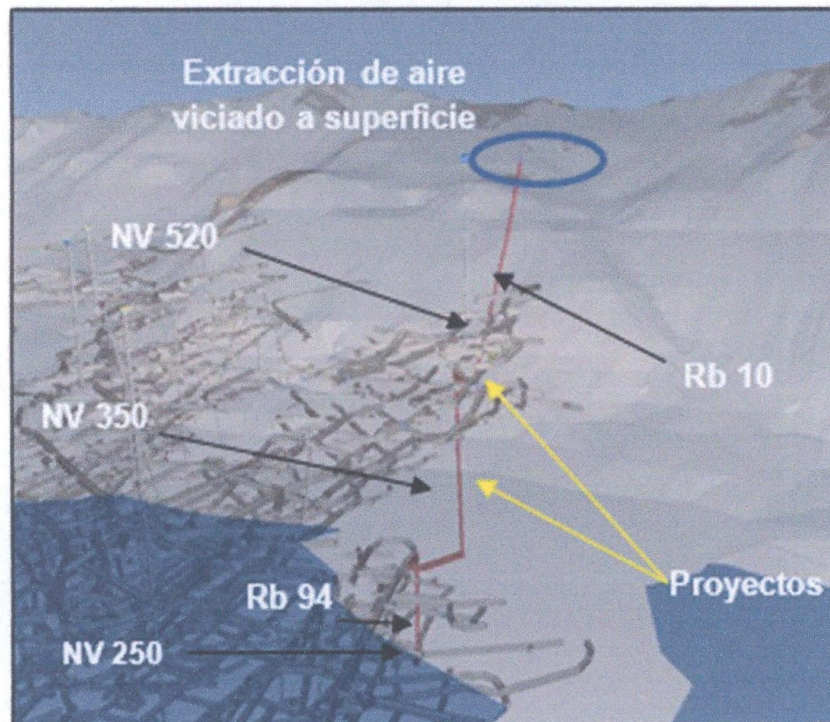


Figura 2.3: Circuito 01, Janeth-Carmen extracción de aire

Se deberá instalar un ventilador de 100,000 cfm con una presión total 12" CA a la condición de operación, en la cabeza del RB-94 (ver Figura 2.4), hermetizando su comunicación con la RP 500, la resistencia del circuito o línea de descarga con un caudal de 90,000 cfm será de 0.763737 N s<sup>2</sup>/m<sup>8</sup> con una pérdida de presión de 1,280 Pa.

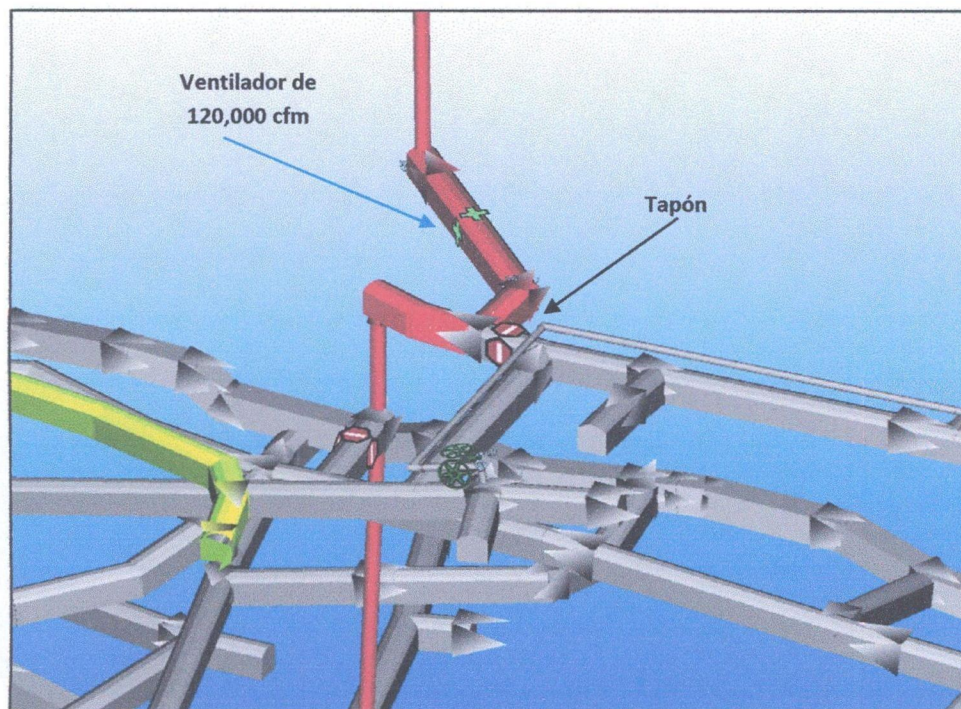


Figura 2.4: Circuito 01, Janeth – Carmen colocar

Este circuito extraerá el aire viciado del Nv 220, la cual estará interconectada con Carmen por el RB-76 y con los Nv 175 y 150 de Janeth, será por lo tanto un proyecto estratégico para la red Principal y su importancia se verá cuando se extraiga flujo de Carmen y Janeth desde el Nv 150 hacia abajo, es decir en la profundización.

## 2.- PROYECTO DE EXTRACCIÓN 02 VETA JANETH-CARMEN

El circuito 02 del RB-47, permite extraer aire desde el Nv 175 a corto plazo, pero lo más importante es que será un circuito que permitirá extraer aire desde el Nv 150 y niveles inferiores, por ello ya es un eje vital para la ventilación de la zona de Janeth (Ver Figura 2.5).

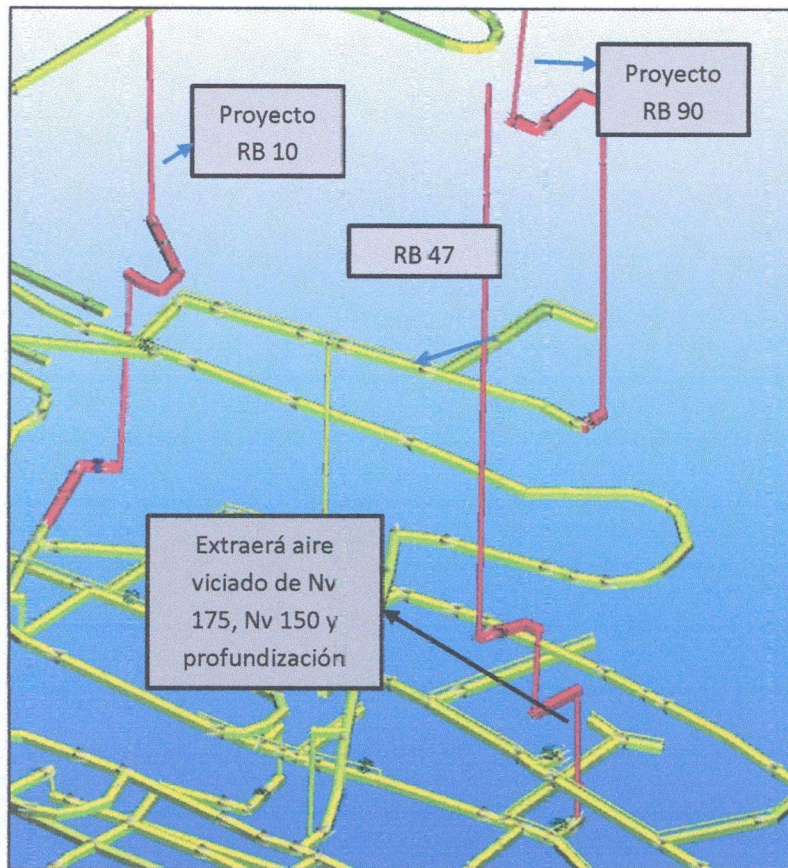


Figura 2.5: Janeth – Carmen extracción de aire.

Este trayecto trabaja con un ventilador Howden de 150,000 cfm y 225 HP, como se puede ver en figura 2.6, donde se observa los tapones que permiten la línea de flujo (color rojo).

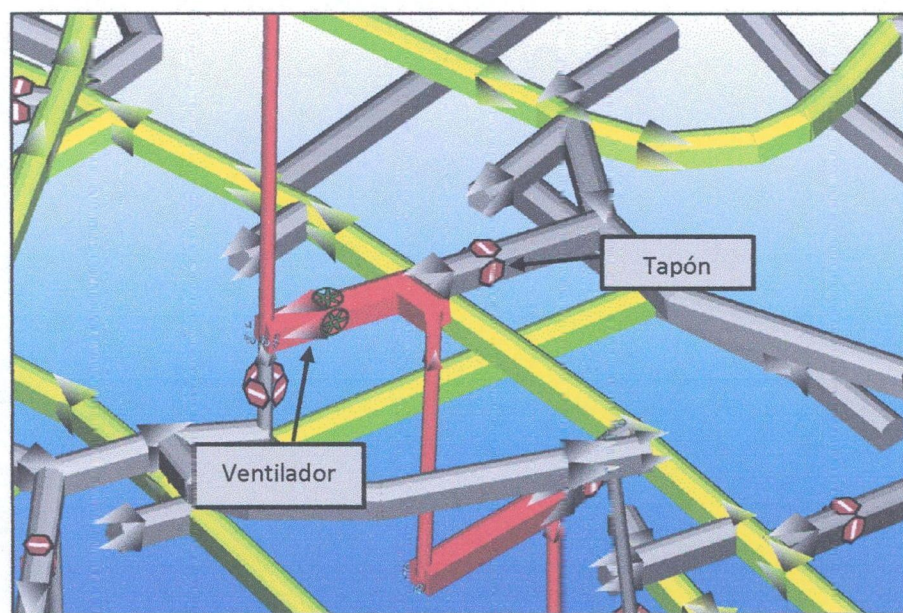


Figura 2.6: Janeth – Carmen colocar ventilador.

Este trayecto de descarga con un caudal cercano de 120,000 cfm tiene un pérdida de presión 1,022 Pa y una resistencia de 0.33172632 Ns<sup>2</sup>/m<sup>8</sup>.

A medio plazo sería conveniente un RB directo del Nv 200 hacia el Nv 150, puesto que el Nv 150 es un nivel estratégico de la red, como veremos más adelante donde podría ubicarse dicho RB para servir como eje principal de ventilación.

### 3.- PROYECTO DE EXTRACCIÓN 03 VETA JANETH-CARMEN

Este circuito 03 del RB-26; al igual que el circuito 01 extrae flujo del Nv 200, como pueden apreciar en la figura 2.7, elevando el flujo a través del RB 17 hasta el Nv 520 para luego comunicarlo al RB 26 la cual lo descarga a superficie.

Hasta el mes de Agosto en el Nv 200 habían 2 ventiladores AXIVANE S2000 de 150,000 cfm y 225 HP trabajando en paralelo, pero la tensión eléctrica sumado de ambos ventiladores se incrementaba hasta 310 kW (ver anexo levantamiento de ventiladores - ANEXO I) extrayendo un caudal de 176,000 cfm. Presentando entonces una pérdida de presión de 1,873 Pa con una resistencia de 0.27191174 Ns<sup>2</sup>/m<sup>8</sup>. Para el mes de agosto, se extrajo un ventilador, cuyo caudal cambio, siendo el caudal de extracción de 55.1 m<sup>3</sup>/s (117,000 cfm) con una pérdida de presión de 825 Pa. La diferencia entre la situación de Julio y Agosto en la caída de presión es muy notoria 825 Pa / 1,873 Pa, 44% del valor de la presión anterior, condición importante para evitar riesgo al ventilador.

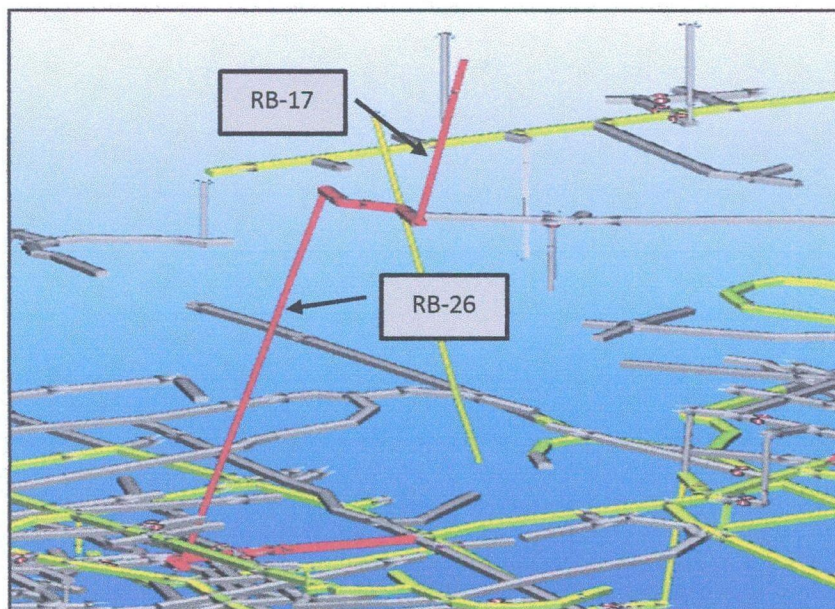


Figura 2.7: Circuito 03, Janeth – Carmen extracción de aire.

Ver en la Figura 2.8 donde estaban colocados los ventiladores y partir de Agosto solo había un ventilador principal.

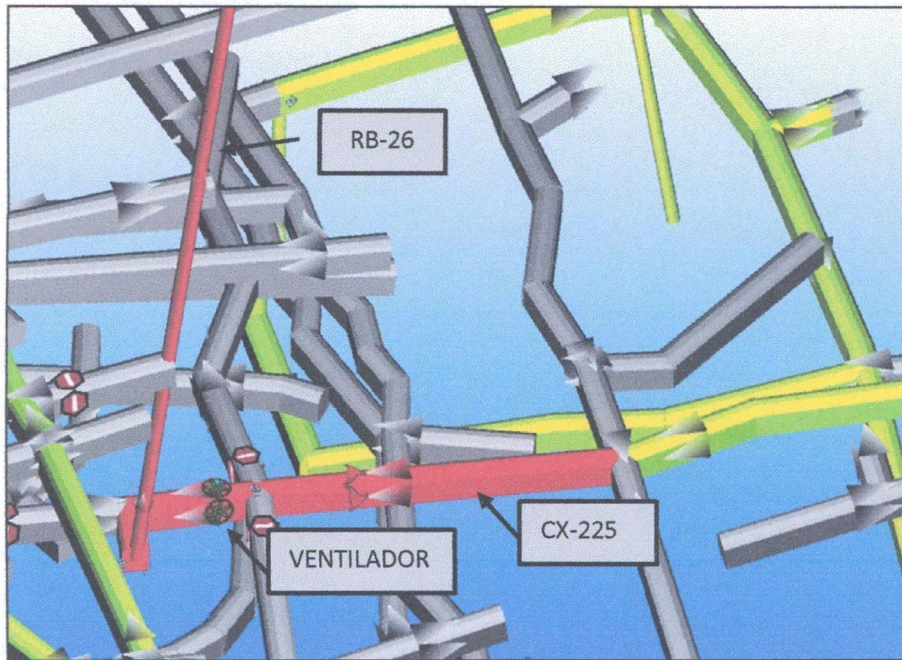


Figura 2.8: Circuito 03, Janeth – Carmen colocar ventilador.

Concluimos que este ventilador deberá permanecer en éste lugar.

#### 4.- PROYECTO DE EXTRACCIÓN 04 VETA CARMEN

El circuito 04 del RB-18, como su nombre lo sugiere este circuito está relacionado con la ventilación directa de Carmen y Araceli-Claudia, ver Figura 2.9.

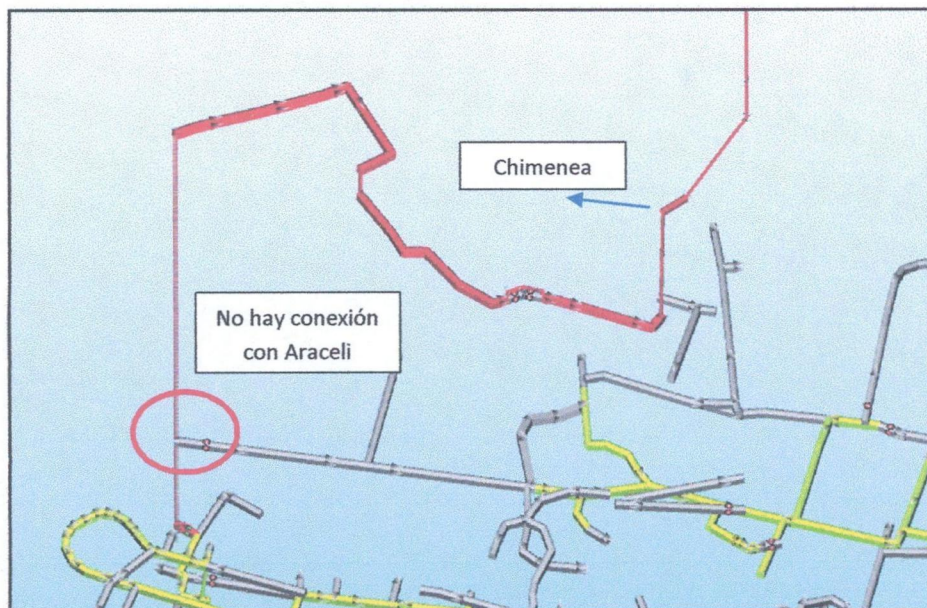


Figura 2.9: Circuito 04, ventilación Carmen-Araceli.

Se observa la línea de Extracción 04 de Carmen de la figura 2.9 (color rojo), la cual no tiene conexión con Araceli.

Para extraer un caudal de  $60 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $127,000 \text{ cfm}$ ) por el RB-99 desde el Nv 150 Carmen (By Pass 150) en el extremo Oeste, se requerirá de una presión estática de  $5,000 \text{ Pa}$ , demasiada presión no es viable, ello no se debe al RB-99 ( $2.1 \text{ m}$ ) que presentaría en todo su trayecto solo una caída de presión de  $650 \text{ Pa}$ , en cambio solo la CH presenta una caída de presión de  $2,020 \text{ Pa}$  y sumado a la caída de presión del Puente sobre la RP Terry de  $907 \text{ Pa}$ , solamente esos 2 tramos son casi  $3,000 \text{ Pa}$ , es decir casi la mitad de la resistencia del circuito de extracción.

Ahora nos preguntaremos cual sería el caudal para un ventilador comercial con presión estática de  $8'' \text{ CA}$  ( $2,000 \text{ Pa}$ ) solo extraería  $22.5 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $48,000 \text{ cfm}$ ), no sería suficiente para ventilar la RP (+) 175 más la profundización de Carmen, en una primera etapa no podría trabajarse ambas en simultaneo con este caudal, por ello, aprovechando el desarrollo del proyecto de Araceli-Claudia, sería recomendable unir Araceli Nv 200 con el RB-99, con un laboreo adicional aproximado de  $50 \text{ m}$ . En la imagen siguiente la línea de flujo (color rojo) representa el circuito de extracción Carmen, ver figura 2.10, con conexión a Araceli en Nv 200.

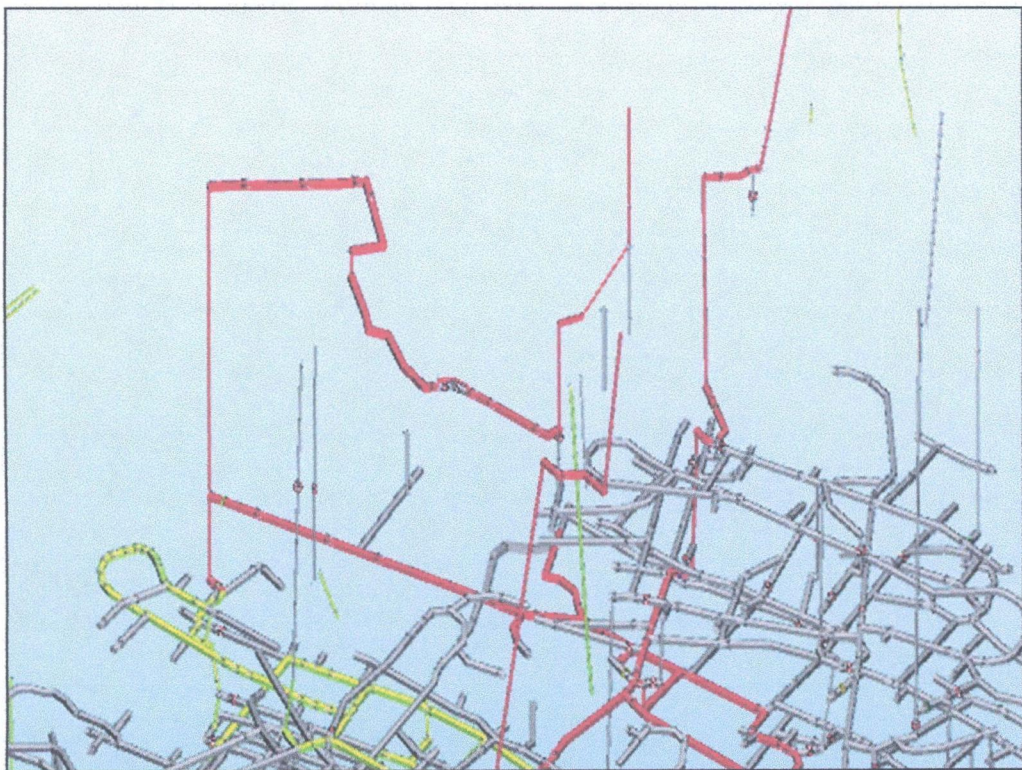


Figura 2.10: Circuito 04, Carmen extracción de aire.

Como puede verse en el gráfico superior la extracción de Carmen y Araceli, sería compartido por los 3 circuitos en paralelo, el circuito de extracción Janeth 01, circuito de extracción Janeth 04 y el circuito de extracción de Carmen 05, ello bajaría la presión estática de extracción del Nv 150 de Carmen.

En la tabla 2.18 se compara ambos escenarios, sin conexión y con conexión.

Tabla 2.18: Comparación del circuito con conexión y sin conexión

Descripción	Sin Conexión a Nv 200 Araceli-Claudia	Sin Conexión a Nv 200 Araceli-Claudia	Con Conexión a Nv 200 Araceli-Claudia (con regulador)	Con Conexión a Nv 200 Araceli-Claudia (con regulador)
Cauda (m <sup>3</sup> /s)	30	60	30	60
Presión (Pa)	1,280	5,000	Baja Presión	1,349
Observación técnica	Presión comercial	Alta Presión	Por debajo del requerimiento.	Presión comercial
Labor	RP (+) 175 Carmen	RP (+) 175 Carmen	RP (+) 175 Carmen Labores de Araceli-Claudia Nv 200.	RP (+) 175 Carmen Labores de Araceli-Claudia Nv 200. Labores Nv 125.
Etapa	I, cercana	I, cercana	I, cercana	I, cercana y mediana
Factibilidad	Posible	Extremadamente Caro	Baja dilución, no se recomienda	Posible

Como se observa en la tabla 2.18, solo es recomendable usar un ventilador de 30 m<sup>3</sup>/s (60,000 cfm), para solo las labores de la RP (+) 175 Nv 150 Carmen.

Si se desarrolla el proyecto de Araceli-Claudia, es recomendable y necesario comunicar con el circuito de extracción 04, para incrementar a 60 m<sup>3</sup>/s (27,000 cfm).

Además se tiene que mencionar que este último circuito 04 Carmen con conexión a Araceli-Claudia, tendrá una vida de 3 o más años, por las 3 etapas de profundización considerada hasta el Nv 075 de Carmen, ver figura 2.11.

Finalmente podemos concluir que el RB-99 es de gran importancia para proseguir la explotación de Carmen, tanto a nivel superior como inferior, adicionalmente podría ser utilizada para la explotación de Araceli y Claudia, para mayor comprensión, ver esquemático siguiente, Figura 2.11.

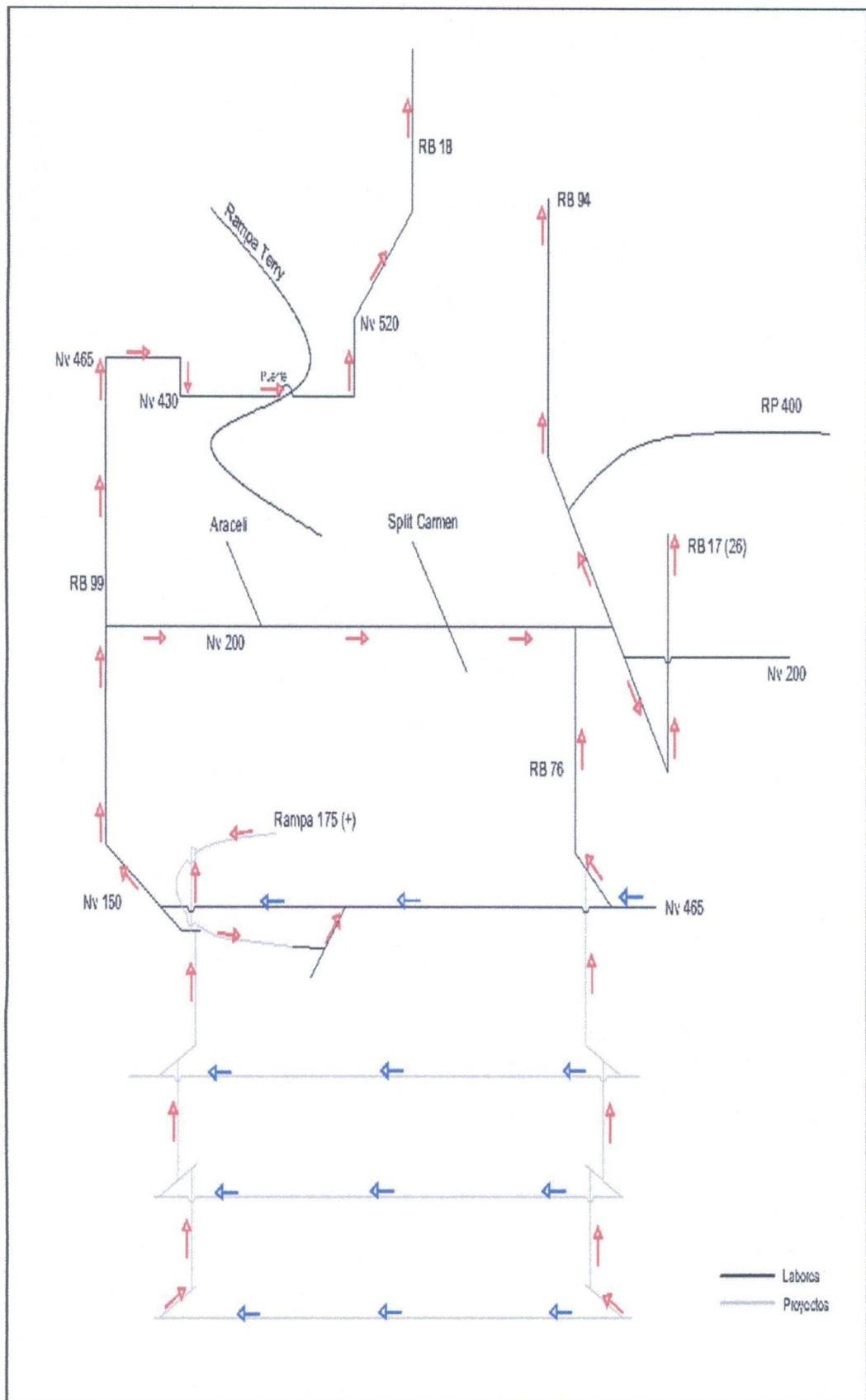


Figura 2.11: Esquemático Carmen

## 5.- PROYECTO DE EXTRACCIÓN 05 VETA PRINCIPAL NV. 250-175

Este proyecto permitirá extraer el aire viciado de los niveles 150,115 y 100.

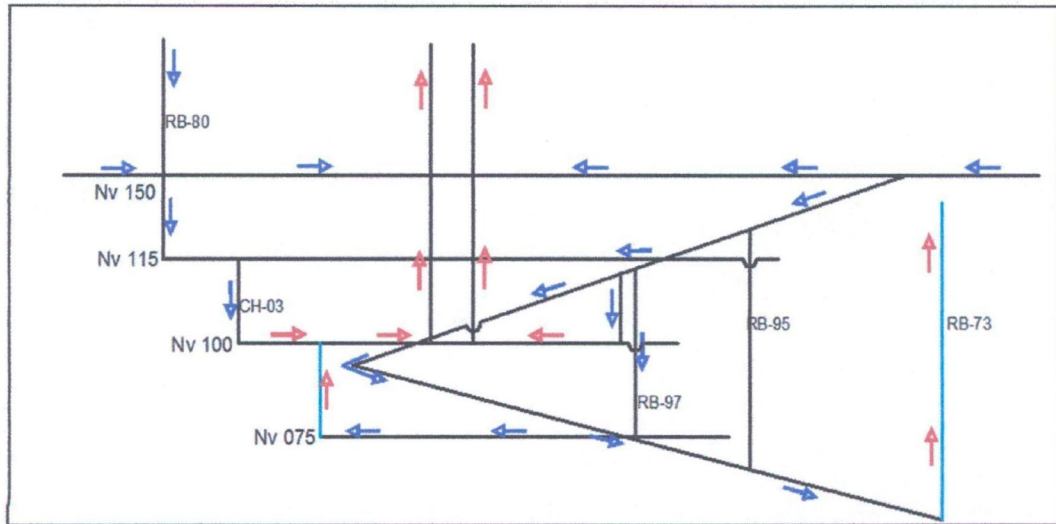


Figura 2.12: Vista en perfil proyectos (Nv. 250 – Nv. 175)

Para lo cual se tiene que seguir el siguiente proceso:

- Instalar ventilador de 100,000 cfm con 12" CA en superficie cabeza del RB-42 y colocar tapón (Hermetizar) en el piso del RB-42.
- Hermetizar la entrada de BP-175 con el RB-42 y abrir tapón ubicado en el piso del RB-42 en el Nv-260, ver figura 2.13.

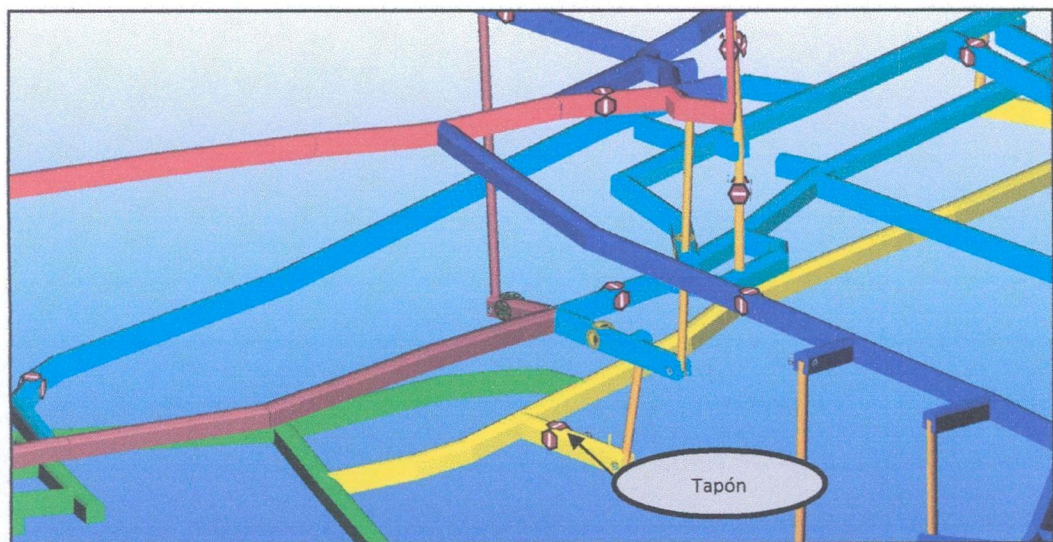


Figura 2.13: Vista plan de trabajo proyectos veta principal

- Colocar tapón en el Nv-310 antes del pique Montenegro y hermetizar el piso del RB-39.
- Instalar ventilador de 100,000cfm con 12" C.A en piso del RB-39 y colocar tapón (hermetizar) en el piso del RB-41.

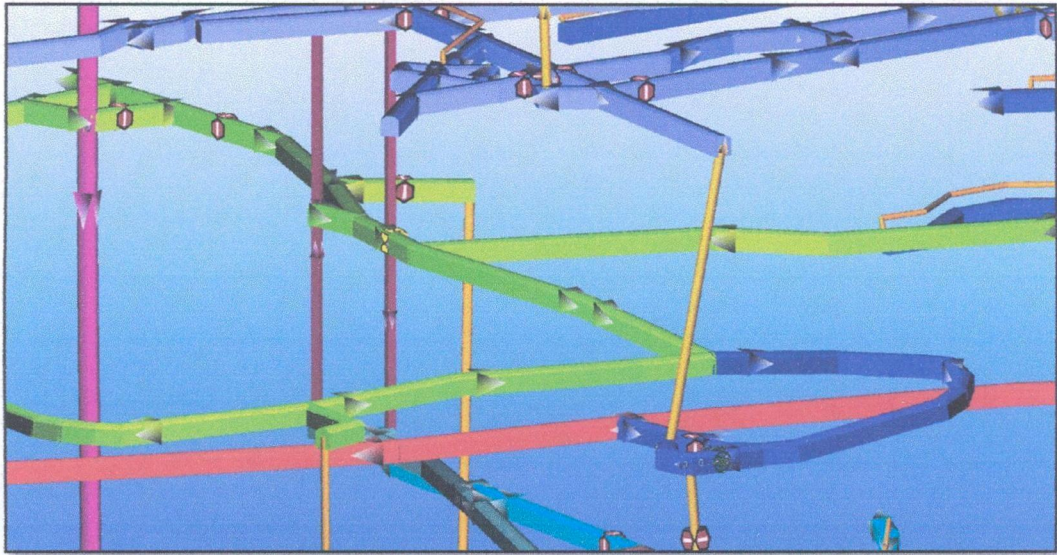


Figura 2.14: Circuito 05, Vista, plan de trabajo proyectos veta principal

- Colocar puerta antes de los RB-102 y RB-103 en el BP-260 Nv 250, tal como se muestra en la figura 2.15.

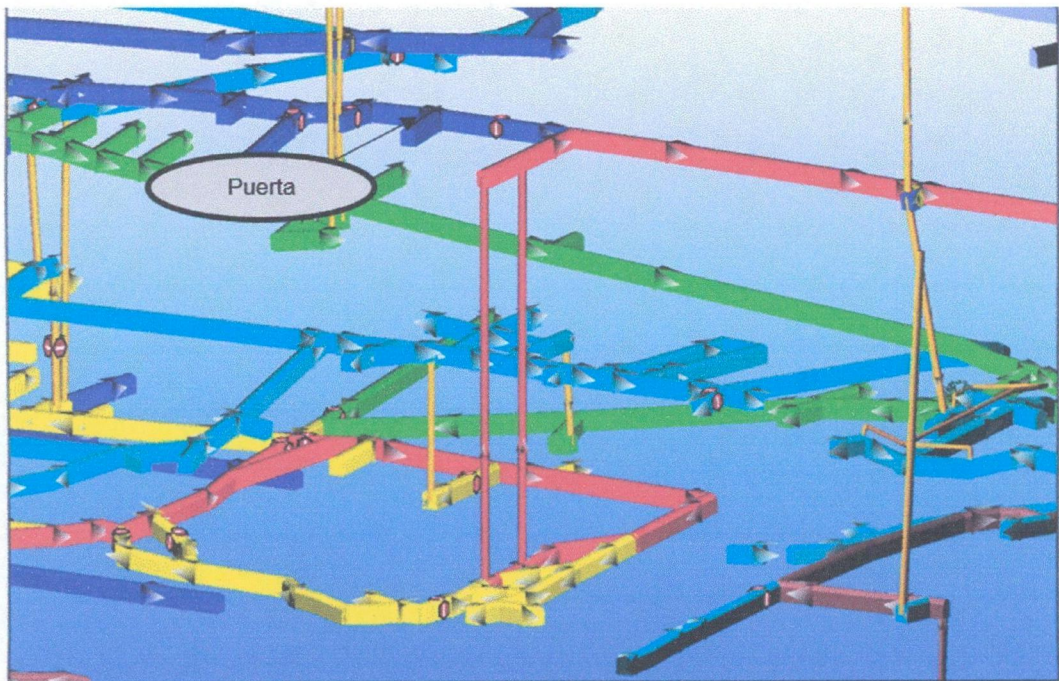


Figura 2.15: Circuito 05, Vista de plan de trabajo proyectos veta principal

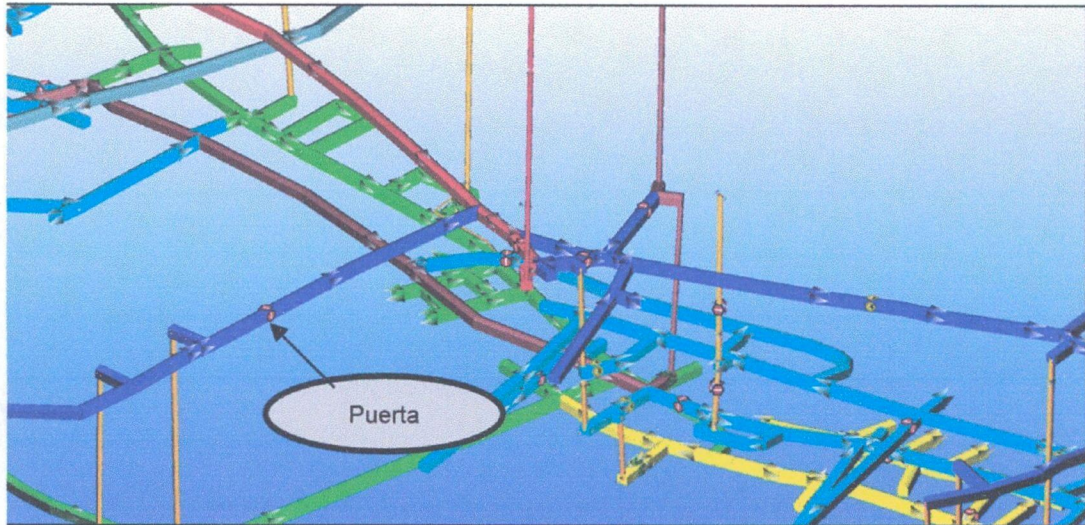


Figura 2.16: Circuito 05, Vista, proyectos veta principal

- Construir el RB-86A que comunica el Nv-100 con el Nv-150 y colocar tapón entre el RB-86A y el Nv-150.

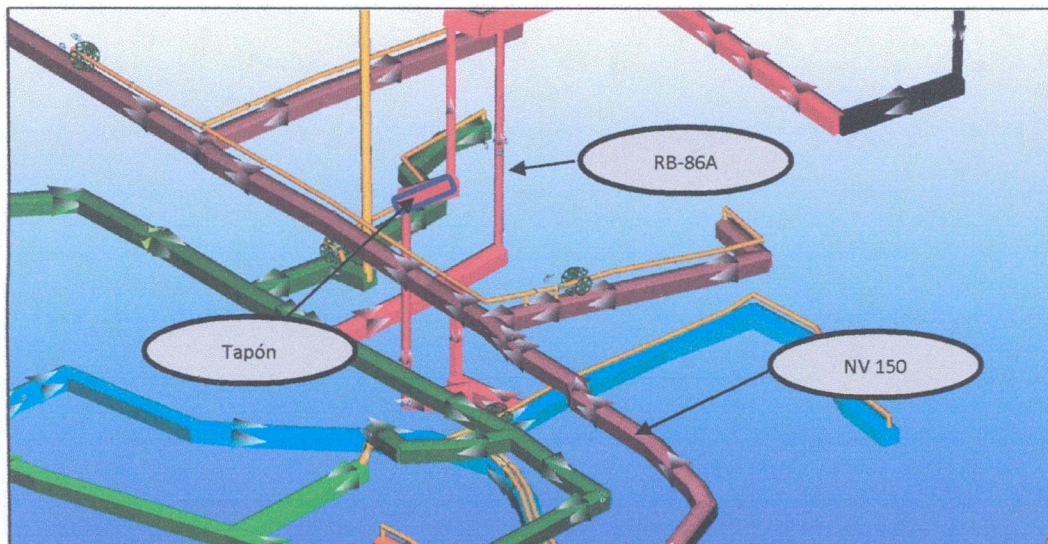


Figura 2.17: Vista, plan de trabajo proyectos veta principal.

- Limpiar carga que se encuentra en la cámara piso del RB-85 Nv-115.
- Cambiar el ventilador que se encuentra en el pie de la CH-02 con un ventilador de 30,000 cfm.
- Construir el RB-86B que comunica el Nv-075 con el Nv-100 al costado del RB-86A y colocar un ventilador de 60,000 en cfm en el pie.
- Apagar y reubicar el ventilador del RB-95 que se encuentra en el Nv-150.

- Direccional el aire viciado (entre RP alternativa y BP-175) hacia los RB proyectados.

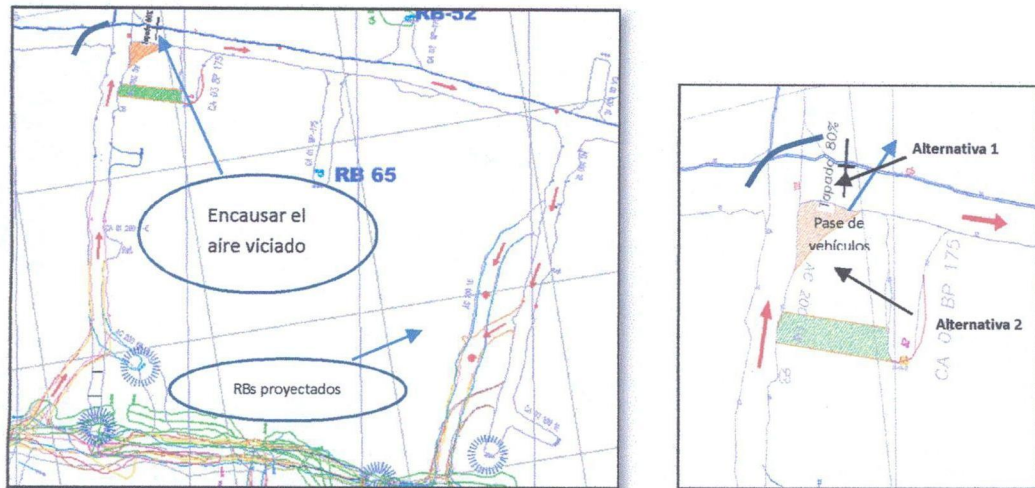


Figura 2.18: Circuito 05, Vista, Encausamiento del aire viciado

### Extracción por el RB-73B

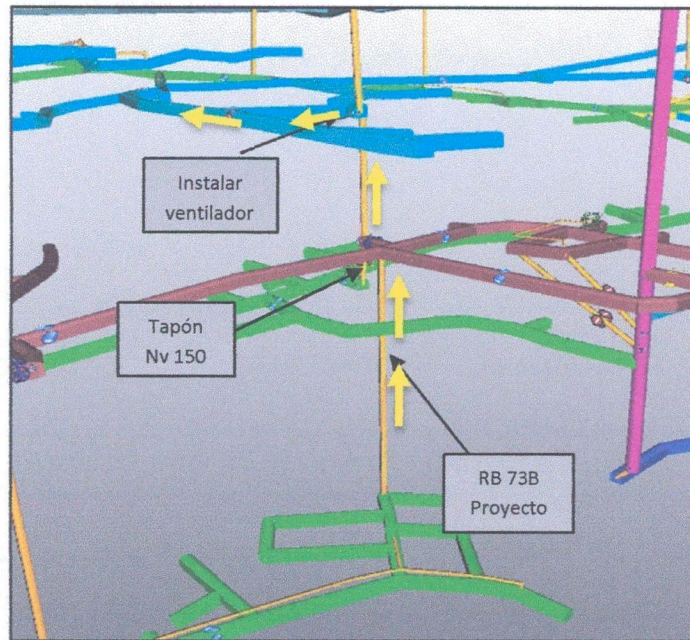


Figura 2.19: Circuito 05, Extracción por el RB 73B

- Construir el RB-73B.
- Hermetizar el piso del RB-73 en el Nv 150.
- Apagar el ventilador booster ubicado en el RB-73 en el Nv 150.
- Instalar un ventilador booster extractor de 40,000 cfm con una presión 5" CA, densidad de 0,75 y una altitud de 4200 msnm en el Nv 200 cabeza del RB-73 este aire viciado se extraerá a superficie por el RB 46.

## 6.- PROYECTO DE EXTRACCIÓN 06 VETA KARINA-ROFUNDIZACIÓN

El circuito de ventilación de la Veta Karina y Andalucía en el Nv 250 parará su producción en aproximadamente 6 meses, en el Nv 150 se está haciendo la preparación (By Pass) por lo que se debe proporcionar un caudal adecuado de aire, se propone la ejecución de dos RBs para la profundización de Karina.



Figura 2.20: Circuito Kerina, Vista Circuito de extracción veta Karina.

Se deberá construir el RB-88A de 89 m de longitud y con un diámetro de 2.1 m desde el Nv 225 al Nv 150 posteriormente se deberá construir el RB desde el Nv 250 a Nv 150 de una longitud de 113 m y con un diámetro de 2.1 m.

Una vez terminada la producción del Nv 250 de la veta Karina se tendrá que colocar tapones para encausar el flujo de aire por donde realmente se necesita.

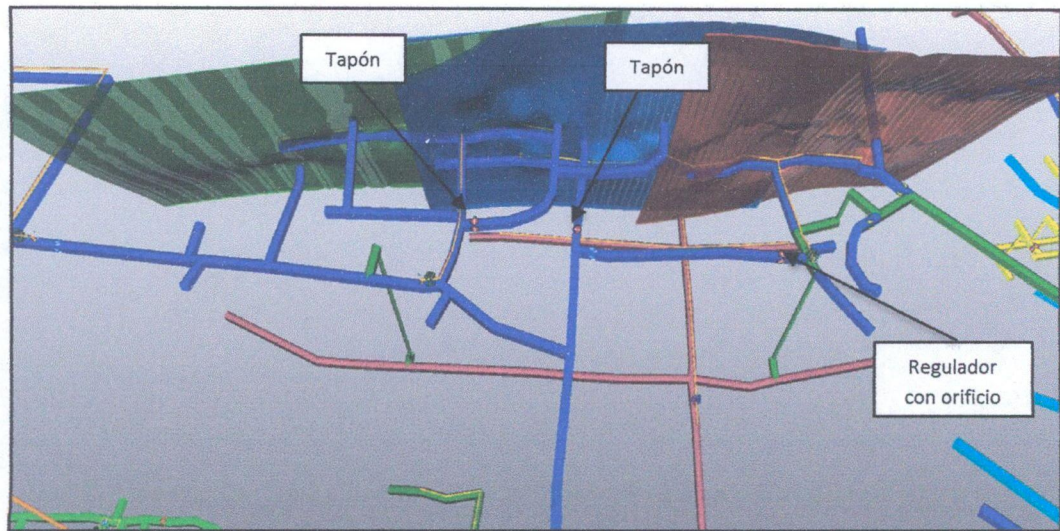


Figura 2.21: Circuito Karina, Reguladores con tapones y orificios

El circuito de aire ingresará del RB-87 con un caudal de 60,000 cfm que **extraerá** aire del nivel 075 y del Pique Esperanza como se muestra en la figura 2.22, el aire viciado de Karina Nv 150 será extraído por el RB-88 y saldrá a superficie por el RB-14.

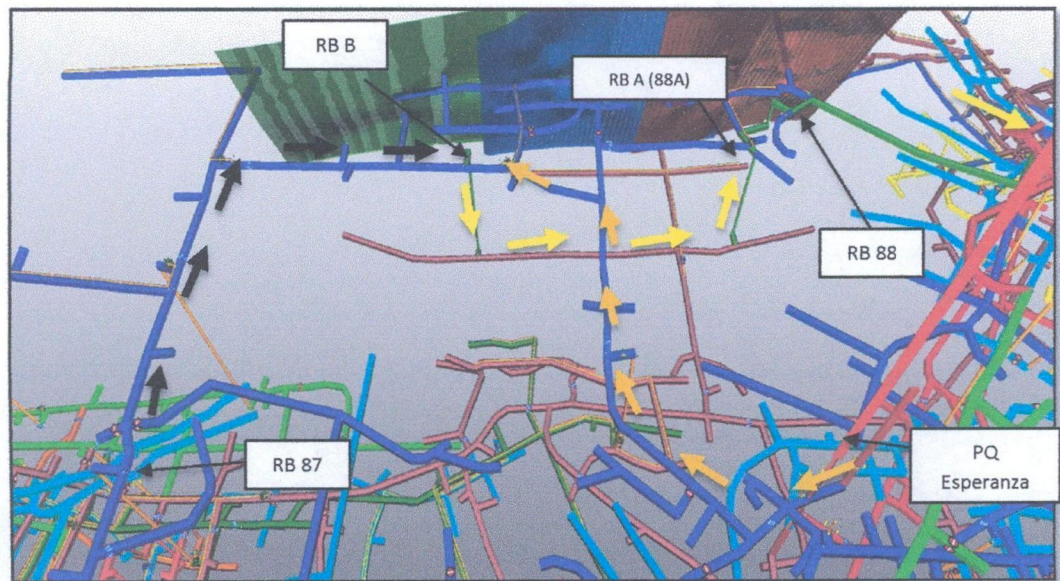


Figura 2.22: Circuito Karina, RB 87.

Cambiar el ventilador de 160,000 cfm donde está ubicado actualmente por uno de 110,000 cfm que está ubicado en el RB-76A.

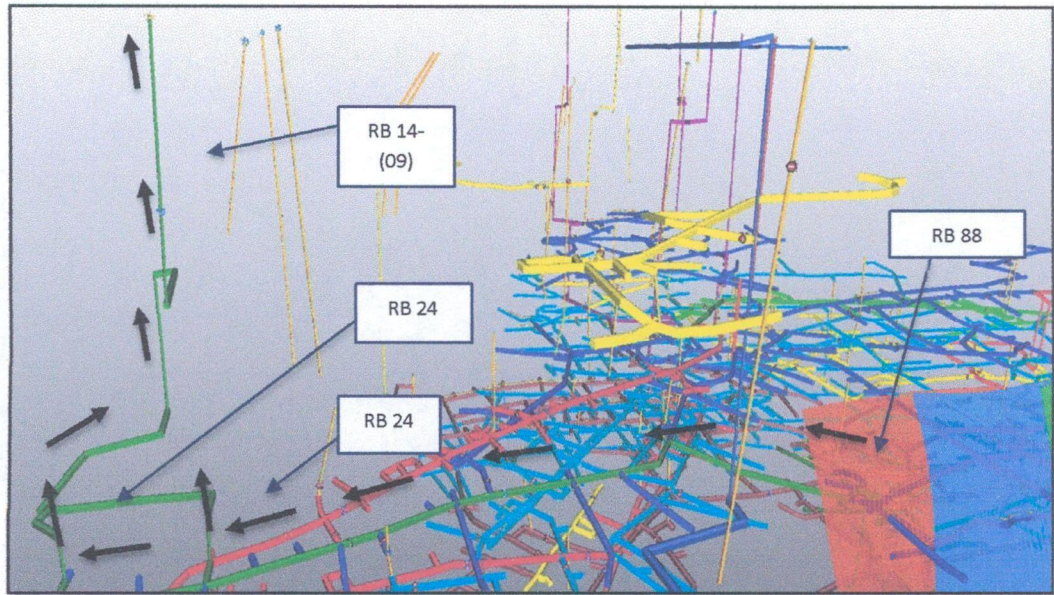


Figura 2.23: Circuito Karina, Vista extracción de aire por el RB 14

## 7.- PROYECTO DE EXTRACCIÓN 07 RB-107 VETA GISELA / MARÍA ROSA / ELVA.

Para la extracción de aire de la zona de María Rosa-Elva-Gisela se proyectará el RB-107 de 160 m de longitud que partirá desde la CA 04 XC 200 hacia la CA 04 XC 300, este aire viciado pasará por el Nv 330 hacia el RB-27 que comunica al Nv 620 saliendo por la bocamina 620.

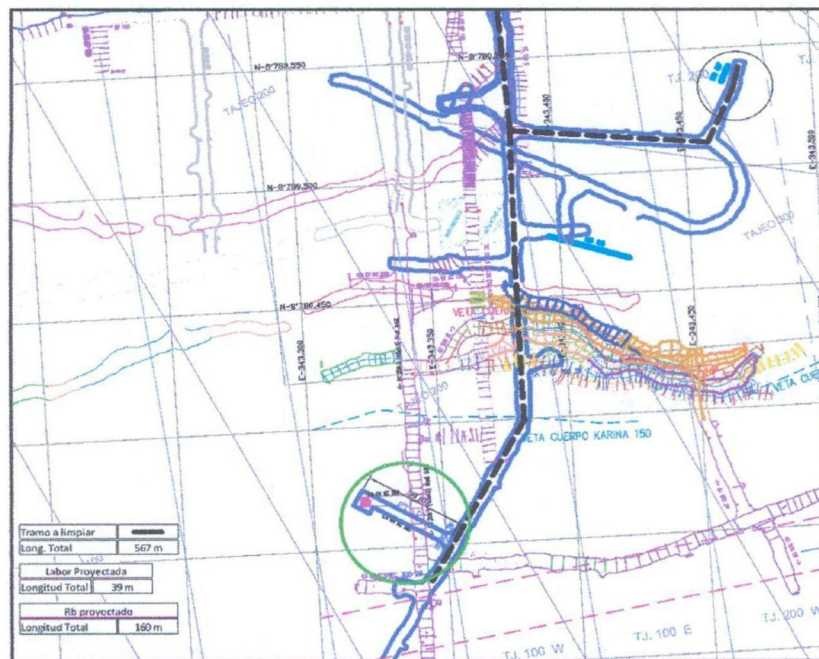


Figura 2.24: Circuito del RB 107, zonas de producción María Rosa-Elva

Las vetas de María Rosa y Elva tienen una salida de extracción de aire viciado que es por el RB-20A y aproximadamente pasa 60,000 cfm, para la profundización se necesitará extraer más aire viciado, por lo que el proyecto RB del Nv 150 al Nv 330 se ejecutará con este propósito.

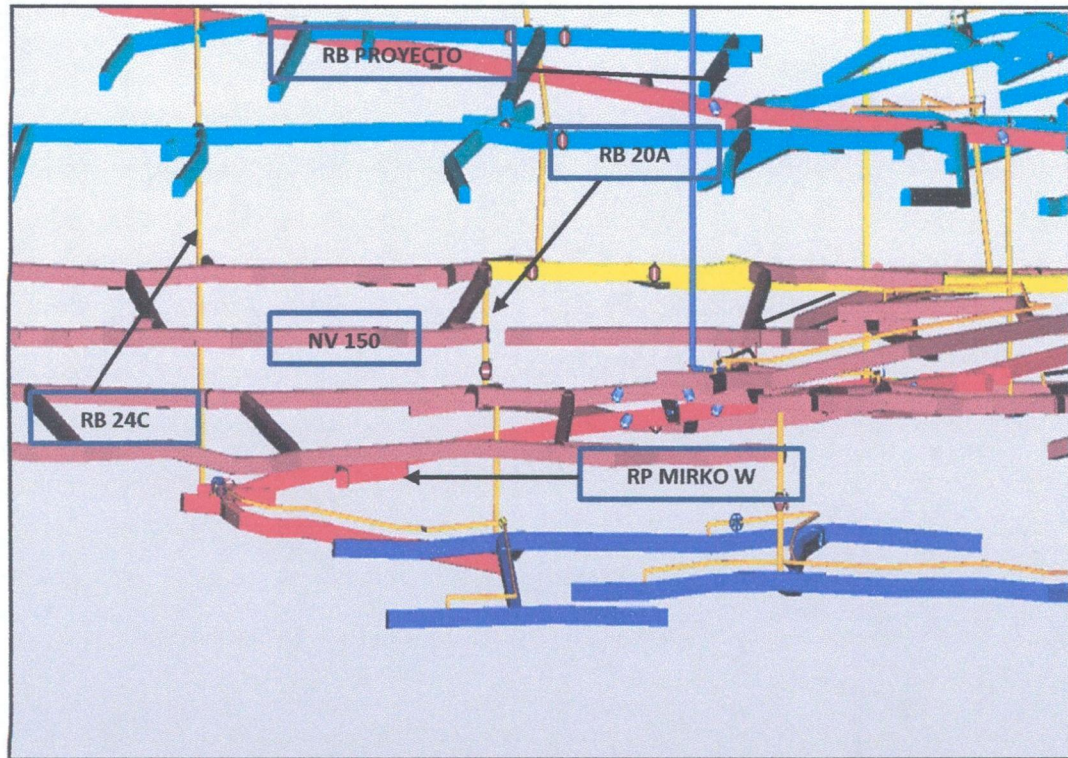


Figura 2.25: Proyecto RB 107, extracción de aire viciado por el RB-20A

El proceso para poner en funcionamiento este proyecto se deberá realizar lo siguiente:

- Ejecutar la cámara 04 XC 200 en el Nv 150 de una longitud 14 m con una sección de 4.0 m x 4.0 m, que será el piso del RB proyectado.
- Hacer limpieza en el XC 300 2W del Nv 330.
- Ejecutar la CA 04 XC 300 en el Nv 330 de una longitud de 40 m con una sección de 4.5 m x 4.5 m que será la cabeza del RB proyectado.
- El RB proyectado es de 2.10 m de diámetro con una longitud de 163 m entre el nivel 150 y el nivel 330.
- Colocar un ventilador de 100,000 cfm en el Nv 150.



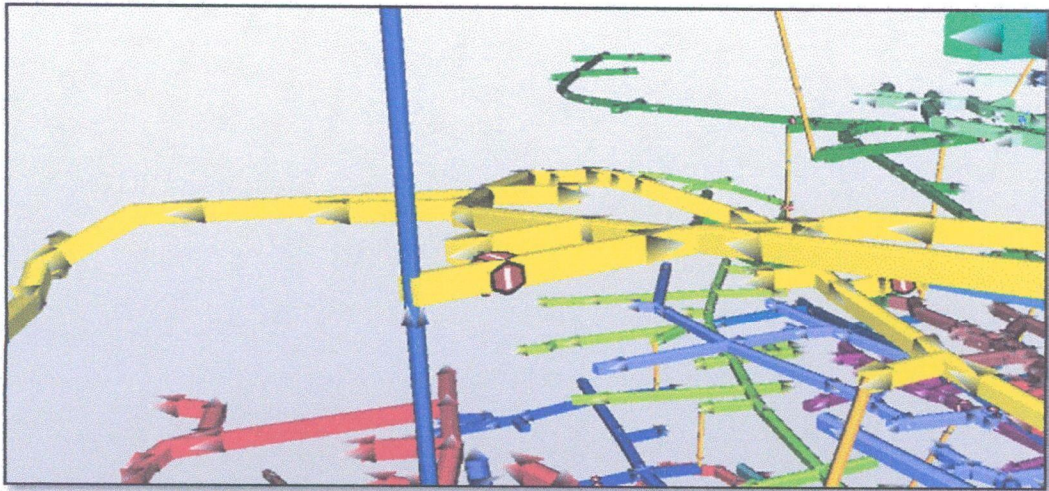


Figura 2.28: Proyecto RB 107, colocar tapón.

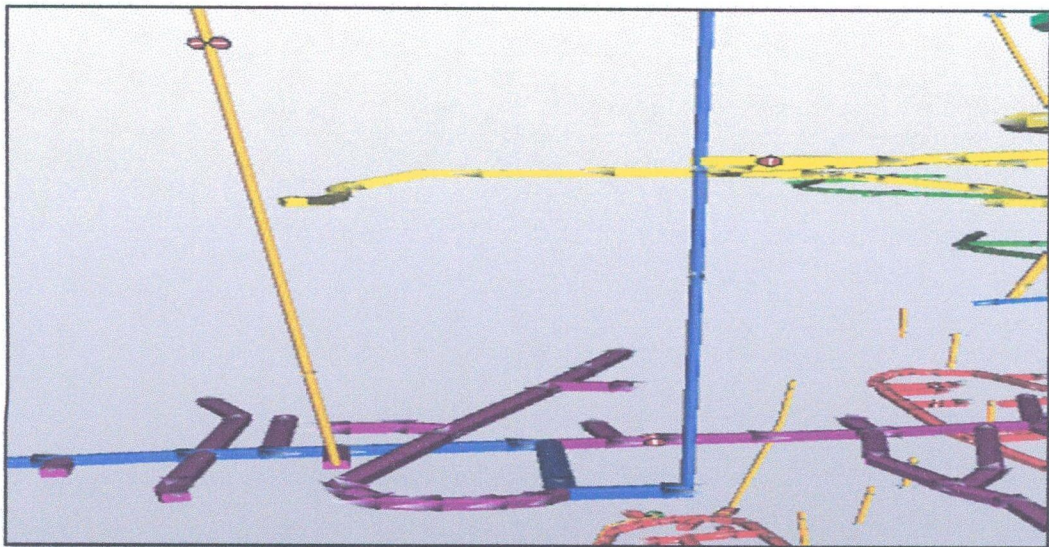


Figura 2.29: Proyecto RB-107, instalar Ventilador

- El aire extraído saldrá por la bocamina del Nivel 620, ver figura 2.30.

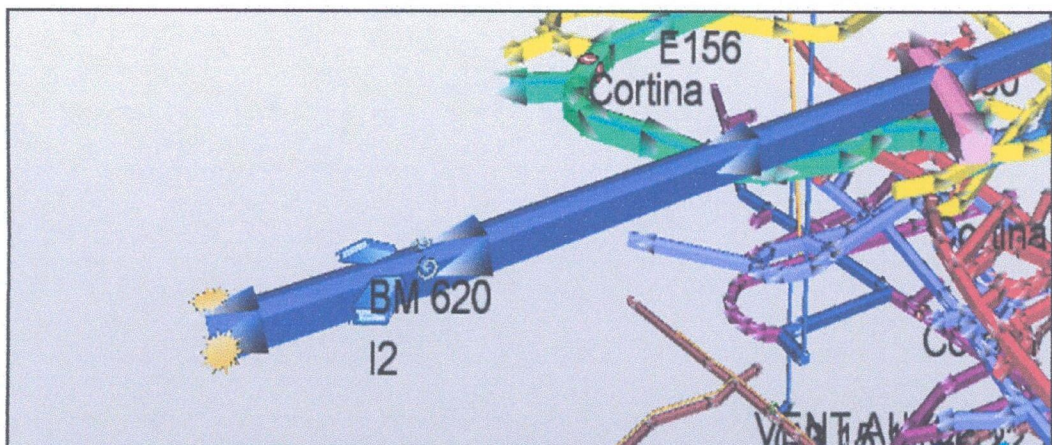


Figura 2.30: Proyecto RB 107, Bocamina de extracción 620.

Además de ventilar el sistema actual debemos proyectarnos a la profundización, en tener un circuito principal que nos permita obtener aire limpio y extractores que permitan limpiar el aire viciado así como se muestra en la Figura 2.31, donde se muestra como el aire bajará por la rampa alimentando con aire limpio a los laboresos y el aire viciado será extraído sin recircular por labores donde no hay personal.

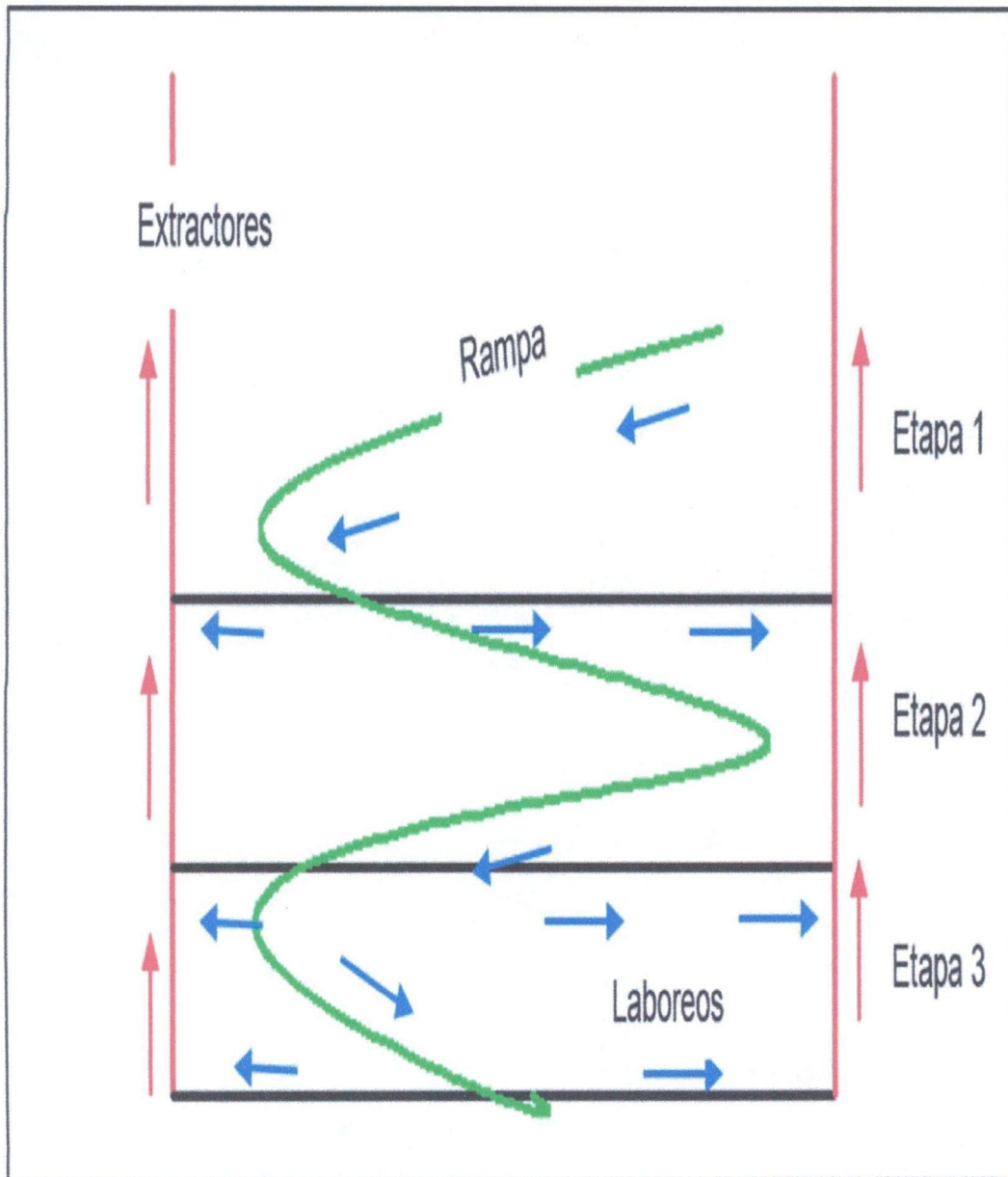


Figura 2.31: Proyecto RB-107, Esquemático zona de María Rosa.

Se presenta los diseños de ventilación según avance la profundización que lo dividimos en etapas para observar cómo va cambiando la mina.

**Primera Etapa:** Al ejecutarse el proyecto RB del Nv 150 al Nv 330, también se podría ejecutar los RB (A), (B), (C) y (D) este último para ventilar la profundización de la rampa, como se muestra en la figura 2.32.

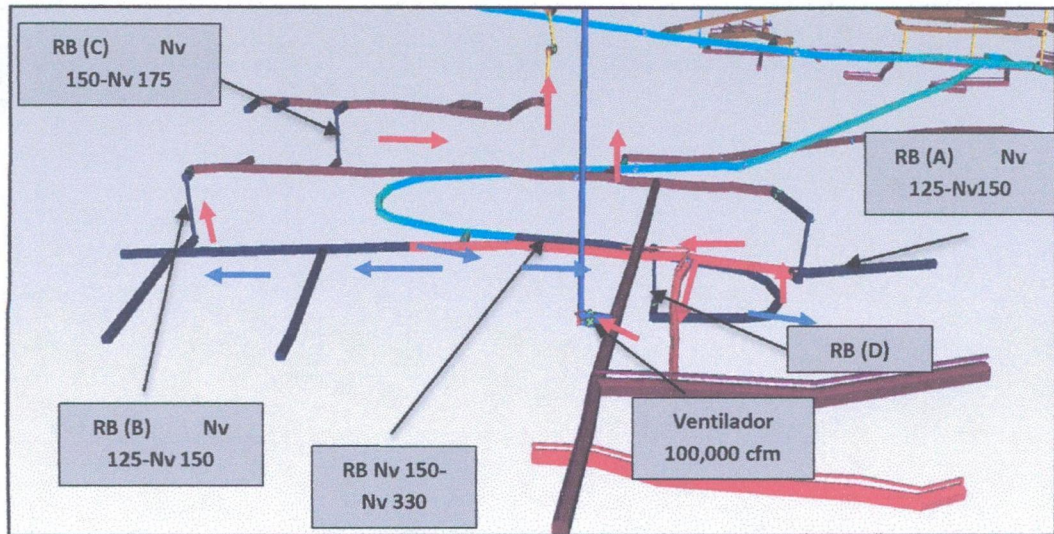


Figura 2.32: Proyecto RB 107. Primera etapa

**Segunda Etapa:** Acabando el laboreo en el Nv 125 dirigiremos el caudal de aire a la profundización, entonces será necesario colocar tapones en algunas labores y ejecutar los RB (E) y (F), Imagen 49, para continuar extrayendo por los RB (A) y (B), figura 2.33.

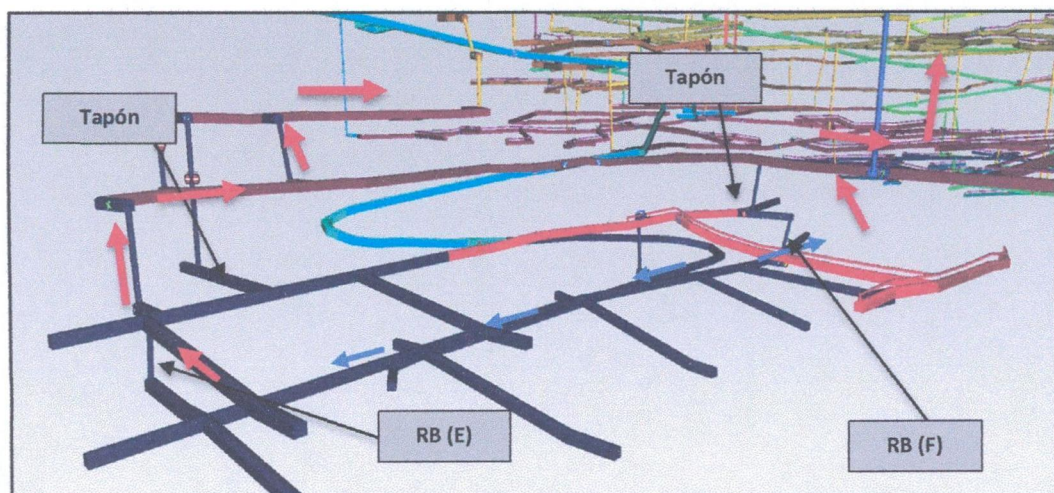


Figura 2.33: Proyecto RB-107, Segunda etapa.

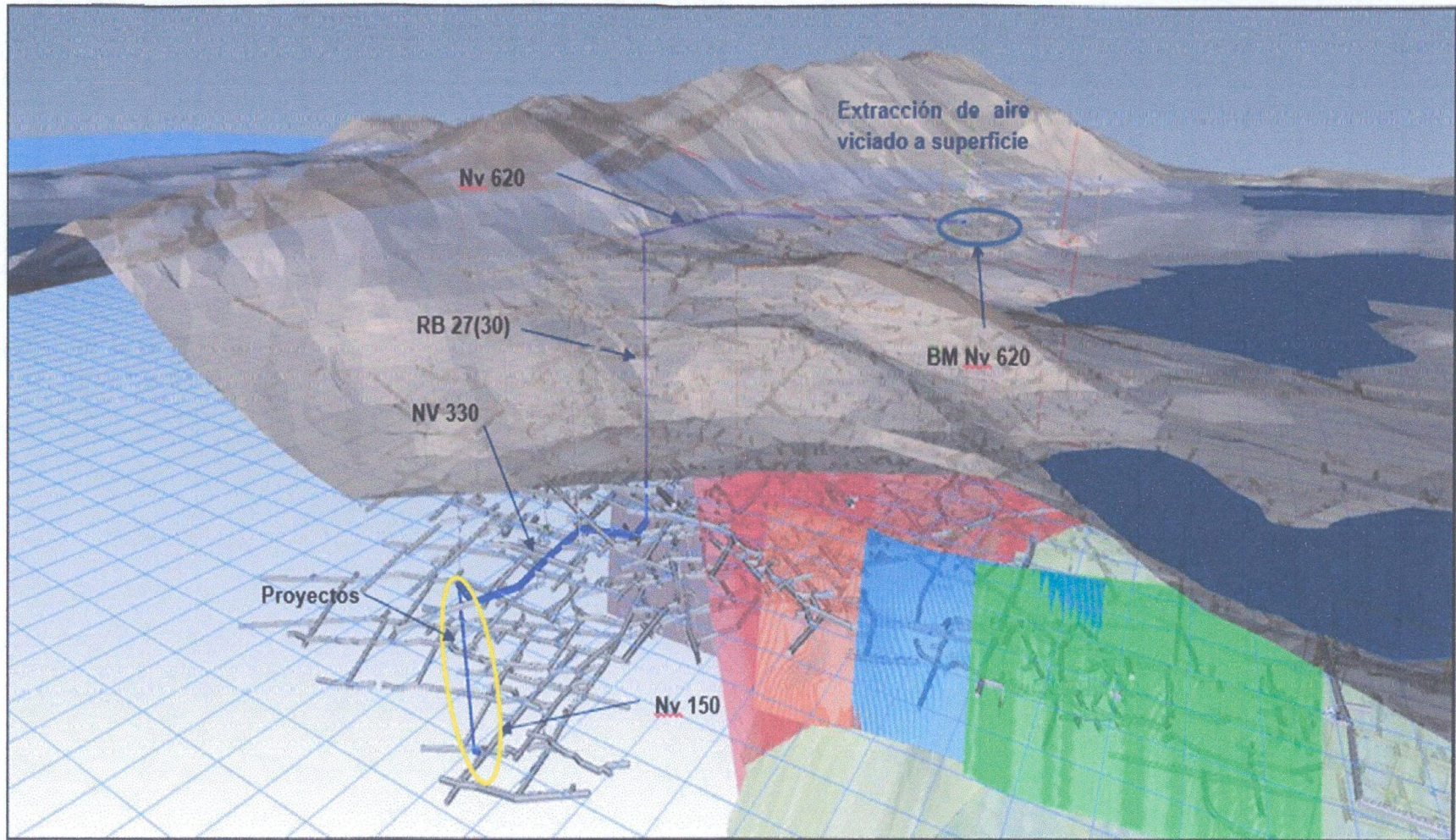


Figura 2.34: Proyecto RB-107, Extracción de aire viciado a superficie.

Podemos observar que la profundización tendrá una ventilación adecuada ya que se tiene una troncal de extracción principal además la rampa asegurará aire fresco, este sistema evitará recirculación de aire viciado.

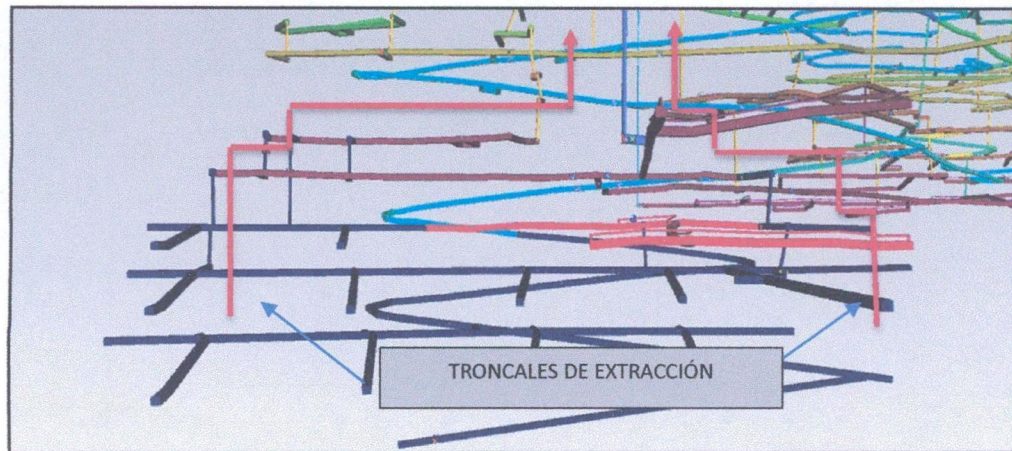


Figura 2.35: Proyecto RB-107, Troncales de extracción.

### 2.3.5. DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO ÓPTIMO DE VENTILACIÓN.

Todas las excavaciones, los pozos, las galerías y las rampas son usados para conducir aire.

En zonas de producción, la sección transversal de estas, está determinada por el tamaño de equipos utilizados.

Cuando estos son usados como accesos, sus secciones son determinadas en base de las velocidades críticas.

Cuando estas son usadas para ventilación, sus secciones son determinados minimizando una función de costos.

Una vez definido los parámetros de costo total, el diámetro óptimo está determinado con esta ecuación.

$$D = \sqrt[7]{6.27 \times 10^{-4} \times \frac{C_o x K x (L + L_e) x Q^3}{n x \left(\frac{A}{p}\right) x C_e}} \text{ (pies)} \quad (k)$$

Donde:

D: Diámetro óptimo  
 Co: Costo de operación (\$/KW-h)  
 K: Constante de fricción  
 L: Longitud física  
 Le: Longitud equivalente  
 Q: Caudal de aire.  
 n: Eficiencia total  
 A/P: Factor de recuperación  
 Ce: Costo de excavación

### 1.- COSTOS DE CAPITAL

Estos costos incluyen los gastos incurridos en la construcción de la infraestructura de ventilación. Estos costos son generalmente distribuidos sobre la vida útil del ítem utilizando una tasa de interés aceptada por la compañía minera.

$$C_c = P * \left( \frac{A}{P_{i,n}} \right) = P * \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (m)$$

Donde:

Cc: Costo de capital/año  
 P: Precio del bien  
 A/P: Factor de recuperación  
 i: Tasa de interés  
 n: Número de períodos o vida útil

### 2.- COSTOS DE OPERACIONES

En ventilación, este costo es casi íntegramente representado por el costo de energía eléctrica.

El costo anual de operación es calculado de la siguiente manera:

$$O = C_o * BHP * 0,746 * 24 * 365 \quad (n)$$

Donde:

O: Costo anual de operación  
 Co: Costo por KW-h de energía

BHP: Potencia consumida por el motor.

$$BHP = \frac{H_t * Q}{6350 * n} \quad (o)$$

Donde:

BHP: Potencia del motor HP

H<sub>t</sub>: Caída total de presión pulg de H<sub>2</sub>O

Q: Caudal de aire, cfm

N: Eficiencia del ventilador

### 3.- DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO ÓPTIMO DE LA RB-10A

Datos:

Línea de descarga	: 100,000 cfm
Densidad a la altura de 4600 m.s.n.m	: 0.044 lb/ft <sup>3</sup>
K de fricción de Rb	: 42.78 lb-min <sup>2</sup> /ft <sup>4</sup> *E-10
Costo de energía según Mina Chungar V)	: 0.028 US\$/KW-h (Ver Anexo V)
Longitud de la RB-10A	: 168 m = 551.54 ft
Eficiencia del ventilador	: 79%
Vida útil del RB-10A	: 4 años
Interés según empresa VOLCAN	: 12%
Costo de Excavación Según Master Drilling	: 225 US\$/yd <sup>3</sup> (Ver Anexo V)

- **K corregido:**

Considerando un promedio de rampas, galerías y RBs de  $K = 42.78 * 10^{-10}$

$$K \text{ corregido} = 42.78 \left( \frac{0.044}{0.075} \right)$$

$$K \text{ corregido} = 25.10 \text{ lb} - \frac{\text{min}^2}{\text{ft}^4} * E - 10$$

- **Factor de recuperación A/P**

$$A/P = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$$A/P = 0.33$$

- **Costo de energía – operación**

$$= 0.028 \text{ US\$/KW-h convirtiendo a C/KW-h (*100)}$$

$$= 2.8 \text{ C/KW-h}$$

- **Costo de excavación**

$$= 225 \text{ US\$/yd}^3 \text{ convertir a US\$/ft}^3 (/27)$$

$$= 8.33 \text{ US\$/Ft}^3$$

Reemplazando en ecuación

$$D = \sqrt[7]{6.27 \times 10^{-4} \times \frac{2.8 \times 25.10 \times 10^{-10} \times 551.54 \times 100,000^3}{0.79 \times 0.33 \times 8.33}} \text{ (pies)}$$

$$D = 7.2 \text{ (pies)} = 2.2 \text{ m} \cong 2.10 \text{ m}$$

#### 4.- DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO ÓPTIMO DE LA RB-88

Línea de descarga aprox. : 90,000 cfm

Longitud de RB-107 : 160 m = 525.28 ft

Interés  $i$  : 12%

Vida útil : 4 años

Eficiencia de ventiladora : 78%

- **Factor de recuperación**

$$A/P = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$$A/P = \frac{0.12(1+0.12)^4}{(1+0.12)^4 - 1}$$

$$A/P = 0.33$$

$$D = \sqrt[7]{6.27 \times 10^{-4} \times \frac{2.8 \times 25.10 \times 10^{-10} \times 525.28 \times 90000^3}{0.78 \times 0.33 \times 8.33}} \text{ (pies)}$$

$$D = 6.95 \text{ (pies)} = 2.12 \cong 2.10 \text{ m}$$

## 5.- DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO ÓPTIMO DE LA RB-99

Línea de descarga aprox.	: 110,000 cfm
Longitud de RB-107	: 140.56 = 461.47 ft
Interés $i$	: 12%
Vida útil	: 4 años
Eficiencia de ventiladora	: 83.41%

$$D = \sqrt[7]{6.27 \times 10^{-4} \times \frac{2.8 \times 25.10 \times 10^{-10} \times 461.47 \times 120,000^3}{0.83 \times 0.33 \times 8.33}} \text{ (pies)}$$

$$D = 7.11 \text{ (pies)} = 2.17 \text{ m} \cong 2.10 \text{ m}$$

## 6.- DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO ÓPTIMO DE LA RB-86A

Línea de descarga aprox.	: 110,000 cfm
Longitud de RB-86A	: 89 m = 292.19 ft
Interés $i$	: 12%
Vida útil	: 4 años
Eficiencia de la ventiladora	: 84 %

### • Factor de recuperación

$$A/P = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$$A/P = \frac{0.12(1+0.12)^4}{(1+0.12)^4 - 1}$$

$$A/P = 0.33$$

Reemplazando en ecuación.

$$D = \sqrt[7]{6.27 \times 10^{-4} \times \frac{2.8 \times 25.10 \times 10^{-10} \times 292.19 \times 110,000^3}{0.84 \times 0.33 \times 8.33}} \text{ (pies)}$$

$$D = 6.90 \text{ (pies)} = 2.10 \text{ m}$$

## 7.- DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO ÓPTIMO DE LA RB-103

Línea de descarga aprox.	: 110,000 cfm
Longitud de RB-88A'	: 113 m = 370.98 ft
Interés $i$	: 12%

Vida útil

: 4 años

- **Factor de recuperación**

$$A/P = 0.33$$

$$D = \sqrt[7]{6.27 \times 10^{-4} \times \frac{2.8 \times 25.10 \times 10^{-10} \times 370.98 \times 110000^3}{0.84 \times 0.28 \times 8.33}} \text{ (pies)}$$

$$D = 7.30 \text{ (pies)} = 2.22 \text{ m} \cong 2.10 \text{ m}$$

### 2.3.6 DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTO DE AIRE PARA LOS PROYECTOS DE EXPLOTACIÓN

#### Análisis de normas y referencias

Base legal D.S. 055-2010-EM y normas internacionales de ventilación.

#### 2.3.6.1 REQUERIMIENTOS DE AIRE - PERSONAL

Según el Decreto Supremo 055-2010-EM, Capítulo IV - VENTILACION, Artículo: 236, Inciso: d), Numeral: 3, el caudal requerido por persona es de 6 m<sup>3</sup>/min, si la mina está por encima de los 4,000 m.s.n.m.

Este requerimiento fue calculado de la siguiente manera, ver Tabla 2.19.

Tabla 2.19: Requerimiento de aire para personal

Empresa	Nivel	N° Superv.	N° Obreros	Total	Caudal Requerido				
					DS-055, m <sup>3</sup> /min	m <sup>3</sup> /min	m <sup>3</sup> /s	cfm	% Distrib.
Cía. EACH	Global	14	39	53	6	318	5.30	11,230	13
Miro Vidal	Global	17	43	60	6	360	6.00	12,713	14
Semiglo	Global	16	50	66	6	396	6.60	13,984	16
Multijeeval	Global	2	12	14	6	84	1.40	2,966	3
Robocon	Global	2	11	13	6	78	1.30	2,754	3
Gema	Global	0	1	1	6	6	0.10	212	0
Geohidráulica	Global	2	38	40	6	240	4.00	8,475	10
Apromin	Global	3	57	60	6	360	6.00	12,713	14
Inspectorate	Global	3	9	12	6	72	1.20	2,543	3
Master Drill	Global	3	15	18	6	108	1.80	3,814	4
Rock Drill	Global	3	29	32	6	192	3.20	6,780	8
Resemin	Global	1	7	8	6	48	0.80	1,695	2
Atlas / Ferreyros	Global	2	14	16	6	96	1.60	3,390	4
Tecnomin	Global	3	22	25	6	150	2.50	5,297	6
TOTAL		71	347	418	6	2,508	42	88,568	100

### 2.3.6.2 REQUERIMIENTO DE AIRE – FUNCIONAMIENTO EQUIPOS DIÉSEL

Según el Decreto Supremo N° 055-2010-EM, Capítulo IV - VENTILACIÓN, Artículo 236, Inciso: d), Numeral: 4, de emplearse equipos diésel, la cantidad de aire circulante no será menor a tres (3) m<sup>3</sup>/min por cada HP que desarrollen los equipos. (Ver Tabla 2.20).

Tabla 2.20: Requerimiento de aire para equipos diésel

EQUIPOS DIESEL	N° Equipo	Potencia Equipos			Caudal Requerido				
		HP/Equ.	HP Total	HP Desar.	m <sup>3</sup> /min x HP	m <sup>3</sup> /min	m <sup>3</sup> /s	cfm	% Dis.
Jumbos	9	85	765	143	3	430	7	15,196	2%
Scoop 4 Yd <sup>3</sup>	3	187	561	316	3	947	16	33,431	4%
Scoop 6 Yd <sup>3</sup>	10	250	2,500	1,406	3	4,219	70	148,981	16%
Volquetes	14	440	6,160	4,043	3	12,128	202	428,271	45%
Tractor D4	1	160	160	90	3	270	5	9,535	1%
Robot Shotcretero	4	112	448	252	3	756	13	26,697	3%
Mixer	8	147	1,176	331	3	992	17	35,040	4%
Desatador	4	138	552	311	3	932	16	32,895	3%
Utilitario	3	135	405	152	3	456	8	16,090	2%
Empernador	6	85	510	96	3	287	5	10,131	1%
Dumper 12ton	1	275	275	155	3	464	8	16,388	2%
Dumper 15 ton	4	440	1,760	990	3	2,970	50	104,883	11%
Camión Personal	5	150	750	141	3	422	7	14,898	2%
Cisterna	1	150	150	28	3	84	1	2,980	0%
Camión Lamerero	1	440	440	124	3	371	6	13,110	1%
Camioneta	12	75	900	338	3	1,013	17	35,755	4%
TOTAL	86	3,269	17,512	8,913	3	26,740	446	944,281	100

### 2.3.6.3 REQUERIMIENTOS DE AIRE PARA DILUCIÓN DE GASES

Según el Decreto Supremo N° 055-2010-EM, Capítulo IV - VENTILACION, Art° 236, Inciso e), la velocidad de aire requerido en un frente de trabajo es de 20 m/min, para voladuras con dinamita, y para ANFO 25 m/min. En cualquier caso ésta velocidad no debe ser superior a 250 m/min. El caudal requerido se obtiene de la siguiente ecuación:

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

Dónde:

A = Área promedio de labores; m<sup>2</sup>.

V = Velocidad mínima requerida; m/min.

N = Número de niveles operativos.

Tabla 2.21: Requerimiento de aire para dilución de gases

N° Niveles	Veloc. m/min	Área (m <sup>2</sup> )	Caudal requerido		
			m <sup>3</sup> /min	m <sup>3</sup> /s	cfm
5	20	14.88	1,488	25	52,547

### 2.3.6.4 REQUERIMIENTOS DE AIRE PARA TEMPERATURA (OPCIONAL)

Tabla 2.22: Requerimiento de aire por temperatura

Método	Área m <sup>2</sup>	Velocidad m/min	N° Niveles	Caudal total de Control Térmico		
				m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /min	cfm
(Empírico)	14.88	30	2	15	893	31,528

### 2.3.6.5 REQUERIMIENTO GLOBAL DE AIRE

Requerimiento de aire global para personal, equipos diésel, dilución de gases de voladura y temperatura se muestra en la tabla 2.23:

Tabla 2.23: Requerimiento global de aire

CAUDAL TOTAL REQUERIDO				
CAUDAL	m <sup>3</sup> /min	m <sup>3</sup> /s	cfm	% Dist.
Q1=Personal	2,508	42	88,568	8
Q2= Equipos Diésel	26,740	446	944,281	89
Q3=Dilución Explosivos <sup>2</sup>	1,488	25	52,547	5
Q4=Temperatura	893	15	31,528	3
<b>Q1 + Q2 + Q4</b>	<b>30,140</b>	<b>502.34</b>	<b>1,064,377</b>	<b>100</b>

<sup>3</sup> No se considera porque la voladura se realiza cuando el personal no está en el interior de la Mina.

El resumen de la Cobertura Global se muestra en la Tabla 2.24.

Tabla 2.24: Cobertura de aire

COBERTURA DE AIRE (JULIO)	m3/s	m3/min	cfm
Qi= CAUDAL INGRESO	389	23,313	823,258
Qs= CAUDAL DE SALIDA	426	25,557	902,511
BALANCE	37	2,244	79,253
Qr= CAUDAL REQUERIDO	502	30,140	1,064,377
COBERTURA	77%		
DEFICIT	23%		
	241,119 cfm		

### 2.3.7 DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN POR LA PROFUNDIZACIÓN DE LA MINA

El sistema de ventilación para la profundización se toma como punto de partida el pique Jacob Timmer principalmente y como complemento el aire limpio de la rampa Mirko Este.

El ingreso de aire limpio por el pique Timmer desciende hasta el Nv 100 de ahí se direccionará el aire limpio por la Rp Mirko Este profundización y a la rampa 100 interconectando a la zona SEMIGLO profundización. Estos se enlazarán entre sí en el Nv 000, seguidamente será extraído el aire viciado por la RB-86A (proyecto) y la RB-85 uniendo con la RB-102 y RB-103 (proyecto) consecutivamente hasta superficie mediante el RB-4 y RB-42. La simulación se muestra en el acápite 2.4.3.4.

### 2.3.8 PLANES DE TRABAJO COTIDIANO DE VENTILACIÓN MINERA.

El área de ventilación cuenta con el siguiente personal:

- 01 Jefe de ventilación – Ingeniero de ventilación.
- 01 Asistente de ventilación – Ingeniero de ventilación.
- 03 Supervisores de ventilación.
- 06 Maestros de ventilación.
- 06 Ayudantes de ventilación.
- 02 Operadores de Utilitario.

Los trabajos diarios que se procederán:

- El jefe de ventilación acude a reunión matutino 5:00 am, donde coordinan trabajos de operación del día, como, donde van a requerir aire o una ventiladora auxiliar, pero también hay informes de parte de las guardias como presencia de CO que superan los límites máximos permisibles o algún problema con mangas rotas.
- El jefe de ventilación informa de los trabajos y problemáticas que se presentaron en la guardia anterior; el jefe de ventilación y su asistente solo laboran en la guardia día, para el guardia noche dejan algunos trabajos al supervisor del personal de ventilación para ejecutarlo, solo en casos de emergencia el Ing. de ventilación entra de guardia noche; a su asistente de ventilación. Acuden al Software VentSim y planifican estrategias para resolver los inconvenientes.
- Asistente de mina se adelanta, para ordenar trabajos al supervisor y este ordena y distribuye las áreas donde cada maestro juntamente con su ayudante debe realizar.
- A media guardia en el Bp 260 se realiza una reunión para informar el avance de los trabajos y algunos inconvenientes.
- Una vez que el personal de ventilación termina los trabajos informan al supervisor de todo lo ejecutado o en qué proceso se está dejando algún trabajo.
- El supervisor informa al Asistente o Jefe de ventilación y también al supervisor de la contraguardia, de los trabajos a realizarse en la guardia noche.
- El Ing. de ventilación independientemente abastece de materiales en la bodega del personal y también verifica los circuitos de ventilación.

### **2.3.9 SELECCIÓN DE VENTILADORAS.**

El método más usado para seleccionar y elegir un ventilador es el método de los Master Chart de los ventiladores de una misma marca específica. En la U.M. Animon utilizan distintas marcas la que tenemos HOWDEN, AIRTEC, ZITRON, REMOVEX Y TOMOCORP.

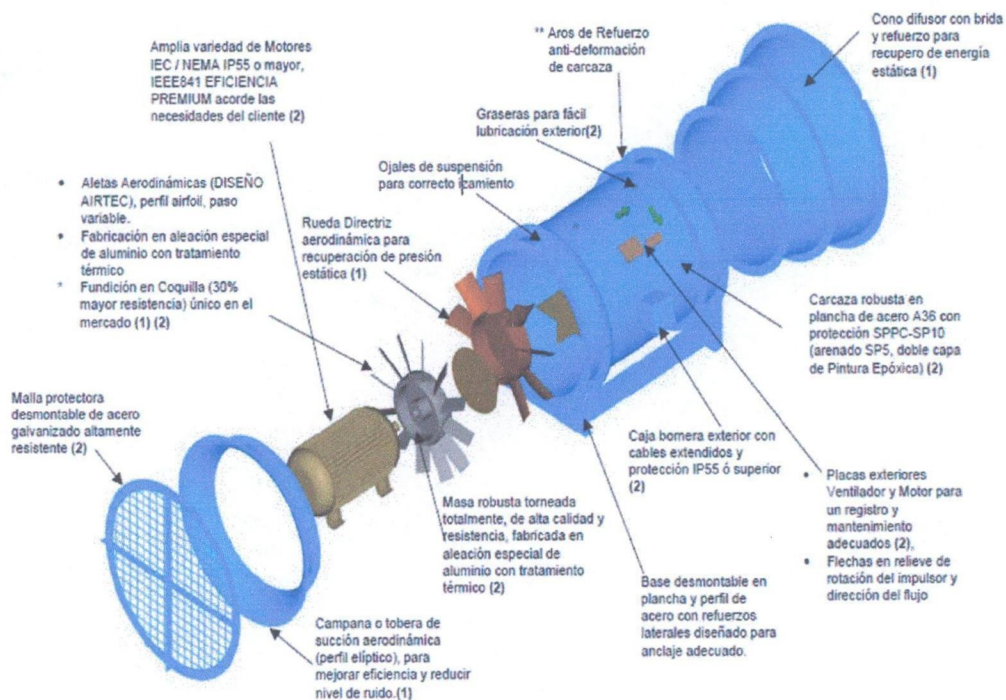
La gran cantidad de ventiladoras en la Unidad Minera Animon son las AIRTEC por el cual realizaremos el estudio correspondiente.

## Ventiladores Minero AIRTEC

### Características

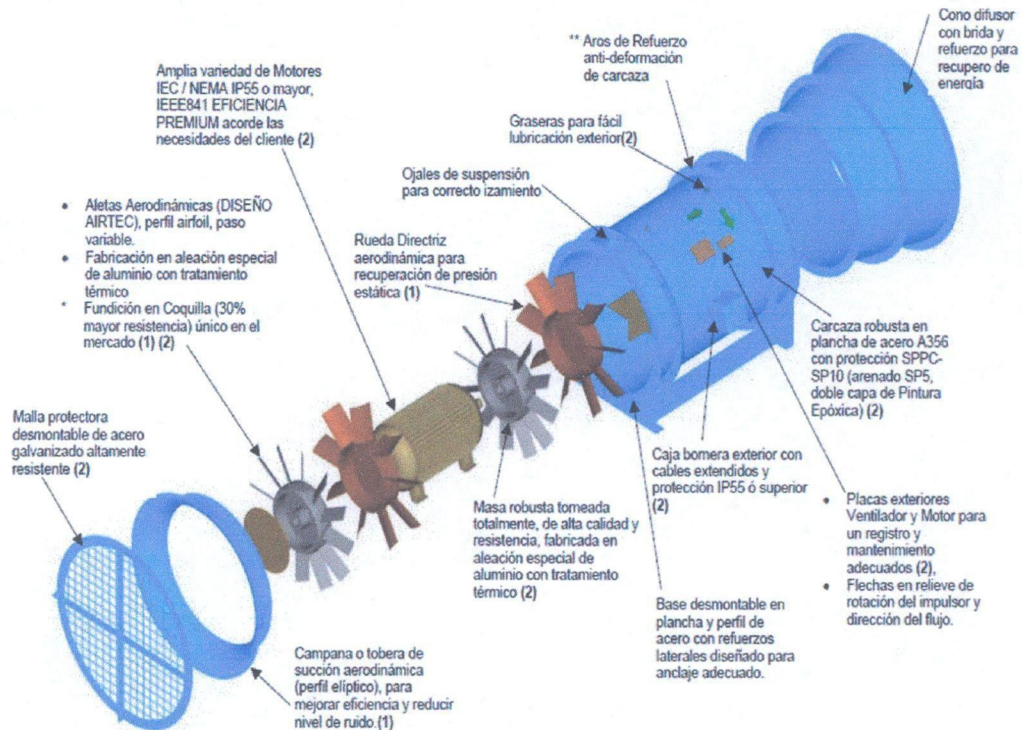
- Eficiencia Aerodinámica acorde con los estándares internacionales.
- Sistema de regulación de aletas exterior, no requiere desmontaje de impulsores.
- Equipo balanceado con inspección final in situ.
- Soporte técnico permanente.
- Mayor eficiencia aerodinámica: mayor caudal contra menor consumo de energía.
- Más altas presiones de entrega.

Figura 2.36: Componentes básicos del ventilador minero AIRTEC simple etapa



Fuente: Manual AIRTEC

Figura 2.37: Componentes básicos del ventilador minero AIRTEC doble etapa



Fuente: Manual AIRTEC

## 1.- SELECCIÓN DE VENTILADORA PRINCIPAL Y SECUNDARIA

### 1.1. SELECCIÓN DE VENTILADORA DE LA RB-10

Resistencia del sistema	: 0.763737 N s <sup>2</sup> /m <sup>8</sup>
Extracción de aire viciado	: 100 000 cfm = 47.23 m <sup>3</sup> /s
Diámetro optimo	: 2.10 m
Área	: 3.1416*2.1 <sup>2</sup> /4 = 3.46 m <sup>2</sup>

#### Calculando la presión total

$$H_T = H_f + H_v$$

Donde:

H<sub>f</sub>: Presión estática o de fricción

H<sub>v</sub>: Presión dinámica o de velocidad

Calculando Presión estática o de fricción

$$H_f = RQ^2$$

Donde:

H<sub>f</sub>: Presión estática (Pa)

R: Resistencia ( $N s^2/m^8$ )

Q: Caudal ( $m^3/s$ )

$$H_f = 0.763737 * 47.23^2$$

$$H_f = 0.763737 * 47.23^2$$

$$H_f = 1703.65 \text{ Pa} = 6.81 \text{ pulg } H_2O \quad \rightarrow \quad 1 \text{ pulg } H_2O = 250 \text{ Pa}$$

### Calculando presión dinámica o de velocidad

$$H_v = W \left( \frac{V}{1098} \right)^2 \quad (q)$$

Donde:

Hv: Presión dinámica o de velocidad (pulg H<sub>2</sub>O)

W: Densidad a la altura 4600 m.s.n.m. ( $lb/ft^3$ ) = 0.044

V: Velocidad del aire (ft/min)

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{100000}{A}$$

$$A = 3.46 \text{ m}^2 = 37.29 \text{ ft}^2$$

$$V = \frac{100000}{37.29} \quad \rightarrow \quad V = 2681.68 \text{ ft/min}$$

$$H_v = 0.044 \left( \frac{2681.68}{1098} \right)^2$$

$$H_v = 0.26 \text{ pulg } H_2O$$

Reemplazando

$$H_T = 6.81 + 0.26$$

$$H_T = 7.10 \text{ pulg } H_2O$$

El resultado de la presión es en mina, esta cantidad para el pedido de la ventiladora se debe llevar a nivel del mar.

$$\frac{H_T \text{ Nv mar}}{H_T \text{ mina}} = \frac{W \text{ Nv mar}}{W \text{ mina}} \quad (r)$$

$$\frac{H_{T\text{ Nv mar}}}{7.10 \text{ pulg H}_2\text{O}} = \frac{0.075 \text{ lb/ft}^3}{0.044 \text{ lb/ft}^3}$$

$$H_{T\text{ NV mar}} = 12.10 \text{ pulg H}_2\text{O}$$

→

$$Q = 100\,000 \text{ cfm}$$

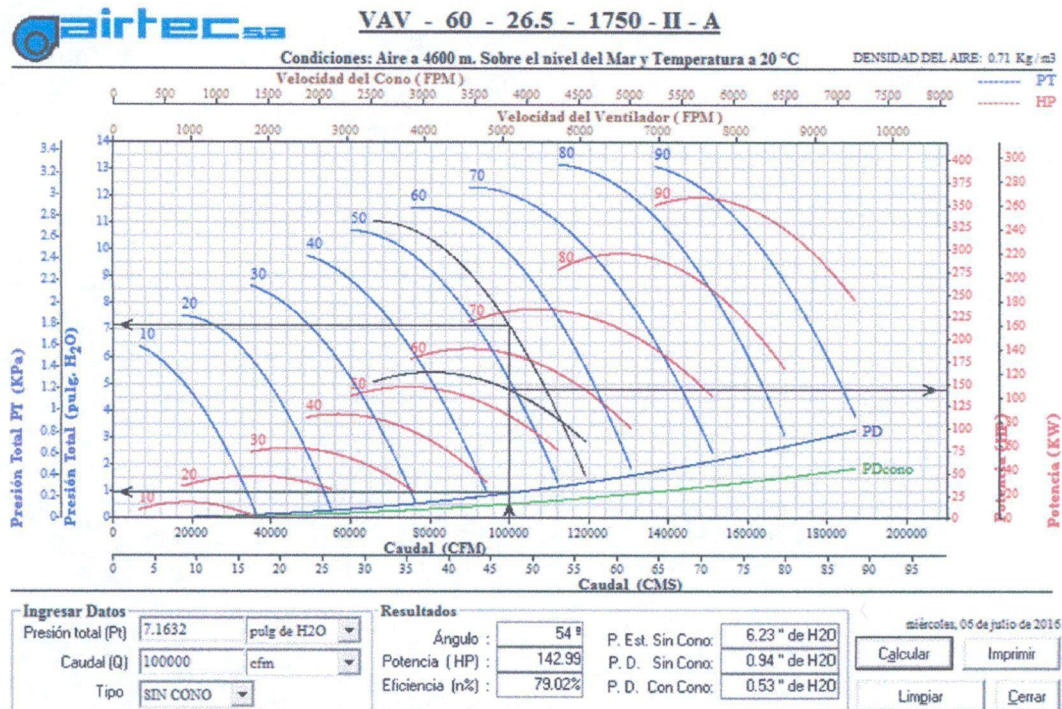
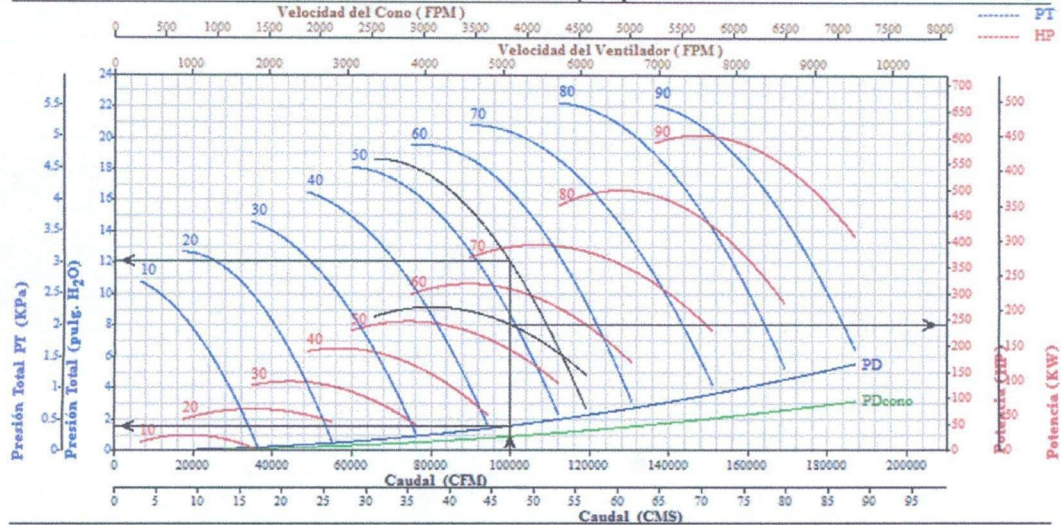


Figura 2.38: Cálculo al Nv. mina en software AIRTEC

Ingresando el  $H_t$  a nivel del mar, obtenemos que en mina la ventiladora más adecuada es VAV-60-26.5-1750-II-A que trabaje con:

<b>Presión total</b>	7.16 pulg H <sub>2</sub> O	<b># de etapas</b>	2
<b>Caudal</b>	100 000 cfm	<b>Angulo de alabe</b>	54°
<b>Potencia</b>	142.99 HP	<b>Velocidad del alabe</b>	1750 RPM

Pero para llegar a esas características de la ventiladora en mina. Tendrá que llegar una ventiladora con mayor presión y HPs ya que por la altura estos datos disminuyen.



Ingresar Datos		Resultados		miércoles, 05 de julio de 2016	
Presión total (Pt)	12.1 pulg de H2O	Ángulo :	54 °	P. Est. Sin Cono:	10.52 " de H2O
Caudal (Q)	100000 cfm	Potencia (HP) :	241.54	P. D. Sin Cono:	1.58 " de H2O
Tipo	SIN CONO	Eficiencia (n%) :	79.02%	P. D. Con Cono:	0.90 " de H2O

Figura 2.39: Cálculo al Nv. del mar en software AIRTEC

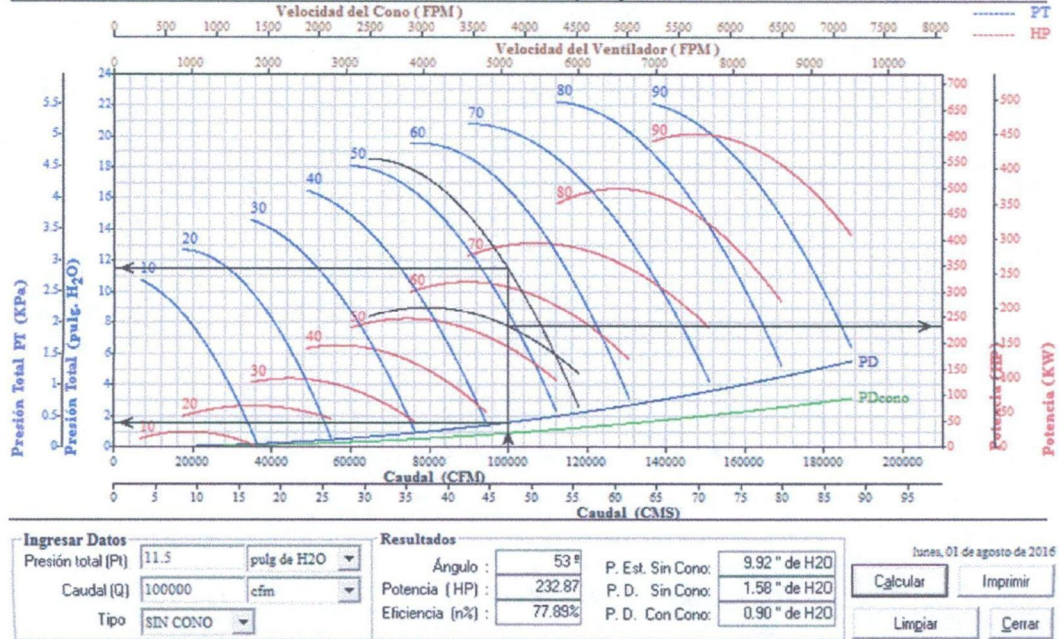
<b>Presión total</b>	12.1 pulg H2O	<b># de etapas</b>	2
<b>Caudal</b>	100 000 cfm	<b>Angulo de alabe</b>	54°
<b>Potencia</b>	241.54 HP	<b>Velocidad del alabe</b>	1750 RPM

### 1.3 SELECCIÓN DE VENTILADORA DEL RB-18

Extraccion de aire : 100,000 cfm  
 $H_T$  necesaria en mina : 1762.5 Pa = 7.05 pulg H<sub>2</sub>O  
 HP en mina : 142.75

$$\frac{H_{T Nv\ mar}}{6.51\ pulg\ H_2O} = \frac{0.075\ lb/ft^3}{0.044\ lb/ft^3}$$

$$H_{T Nv\ mar} = 11.5\ pulg\ H_2O \rightarrow 2,875\ Pa$$



De la figura se obtiene, que se requiere una ventiladora de 100,000 cfm, 11.5 pulg de H<sub>2</sub>O, doble etapa y de 232.87 HP para trabajar a una eficiencia de 77.89 %.

#### 1.4 SELECCIÓN DE VENTILADORA DEL RB-26

Extracción de aire : 150,000 cfm

H<sub>T</sub> en mina : 1684 Pa = 6.76 pulg H<sub>2</sub>O

$$\frac{H_{T Nv\ mar}}{6.76\ pulg\ H_2O} = \frac{0.075\ lb/ft^3}{0.044\ lb/ft^3}$$

$$H_{T Nv\ mar} = 11.52 \rightarrow 2,880.68\ Pa$$

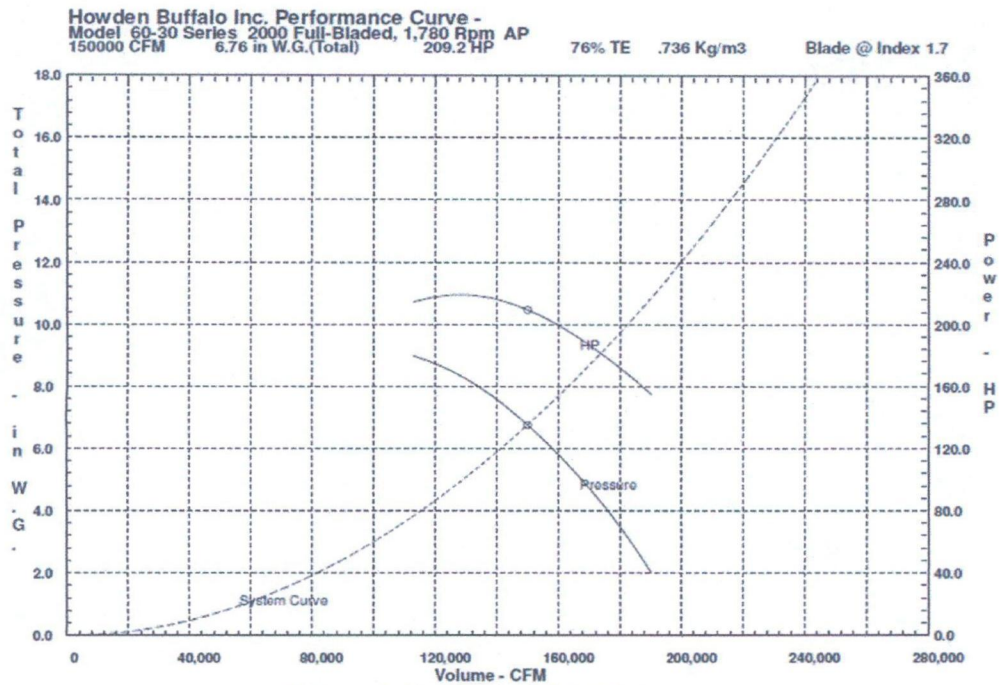


Figura 2.41: Curva del RB-26

En la siguiente figura de selección de ventiladora tipo Howden, nos muestra que se requiere una ventiladora de 150,000 cfm, de 6.76 pulg H<sub>2</sub>O y 209.2 HP para una eficiencia de 78%, en mina.

### 1.5 SELECCIÓN DE VENTILADORA PRINCIPAL DE RB-47

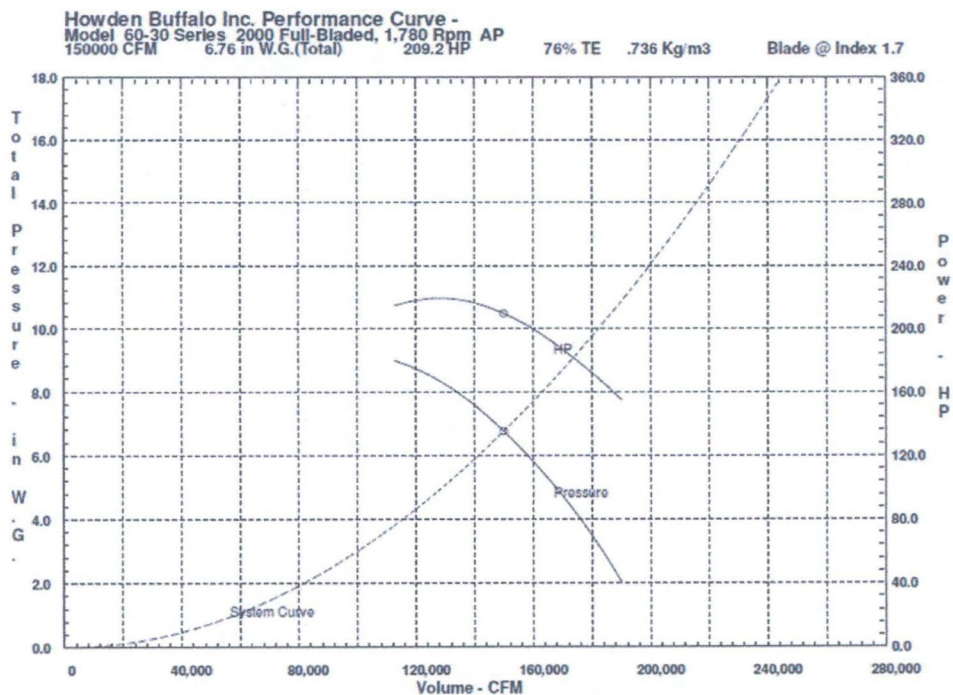


Figura 2.42: Curva del RB-47

En la siguiente figura de selección de ventiladora tipo Howden, nos muestra que se requiere una ventiladora de 150,000 cfm, de 6.76 pulg H<sub>2</sub>O y 209.2 HP para una eficiencia de 78%, en mina.

## 2 SELECCIÓN DE VENTILADORA AUXILIAR

### 2.1. SELECCIÓN DE VENTILADORA TJ 800 NV 355 VETA JANETH

En el cálculo del caudal requerido para un tajo en operación teniendo en cuenta QA (requerido por el personal), QB (Requerido por el equipo diésel), QC (requerido por la temperatura del ambiente) y sin considerar el QD (requerido por disipación de gases por explosivos) ya que el disparo se realiza a ½ y fin de guardia cuando el personal evacua la zona un promedio de 2 horas; se obtiene un QT requerido de 27,523 cfm.

Las mangas utilizadas en mina son de 36''

Longitud del tramo hasta el frente es 180 m

Figura 2.48: Curva de ventiladora secundario Howden RB-75

**Calculando el caudal final por consecuencia de fugas en trayecto.**

$$Q_{FINAL} = Q * \left(1 - \frac{f}{100}\right)^{-\left(\frac{L}{100}\right)} \quad (s)$$

Donde:

Q : 27,523 (p3/min)

L : 180 m = 590.94 (ft)

Le : Por perdida en curvas 5% = 29.55 (ft)

f : De acuerdo a fabrica el factor de fugas es 1% c/100 m

$$Q_{FINAL} = 27,523 * \left(1 - \frac{1}{100}\right)^{-\left(\frac{620.49}{100}\right)}$$

$$Q_{FINAL} = 29,294.02 \text{ cfm}$$

### Calculando presión estática

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

K de manga : Según fabrica  $0.0022 \text{ Kg/m}^3 = 14.36 \text{ lb-min}^2/\text{ft}^4 * \text{E-10}$

Perímetro de manga :  $3.1416 * (36'' = 3 \text{ ft}) = 9.42 \text{ ft}$

Área de manga :  $7.1 \text{ ft}^2$

$$H_f = \frac{14.36 * 10^{-10} * 9.42 * 620.49 * 29294.02^2}{5.2 * 7.1^3}$$

$$H_f = 3.87 \text{ pulg } H_2O$$

### Calculando presión dinámica

$$H_v = W \left( \frac{V}{1098} \right)^2$$

$$V = Q/A \quad \rightarrow \quad V = 29,294.02/7.10 = 4,125.92 \text{ ft/min}$$

$$H_v = 0.047 \left( \frac{4125.92}{1098} \right)^2$$

$$H_v = 0.66 \text{ pulg } H_2O$$

### Calculando presión total en mina obtenemos

$$H_T = 3.87 + 0.66$$

$$H_T = 4.53 \text{ pulg } H_2O$$

### Calculando presión total a Nv. del mar

$$\frac{H_{T\ Nv\ mar}}{H_{T\ mina}} = \frac{W_{Nv\ mar}}{W_{mina}}$$

$$\frac{H_{T\ Nv\ mar}}{4.53} = \frac{0.075}{0.047}$$

$$H_{T\ Nv\ mar} = 7.23\ pulg\ H_2O$$

$$Q = 29,300\ cfm$$

La ventiladora a llegar debe ser la siguiente:

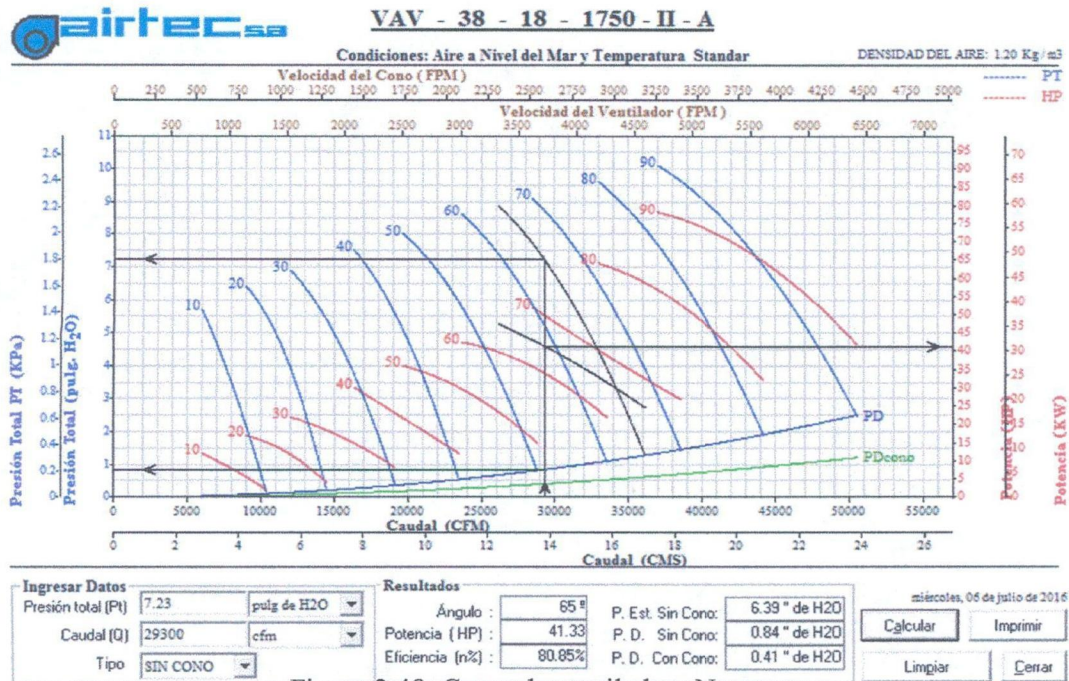


Figura 2.48: Curva de ventiladora Nv. mar

De acuerdo al gráfico se requiere una ventiladora AIRTEC de 7.23 pulg de H<sub>2</sub>O, 30000 cfm y de 42 HP. Todo esto a nivel de mar.

## 2.2 CURVA DE VENTILADORA AUXILIAR REMOVEX 30,000 CFM



Antal fläktar i serie: 1

LMT- 900.2.8.510.55.12

Air density: 0,77 kg/m<sup>3</sup> No blade: 8 kW: 55 Amp: 86  
 Blade angle: 12 Rpm: 3550 V/Hz/Cos: 440/60 Projekt: Peru  
 Notes: Altitude 4500m

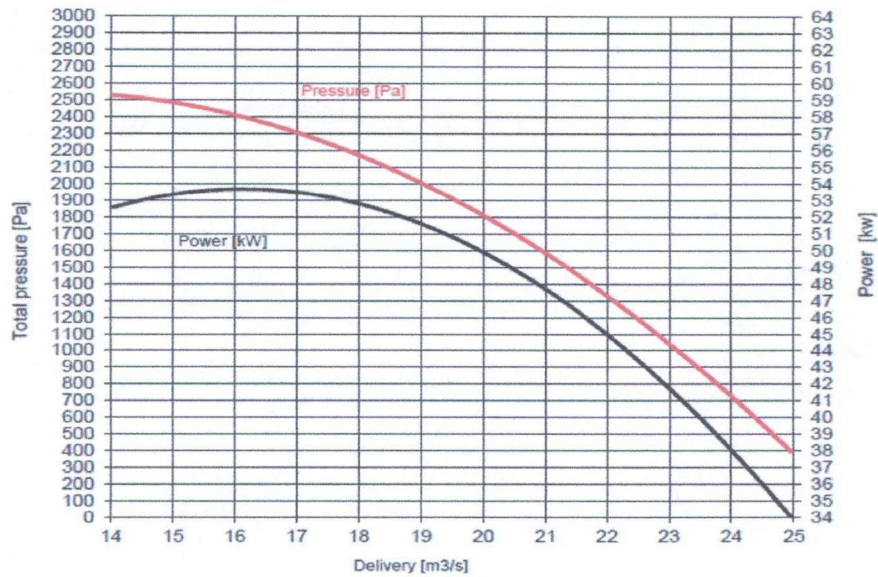
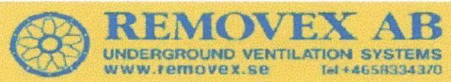


Figura 2.49: Curva de ventiladora REMOVEX 30000 cfm

## 2.3 CURVA DE VENTILADORA AUXILIAR REMOVEX 60,000 CFM



No of fans in serial: 1

LMT- 1250.4.8.800.90.54

Air density: 0,77 kg/m<sup>3</sup> No blade: 8 kW: 90 Amp: 144,5  
 Blade angle: 54 Rpm: 1780 V/Hz/Cos: 440/60 Projekt: Peru  
 Notes: Altitude 4500m

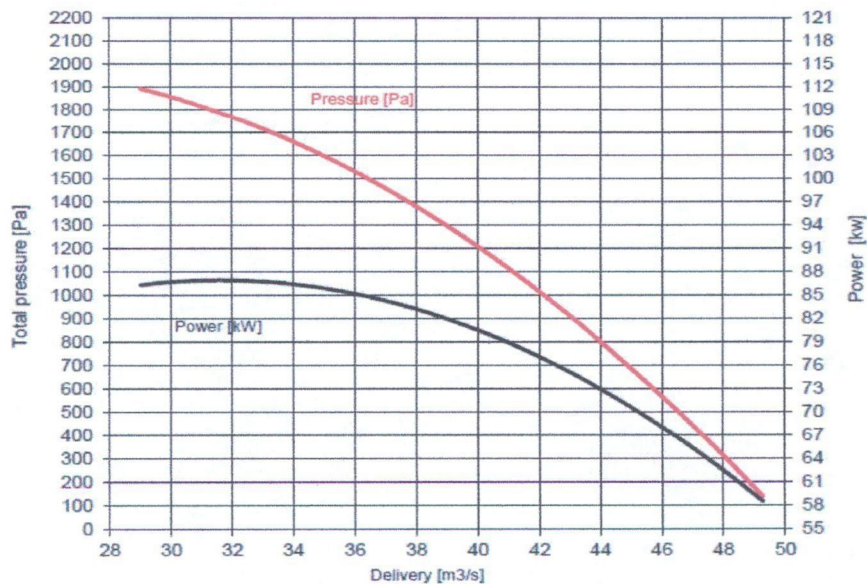


Figura 2.50: Curva de ventiladora REMOVEX 60000 cfm

## 2.4 MODELAMIENTO Y SIMULACION DEL PROYECTO DE VENTILACION

### 2.4.1 MODELAMIENTO

El requerimiento de caudal de aire para las operaciones proyectado para los cuatro (4) años en curso es de 1'064,377 cfm. El modeló en Ventsim™ Visual al 100%, labores topográficas y la superficie terrestre.

El modelo topográfico de la mina ha sido procesado del programa de diseño Datamine y AutoCAD, tomando los ejes al techo de las labores horizontales y verticales.

#### 1.- RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DIGITAL MINA

El modelo en VentSim™ se encuentra actualizado y calibrado en coordenadas locales, según la data proporcionada por EACH.

#### 2.- MODELOS 3D VENTSIM

Se construyó el modelo volumétrico de la mina, asignando propiedades el programa Ventsim™: Tipo de roca, área, forma, recubrimiento de los túneles y bloqueos (resistencias).

#### 3.- CALIBRACIÓN DEL MODELO

La información topográfica validada en campo por EACH, se ajusta el modelo final en Ventsim™, el modelo corresponde a las condiciones reales de la mina, su calibración garantiza realizar simulaciones confiables.

Con el modelo logrado se verifica la validez de la calibración, mediante la siguiente ecuación.

$$\text{Variación} = \frac{\Sigma \text{Flujos Campo} - \Sigma \text{Flujos Simulado}}{\Sigma \text{Flujos Campo}} \times 100$$

Los resultados obtenidos en magnitud, la dirección de los caudales medidos nos indican que el modelo es confiable. Permittedose hacer proyecciones con los diseños proyectados según las necesidades de ingeniería y planeamiento.

La calibración consistió en lograr el calce de los flujos a la convergencia más cercana posible de los datos medidos en campo. A menudo, los datos obtenidos pueden contener errores de medición, cuyo rango no debe superar +/- 10%, por error de uso de equipos anemómetros, los equipos en movimiento, las puertas o reguladores y otros disturbios temporales que afectan las mediciones de los caudales.

La calibración esta refrendada en un rango de  $\pm 10\%$ , como se aprecia en acápite 2.4.1.1.

#### **2.4.1.1 MODELAMIENTO DEL SISTEMA ACTUAL, JULIO 2014.**

De acuerdo a la calibración actual del modelo y caracterización de las labores y los ventiladores en la base del Ventsim™, se han podido lograr las alternativas propuestas en el presente estudio, habiendo sido independizadas por Circuitos, según las zonas de producción aparentes.

*El estudio enfoca las deficiencias de aire y resuelve los circuitos de ventilación para extraer el aire viciado y cumplir con las velocidades requeridas por la norma vigente.*

De acuerdo a la calibración actual del modelo y caracterización de las labores y los ventiladores en la base del VentSim™, se han podido lograr las alternativas propuestas en el presente estudio, habiendo sido independizadas por Circuitos, según las zonas de producción aparentes.

*El estudio enfoca las deficiencias de aire y resuelve los circuitos de ventilación para extraer el aire viciado y cumplir con las velocidades requeridas por la norma vigente.*

## Ingreso de Aire fresco

El modelo en Ventsim™ indica un ingreso de caudal de 390.8 m<sup>3</sup>/s o 828,043 cfm y en campo registró un ingreso de 388.5 m<sup>3</sup>/s o 823,258 cfm, ver tabla 2.25.

Tabla 2.25: Variación del ingreso del caudal de aire y VentSim

CAUDAL DE AIRE DE INGRESO				
UBICACIÓN		CAUDAL Campo (cfm)	CAUDAL Ventsim™ (cfm)	Var. (%)
ESTACION	LABOR			
I1	BM NV-610	40,704	37,503	-9
I2	BM NV-620	6,427	6,780	5
I3	BM QUIMACOCHA	36,512	33,690	-8
I4	BM RP MIRKO	158,688	164,422	3
I5	BM RP TERRY	149,572	148,743	-1
I6	PQ ESPERANZA	36,622	37,927	3
I7	PQ JACOB TIMMERS	208,730	202,985	-3
I8	PQ MONTENEGRO	24,811	25,214	2
I9	RB-06	14,388	13,772	-4
I10	RB-07	10,942	10,594	-3
I11	RB-08	7,502	7,840	4
I12	RB-10	20,586	22,248	7
I13	RB-18	18,783	20,341	8
I14	RB-47	33,147	34,749	5
I15	RB-14 (RB-09)	55,843	61,234	9
<b>TOTAL (cfm)</b>		<b>823,258</b>	<b>828,043</b>	



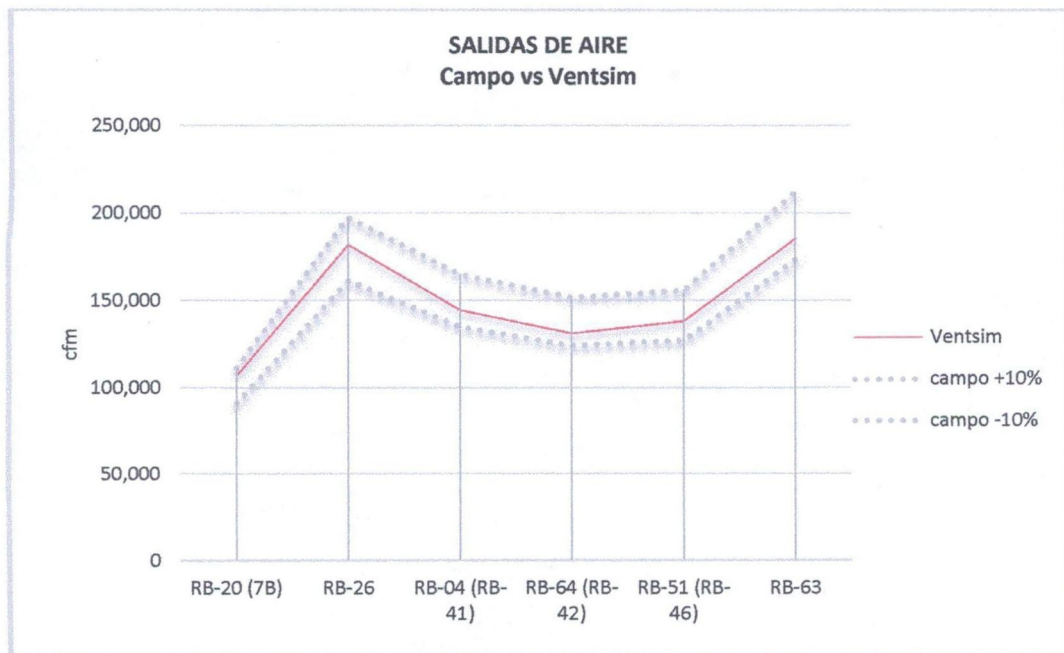
Gráfica 2.11: Ingreso de aire fresco

### Salida de Aire Viciado.

El modelo en VentSim™ indica una salida de caudal de 419.3 m<sup>3</sup>/s o 888,451 cfm y en el campo se ha medido 425.9 m<sup>3</sup>/s o 902,511 cfm, ver tabla 2.26.

Tabla 2.26: Variación de la salida del caudal de aire y VentSim

CAUDAL DE AIRE DE SALIDA				
UBICACIÓN		CAUDAL CAMPO (cfm)	CAUDAL VentSim™ (cfm)	Var. (%)
ESTACION	LABOR			
S1	RB-20 (7B)	101,224	107,001	5
S2	RB-26	179,340	175,440	-2
S3	RB-04 (RB-41)	149,763	147,047	-2
S4	RB-64 (RB-42)	138,028	140,479	2
S5	RB-51 (RB-46)	141,472	138,360	-2
S6	RB-63	192,684	196,416	2
<b>TOTAL (cfm)</b>		<b>902,511</b>	<b>888,451</b>	



Gráfica 2.12: Salida de aire viciado

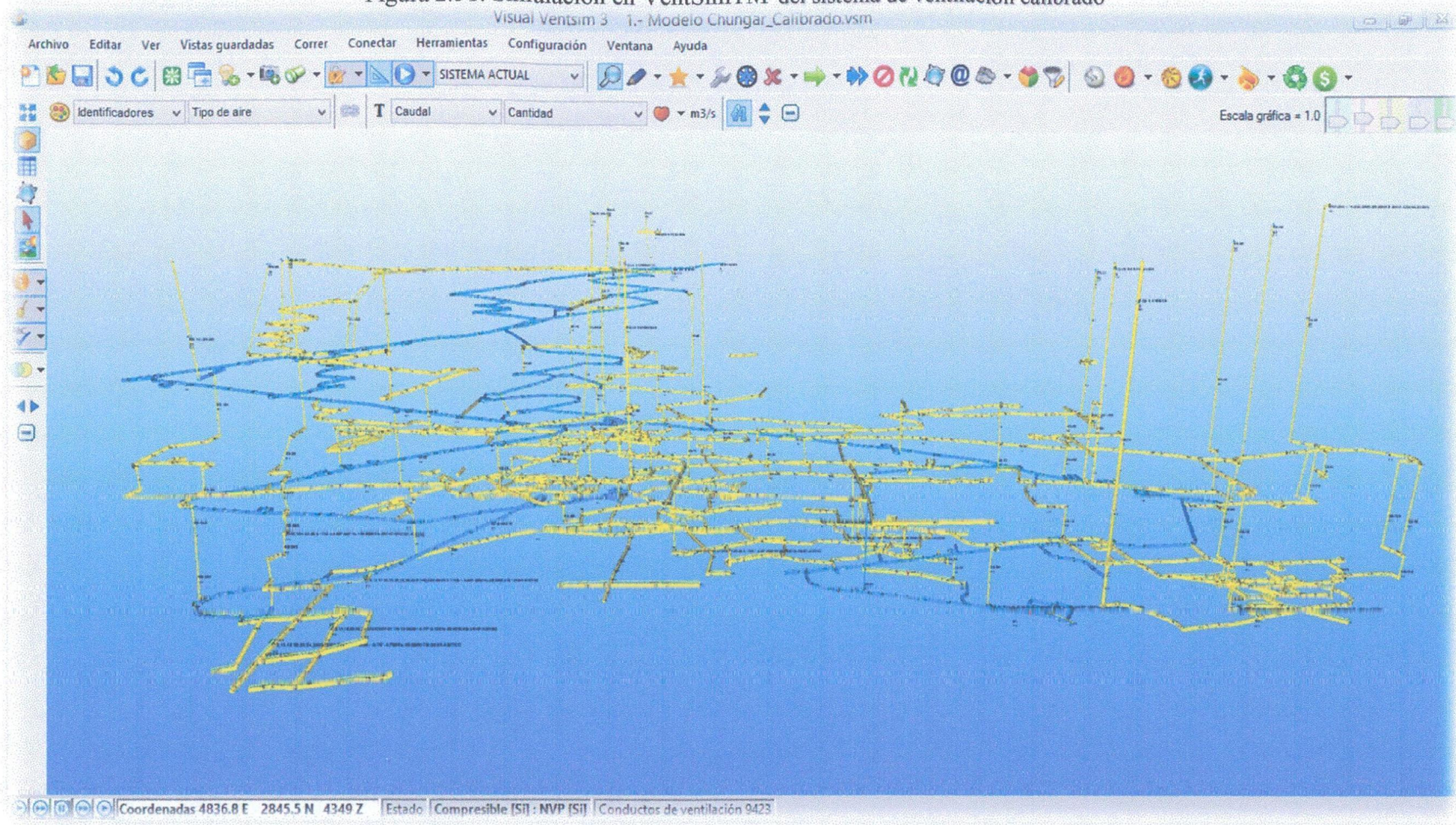
En los Gráficos 2.11 y 2.12, se observan los histogramas con la variación  $\pm 10\%$ , en donde ninguna estación sobrepasa este valor. Por ello, los diseños futuros que utilicen el modelo serán exactos y van a proporcionar resultados correctos para las simulaciones.

En la tabla 2.27 se observa las estaciones del circuito de ventilación con los porcentajes de variación.

Tabla 2.27: Comparación de puntos relevantes en interior mina.

PUNTOS RELEVANTES DE COMPARACION (Estaciones)								
N°	ESTAC	Ubicación de punto	Nivel	Resultado de Levantamiento de Campo Julio_2014		Resultado de Ventsim Chungar Julio_2014		Campo vs Sim_Jul
				Caudal (cfm)	Dirección del aire	Caudal (cfm)	Dirección del aire	Variac. (%)
1	E12	BP-100	100	44,602	sale a RP Mirko E	46,826	sale a RP Mirko E	5
2	E43	RP-125	125	95,750	Ingres a RP Mirko E	104,883	Ingres a RP Mirko E	10
3	E45	RP Mirko E	150	106,429	Sale al RB-42	111,663	Sale al RB-42	5
4	E61	BP-150	150	38,754	Ingres a al RB-24C	37,715	Ingres a al RB-24C	-3
5	E67	RP Mirko W	150	38,351	Ingres a RP Mirko W	37,927	Ingres a RP Mirko W	-1
6	E68	RB-74, pie	150	24,579	Ingres a BP-150	26,909	Ingres a BP-150	9
7	E73	RP Integración	150	6,950	Ingres a NV-150	6,780	Ingres a NV-150	-2
8	E79	RP-150	175	39,834	Ingres a Carmen	39,410	Ingres a Carmen	-1
9	E80	BP-175W	175	10,637	Ingres a RP alternativa	11,442	Ingres a RP alternativa	8
10	E98	RP Alternativa	200	80,346	Ingres a RP Mirko E	85,389	Ingres a RP Mirko E	6
11	E102	RP Integración	200	47,356	Ingres a Carmen	48,098	Ingres a Carmen	2
12	E109	BP-175	175	122,172	Ingres a RB-42(64)	115,689	Ingres a RB-42(64)	-5
13	E132	BP-250	200	14,345	Ingres a RP Mirko E	13,137	Ingres a RP Mirko E	-8
14	E133	RP-225	200	34,961	Ingres a RP Mirko E	31,783	Ingres a RP Mirko E	-9
15	E134	BP-225	200	37,482	Ingres a Janeth	40,682	Ingres a Janeth	9
16	E145	RP Mirko W	200	119,948	Ingres a RP Mirko W	119,948	Ingres a RP Mirko W	0
17	E154	RP-500 (-)	250	9,895	Ingres a CX-600	9,323	Ingres a CX-600	-6
18	E156	RP-500 (-)	310	43,203	Ingres a Andalucía	46,191	Ingres a Andalucía	7
19	E165	BP-260	250	30,787	Ingres a RB-63	28,816	Ingres a RB-63	-6
20	E171	ACC-700 1E	250	105,794	Ingres a RB-63	109,332	Ingres a RB-63	3
21	E172	RP-260	250	30,532	Ingres a BP-260	28,816	Ingres a BP-260	-6
22	E178	BP-280	250	26,867	Ingres a RP Mirko E	26,274	Ingres a RP Mirko E	-2
23	E179	BP-270	250	52,801	Ingres a Janeth	56,149	Ingres a Janeth	6
24	E182	RP-270	250	24,833	Ingres a RP-500 (+)	22,672	Ingres a RP-500 (+)	-9
25	E196	RP Terry	310	127,109	Ingres a RP Mirko E	134,970	Ingres a RP Mirko E	6
26	E198	RP Mirko W	310	41,656	Ingres a RP Mirko W	43,012	Ingres a RP Mirko W	3
27	E199	RP-300	310	60,662	Ingres a RP Mirko W	66,320	Ingres a RP Mirko W	9
28	E202	BP-100	310	21,676	Ingres a RP Mirko w	22,672	Ingres a RP Mirko w	5
29	E204	RP Mirko w	270	111,197	Ingres a RP Mirko w	112,934	Ingres a RP Mirko w	2
30	E205	CX-355	355	48,098	Ingres a RP Mirko	45,343	Ingres a RP Mirko	-6
31	E210	RP auxiliar	390	41,974	Ingres a RP Mirko w	40,682	Ingres a RP Mirko w	-3

Figura 2.51: Simulación en VentSimTM del sistema de ventilación calibrado



VER ARCHIVO: TESIS VENTILACION 2016 - Simulaciones – Modelo Julio 2014 calibrado

<b>RESUMEN DE LA RED DEL SISTEMA</b>	
Flujo de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	Si
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Conductos de ventilación	7672 y 1737 Exclusión
Longitud total	177,961.2 m
Caudal de aire total de admisión	477.1 m <sup>3</sup> /s
Caudal de aire total de escape	488.4 m <sup>3</sup> /s
Flujo de masa total	353.11 kg/s
Resistencia de la mina (sin tubo)	0.01855 Ns <sup>2</sup> /m <sup>8</sup>
<b>RESUMEN DE POTENCIA</b>	
Potencia del AIRE (pérdida por fricción)	3,325.5 kW Total
	831.7 kW Chimenea
	1,255.0 kW Conducir
	1,238.8 kW Conducto de ve...
Refrigeración Potencia de entrada	0.0 kW
<b>Potencia eléctrica de ENTRADA</b>	<b>5,046.3 kW</b>
<b>Costo de energía anual de la red</b>	<b>\$1,237,751</b>
<b>Eficiencia de la red</b>	<b>65.9 %</b>
<b>Que consta de ..</b>	
63 Ventiladores	3,740.5 kW
1 Presiones fijadas	0.1 kW
1 Flujos fijados	1,305.7 kW
0 Refrigeración	0.0 kW

Figura 2.52: Resumen resultados en VentSimTM

## Potencia Instalada

La potencia instalada en Ventsim™ indica 5,046.3 kW, que genera un consumo anual de energía de US\$ 1, 237,751.00 éste valor representa el funcionamiento de 63 ventiladores: 7 principales, 4 secundarios y 52 auxiliares. El costo de energía promedio entregado por EACH, es de 0.028 US\$/kW-hr.

## Distribución de Energía

En el gráfico resumen VentSim™ (Figura 2.53), las pérdidas de energía global de mina se dan principalmente por fricción en los túneles-muros (42%) y en las chimeneas (21%).

Este resultado se debe a la longitud total de la mina, considerado (alrededor de 178.50 km), por ello se recomienda llevar un control riguroso en la perforación y voladura para obtener una excavación homogénea, principalmente en las labores de desarrollos, ya que ello aumenta la resistencia al paso del aire y por tanto representa un mayor consumo de energía.

El segundo factor son las pérdidas por choque que representa el 29%, que pueden ser controladas y/o reducidas durante excavación.

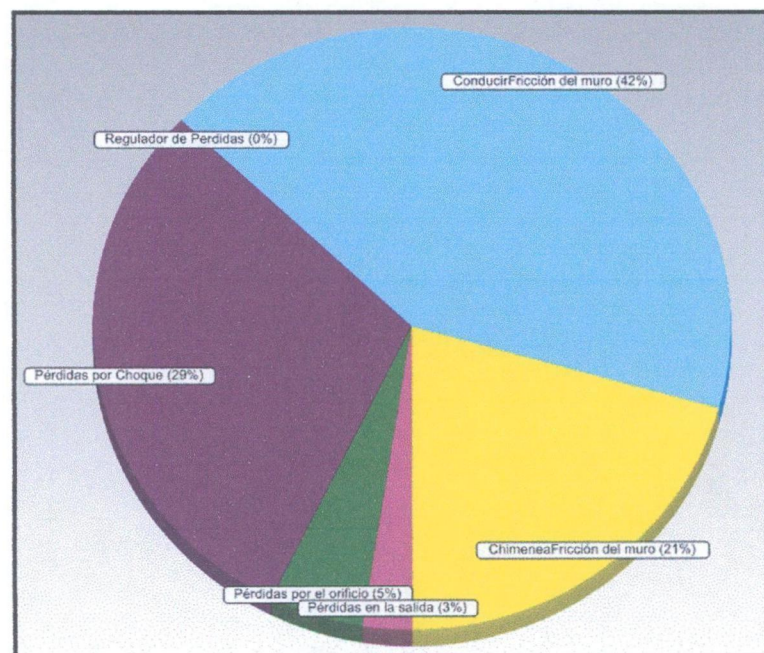
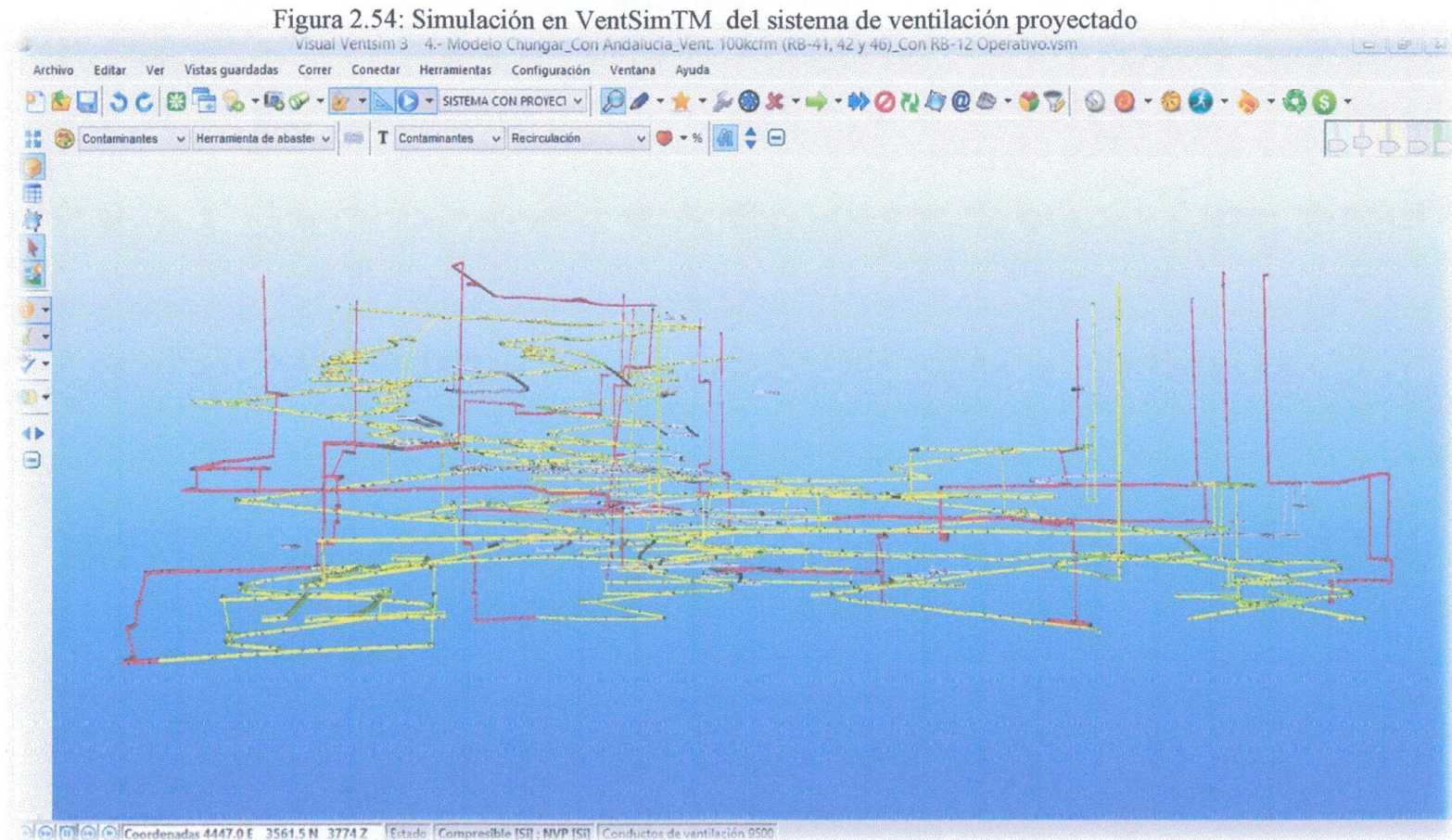


Figura 2.53: Distribución de energía

### 2.4.1.2 MODELAMIENTO CON PROYECTOS DE RBS PROPUESTOS.

La simulación proyectada ingresando en el software VentSim los referentes proyectos, analizando la curva de operación óptima de las ventiladoras y organizando los circuitos de ventilación de manera eficiente obtenemos.



VER ARCHIVO: TESIS VENTILACION 2016 – Simulación – Modelo con proyectos de Rbs

<b>RESUMEN DE LA RED DEL SISTEMA</b>	
Flujo de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	Si
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Conductos de ventilación	9001 y 499 Exclusión
Longitud total	222,327.5 m
Caudal de aire total de admisión	580.2 m <sup>3</sup> /s
Caudal de aire total de escape	600.6 m <sup>3</sup> /s
Flujo de masa total	429.33 kg/s
Resistencia de la mina (sin tubo)	0.00845 Ns <sup>2</sup> /m <sup>8</sup>
<b>RESUMEN DE POTENCIA</b>	
Potencia del AIRE (pérdida por fricción)	2,268.8 kW Total
	1,031.7 kW Chimenea
	707.1 kW Conducir
	530.0 kW Conducto de ventil...
Refrigeración Potencia de entrada	0.0 kW
<b>Potencia eléctrica de ENTRADA</b>	<b>3,323.6 kW</b>
<b>Costo de energía anual de la red</b>	<b>\$815,224</b>
<b>Eficiencia de la red</b>	<b>68.3 %</b>
<b>Que consta de ..</b>	
69 Ventiladores	2,938.9 kW
0 Presiones fijadas	0.0 kW
5 Flujos fijados	384.8 kW
0 Refrigeración	0.0 kW

Figura 2.55: Resumen del Sistema proyectado

### Ingreso de Aire fresco

El modelo en Ventsim™ indica un ingreso de caudal de 580.2 m<sup>3</sup>/s o 1, 228,092 cfm y en campo registró un ingreso de 571 m<sup>3</sup>/s o 1, 209,035.40 cfm.

Tabla 2.28: Ingreso de aire con proyecto de RBs

INGRESO DE AIRE (PROYECTO)				
UBICACIÓN		CAUDAL (m <sup>3</sup> /S)	CAUDAL (m <sup>3</sup> /min)	CAUDAL (CFM)
ESTACIÓN	LABOR			
I1	BM NV-610	32.20	1,932.00	68,180.28
I2	BM QUIMACOCHA	28.10	1,686.00	59,498.94
I3	BM RP MIRKO	145.10	8,706.00	307,234.74
I4	BM RP TERRY	120.90	7,254.00	255,993.66
I5	PQ ESPERANZA	33.80	2,028.00	71,568.12
I6	PQ JACOB TIMMER	178.80	10,728.00	378,591.12
I7	PQ MONTENEGRO	6.90	414.00	14,610.06
I8	RB-06	9.60	576.00	20,327.04
I9	RB-07	9.40	564.00	19,903.56
I10	RB-08	6.20	372.00	13,127.88
<b>TOTAL</b>		<b>571.00</b>	<b>34,260.00</b>	<b>1,209,035.40</b>

### Salida de Aire Viciado.

El modelo en VentSim™ indica una salida de caudal de 600.6 m<sup>3</sup>/s o 1, 271,710.44 cfm y en el campo se ha medido 591.20 m<sup>3</sup>/s o 1, 251,806.88 cfm.

Tabla 2.29: Ingreso de aire con proyecto de RBs

SALIDA DE AIRE (PROYECTO)				
UBICACIÓN		CAUDAL (m <sup>3</sup> /S)	CAUDAL (min <sup>3</sup> /min)	CAUDAL (CFM)
ESTACIÓN	LABOR			
S1	BM NV-620	50.90	3,054.00	107,775.66
S2	RB-10	48.90	2,934.00	103,540.86
S3	RB-18 (RB-11)	45.80	2,748.00	96,976.92
S4	RB-47	41.60	2,496.00	88,083.84
S5	RB-14(RB-09)	73.80	4,428.00	156,264.12
S6	RB-20(7B)	41.90	2,514.00	88,719.06
S7	RB-26	56.60	3,396.00	119,844.84
S8	RB-04(RB-41)	50.00	3,000.00	105,870.00
S9	RB-64(RB-42)	43.50	2,610.00	92,106.90
S10	RB-51(RB-46)	55.80	3,348.00	118,150.92
S11	RB-63	82.40	4,944.00	174,473.76
<b>TOTAL</b>		<b>591.20</b>	<b>35,472.00</b>	<b>1,251,806.88</b>

### 2.4.1.3 COMPARACIÓN DEL SISTEMA JULIO 2014 CON LOS PROYECTOS PROPUESTOS

Tabla 2.30: Comparación de los sistemas en julio 2014 y proyectos

RESUMEN DEL SISTEMA			
Descripción	Simulación Julio	Simulación Proyecto RBs Propuestos	Variac. (%)
Flujo de aire compresible	Si	Si	<b>Julio-Proyecto</b>
Presión de ventilación natural	Si	Si	
Tipo de presión para simular los ventiladores	Método presión total	Método presión total	--
Longitud total	177,961.2 m	222,327.5 m	24.93
Caudal total de aire de Ingreso	477.1 m <sup>3</sup> /s	580.2 m <sup>3</sup> /s	21.61
Caudal total de aire en escape	488.4 m <sup>3</sup> /s	600.6 m <sup>3</sup> /s	22.97
Flujo de masa total	353.11 kg/s	429.33 kg/s	21.59
Resistencia de la mina (sin mangas)	0.01855 Ns <sup>2</sup> /m <sup>8</sup>	0.00845 Ns <sup>2</sup> /m <sup>8</sup>	-54.45
RESUMEN DE POTENCIA			
Potencia eléctrica instalada	5,046.3 kW	3,323.6 kW	-34.14
Costo de energía anual	\$ 1,237,751	\$ 815,224	-34.14
Eficiencia de la red	65.90%	68.30%	3.64
Ventiladores	5,046.3 kW	2,938.9 kW	-41.76

### 2.4.2 PROYECTO DE LA RED DE VENTILACIÓN

Los 11 circuitos de extracción con los proyectos de RBs como de muestra en la tabla 2.29. Se unirán para formar 6 circuitos de extracción por zonas de producción de acuerdo a la veta que se explota.

#### 1.- Circuito de extracción veta María Rosa.

Pertenece a la extracción del aire viciado de la zona Este. Conformado por la RB-20 y BM NV-620, estas extraerán de la zona María Rosa del Nv 150 y 050 tal como se muestra en la simulación acápite 2.4.3.1.

#### 2.- Circuito de extracción veta Carmen-Janeth 01.

Pertenece a la Zona Oeste; conformado por los RB-10, RB-18, RB-26 y RB-47 que extraen aire contaminado del Nv 150 y 050 de la zona Carmen y Janeth, simulación ver acápite 2.4.3.2.

### **3.- Circuito de extracción veta Carmen-Janeth 02.**

Al igual que el circuito 2, pertenece a la zona Oeste y extrae aire viciado del Nv 200, 150 y 050 de las zonas Carmen, Janeth y Araceli, simulación ver acápite 2.4.3.3.

### **4.- Circuito de extracción veta Principal.**

Como se observa en el acápite 2.4.3.4 pertenece a la zona Este, uniendo al RB-4 y RB-42. Esta es la alternativa principal para el mejoramiento del ambiente subterráneo de la profundización de la rampa Mirko Este, que provee de aire limpio el pique Jacob Timmer y extrayendo aire viciado de toda la zona de la veta Principal.

### **5.- Circuito de extracción veta Karina y Andalucía.**

Conectado a los RB-42 y RB-14 que pertenecen a la zona Este, extrae aire contaminado de toda la zona de Andalucía parte central y Karina de los niveles 150 al 250, ver simulación en el acápite 2.4.3.5.

### **6.- Circuito de extracción veta Gisela y Andalucía.**

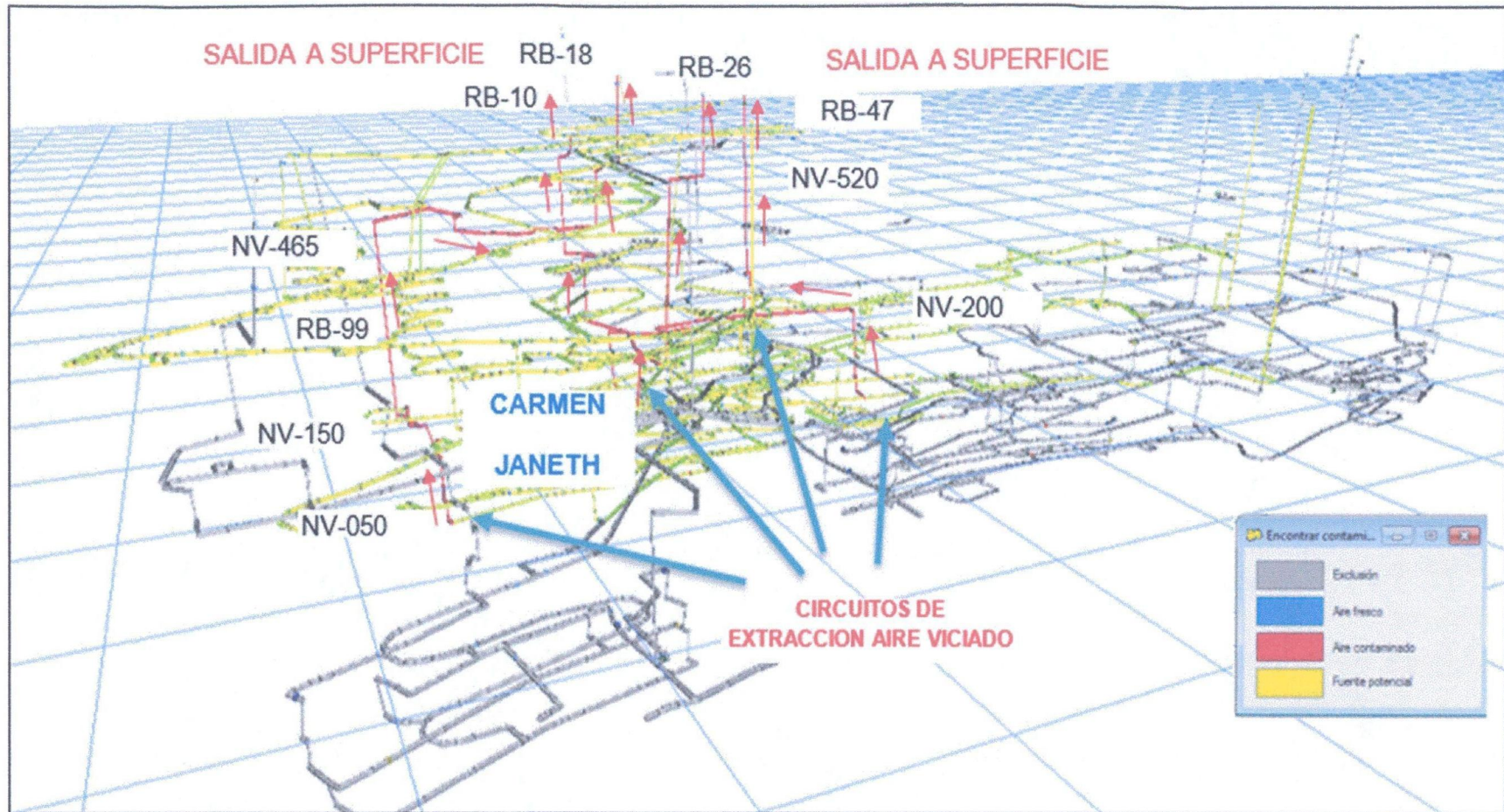
La boca mina del Nv 620 se proyecta extraer aire contaminado de toda la zona Gisela del Nv 250, 200 y 150 a partir del Rb-07 uniendo con el Rb-27 hasta llegar al Nv 620, ver simulación acápite 2.4.3.6.

## **2.4.3 PARÁMETROS DE SIMULACIÓN**

Ingresado al Data Input:

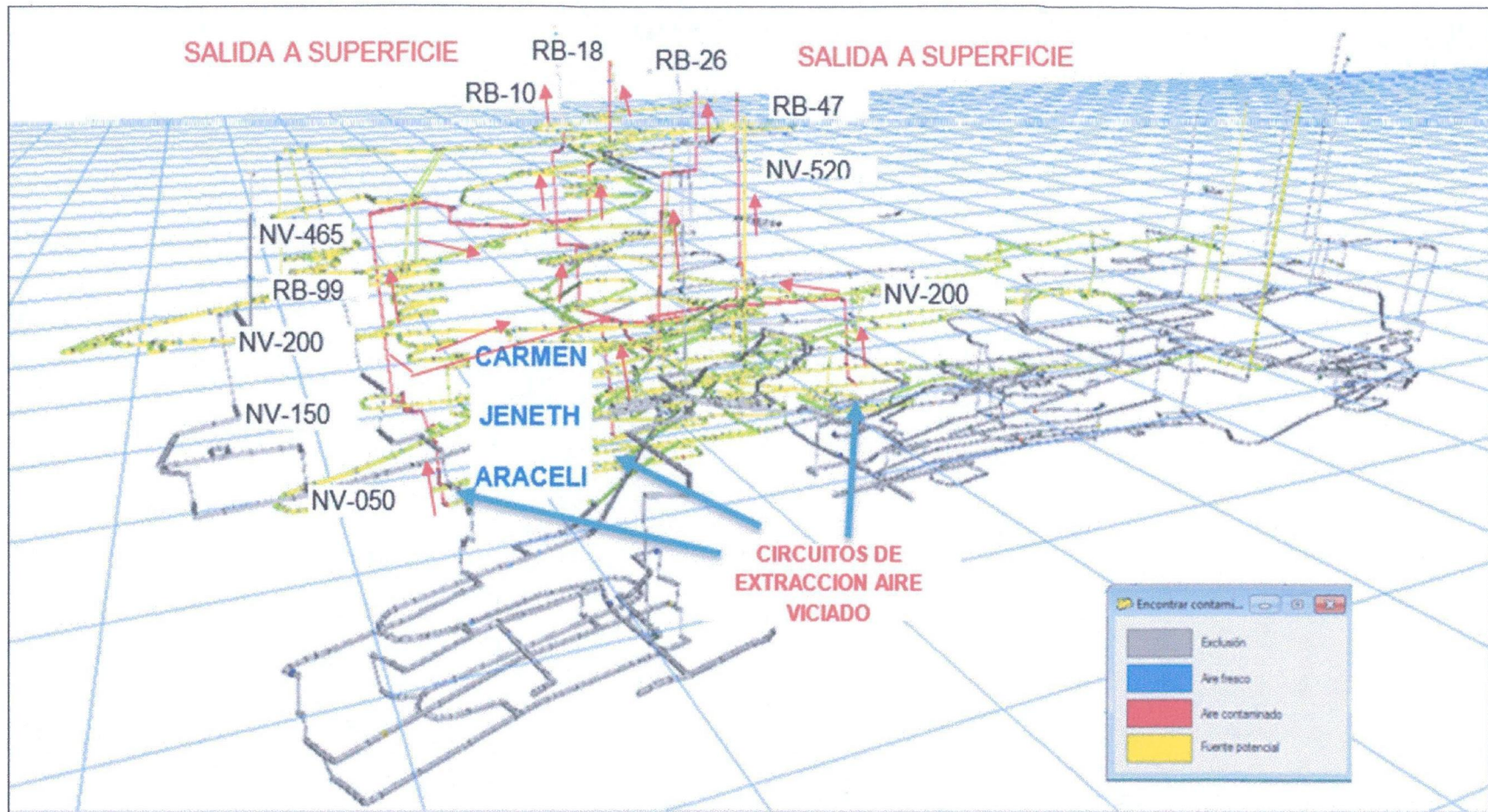
- Cota de operación referencial : 4,600 msnm.
- Densidad del aire : 0.044lb/ft<sup>3</sup>.
- Temperatura de bulbo húmedo : 4 °C.
- Temperatura de bulbo seco : 7 °C.
- Presión barométrica (superficie) : 61.7 kPa.
- Presión (ventiladores) : Total.
- Flujo de aire : Compresible.
- Costo de energía : Costo 0.028 US\$/Kw-Hora.

#### 2.4.4.2 Circuito de extracción - Veta Carmen – Janeth 01.



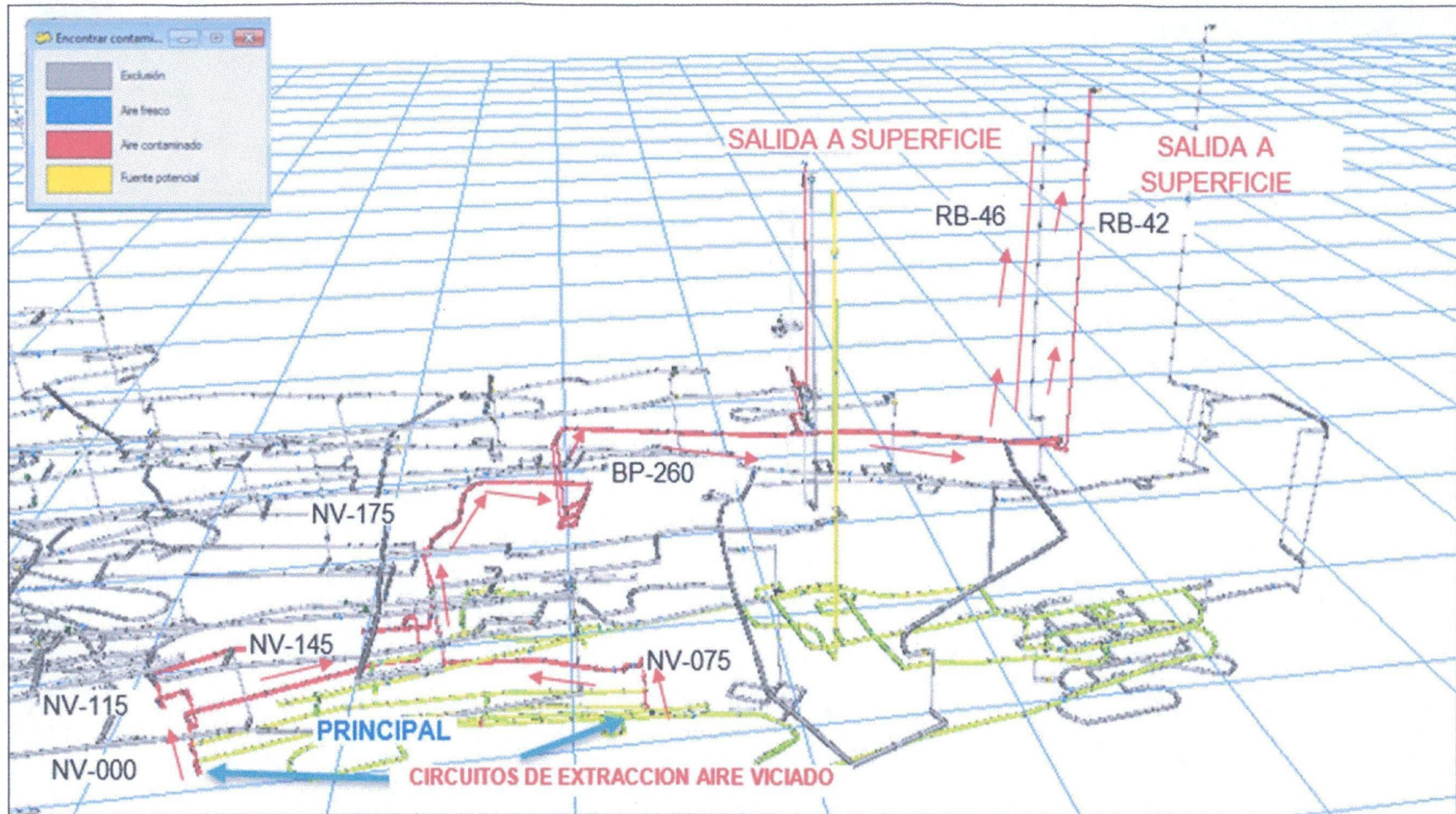
VER ARCHIVO: TESIS VENTILACION 2016 – Simulaciones – Circuitos – Proyectado Carmen-Janeth 01

### 2.4.4.3 Circuito de extracción - Veta Carmen – Janeth 02.



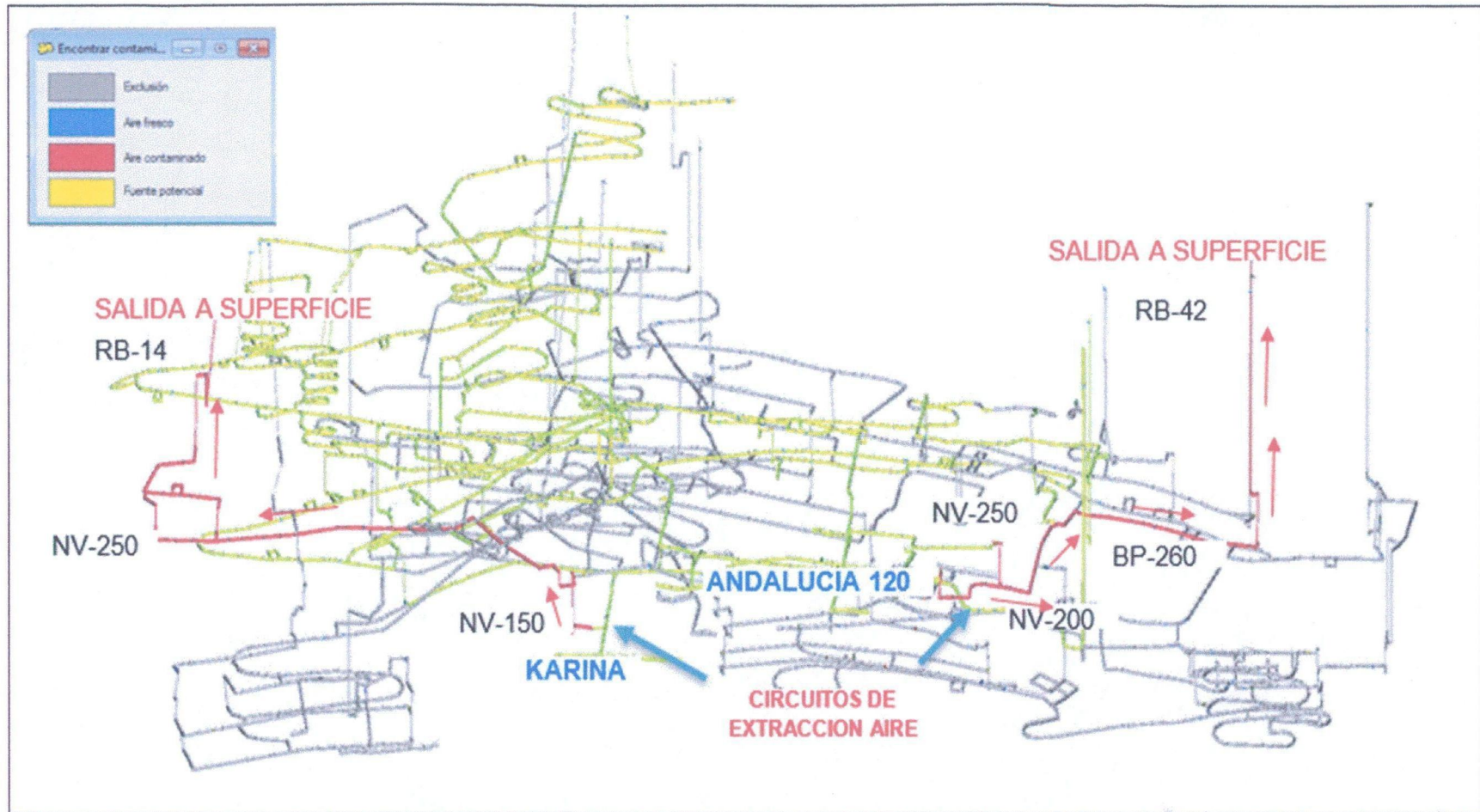
VER ARCHIVO: TESIS VENTILACIÓN 2016 – Simulaciones – Circuitos - Proyectado Carmen – Janeth 02

#### 2.4.4.4 Circuito de extracción - Veta Principal.



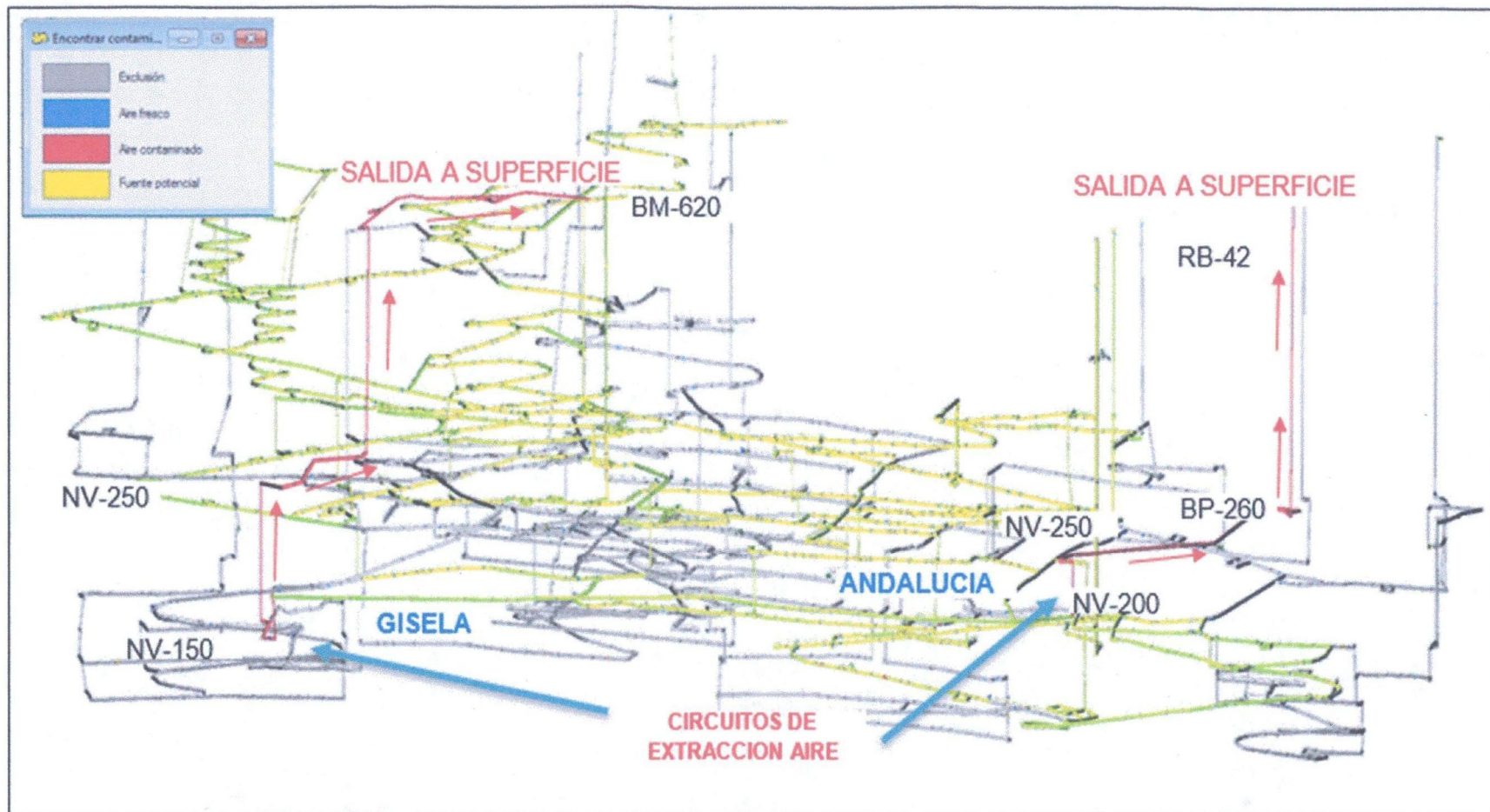
VER ARCHIVO: TESIS VENTILACION 2016 – Simulaciones - Circuitos.- Proyectado Veta Principal

#### 2.4.4.5 Circuito de extracción - Veta Karina / Andalucía.



VER ARCHIVO: TESIS VENTILACION 2016 – Simulaciones – Circuitos – Proyectado Karina/Andalucía

#### 2.4.4.6 Circuito de extracción - Veta Gisela / Andalucía.



VER ARCHIVO: TESIS VENTILACION 2016 – Simulaciones – Circuitos - Proyecto Veta Gisela/Andalucía

## 2.5 INVERSIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACION DE LA U.M.ANIMON.

### 1.- COSTO DEL RB-10A

Longitud = 167.9 m de Ø: 2.1m. El costo aproximado de RB de 2.1 m de diámetro es de 1,068.75 US\$/m (Taladro Piloto + Rimado) con un adicional de cámara aproximadamente de US\$ 20,000 (Ver Anexo V).

La tasa de interés para este proyecto, no proviene de alguna entidad financiera, debido a que no se hará préstamo alguno, sino que en estos casos se asume una tasa que proviene del costo de oportunidad y según las investigaciones realizadas para evaluación de proyectos con Raise Boring la tasa por el costo de oportunidad alcanza el 12%. Por lo que esta será la tasa con la que se realizará el análisis económico ( $i = 12\%$ ).

De tal manera que la inversión del RB-10A será de US\$ 179,550 aproximadamente, tomando un 10% de otros gastos, en un horizonte de 4 años y con una tasa de interés de 12%.

Tabla 2.31: Costo del RB-10A

ACTIVIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL US\$
RB-10A, longitud 168 m de D = 2.1m	US\$ 973.75/m	163,590.00
Cámara de 4.5 x 4.5 m. L=42.10 m	US\$ 475.00/m	20,000.00
<b>SUB TOTAL</b>		183,590.00
<b>GASTOS GENERALES 10%</b>		18,359.00
<b>TOTAL</b>		<b>201,949.00</b>

### 2.- COSTO RB-99 (RB-18)

Se realiza un laboreo de 50 m que une el Nv 200 de Araceli con la RB-99 lo que representa una inversión de US\$ 23,750.

Longitud de la RB-99 de Ø: 2.1m tenemos del Nv 465 al Nv 150 un promedio de 281.13 m, obteniendo US\$ 300,454.55. Con la suma del acceso de 50 m + la Rb + 10% otros gastos resulta un total de US\$ 358,000. Con una tasa de interés de 12% y una vida útil de 4 a más años.

Tabla 2.32: Costo del RB-99

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL US\$</b>
RB-99, longitud 281.13 m de D = 2.1	US\$ 973.75/m	273,750.34
Cámara de 4.5 x 4.5 m – 50 m de laboreo.	US\$ 475.00/m	23,750.00
<b>SUB TOTAL</b>		297,500.34
<b>GASTOS GENERALES 10%</b>		29,750.03
<b>TOTAL</b>		<b>327,250.37</b>

### 3.- COSTO RB-86A, RB-103 Y RB-73B

Instalación de Tapón 4.5 m x 4.5 m. en el piso de RB-42, en el Nv 310.

Instalación de puerta metálica antes de las gemelas en el BP-260.

Construir el RB-86A que comunica el Nv-100 con el Nv-150.

Instalación de tapón entre el RB-86A y el Nv-150.

Construir el RB-103 que comunica el Nv-075 con el Nv-100.

Construir el Rb-73B del Nv 150 al Nv 200

Tapón en el piso del Rb-73 Nv 150

Tabla 2.33: Costo del RB-86A-103 y 73B

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL US\$</b>
Tapón de bloquetas 4.5 x 4.5 m.	US\$ 20.00/m <sup>2</sup> de tapón.	405.00
Puerta metálica de 4.5 x 4.5 m de dos alas.	US\$ 1000.00 puerta metálica de 4.5x4.5m.	1000.00
RB-86A, longitud 50 m D = 2.10 m.	US\$ 973.75/m	48,687.50
Tapón de bloquetas 4.5 x 4.5 m.	US\$ 20.00/m <sup>2</sup> de tapón.	405.00
RB-86B, longitud 25 m. D = 2.10 m.	US\$ 973.75/m	24,343.75
RB-73B, longitud 50 m. D = 2.10 m.	US\$ 973.75/m	48,687.50
Tapón con bloquetas 4.5 x 4.5 m.	US\$ 20.00/m <sup>2</sup> de tapón.	405.00
<b>SUB TOTAL</b>		123,933.75
<b>GASTOS GENERALES 10 %</b>		12,393.38
<b>TOTAL</b>		<b>136,327.12</b>

#### 4.- COSTO RB-88

Ejecución de RB-88 para la profundización Karina.

El RB-88, longitud de 89 m de Diámetro = 2.10 m.

Instalación de tapones de 4.5 x 4.5 m; 3 Und.

Tabla 2.34: Costo del RB-88

ACTIVIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL US\$
Tapón de bloquetas 4.5 x 4.5 m.	US\$ 20.00/m <sup>2</sup> de tapón.	1,215.00
RB-88A, longitud 89 m D = 2.10 m.	US\$ 973.75/m.	86,663.75
<b>SUB TOTAL</b>		87,878.75
<b>GASTOS GENERALES 10 %</b>		8,787.87
<b>TOTAL</b>		<b>96,666.63</b>

#### 5.- COSTO RB-107

Ejecutar la cámara en XC 200 de unos 14 m de sección 4.0 x 4.0 m.

Ejecutar cámara XC 300 de unos 40 m.

El RB-107, longitud de 163 m de D = 2.10 m.

Colocar tapón hermetizado de 4.0 x 4.0 m. 2 Und.

Tabla 2.35: Costo del RB-107

ACTIVIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL US\$
Cámara en XC 200, Long. 14 m.	US\$ 423.20/m.	5,924.80
Cámara en XC 300, Long. 40 m.	US\$ 423.20/m.	16,928.00
RB-107, longitud 163 m D = 2.10 m.	US\$ 973.75/m	158,721.25
Tapón de bloquetas 4.0 x 4.0 m.	US\$ 20.00/m <sup>2</sup> de tapón.	640.00
<b>SUB TOTAL</b>		182,214.05
<b>GASTOS GENERALES 10 %</b>		18,221.41
<b>TOTAL</b>		<b>200,435.45</b>

Tabla 2.36: Resumen de los costos de proyectos

Ítem	Circuito	Extractor (cfm)	PT (Pa)	Zona	Proyección	Inversión (US\$)
1	RB-10A	100,000	2,700	Nv 200 - Janet	Nv 150 Janet	201,949.00
2	RB-47	120,000	2200	Nv 200 - Janet	Nv 150 - Janet	-
3	RB-17 (RB-26)	125,000	2150	Nv 200 - Janet	Nv 150 - Janet	-
4	RB-99 (RB-18)	120,000	2750	Nv 150 - Carmen	Nv 200 - Araceli/Carmen	327,250.37
5	RB-20C 20(7B)	80,000	2500	Nv150 - María Rosa	Nv 150 - María Rosa/Elva	-
6	RB 86-109 y 73B	105,000	2700	Nv150 - María Rosa	Nv 150 - María Rosa/Elva	136,327.12
7	RB-88 14(09)	110,000	2300	Nv 150 - Karina	RB Proy. A - Prof. Karina	96,666.63
8	Veta principal RB-(102-103)	150,000	3,831	Nv 115 - Nv 110	Profund. Nv 115 - Nv 110	-
9	Veta principal RB-63	200,000	2,900	Superficie	Profund. Nv 100 veta Principal Este	-
10	Proy. RB-107	40,000	1,000	Cámara de bombeo	RP Mirko - Nv Profund.	200,435.45
<b>TOTAL (US\$)</b>						<b>962,628.57</b>

En simulación anterior del mes de setiembre sin disponer de los proyectos planteados se obtuvo una resistencia de 0.01855 Ns<sup>2</sup>/m<sup>8</sup> que equivale el uso de una potencia de 5,046.3 KW/h que es igual también a 6,746.48 HP/h (1HP = 0.746 KW).

#### Calculando el costo de operación anual.

$$O = 0.028 \frac{US\$}{KW - h} * 6,746.48 * 0.746 * 24 * 365$$

$$O = 1'237,756.46 \text{ US\$/anual}$$

El costo anual obtenido en consumo de energía, es lo real del 2014.

Con la simulación corregida y con todos las RBs a ejecutar, se obtiene una resistencia 0.00862 Ns<sup>2</sup>/m<sup>8</sup> que equivale a una potencia a consumir 3,408.9 KW/h = 4569.57 HP/h.

#### Calculando el costo de operación anual con las RBs proyectadas.

$$O = 0.028 \frac{US\$}{KW - h} * 4,569.57 * 0.746 * 24 * 365$$

$$O = 836,135 \text{ US\$/anual}$$

La diferencia se tiene US\$ 401,621.46, lo cual vendría a ser el ingreso anual para la Empresa Chungar.

Tabla 2.37: Flujo de caja del proyecto

PROYECTO DE RBS						
AÑO	INVERSION (US\$)	INGRESO (US\$)	COSTOS (US\$)	FLUJO DE CAJA (US\$)	VALOR ACTUAL	ACUMULADO
0	962,628.57			962,628.57		962,628.57
1		401,621.46	0	401,621.46	358,590.58	604,037.99
2		401,621.46	0	401,621.46	320,170.16	283,867.83
3		401,621.46	0	401,621.46	285,866.22	-1,998.39
4		401,621.46	0	401,621.46	255,237.69	

En la tabla 2.37 muestra en el acumulado que la inversión solo se recupera en el 3er año.

**Calculando el valor actual neto (VAN).**

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^{n=t} \frac{BN_T}{(1+i)^t}$$

$$VAN = -962,628.57 + \frac{401,621.46}{(1+0.12)^1} + \frac{401,621.46}{(1+0.12)^2} + \frac{401,621.46}{(1+0.12)^3} + \frac{401,621.46}{(1+0.12)^4}$$

$$VAN = -962,628.57 + 358,590.58 + 320,170.16 + 285,866.22 + 255,237.69$$

$$VAN = -962,628.57 + 1'219,864.65$$

$$VAN = 257,236.08$$

**Calculando la relación beneficio y costo.**

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=1}^{n=t} \frac{BN_T}{(1+i)^t}}{I_0}$$

$$\frac{B}{C} = \frac{1,219,864.65}{962,628.57}$$

$$\frac{B}{C} = \frac{1,219,864.65}{962,628.57}$$

$$\frac{B}{C} = 1.27$$

**Calculando el TIR (Tasa interno de retorno)**

$$962,628.57 = \frac{401,621.46}{(1+i)^1} + \frac{401,621.46}{(1+i)^2} + \frac{401,621.46}{(1+i)^3} + \frac{401,621.46}{(1+i)^4}$$

Si  $i = 13\%$

$$962,628.57 = 1',194,611.52$$

Si  $i = 15\%$

$$962,628.57 = 1',146,620.58$$

Si  $i = 24\%$

$$962,628.57 = 965,609.11$$

Si  $i = 25\%$

$$962,628.57 = 948,469.24$$

## CAPITULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. RESULTADOS

1.- Mediante la ejecución de los proyectos de RBs, se logró incrementar el caudal de aire, tal como se muestra en la siguiente tabla 3.1 y gráfico 3.1

Tabla 3.1 Caudal total requerido

CAUDAL TOTAL REQUERIDO				
CAUDAL	m3/min	m3/s	cfm	% Dist.
Q1=Personal	2,508	42	88,568	8
Q2= Equipos Diésel	26,740	446	944,281	89
Q3=Dilución Explosivos <sup>3</sup>	1,488	25	52,547	5
Q4=Temperatura	893	15	31,528	3
<b>Q1 + Q2 + Q4</b>	<b>30,140</b>	<b>502.34</b>	<b>1,064,377</b>	<b>100</b>

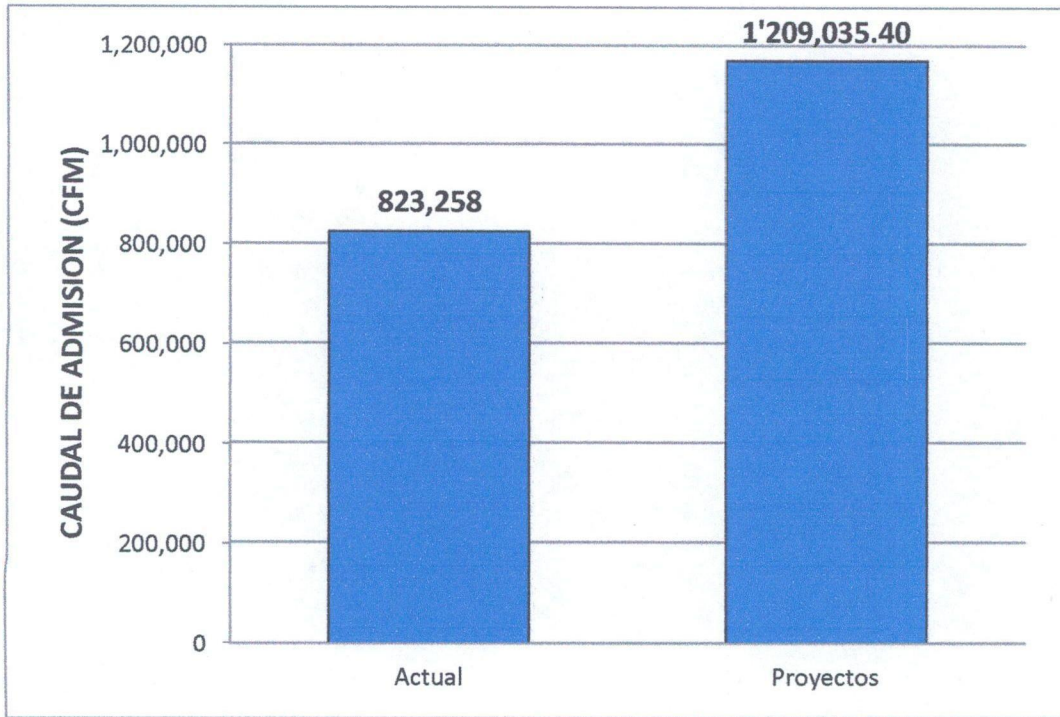


Gráfico 3.1: Cobertura de aire del sistema actual y proyectos.

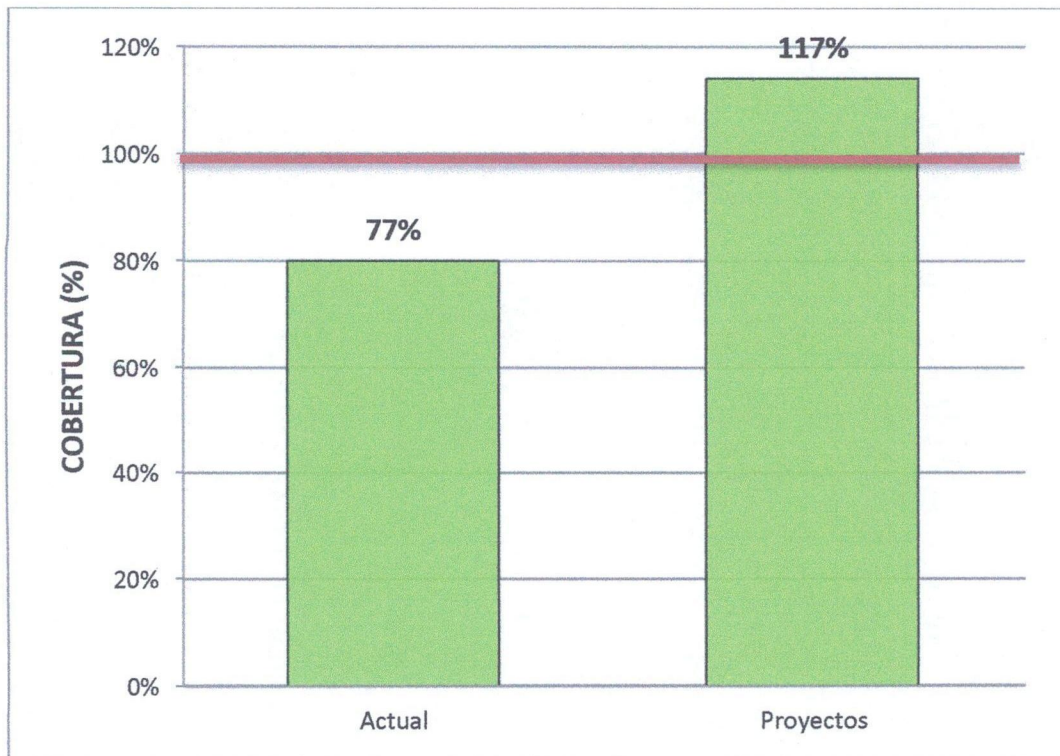


Gráfico 3.1: Cobertura de aire del sistema actual y proyectos

2.- El modelamiento del sistema de ventilación en cada una de las zonas de la Mina Animón, permitió ubicar correctamente los proyectos de RBs.

3.- La propuesta de la ejecución de la Rb-10A, Rb-99 y metros de labores, unieron el circuito de extracción del Rb-10, el cual trabaja en el circuito de extracción Carmen – Janeth de la zona Oeste y circuito de extracción María Rosa de la zona Este.

4.- La ejecución del Rb-86A y Rb-103 unió al circuito de extracción del Rb-2 y Rb-42, el cual se convirtió parte del circuito de la veta Principal en profundización de la rampa Mirko de la zona Este.

5.- Las velocidades de aire incrementaron en las estaciones que se le consideraba crítica, tal como se muestra en la tabla 3.2. (Ver Anexo VIII)

Tabla 3.2: Comparación de Velocidad de julio 2014 y proyectos

ITEM	ESTACION	Vel. (m/min) mes de julio	Vel. (m/min) proyecto	Var (%)
1	E-1	203.00	338.00	66.50
2	E-2	169.00	301.00	78.11
3	E-3	424.00	482.00	13.68
4	E-4	170.00	260.00	52.94
5	E-5	172.00	331.00	92.44
6	E-6	164.00	361.00	120.12
7	E-7	95.00	230.00	142.11
8	E-8	79.00	131.00	65.82
9	E-9	227.00	371.00	63.44
10	E-10	215.00	357.00	66.05
11	E-11	131.00	219.00	67.18
12	E-12	345.00	506.00	46.67

6.- Los diámetros óptimos del RB-10A, RB-88, RB-99, RB-86A y RB-103 fueron 2.20, 2.12, 2.17, 2.10, 2.22 metros consecutivamente. Considerando la excavación en todos los proyectos de 2.10 metros.

7.- La temperatura efectiva disminuyó en las labores de los niveles 075 al 150 donde se presenciaba temperaturas mayores de 30 °C, ver tabla 3.3.

Tabla 3.3: Comparación de la temperatura efectiva mes de julio 2014 y proyectos

UBICACIÓN				TOMA DE DATOS EL 17/07/2014		TOMA DE DATOS EL 20/10/2015	
NIVEL	ESTAC.	LABOR	VETA	HORA (hh:mm)	TEMP. EFEC. (°C)	HORA (hh:mm)	TEMP EFEC. (°C)
75	E5	RP MIRKOE	Principal	05:10 p.m.	31.30	05:30 p.m.	25.30
100	E10	ACC-400 IE	Principal	12:02 p.m.	32.40	11:00 a.m.	23.20
100	E11	BP-100W	Principal	12:06 p.m.	32.50	11:05 a.m.	23.30
100	E12	BP-100	Principal	12:58 p.m.	33.40	11:30 a.m.	26.20
100	E13	ACC-200 IE	Principal	12:50 p.m.	32.80	11:50 a.m.	26.30
100	E15	CX-100	Principal	01:09 p.m.	34.10	03:15 p.m.	27.15
115	E18	RB-81(CA-02)	Principal	03:42 p.m.	32.90	03:30 p.m.	25.96
115	E19	ACC-100 BP-115	Principal	03:49 p.m.	34.80	03:40 p.m.	24.87
115	E20	RB-83	Principal	04:12 p.m.	34.30	04:00 p.m.	25.94
115	E21	CA-02 BP-115	Principal	04:20 p.m.	34.00	04:15 p.m.	27.32
115	E22	ACC-200 IW	Principal	04:41 p.m.	34.90	04:35 p.m.	27.53
115	E23	BP-115	Principal	04:48 p.m.	31.30	04:55 p.m.	25.24
115	E24	BP-115 ACC-400 IW	Principal	05:00 p.m.	30.40	10:00 a.m.	25.30
115	E26	RB-82	Principal	05:34 p.m.	33.80	10:25 a.m.	26.50
150	E52	CX-145, RB-95	Principal	03:40 p.m.	30.40	10:55 a.m.	26.10

### 3.2. DISCUSIÓN

1. Un buen diseño del sistema de ventilación, de acuerdo al planeamiento operacional de la mina, genera validez y confiabilidad de los cálculos de incremento de caudal de aire, acorde a los requerimientos del aire de la mina. Dentro de este enfoque, se realizó el presente trabajo de investigación.
2. Debido al tamaño de la mina, el modelamiento y evaluación del sistema de ventilación, se realizó por zonas de producción, el cual, además nos permitió la ubicación estratégica y adecuada de los proyecto de RBs.
3. Por el alto costo de metro lineal de elaboración de chimenea por un Raise Boring, el diámetro a ejecutarse son calculados previamente para todos los proyectos que se plantearon.
4. La instalación de ventiladores auxiliares, siempre debe merecer mayor atención desde el diseño de la sección de las labores subterráneas hasta su instalación técnicamente correcta, para superar todas las anomalías expresadas en el acápite 2.2.7.

## CONCLUSIONES

1. No se considera} el requerimiento por dilución de gases, porque, la voladura se realiza cuando el personal se va a almorzar y en cambio de guardia.
2. Mejora las velocidades de aire y disminuye la temperatura efectiva a partir de un buen diseño de sistema de ventilación.
3. El modelamiento y simulación facilita en el mejoramiento del sistema de ventilación de una mina, optimizando y a corto tiempo.
4. El desequilibrio en la descarga del circuito, donde el 70% de la extracción de aire contaminado se da por el lado Oeste de la Mina y el 30% por el Este.
5. El diámetro óptimo que se consigue con los cálculos realizados, tiene relación con el caudal a extraer y a la longitud de un RB o chimenea.
6. Con el diseño propuesto, el circuito extractivo de la Veta Principal permitió extraer directamente desde la profundización un caudal aproximado de 180 kcfm.
7. La ejecución de los proyectos resulta beneficioso para la empresa, ya que disminuye el costo de operación.
8. La recuperación de la inversión será en 3 años.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se deberá hermetizar al 100% los tapones y los muros de los ventiladores principales bajo un estándar establecido para evitar la recirculación de aire y las pérdidas de energía.
2. Los circuitos de ventilación principal deben mantenerse limpios (no acumular desmonte u otros), pues esta condición genera mayor resistencia al sistema provocando el incremento de energía (mayor amperaje).
3. Actualizar y controlar de manera permanente el modelo topográfico en VentSim, de manera que se puedan usar para las simulaciones requeridas.
4. Para lograr un sistema de ventilación adecuada y óptima será necesario cumplir un programa de ejecución de chimeneas de ventilación, para el periodo 2015-2017.
5. La inversión total estimada US\$ 962,628.57 deberá ser presupuestada al período 2015-2017.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. HOWARD I. Hartman, (1982). Mine Ventilation and Air Conditioning. 2da. Edición. New York, Toronto, Editors John Wiley & Sons.
2. JIMENEZ ASCANIO, PABLO, (2011). Ventilación de Minas Subterráneas y túnele. Publicado por IIMP.
3. LUQUE CAVAL, VICENTE. (1988). Manual de ventilación de minas. AITEMIN. España.
4. MEM. (2010). D.S. N° 055-2010-EM; Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería. Publicado por ISEM.
5. VEJARANO SANCHEZ ANGEL, (2003). Ventilación de Minas. Lima

**ANEXO I**  
**INVENTARIO DE VENTILADORAS**

### A. Ventiladores Principales

NIVEL	LABOR	VETA	POSICION	MODELO	NOMINAL	CAMPO		POTENCIA		COST. MES ENERGIA USS	COST. ANUAL ENERGIA USS	ESTADO ACTUAL	OBSERVACION
					CAUDAL (cfm)	CAUDAL (cfm)	PT (" p.a.)	ELECTRICA					
								(kW)	(HP)				
200	RB-41	Principal	Extractor	VAV-60-30-1750-I-B	150,000	154,162	7.10	162	217	3,032	36,886	OPERATIVO	Falta silenciador
175	RB-64 (RB-42)	Principal	Extractor	VAV-60-30-1750-I-B	150,000	102,854	7.10	168	225	3,140	38,202	OPERATIVO	Falta silenciador
225	RB-26 (A)	Janeth	Extractor	AXIVANE S2000	150,000	75,750	6.76	135	181	2,530	30,786	OPERATIVO	En paralelo
225	RB-26 (B)	Janeth	Extractor	AXIVANE S2000	150,000	100,013	6.76	175	235	3,281	39,919	OPERATIVO	En paralelo
200	RB-20A	María Rosa	Extractor	VAV-60-26.5-1750-II-A	120,000	101,228	9.80	147	197	2,754	33,511	OPERATIVO	Inspeccionar siempre
200	RB-51 (RB-46)	Principal	Extractor	AXIVANE S2000	150,000	141,472	6.76	161	216	3,021	36,757	OPERATIVO	Hacer limpieza antes del ventilador
SUP.	RB-63	Superficie	Extractor	ZVN 1-18-(550)-360/4	200,000	199,997	11.71	199	267	3,731	45,389	OPERATIVO	V. Frecuencia al 85%
LIMA	MANTTO	Lima	Extractor	-	150,000	-	-	-	-	-	-	INOPERATIVO	Falla del motor
LIMA	MANTTO	Lima	Extractor	-	200,000	-	-	-	-	-	-	INOPERATIVO	Falla del motor

### B. Ventiladores Secundarios

NIVEL	LABOR	VETA	POSICION	MODELO	NOMINAL	CAMPO		POTENCIA		COST. MES ENERGIA USS	COST. ANUAL ENERGIA USS	ESTADO ACTUAL	OBSERVACION
					CAUDAL (cfm)	CAUDAL (cfm)	PT (" c.a.)	ELECTRICA					
								(kW)	(HP)				
150	RB-73	Principal	Extractor	AXIVANE S2000	150,000	144,780	6.76	178	239	3,336	40,584	OPERATIVO	Frente a PQ TIMMER, falta silenciador
150	RB-95	Ofelia	Extractor	AXIVANE S2000	150,000	139,642	6.76	102	136	1,904	23,162	OPERATIVO	Extrae aire caliente
225	RB-94	Janeth	Extractor	VAV-48-26.5-1750-II-A	75,000	82,158	9.20	91	122	1,702	20,706	OPERATIVO	Reparado
150	RB-76A	Carmen	Extractor	AXIVANE S2000	110,000	-	6.76	77	103	1,437	17,484	OPERATIVO	Extrae zona Carmen
SUP.	SUPERFICIE	Superficie	Extractor	AXIVANE S2000	110,000	-	6.76	-	-	-	-	INOPERATIVO	Falla del motor

### C. Ventiladores Auxiliares

NIVEL	LABOR	VETA	POSICION	MODELO	NOMINAL	CAMPO		POTENCIA		COST. MES ENERGIA US\$	COST. ANUAL ENERGIA US\$	ESTADO ACTUAL	OBSERVACION
					CAUDAL (cfm)	CAUDAL (cfm)	PT (" c.a.)	ELECTRICA (1)					
								(kW)	(HP)				
115	CH-03 (ACC-400)	Principal	Impelente	AXIVANE S1000	20,000	21,557	5.00	43	58	805	9,794	OPERATIVO	Sobre plataforma, sin hermetizado
125	RP-125	Carmen	Impelente	VAV-27 1/4-14-3450-I-A	20,000	22,728	5.00	29	39	541	6,579	OPERATIVO	Inst. en el techo de la labor
75	RB-36	Principal	Impelente	VAV-27 1/4-14-3450-I-A	20,000	22,673	5.00	12	16	230	2,794	OPERATIVO	Sobre plataforma
355	CX-355 (RP-500(+))	Janeth	Impelente	VAV-48-26.5-1750-II-A	60,000	60,390	10.00	35	47	658	8,007	OPERATIVO	Sobre plataforma, sin hermetizado
355	RB-36 (CX-355)	Principal	Impelente	VAV-32-14-3450-II-A	30,000	35,417	5.00	61	81	1,135	13,805	OPERATIVO	Sobre plataforma, hermetizado
100	CH-03	Principal	Impelente	VAV-48-26.5-1750-II-A	60,000	70,419	6.50	82	109	1,526	18,568	OPERATIVO	Sobre plataforma, sin hermetizado
100	CH-02	Principal	Impelente	VAV-45-26.5-1750-II-A	60,000	62,750	8.50	52	70	978	11,900	OPERATIVO	Sobre plataforma, sin hermetizado
115	RB-83	Principal	Impelente	VAV-45-26.5-1750-II-A	60,000	60,428	8.50	48	64	900	10,947	OPERATIVO	Sobre plataforma, sin hermetizado
115	RB-80A	Principal	Impelente	VAV-48-26.5-1750-II-A	60,000	63,540	10.00	69	93	1,299	15,800	OPERATIVO	Sobre plataforma, hermetizado
115	RB-87	Principal	Impelente	VAV-45-26.5-1750-I-B	60,000	52,659	7.00	49	66	916	11,144	OPERATIVO	Hermetizado
150	RB-84B (ACC-400 IE)	Carmen	Impelente	VAV-27 1/4-14-3450-I-A	25,000	25,072	6.90	27	36	509	6,189	OPERATIVO	Sobre plataforma, hermetizado
125	RB-72B	Principal	Impelente	VAV-45-26.5-1750-II-A	60,000	57,489	8.50	77	104	1,451	17,651	OPERATIVO	Sobre plataforma, hermetizado
125	CX-100 (Semiglo)	Principal	Impelente	VAV-27 1/4-14-3450-I-A	20,000	20,166	5.00	24	33	454	5,524	OPERATIVO	Enseriado
270	BP-280 (POLV. EXPL.)	Principal	Impelente	VAV-27 1/4-14-3450-I-A	20,000	17,914	7.00	17	23	325	3,956	OPERATIVO	Hermetizado
75	RB-97	Principal	Impelente	VAV-48-26.5-1750-II-A	60,000	60,390	10.00	54	72	1,009	12,272	OPERATIVO	Hermetizado
355	PQ MONTENEGRO	Principal	Impelente	VAV-27 1/4-14-3450-I-	20,000	9,479	7.00	18	25	343	4,170	OPERATIVO	Sin hermetizado

145	(ACC-100 1W) RP-200	Ofelia	Impelente	VAV-27 1/4-14-3450-I-A	20,000	19,273	7.00	25	34	468	5,694	OPERATIVO	Inst. en el techo de la labor
145	BP-145 (CX-145)	Ofelia	Impelente	VAV-48-26.5-1750-II-A	60,000	55,282	10.00	56	74	1,040	12,651	OPERATIVO	Sobre plataforma
150	BP-150 (ACC-500) RB-80	Karina	Impelente	VAV-48-26.5-1750-II-A	60,000	57,172	10.00	95	128	1,786	21,730	OPERATIVO	Sobre plataforma
270	ACC-600 (RP-500(+))	Janeth	Impelente	VAV-32-14-3450	30,000	31,372	5.50	22	29	403	4,898	OPERATIVO	Serie (2 motores)
125	ACC-100 (MVC)	Elva	Impelente	VAV-27 1/4-14-3450-I-A	20,000	11,328	7.00	12	16	219	2,670	OPERATIVO	Enseriado
125	RP MIRKOW	Elva	Impelente	VAV-42 1/4-26-1750-II	50,000	40,555	8.00	60	81	1,125	13,686	OPERATIVO	Sobre plataforma
150	ACC-200	María Rosa	Impelente	VAV-27 1/4-14-3450-I-A	20,000	18,361	7.00	24	32	440	5,357	OPERATIVO	Enseriado
150	RP MIRKOW	María Rosa	Impelente	AXIVANE S1000	60,000	53,693	10.00	102	137	1,906	23,184	OPERATIVO	Sobre plataforma
200	TALLER ATLAS	Lorena	Impelente	GEL 7.42/2	20,000	18,821	5.00	23	31	430	5,233	OPERATIVO	Con silenciador
100	RB-93A, TJ-600(-)	Janeth	Impelente	VAV-27 1/4-14-3450-I-A	10,000	14,846	5.00	13	17	241	2,931	OPERATIVO	Sobre plataforma
75	RP-MIRKOE (RB-95)	Principal	Impelente	VAV-48-26.5-1750-II-A	60,000	57,045	6.50	78	105	1,462	17,794	OPERATIVO	Sobre plataforma
175	RB-96	Janeth	Impelente	VAV-32-14-3450	30,000	32,467	5.50	33	45	624	7,592	OPERATIVO	Serie (2 motores)
250	BP-250, ACC-201 W	Andalucía	Impelente	VAV-45-26.5-1750-II-B	60,000	65,428	8.70	72	96	1,340	16,309	OPERATIVO	Sobre plataforma
200	RB-84A	Janeth	Impelente	AXIVANE	60,000	66,198	10.00	80	108	1,505	18,311	OPERATIVO	Hermetizado
200	RB-92A	Janeth	Impelente	VAV-45-26.5-1750-II-A	60,000	66,548	8.50	49	66	915	11,136	OPERATIVO	Hermetizado
225	RB-92	Janeth	Impelente	VAV-32-14-3450-II	30,000	37,207	5.00	46	62	869	10,577	OPERATIVO	Sin hermetizado
250	RB-91	Ofelia	Impelente	VAV-45-26.5-1750-II-A	60,000	46,967	8.50	54	72	1,008	12,270	OPERATIVO	Hermetizado al 50%
200	RB-36	Principal	Impelente	VAV-27 1/4-14-3450-I-A	20,000	22,579	7.00	13	18	251	3,058	OPERATIVO	Hermetizado al 90%
250	BP-250 (CA-01)	Karina	Impelente	VAV-32-14-3450	30,000	36,408	5.50	23	31	436	5,306	OPERATIVO	Sobre plataforma, sin hermetizado
250	RP-250	Karina	Impelente	VAV-45-26.5-1750-II-A	50,000	39,261	8.00	26	35	486	5,913	OPERATIVO	Sobre plataforma, sin hermetizado
270	TALLER MIRO VIDAL	Lorena	Impelente	VAV-18-14-3450-II-A	5,000	6,673	8.00	10	13	186	2,266	OPERATIVO	Hermetizado
150	RP INTEGRACION	Ofelia	Impelente	VAV-32-14-3450	30,000	28,481	5.50	25	33	466	5,675	OPERATIVO	Inst. en el techo de la labor

150	BP-150 (CA-01 300)	Carmen	Impelente	VAV-48-26.5-1750-II- A	60,000	0	6.50	81	108	1,513	18,411	OPERATIVO	Inst. en el techo de la labor
150	BP-150 (CA-400)	Carmen	Impelente	VAV-45-26.5-1750-II- A	75,000	45,319	9.20	79	106	1,486	18,080	OPERATIVO	Inst. en el techo de la labor
150	BP-150 (RB-76A)	Carmen	Impelente	VAV-45-26.5-1750-II- A	60,000	41,206	8.50	39	52	730	8,876	OPERATIVO	Sobre plataforma, sin hermetizado
150	ACC-500	Carmen	Impelente	VAV-32-14-3450	30,000	12,370	5.50	42	56	783	9,531	OPERATIVO	Inst. en el techo de la labor
150	RB-84B (RP-125)	Carmen	Impelente	VAV-45-26.5-1750-II- A	60,000	69,088	8.50	96	128	1,790	21,781	OPERATIVO	Sobre plataforma, hermetizado
175	RB-92A	Janeth	Impelente	VAV-48-26.5-1750-II- A	60,000	68,961	10.00	53	71	997	12,134	OPERATIVO	Sobre plataforma, hermetizado
175	BP-175 (TJ-400)	Janeth	Impelente	VAV-32-14-3450	30,000	33,883	5.50	25	34	472	5,746	OPERATIVO	Inst. en el techo de la labor
100	ACC-200	Principal	Impelente	VAV-27 1/4-14-3450- I-A	30,000	33,915	5.50	22	29	406	4,941	OPERATIVO	Enseriado (de la CH-02)
200	RB-70	Principal	Impelente	VAV-18-14-3450-II-A	5,000	3,909	18.90	7	9	127	1,548	OPERATIVO	Sobre plataforma, hermetizado
SUP.	POLVORIN PRINCIPAL	Superficie	Impelente	VAV-18-14-3450-II-A	5,000	6,628	8.00	7	10	133	1,622	OPERATIVO	Sobre plataforma, sin hermetizado
465	PQ MONTENEGRO	Principal	Impelente	VAV-18-14-3450-II-A	5,000	6,617	8.00	9	12	164	1,992	OPERATIVO	Sobre plataforma, sin hermetizado
150	ROMPE BANCOS	Principal	Impelente	VAV-18-14-3450-II-A	5,000	6,673	8.00	7	10	135	1,647	OPERATIVO	Inst. en el techo de la labor
200	BP-200 (ACC-400 1W)	Janeth	Impelente	VAV-32-14-3450	30,000	24,262	5.50	12	17	231	2,814	OPERATIVO	Inst. en el techo de la labor
100	RP INTEGRACION (RP MIRKOE)	Principal	Impelente	VAV-32-14-3450	30,000	22,579	5.50	27	36	509	6,189	OPERATIVO	Inst. en el techo de la labor
SUP.	SUPERFICIE	Superficie	Impelente	VAV-32-14-3450-II	30,000	-	5.00	-	-	-	-	INOPERATIVO	Falla del motor

**ANEXO II**  
**ESTACIONES DE LEVANTAMIENTO DE**  
**CAMPO**

UBICACIÓN			VELOCIDADES (m/s)									V prom. (m/min)	T (°C)	HR (%)	SECCIÓN		ÁREA (m2)	CAUDAL cfm
NIVEL	EST.	LABOR	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9				a (m)	h (m)		
75	E1	RP MIRKOE	1.20	1.20	1.30	1.20	1.30	1.20	1.25	1.30	1.25	74.7	28.8	88.6	4.80	4.85	21.7	57,087
75	E2	RB-95	2.90	2.80	3.00	2.90	2.80	2.90	2.80	2.90	2.90	172.7	28.0	90.2	5.10	5.24	24.9	151,544
75	E3	CX-075	0.50	0.40	0.60	0.60	0.50	0.60	0.60	0.50	0.50	32.0	28.1	88.7	4.80	4.75	21.2	23,962
75	E4	RB-91	0.60	0.60	0.50	0.60	0.40	0.50	0.60	0.60	0.60	33.3	27.0	93.0	5.10	5.00	23.7	27,916
75	E5	RP MIRKOE	2.20	1.80	2.20	2.00	2.00	2.10	2.00	2.10	2.10	123.3	31.3	94.1	4.80	5.15	23.0	100,129
100	E9	CA-03 BP-100W	0.40	0.42	0.41	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.55	28.5	27.1	78.7	5.16	4.38	21.0	21,179
100	E10	ACC-400 1E	1.00	0.90	1.00	1.10	1.00	1.00	0.90	1.00	1.10	60.0	32.4	89.2	4.80	4.60	20.5	43,509
100	E11	BP-100W	1.40	1.40	1.30	1.30	1.40	1.40	1.30	1.30	1.30	80.7	32.5	89.6	5.15	4.70	22.5	64,125
100	E12	BP-100	0.80	0.90	0.80	0.90	0.80	0.90	0.80	0.80	0.80	50.0	33.4	93.2	4.85	5.60	25.3	44,599
100	E13	ACC-200 1E	0.50	0.50	0.60	0.50	0.40	0.50	0.50	0.50	0.50	30.0	32.8	90.9	4.65	5.43	23.5	24,877
100	E14	ACC-100 1E	0.29	0.31	0.32	0.30	0.30	0.20	0.30	0.28	0.27	17.1	27.0	90.3	4.32	4.38	17.6	10,647
100	E15	CX-100	2.20	2.20	2.30	2.20	2.20	2.20	2.30	2.30	2.20	134.0	34.1	92.3	4.50	4.70	19.7	93,078
100	E16	RP MIRKOE	0.20	0.20	0.25	0.15	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	12.0	24.0	88.1	4.83	4.32	19.4	8,223
115	E17	CX-115	0.30	0.30	0.30	0.40	0.30	0.30	0.40	0.30	0.40	20.0	26.1	81.1	4.70	4.10	17.9	12,657
115	E18	RB-81(CA-02)	0.90	0.90	0.70	1.00	0.90	0.80	0.90	0.80	0.80	51.3	32.9	81.1	4.22	3.39	13.3	24,118
115	E19	ACC-100 BP-115	1.01	0.92	0.87	1.02	0.91	0.77	0.80	0.88	0.70	52.5	34.8	95.5	4.59	4.00	17.1	31,677
115	E20	RB-83	0.70	0.80	0.90	0.20	0.60	0.70	0.20	0.30	0.50	32.7	34.3	90.6	3.86	3.70	13.3	15,322
115	E21	CA-02 BP-115	0.10	0.20	0.10	0.10	0.20	0.10	0.20	0.10	0.10	8.0	34.0	94.0	4.37	4.24	17.2	4,868
115	E22	ACC-200 1W	0.50	0.50	0.40	0.60	0.60	0.40	0.60	0.40	0.60	30.7	34.9	86.2	4.17	4.77	18.5	20,033
115	E23	BP-115	0.60	0.70	0.70	0.60	0.70	0.70	0.60	0.60	0.80	40.0	31.3	92.0	5.46	4.85	24.6	34,780
115	E24	BP-115 Acc-4001w	1.02	0.94	0.85	0.99	0.91	0.94	0.81	0.91	0.89	55.1	30.4	90.8	4.90	4.86	22.2	43,094
115	E25	BP-115	0.30	0.28	0.31	0.35	0.27	0.30	0.32	0.29	0.31	18.2	24.9	82.1	4.71	4.83	21.1	13,569
115	E26	RB-82	0.33	0.43	0.35	0.34	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	21.7	33.8	95.4	4.64	4.08	17.6	13,471
115	E27	RP MIRKOE	0.40	0.30	0.40	0.50	0.40	0.40	0.50	0.50	0.40	25.3	19.7	81.0	4.52	5.20	21.8	19,538
100	E28	RP-100 (-)	0.46	0.49	0.50	0.43	0.39	0.45	0.40	0.45	0.49	27.1	24.5	80.3	5.09	4.48	21.2	20,270
100	E29	BP-100 PRINCIPAL	0.43	0.40	0.39	0.32	0.37	0.39	0.35	0.58	0.45	24.5	25.6	79.0	5.27	4.68	22.9	19,872

100	E30	RP-100 (-)	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.80	0.70	0.70	0.80	44.7	23.2	86.2	5.14	4.84	23.1	36,494
100	E31	CA-01- RP 100(-)	1.02	1.09	1.01	1.20	1.07	1.02	1.03	1.20	1.03	64.5	24.4	83.3	4.92	4.69	21.5	48,854
125	E32	BP-125, RB-75B	2.00	2.10	2.00	1.90	2.05	1.90	2.00	2.10	1.90	119.7	24.9	89.3	4.90	4.72	21.5	90,895
125	E33	BP-125 (-) ACC-500 1E	0.19	0.18	0.17	0.18	0.22	0.20	0.18	0.18	0.20	11.3	22.1	90.1	4.10	4.10	15.6	6,257
125	E34	RP-125 (-) CA-01 CX- 125	0.24	0.27	0.26	0.20	0.23	0.20	0.30	0.28	0.30	15.2	23.4	85.7	5.00	5.21	24.2	13,004
125	E35	BP-125 (-) RB-71A	0.18	0.23	0.25	0.3	0.24	0.20	0.30	0.30	0.20	14.7	22.9	84.7	4.55	4.88	20.6	10,695
125	E36	RP-125 (-)	0.39	0.32	0.44	0.4	0.50	0.40	0.40	0.40	0.30	23.7	18.3	96.5	4.70	4.70	20.5	17,170
125	E37	RP-125 (-)	0.38	0.28	0.24	0.23	0.14	0.46	0.21	0.10	0.10	14.3	23.8	74.4	5.12	4.02	19.1	9,644
125	E38	RP-130	0.24	0.2	0.28	0.25	0.30	0.20	0.20	0.20	0.30	14.5	19.4	93.9	4.50	5.00	20.9	10,690
150	E39	BP-150	0.40	0.10	0.06	0.25	0.08	0.26	0.10	0.12	0.40	11.8	22.6	78.9	4.78	4.16	18.5	7,706
150	E40	CX-150N	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	60.0	19.0	87.5	4.89	3.80	17.3	36,616
150	E41	BP-150	0.52	0.70	0.79	0.49	0.72	0.64	0.77	0.74	0.55	39.5	22.7	78.5	4.54	4.15	17.5	24,421
125	E42	CH-02, RP MIRKOE	1.42	1.50	1.40	1.50	1.30	1.30	1.30	1.40	1.30	82.8	19.4	78.0	5.03	4.82	22.5	65,929
125	E43	RP-125	2.40	2.50	2.40	2.50	2.40	2.40	2.40	2.40	2.50	145.0	17.5	59.9	4.37	4.57	18.6	95,759
150	E44	CA-47	1.70	1.60	1.70	1.40	1.60	1.50	1.70	1.50	1.50	94.7	27.9	10.2	5.08	4.42	20.9	69,809
150	E45	RP MIRKOE	2.40	2.40	2.40	2.50	2.40	2.70	2.40	2.40	2.60	148.0	21.8	89.5	4.77	4.59	20.4	106,420
150	E46	RP MIRKOE	2.40	2.30	2.40	2.30	2.40	2.40	2.30	2.40	2.40	142.0	22.5	84.4	4.48	5.58	23.2	116,582
150	E47	CX-150 N	0.60	0.70	0.70	0.60	0.70	1.10	0.70	0.60	0.60	42.0	21.1	92.7	4.55	4.25	18.0	26,673
150	E48	PQ-JT	0.90	1.00	0.80	1.00	0.90	1.00	0.90	0.90	1.00	56.0	16.5	70.0	4.90	4.20	19.1	37,850
150	E49	CX-150N	0.40	0.60	0.40	0.80	0.60	0.70	0.40	0.60	0.60	34.0	12.3	82.3	4.48	3.88	16.2	19,410
150	E50	CX-150N	0.50	0.50	0.30	0.50	0.70	0.70	1.50	0.80	1.00	43.3	26.5	90.1	4.83	4.07	18.3	27,977
150	E51	CX-150, RB-95	3.70	3.60	3.70	3.60	3.70	3.60	3.80	3.60	3.70	220.0	28.5	91.2	4.65	4.80	20.8	161,267
150	E52	CX-145, RB-95	0.40	0.30	0.30	0.40	0.30	0.30	0.40	0.30	0.30	20.0	30.4	91.5	4.50	4.60	19.3	13,597
150	E53	ACC-100 1W	0.40	0.40	0.30	0.40	0.40	0.50	0.60	0.60	0.70	28.7	27.9	86.0	4.90	3.68	16.8	16,977
150	E54	CA-06, RB-85	0.23	0.20	0.14	0.29	0.19	0.16	0.15	0.14	0.11	10.7	28.7	85.6	4.60	3.17	13.6	5,140
150	E55	ACC-300 1E	0.70	0.80	0.70	0.70	0.80	0.80	0.70	0.80	0.90	46.0	29.4	80.2	4.27	4.44	17.6	28,642
150	E56	ACC-300 1W	0.19	0.08	0.15	0.10	24.00	0.29	0.14	0.31	0.31	170.5	26.4	79.3	4.67	4.60	20.0	120,266

150	E57	BP-150	0.60	0.70	0.60	0.60	0.60	0.70	0.60	0.50	0.60	36.7	25.1	80.4	5.35	4.90	24.4	31,568
150	E58	CA-15	0.60	0.70	0.60	0.60	0.60	0.70	0.60	0.50	0.60	36.7	25.5	83.1	4.55	4.52	19.1	24,766
150	E59	ACC-100 1W	1.60	1.96	1.42	1.53	1.58	1.56	1.61	1.61	1.61	96.5	22.9	88.6	4.32	3.90	15.7	53,414
150	E60	CA-01, BP-150	0.72	0.66	0.54	0.71	0.62	0.64	0.74	0.61	0.51	38.3	25.5	81.1	4.72	4.21	18.5	25,017
150	E61	BP-150	0.94	0.88	0.86	0.87	1.05	1.01	0.94	0.93	0.91	55.9	24.9	79.4	5.12	4.12	19.6	38,750
150	E62	BP-150	1.67	1.58	1.63	1.71	1.67	1.58	1.59	1.70	1.73	99.1	24.1	74.9	4.82	4.00	17.9	62,728
150	E63	CX-150S	0.73	0.71	0.73	0.73	0.62	0.74	0.87	0.73	0.72	43.9	25.2	73.1	4.60	4.20	18.0	27,834
125	E64	ACC-100	0.18	0.10	0.26	0.09	0.07	0.07	0.12	0.11	0.13	7.5	28.0	91.5	4.52	3.60	15.1	4,026
125	E65	ACC-100 1W	0.69	0.58	0.29	0.64	0.69	0.54	0.66	0.56	0.73	35.9	27.6	82.1	4.72	4.50	19.8	25,019
125	E66	RB-20D	1.48	1.63	1.43	1.53	1.56	1.63	0.82	1.14	1.60	85.5	26.5	80.5	4.46	4.70	19.5	58,838
125	E67	RP MIRKOW, NV-145	0.80	0.80	0.85	0.97	0.96	0.66	0.85	0.81	0.86	50.4	25.0	75.7	4.95	4.68	21.5	38,345
150	E68	RB-74 pie	0.71	0.66	0.67	0.67	0.67	0.52	0.38	0.83	0.63	38.3	20.9	71.9	5.00	3.91	18.2	24,570
150	E69	BP-175 CA-03	0.50	0.60	0.70	0.50	0.70	0.50	0.70	0.60	0.60	36.0	19.4	70.2	4.90	4.20	19.1	24,332
150	E70	RP Mirkow-integ.	0.66	0.62	0.66	0.64	0.51	0.63	0.69	0.54	0.51	36.4	24.4	82.0	5.20	4.20	20.3	26,109
150	E71	ACC-500 1W	1.30	1.30	1.20	1.30	1.40	1.30	1.20	1.30	1.40	78.0	23.9	95.0	4.35	5.00	20.2	55,716
150	E72	CA-14 RP INTEG.	0.60	0.40	0.60	0.60	0.50	0.60	0.50	0.50	0.50	32.0	24.0	75.2	4.50	4.20	17.6	19,863
150	E73	RP INTEGRACION	0.18	0.15	0.11	0.10	0.15	0.18	0.15	0.16	0.12	8.7	22.7	70.1	5.20	4.70	22.7	6,956
150	E74	RP INTEGRACION	1.50	1.40	1.40	1.50	1.40	1.40	1.50	1.40	1.50	86.7	21.1	75.6	4.80	4.60	20.5	62,846
150	E75	pie Rb-79	0.15	0.09	0.52	0.15	0.14	0.46	0.16	0.08	0.60	15.7	22.8	79.6	4.20	4.25	16.6	9,184
150	E76	ACC-600 1W	0.08	0.07	0.07	0.08	0.07	0.09	0.09	0.09	0.08	4.8	25.5	79.4	4.56	4.90	20.8	3,522
150	E77	RP-125	0.80	0.89	0.68	0.61	0.41	0.78	0.73	0.85	0.70	43.0	23.0	85.9	5.00	4.90	22.8	34,599
150	E78	BP-150	1.90	2.00	1.90	2.00	1.90	1.90	2.00	1.80	1.90	115.3	26.9	82.6	4.50	4.65	19.5	79,259
150	E79	RP-150	1.30	1.20	1.10	1.20	1.10	1.20	1.30	1.20	1.20	72.0	22.8	90.2	4.40	4.60	18.8	47,860
150	E80	BP-175W	0.20	0.30	0.30	0.40	0.10	0.20	0.15	0.30	0.30	15.0	23.4	80.2	4.80	4.50	20.1	10,641
150	E81	ACC-500 1E	0.58	0.59	0.48	0.53	0.48	0.41	0.49	0.52	0.57	31.0	24.4	90.4	4.22	4.40	17.3	18,904
150	E82	ACC-400 1W	0.71	0.73	0.75	0.70	0.76	0.71	0.65	0.67	0.76	42.9	23.3	96.3	4.80	4.40	19.6	29,780

150	E83	ACC-300 1E	0.31	0.29	0.38	0.26	0.34	0.29	0.29	0.35	0.23	18.3	24.5	90.5	4.80	4.60	20.5	13,246
150	E84	ACC-300 1W	0.50	0.50	0.60	0.60	0.60	0.70	0.40	0.50	0.40	32.0	24.0	92.3	4.90	4.80	21.9	24,718
150	E85	BP-150	0.47	0.64	0.58	0.35	0.53	0.63	0.60	0.59	0.55	32.9	24.3	90.4	5.00	5.00	23.3	27,040
175	E86	CA-01 500 1E, BP-175	0.20	0.30	0.40	0.20	0.20	0.20	0.30	0.20	0.20	14.7	21.7	91.0	4.76	4.17	18.5	9,561
175	E87	RB-47D	0.20	0.18	0.29	0.88	0.50	0.68	0.30	0.27	0.19	23.3	20.0	78.7	4.84	3.16	14.2	11,687
175	E88	BP-175	0.57	0.59	0.58	0.54	0.55	0.57	0.39	0.42	0.74	33.0	22.0	90.7	4.57	4.50	19.1	22,288
175	E89	ACC-400 1W	0.20	0.20	0.10	0.20	0.10	0.20	0.20	0.10	0.20	10.0	20.8	90.0	4.84	5.00	22.5	7,948
175	E90	RB-44A	0.43	0.59	0.62	0.49	0.61	0.42	0.18	0.30	0.35	26.6	26.0	88.7	4.40	4.20	17.2	16,144
175	E91	BP-175	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	18.0	22.6	89.7	4.65	4.45	19.2	12,233
175	E92	ACC-500 1W	0.54	0.60	0.23	1.05	0.90	0.64	0.26	0.39	0.81	36.1	22.5	86.6	4.49	4.60	19.2	24,510
175	E93	BP-175	1.32	0.99	1.69	0.41	0.22	1.35	0.44	0.58	0.43	49.5	22.0	88.9	4.41	4.90	20.1	35,153
175	E94	ACC-700 1W	0.24	0.24	0.25	0.22	0.30	0.38	0.18	0.46	0.24	16.7	22.4	86.1	5.00	4.54	21.1	12,475
175	E95	CA-05 BP-175	1.00	0.90	1.10	1.00	1.00	0.90	1.10	1.00	1.00	60.0	22.2	89.8	4.50	4.80	20.1	42,563
175	E96	RB-68	0.36	0.49	0.60	0.43	0.44	0.95	0.43	0.40	0.91	33.4	22.3	89.5	4.80	4.18	18.7	22,009
175	E97	ACC-200	0.40	0.40	0.40	0.40	0.30	0.40	0.40	0.40	0.30	22.7	29.3	99.9	4.50	4.50	18.8	15,074
175	E98	RP ALTERNATIVA	2.10	2.10	2.10	2.20	2.10	2.20	2.20	2.10	2.10	128.0	25.3	98.2	4.65	4.11	17.8	80,341
175	E99	RP ALTERNATIVA	1.80	2.00	1.80	2.00	1.90	1.90	2.00	2.00	1.90	115.3	24.7	97.0	4.50	4.80	20.1	81,816
175	E100	RB-62	0.34	0.28	0.30	0.49	0.52	0.51	0.40	0.47	0.54	25.7	18.6	97.0	4.63	3.93	16.9	15,338
175	E101	RP INTEGRACION	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	60.0	18.2	78.2	4.93	4.66	21.4	45,270
175	E102	RP INTEGRACION	1.10	1.00	1.00	1.10	1.10	1.10	1.00	1.10	1.20	64.7	18.3	89.5	4.57	4.88	20.7	47,364
175	E103	RP MIRKOW	1.71	1.74	1.40	1.80	1.65	1.79	1.97	2.18	2.13	109.1	15.3	89.5	4.42	4.57	18.8	72,398
175	E104	RB-20	0.38	0.38	0.49	0.55	0.32	0.30	0.28	0.29	0.24	21.5	18.9	96.2	4.89	4.62	21.0	15,977
175	E105	RP MIRKOW	1.87	2.11	2.04	1.97	2.05	2.04	1.98	2.17	2.40	124.2	17.7	83.5	4.26	4.54	18.0	78,889
175	E106	RP MIRKOW	0.23	0.08	0.22	0.34	0.27	0.18	0.47	0.22	0.21	14.8	20.9	86.3	5.00	4.71	21.9	11,447
175	E107	BP-175 1E	0.75	0.91	0.45	0.49	0.68	0.43	1.06	1.09	0.82	44.5	22.0	93.6	5.13	4.86	23.2	36,464

175	E108	RB-63A 63B	0.41	0.94	0.45	0.80	0.54	0.69	0.74	0.95	0.80	42.1	22.0	96.5	5.23	4.29	20.9	31,047
175	E109	BP-175 1E	2.80	2.70	2.80	2.70	2.80	2.70	2.80	2.70	2.80	165.3	22.3	95.9	5.00	4.50	20.9	122,172
175	E110	RP MIRKOE	1.54	1.43	1.45	0.98	1.36	1.00	1.37	1.32	1.32	78.5	22.1	93.1	4.60	4.91	21.0	58,204
175	E111	RP MIRKOE	0.90	0.90	0.80	0.80	0.80	0.90	0.80	0.80	0.80	50.0	23.0	91.0	4.63	5.13	22.1	39,003
175	E112	RP MIRKOE	4.50	4.30	4.40	4.30	4.30	4.30	4.40	4.40	4.40	262.0	23.1	93.2	4.71	4.80	21.0	194,533
200	E113	CX-100	2.16	2.25	2.30	2.14	2.33	2.26	2.07	2.16	1.90	130.5	23.9	99.6	4.59	4.00	17.1	78,669
200	E114	ACC-200 1E	2.11	3.20	4.17	0.70	2.55	2.55	2.55	2.55	2.55	152.9	23.6	83.8	2.00	1.85	3.4	18,576
200	E115	Pasando CH-raptor	0.22	0.26	0.12	0.34	0.29	0.10	0.33	0.21	0.09	13.1	21.5	93.0	3.87	4.31	15.5	7,158
200	E116	BP-200	3.20	3.20	3.10	3.10	3.10	3.20	3.20	3.30	3.10	190.0	20.9	93.1	4.55	4.25	18.0	120,666
200	E117	RB-64	3.26	3.75	2.09	1.69	2.76	2.17	1.31	2.10	2.39	143.5	25.2	79.4	4.35	3.84	15.5	78,705
200	E118	BP-200 1E	0.60	0.70	0.61	0.69	0.65	0.52	0.65	0.58	0.56	37.1	22.5	95.9	4.46	4.31	17.9	23,401
200	E119	RP-200 (+)	1.03	0.76	1.28	1.51	1.37	0.93	1.23	1.55	1.35	73.4	22.5	97.0	4.48	4.02	16.7	43,414
200	E120	BP-225	0.84	0.74	0.99	0.84	0.90	0.59	0.94	0.81	0.46	47.4	28.8	92.2	4.39	4.29	17.5	29,318
225	E121	RB-63B	1.49	1.46	1.18	1.67	1.41	1.41	0.72	0.84	0.99	74.5	22.7	94.6	4.04	3.74	14.1	36,953
200	E122	BP-225	1.63	1.48	1.45	1.53	1.49	1.47	1.46	1.48	1.35	88.9	23.8	86.2	4.10	4.11	15.7	49,218
200	E123	BP-200 1E	0.50	0.40	0.50	0.40	0.40	0.40	0.50	0.40	0.30	25.3	23.9	86.6	4.65	4.19	18.1	16,210
200	E124	RP MIRKOE	3.31	3.03	3.17	3.31	3.33	3.26	3.34	3.31	3.51	197.1	22.4	77.5	4.45	4.88	20.2	140,595
200	E125	ACC-100 3E	0.31	0.34	0.49	0.21	0.37	0.36	0.33	0.26	0.16	18.9	20.7	85.1	4.47	4.26	17.7	11,799
200	E126	RP MIRKOE	1.70	2.30	1.98	2.17	2.03	1.91	1.79	1.63	1.70	114.7	22.6	73.7	4.87	4.78	21.6	87,715
200	E127	RP MIRKOE	0.49	0.23	0.11	0.34	0.27	0.32	0.15	0.06	0.27	14.9	21.5	75.6	4.70	3.60	15.7	8,298
250	E128	BP-250	1.05	1.20	1.00	1.10	1.00	1.00	1.07	0.98	1.00	62.7	20.1	83.5	4.66	4.69	20.3	44,981
250	E129	CX-250	1.20	1.20	1.20	1.10	1.20	1.20	1.00	1.20	1.20	70.0	22.4	76.0	4.82	4.46	20.0	49,421
250	E130	ACC-200 1E	1.00	0.90	0.90	1.00	0.80	1.00	0.80	0.90	1.00	55.3	23.0	86.5	4.76	4.25	18.8	36,763
250	E131	BP-250	0.80	0.89	0.31	0.72	0.70	0.23	0.80	0.77	0.12	35.6	23.3	79.0	4.59	4.48	19.1	24,042
250	E132	BP-250	0.32	0.32	0.21	0.44	0.16	0.68	0.53	0.20	0.31	21.1	21.0	84.0	4.59	4.50	19.2	14,336
200	E133	RP MIRKO Alternativa	0.83	0.70	0.85	0.92	0.70	0.90	0.75	0.88	0.87	49.3	18.0	99.9	4.63	4.66	20.1	34,957
225	E134	CX-250N	0.80	1.00	0.70	0.80	0.80	0.90	0.85	0.90	1.00	51.7	18.6	93.6	4.75	4.65	20.5	37,479
225	E135	BP-225	1.20	1.30	1.40	1.30	1.20	1.20	1.30	1.30	1.20	76.0	20.1	90.9	4.90	4.48	20.4	54,792

225	E136	BP-225	1.20	1.20	1.10	1.00	1.20	1.20	1.30	1.20	1.10	70.0	22.0	82.5	4.81	4.90	21.9	54,184
225	E137	ACC-300 IE	0.62	0.66	0.67	0.63	0.44	0.69	0.47	0.44	0.60	34.8	21.3	84.2	4.33	4.05	16.3	20,043
225	E138	RP-400 (+)	1.50	1.30	1.40	1.30	1.50	1.40	1.40	1.40	1.40	84.0	22.0	81.5	4.91	4.55	20.8	61,631
225	E139	CX-225	2.50	2.40	2.40	2.50	2.50	2.60	2.40	2.50	2.40	148.0	21.7	81.1	4.60	4.70	20.1	105,087
225	E140	RP-400 (-)	2.20	2.10	2.00	2.46	2.50	2.40	2.32	2.46	2.70	140.9	20.7	80.4	4.64	4.42	19.1	94,987
225	E141	CA-04, RP-400 (-)	2.60	2.80	2.60	2.50	2.80	2.80	2.70	2.70	2.80	162.0	17.9	72.9	4.70	4.35	19.0	108,776
200	E142	CX-200	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.30	2.40	2.30	2.30	142.0	18.7	80.4	4.83	4.90	22.0	110,373
200	E143	BP-200W	0.50	0.60	0.60	0.60	0.50	0.70	0.60	0.60	0.60	35.3	19.8	82.3	4.85	4.42	19.9	24,876
200	E144	BP-200	0.90	0.90	0.80	0.70	0.80	0.70	0.80	0.70	0.80	47.3	20.2	81.4	4.90	4.61	21.0	35,115
200	E145	RP MIRKOW	2.60	2.80	2.90	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.90	168.0	17.6	75.6	4.52	4.81	20.2	119,956
200	E146	RP MIRKOW	2.70	2.80	2.80	2.90	2.70	2.80	3.05	3.10	3.00	172.3	16.7	75.8	5.11	4.08	19.4	118,000
200	E147	CX-200N	0.40	0.40	0.40	0.40	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	20.7	14.2	92.2	4.01	3.67	13.7	9,989
200	E148	RP MIRKOW	3.02	3.32	3.11	3.06	3.30	2.67	3.06	3.05	2.85	182.9	16.2	74.2	4.70	4.10	17.9	115,772
200	E149	RP-500 (-)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.30	0.30	0.20	0.30	0.30	20.0	17.1	90.0	4.70	4.55	19.9	14,047
200	E150	RP-500	0.31	0.34	0.49	0.21	0.37	0.36	0.33	0.26	0.16	18.9	12.6	80.6	5.00	4.16	19.3	12,888
200	E151	RP-500	0.31	0.35	0.15	0.05	0.12	0.29	0.20	0.06	0.06	10.6	14.3	84.5	4.35	3.86	15.6	5,845
200	E152	CX-225	0.70	0.66	0.77	0.70	0.60	0.70	0.60	0.70	0.50	39.5	18.3	93.0	4.59	4.18	17.8	24,910
200	E153	RB-66	0.51	0.42	0.30	0.29	0.41	0.48	0.49	0.27	0.27	22.9	15.3	88.1	4.20	4.01	15.7	12,685
250	E154	RP-500 (-)	0.20	0.20	0.34	0.10	0.20	0.22	0.25	0.20	0.20	12.7	18.5	93.4	5.39	4.39	22.0	9,895
250	E155	CX-600	1.80	2.00	1.90	1.90	1.90	1.90	1.80	2.00	2.00	114.7	18.1	93.4	4.34	3.99	16.1	65,212
250	E156	RP-500 (-)	0.90	0.80	1.20	1.00	1.10	1.00	1.00	0.80	0.90	58.0	15.3	74.3	5.19	4.37	21.1	43,202
250	E157	BP-280W	0.10	0.15	0.43	0.15	0.05	0.27	0.21	0.17	0.27	12.0	17.5	96.2	5.10	4.55	21.6	9,145
250	E158	BP-260W	0.33	0.32	0.29	0.32	0.30	0.24	0.27	0.34	0.37	18.5	18.0	78.0	3.91	4.13	15.0	9,829
250	E159	BP-260W	0.40	0.30	0.30	0.30	0.30	0.40	0.40	0.30	0.30	20.0	19.2	75.5	3.95	4.60	16.9	11,935
250	E160	PQ ESPERANZA	2.00	2.00	2.00	1.90	2.10	2.10	1.90	2.00	2.00	120.0	20.0	71.5	4.77	3.89	17.3	73,127
250	E161	CX-600S	1.26	1.13	1.30	0.70	0.97	1.18	1.45	1.44	1.32	71.7	21.3	73.5	4.20	4.11	16.1	40,629
250	E162	RP-250	0.40	0.40	0.30	0.40	0.50	0.40	0.40	0.40	0.30	23.3	18.7	94.4	4.66	4.67	20.2	16,677
250	E163	BP-250	1.30	1.50	1.40	1.40	1.58	1.40	1.51	1.40	1.57	87.1	20.1	81.7	4.92	3.77	17.3	53,038

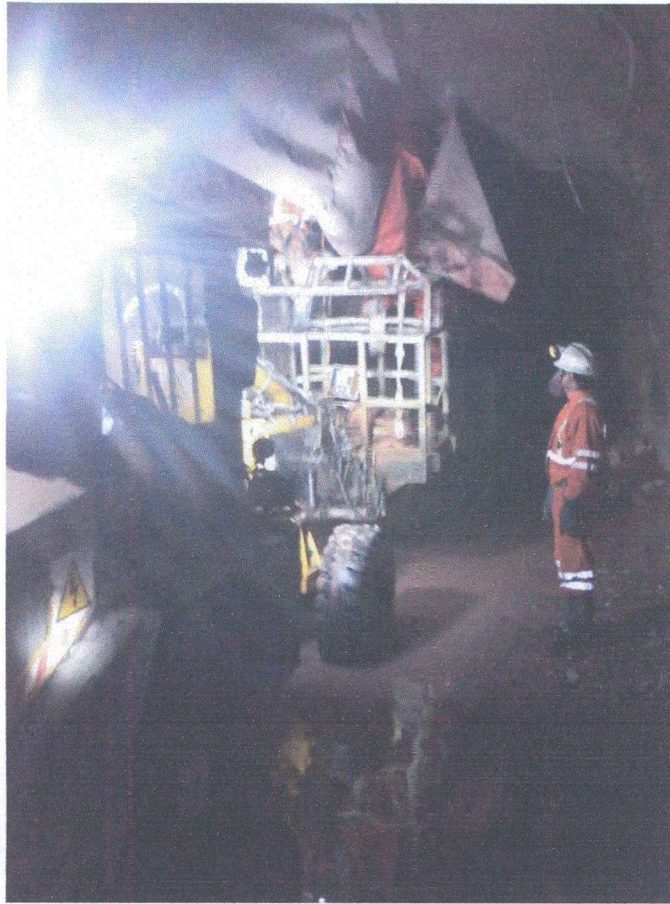
250	E164	RP MIRKOE	3.00	2.90	3.10	3.00	2.90	3.10	3.00	3.00	3.00	180.0	18.5	62.0	4.78	4.10	18.2	115,855
250	E165	BP-260	1.19	1.05	1.05	0.86	0.86	0.89	1.16	1.13	0.96	61.0	14.8	67.5	3.90	3.94	14.3	30,784
250	E166	BP-260E	0.60	0.80	0.80	0.70	0.80	0.80	0.70	0.80	0.80	45.3	16.3	82.4	4.36	4.47	18.1	29,016
250	E167	BP-260E	0.79	0.57	0.65	0.78	0.90	1.05	0.93	0.60	0.71	46.5	18.9	88.8	4.22	4.16	16.3	26,829
250	E168	BP-260E	1.40	1.50	1.30	1.40	1.30	1.40	1.40	1.30	1.40	82.7	25.0	91.0	4.62	4.51	19.4	56,569
250	E169	CX-250	0.72	0.63	0.64	0.68	0.66	0.51	0.40	0.50	0.47	34.7	25.0	92.7	4.85	3.65	16.5	20,193
250	E170	RB-63	4.50	4.50	4.50	4.60	4.50	4.50	4.60	4.50	4.60	272.0	20.5	86.1	4.26	4.25	16.8	161,732
250	E171	ACC-700 1E	3.03	3.18	3.25	2.72	3.19	3.34	2.90	3.28	3.18	187.1	19.7	90.6	4.46	3.86	16.0	105,804
310	E172	RP-260 (+)	0.90	1.00	0.80	0.80	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90	54.0	21.5	91.9	4.12	4.18	16.0	30,542
310	E173	RB-70	0.30	0.40	0.30	0.40	0.30	0.40	0.20	0.30	0.50	20.7	20.1	99.8	4.81	4.60	20.6	15,018
310	E174	CX-310	0.80	0.80	0.70	0.80	0.60	0.80	0.80	0.80	0.60	44.7	28.9	99.8	4.50	4.50	18.8	29,706
310	E175	CX-310	0.10	0.15	0.05	0.10	0.10	0.05	0.10	0.09	0.10	5.6	31.6	99.9	4.60	4.71	20.1	3,985
310	E176	PQ JACOB TIMMERS	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.05	3.3	23.3	96.8	4.30	4.20	16.8	1,977
270	E177	RP MIRKOE	3.30	3.40	3.40	3.40	3.30	3.40	3.30	3.40	3.50	202.7	19.7	58.0	4.42	4.75	19.5	139,742
270	E178	BP-280	0.82	0.69	0.59	0.57	0.80	0.69	0.53	0.61	0.72	40.1	18.8	92.7	4.61	4.42	18.9	26,857
270	E179	CX-600N	1.30	1.30	1.20	1.50	1.20	1.40	1.20	1.40	1.20	78.0	16.2	73.4	4.50	4.58	19.2	52,796
270	E180	CX-270	0.20	0.12	0.09	0.11	0.07	0.06	0.11	0.07	0.06	5.9	19.1	89.1	4.84	4.31	19.4	4,065
270	E181	RP-500 (+)	1.30	1.30	1.40	1.50	1.40	1.30	1.20	1.40	1.30	80.7	19.0	75.6	5.22	4.44	21.6	61,401
270	E182	RP-270	0.73	0.47	0.72	0.67	0.62	0.41	0.48	0.52	0.48	34.0	19.1	63.4	5.01	4.44	20.7	24,839
270	E183	RP-500 (+)	2.10	2.00	2.20	2.10	2.00	2.10	2.00	2.10	2.00	124.0	16.0	80.1	5.40	3.96	19.9	87,084
270	E184	RP-500 (+)	0.50	0.70	0.60	0.60	0.60	0.80	0.70	0.80	0.70	40.0	18.0	76.9	4.92	4.93	22.6	31,864
355	E185	CX-135	1.53	1.65	1.50	1.30	1.78	1.75	1.70	1.70	1.76	97.8	28.4	92.0	2.10	2.29	4.5	15,446
355	E186	BP-860E	0.60	0.70	0.70	0.80	0.60	0.70	0.60	0.70	0.60	40.0	23.8	85.4	2.42	2.52	5.7	8,011
355	E187	BP-860E	0.70	0.49	0.33	0.19	0.69	0.68	0.66	0.53	0.33	30.7	18.4	81.0	2.72	2.88	7.3	7,890
355	E188	GL-623E	0.12	0.08	0.10	0.10	0.04	0.12	0.05	0.09	0.09	5.3	18.5	80.7	2.22	1.50	3.1	576
355	E189	PQ-ESPERANZA	2.23	1.91	1.81	1.71	2.00	1.90	1.49	1.86	1.86	111.8	14.0	85.2	2.20	1.60	3.3	12,925
355	E190	GL-902E	0.85	0.72	0.75	0.70	0.95	1.09	0.94	1.10	0.89	53.3	28.6	99.8	2.17	2.04	4.1	7,744
355	E191	CX-000 1W	0.33	0.26	0.37	0.50	0.37	0.21	0.77	0.42	0.56	25.3	24.0	93.0	2.89	2.99	8.0	7,170

355	E192	PQ-MONTENEGRO	0.28	0.24	0.48	0.24	0.31	0.34	0.33	0.25	0.15	17.5	25.5	91.5	2.00	3.39	6.3	3,889
310	E193	RP MIRKOE	4.60	4.70	4.60	4.70	4.60	4.60	4.70	4.70	4.60	278.7	16.5	61.9	4.05	4.47	16.8	165,683
310	E194	PQ-AUXILIAR	1.80	0.97	1.10	1.59	1.80	1.50	1.25	0.49	0.36	72.4	15.4	83.8	2.60	2.65	6.4	16,383
310	E195	RP MIRKOE	1.80	2.00	1.80	2.10	1.70	1.80	2.10	1.80	2.20	115.3	15.0	62.2	5.43	3.99	20.1	82,065
310	E196	RP TERRY	3.10	3.30	3.00	3.00	3.10	3.00	3.20	3.00	3.00	184.7	13.2	64.0	4.72	4.44	19.5	127,099
310	E197	RP MIRKO	3.98	3.90	3.90	3.80	4.00	3.80	4.00	3.90	4.00	235.2	11.7	77.0	4.50	4.99	20.9	173,452
310	E198	RP MIRKOW	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.12	1.00	1.10	64.1	8.6	89.2	4.20	4.71	18.4	41,666
310	E199	RP-300	1.47	1.38	1.43	1.39	1.42	1.05	1.27	1.21	1.21	78.9	13.7	74.2	4.78	4.90	21.8	60,666
330	E200	RP-300	1.00	1.20	1.20	1.20	1.11	1.05	1.20	1.10	1.20	68.4	8.8	91.7	4.91	4.08	18.6	45,002
330	E201	BP-100NE RP-200	0.43	0.42	0.40	0.38	0.49	0.49	0.63	0.47	0.47	27.9	10.2	89.1	4.63	4.90	21.1	20,763
330	E202	BP-100	0.31	0.30	0.33	0.28	0.37	0.80	0.75	0.80	0.55	29.9	9.5	81.1	5.15	4.28	20.5	21,669
270	E203	RP MIRKOW	2.60	2.60	2.70	2.60	2.70	2.60	2.80	2.61	2.70	159.4	14.0	71.1	4.49	4.68	19.5	110,004
270	E204	RP MIRKOW	2.69	3.14	2.97	3.09	2.90	2.75	2.62	3.13	3.07	175.7	14.7	71.9	4.33	4.45	17.9	111,207
355	E205	CX-355	1.40	1.30	1.41	1.35	1.36	1.41	1.32	1.40	1.41	82.4	11.7	71.0	4.50	3.95	16.5	48,102
355	E206	RP TERRY	4.70	4.80	4.85	4.85	4.86	4.82	4.89	4.83	4.81	289.4	9.1	74.4	3.95	4.00	14.7	150,171
310	E207	RP TERRY	3.40	3.40	3.29	3.47	3.30	3.50	3.42	3.41	3.41	204.0	9.8	74.8	4.95	4.40	20.3	145,921
310	E208	RP TERRY	3.10	3.30	2.80	2.80	2.90	2.90	2.80	2.93	2.80	175.5	12.2	69.5	4.32	4.52	18.2	112,567
355	E209	RP MIRKO	3.00	3.30	3.31	3.10	3.33	3.00	3.07	3.65	3.14	192.7	14.0	65.0	4.96	4.45	20.5	139,662
355	E210	RP MIRKO	2.53	2.49	2.48	2.29	2.22	2.31	2.38	2.51	2.35	143.7	13.6	63.5	3.21	2.77	8.3	41,973
390	E211	RP-200 (+)	2.69	2.84	2.66	2.80	2.95	2.00	2.71	2.82	2.60	160.5	10.8	69.7	4.15	3.34	12.9	73,048
390	E212	RP MIRKO	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.9	2.00	2.00	2.50	116.3	9.2	74.0	4.63	5.18	22.3	91,566
390	E213	COMEDOR ZICSA	2.40	2.20	2.00	2.02	2.12	2.33	2.36	2.33	2.49	135.0	8.6	76.1	4.52	3.65	15.3	73,147
390	E214	RP-300 INTEG.	0.44	0.24	0.18	0.21	0.94	0.44	0.32	0.37	0.30	22.9	9.1	92.2	4.00	3.90	14.5	11,750
390	E215	RP-300	0.29	0.18	0.22	0.20	0.25	0.39	0.34	0.15	0.15	14.5	10.0	89.9	4.08	3.57	13.5	6,920
465	E216	BP-200	1.95	1.82	2.06	2.26	3.03	1.85	2.01	2.20	2.11	128.6	10.1	68.9	3.56	3.16	10.5	47,513
465	E217	RP MIRKO	3.05	3.03	3.07	3.09	3.24	3.00	3.29	3.37	3.20	188.9	8.8	76.9	3.98	4.55	16.8	112,422
520	E218	RP-400 (+)	1.20	1.35	1.46	1.42	1.50	1.47	1.10	1.14	1.12	78.4	5.8	84.3	3.48	3.66	11.8	32,795
465	E219	RP TERRY	3.13	3.41	3.31	3.33	3.45	3.51	3.36	3.36	3.36	201.5	8.3	74.2	4.32	4.35	17.5	124,339

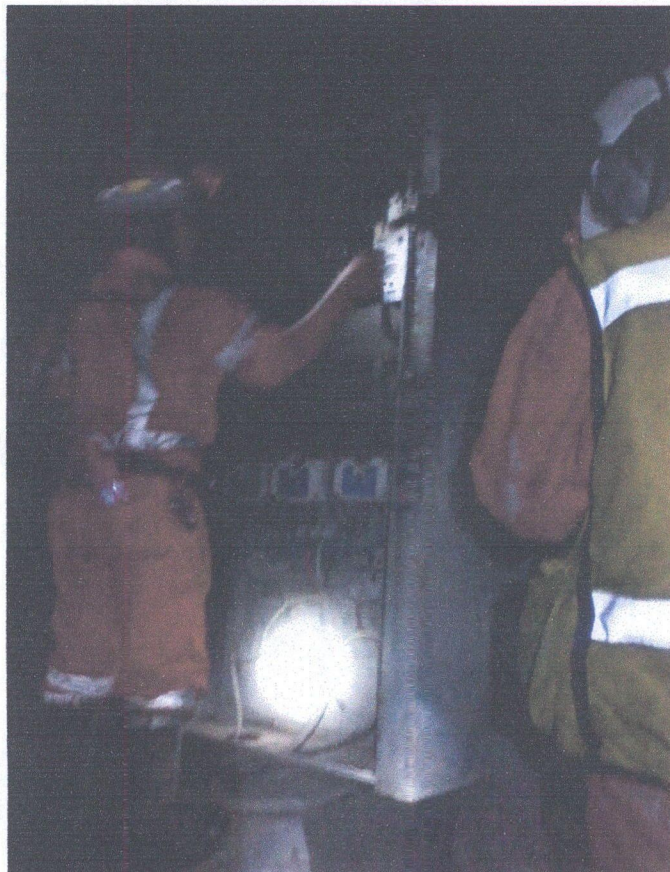
520	E220	RP TERRY	3.60	3.55	3.65	3.52	3.62	3.55	3.50	3.70	3.67	215.7	5.1	79.0	4.10	3.80	14.5	110,386
520	E221	RP TERRY	3.33	3.74	3.90	3.70	3.55	3.50	3.51	3.31	3.40	212.9	5.3	80.8	4.90	4.12	18.8	141,178
520	E222	CX-520	0.50	0.40	0.35	0.40	0.45	0.46	0.41	0.45	0.42	25.6	4.3	89.6	4.75	4.50	19.9	17,971
520	E223	CX-520	0.20	0.20	0.20	0.20	0.25	0.20	0.20	0.20	0.20	12.3	5.0	84.1	4.69	4.73	20.6	8,986
520	E224	RP MIRKO	3.10	3.15	2.95	2.90	2.95	2.90	2.95	3.00	3.05	179.7	6.0	79.4	4.70	4.60	20.1	127,571
520	E225	RP MIRKO	2.00	1.95	2.12	2.04	1.82	1.83	1.86	1.80	1.25	111.1	5.8	78.8	4.06	4.29	16.2	63,571
540	E226	CX-292	1.10	1.30	1.47	1.54	1.15	1.00	1.12	1.18	1.25	74.1	6.2	77.1	4.38	3.92	16.0	41,765
540	E227	RP MIRKO	2.90	3.00	3.60	3.00	3.90	2.95	2.98	3.10	2.45	185.9	6.1	80.2	4.46	4.27	17.7	116,250
540	E228	RB-90	1.10	1.00	1.10	1.10	1.10	1.00	1.10	1.00	1.10	64.0	6.3	77.9	4.50	3.50	14.6	33,105
540	E229	RP TERRY	3.60	3.50	3.40	3.40	3.50	3.55	3.50	3.50	3.55	210.0	6.5	73.2	4.80	4.45	19.9	147,316
570	E230	RP TERRY	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	210.0	4.7	71.8	4.80	4.70	21.0	155,592
465	E231	RP TERRY	3.22	3.15	3.30	3.40	3.20	3.30	3.10	3.22	3.25	194.3	6.2	76.9	4.70	4.35	19.0	130,441
465	E232	RP TERRY	0.80	0.90	1.00	0.90	0.90	0.80	0.90	1.00	0.95	54.3	6.5	75.9	5.00	3.00	14.0	26,766
465	E233	RP TERRY	3.00	3.10	3.20	3.20	3.02	3.10	3.20	3.20	3.10	187.5	6.9	72.2	5.10	4.85	23.0	152,288
465	E234	RP TERRY	2.50	2.50	2.50	2.70	2.65	2.45	2.52	2.39	2.78	153.3	6.8	72.1	5.40	4.80	24.1	130,471
355	E235	RP TERRY	3.30	3.20	3.20	3.35	3.21	3.36	3.29	3.29	3.25	196.3	6.5	72.0	4.85	4.95	22.3	154,800

**ANEXO III**  
**FOTOGRAFÍAS**

Fotografía 01: Instalación de manga con utilitario



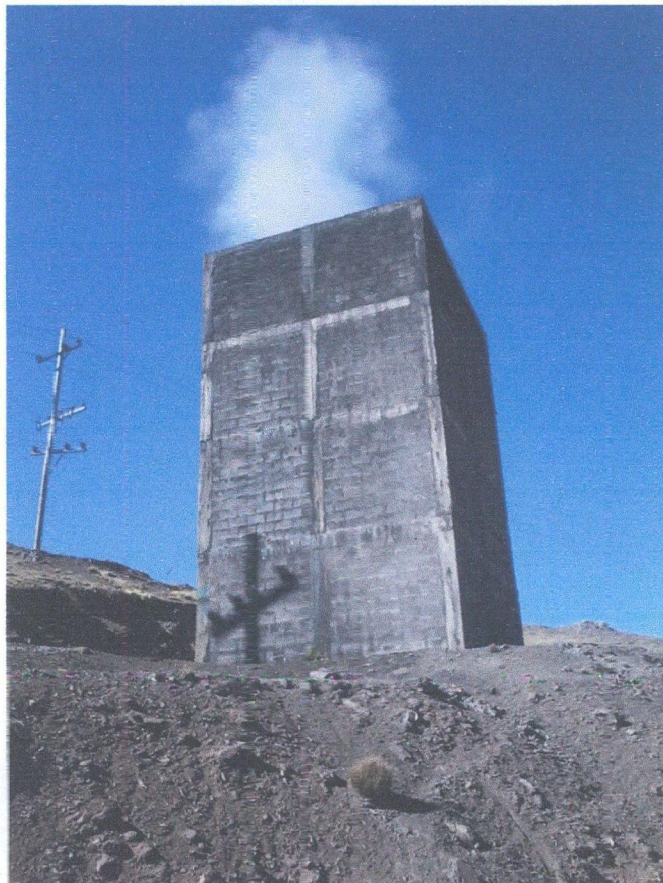
Fotografía 02: Realizando el inventario de ventiladoras



Fotografía 03: Pique Jacob Timmer ingreso principal para el circuito de profundización



Fotografía 04: Chimenea RB-46



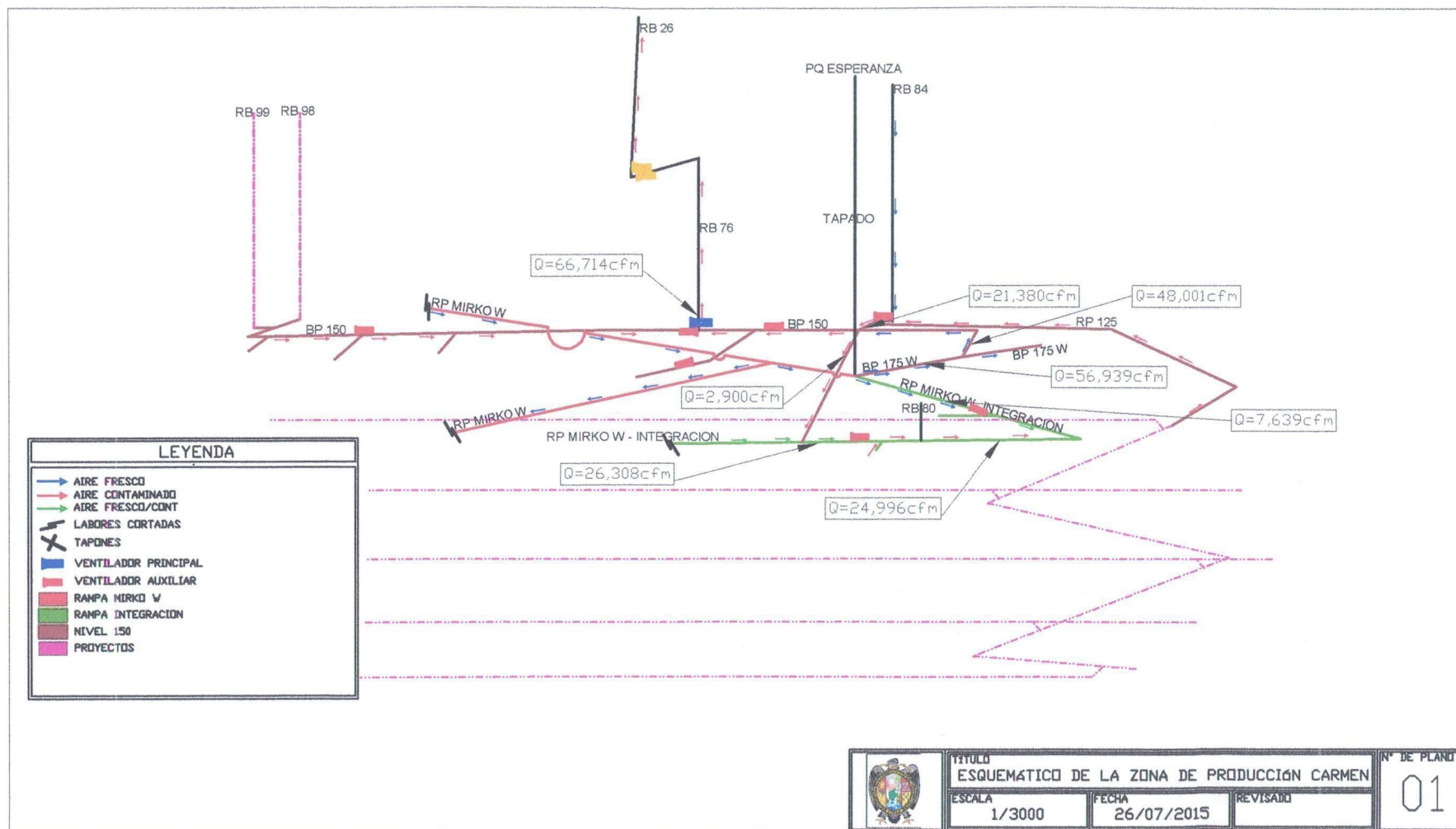
Fotografía 05: Bocamina Quimacocha

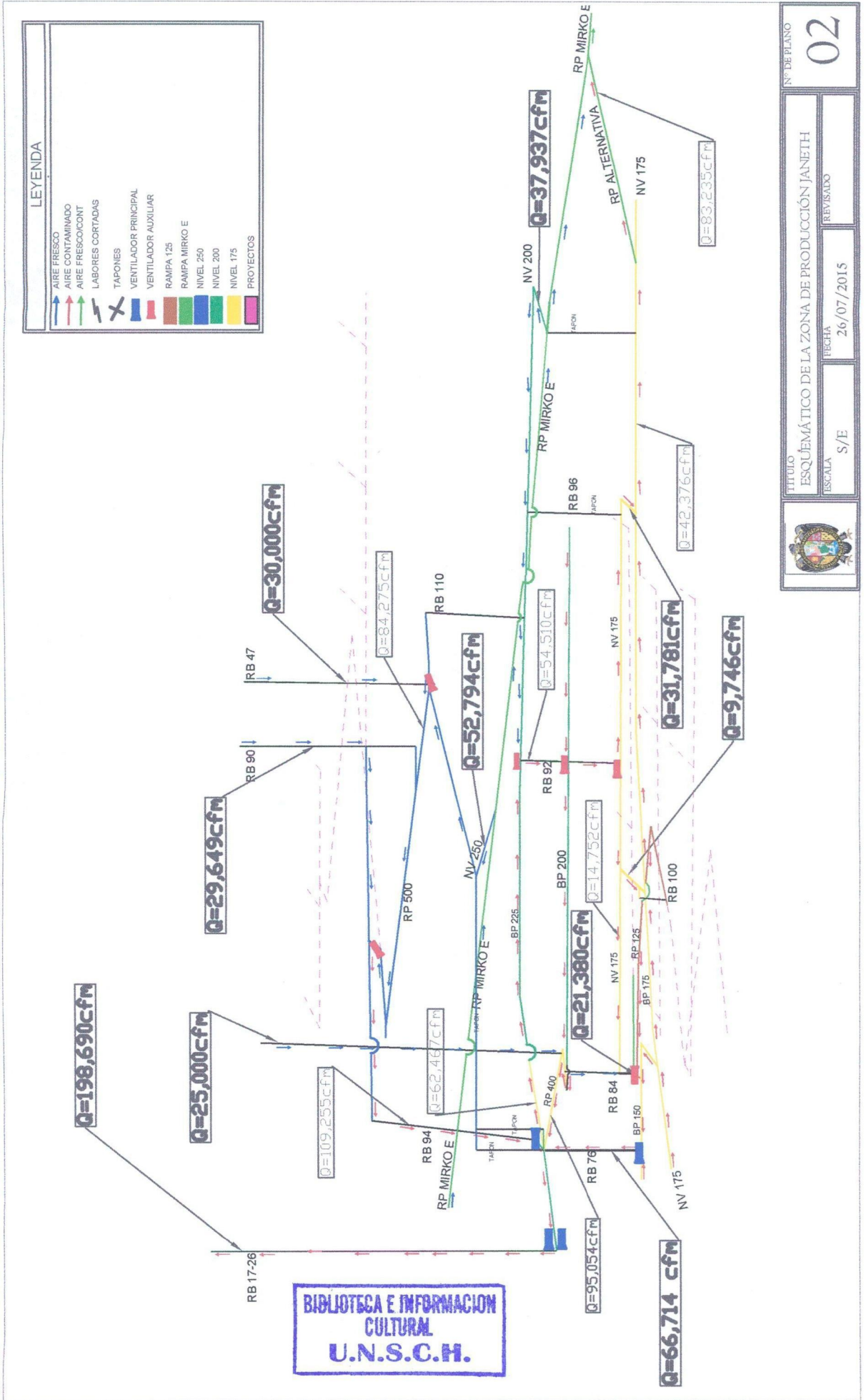


Fotografía 06: Raise Boring en operación de RB-10A



**ANEXO IV**  
**CIRCUITOS DE VENTILACIÓN EN**  
**ESQUEMÁTICO**





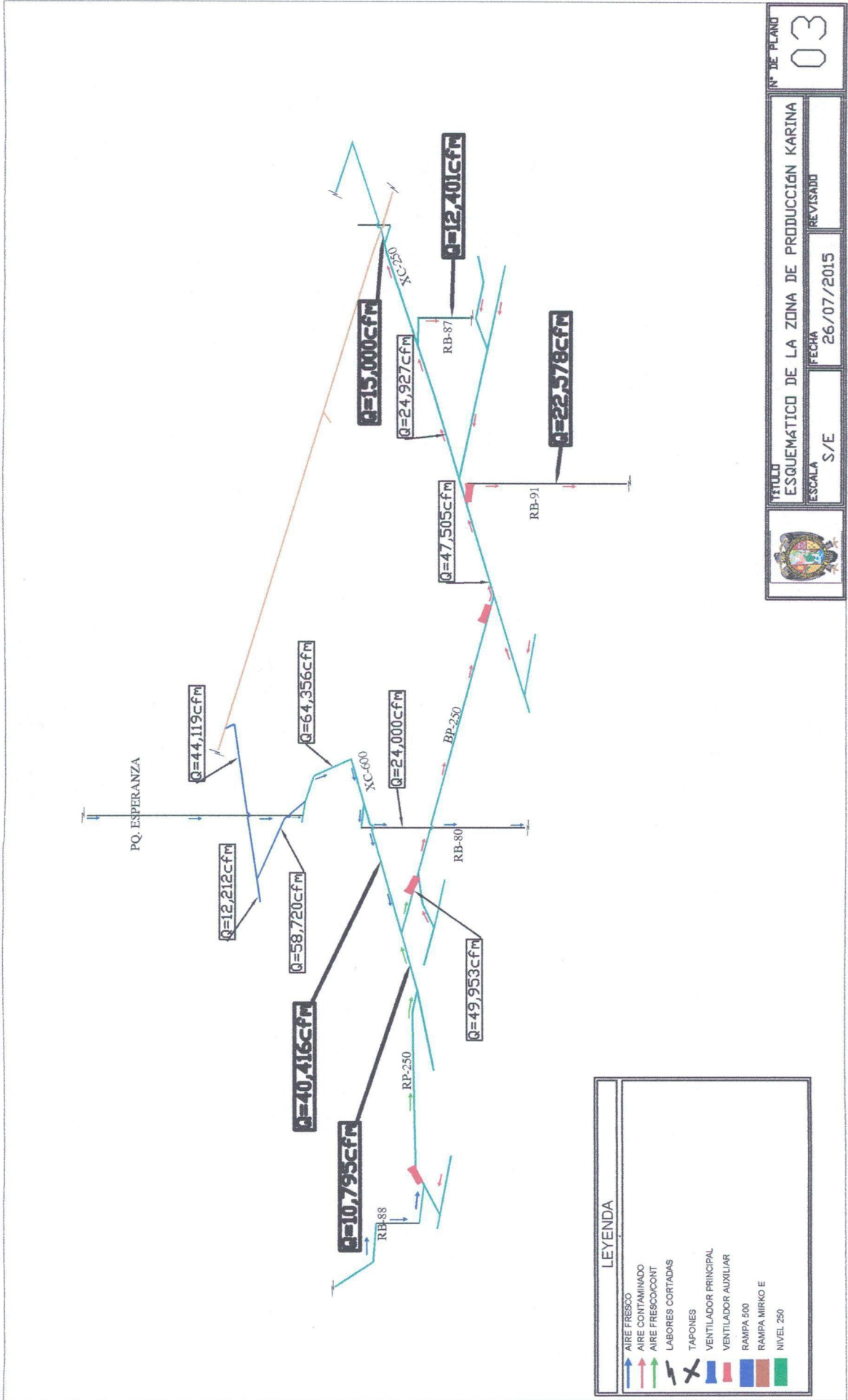
Nº DE PLANO: **02**

TITULO: ESQUEMÁTICO DE LA ZONA DE PRODUCCIÓN JANETH

ESCALA: S/E

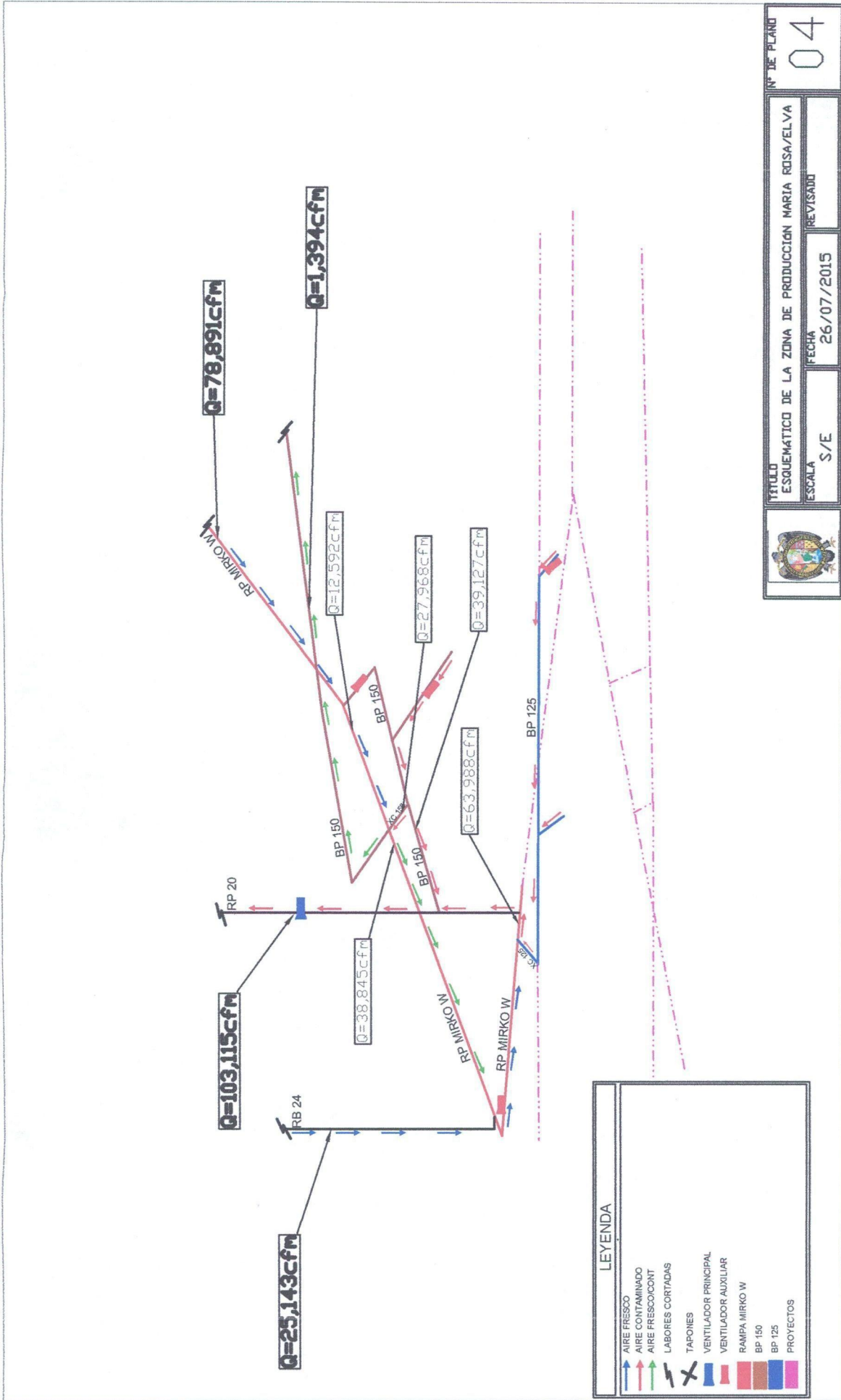
FECHA: 26/07/2015

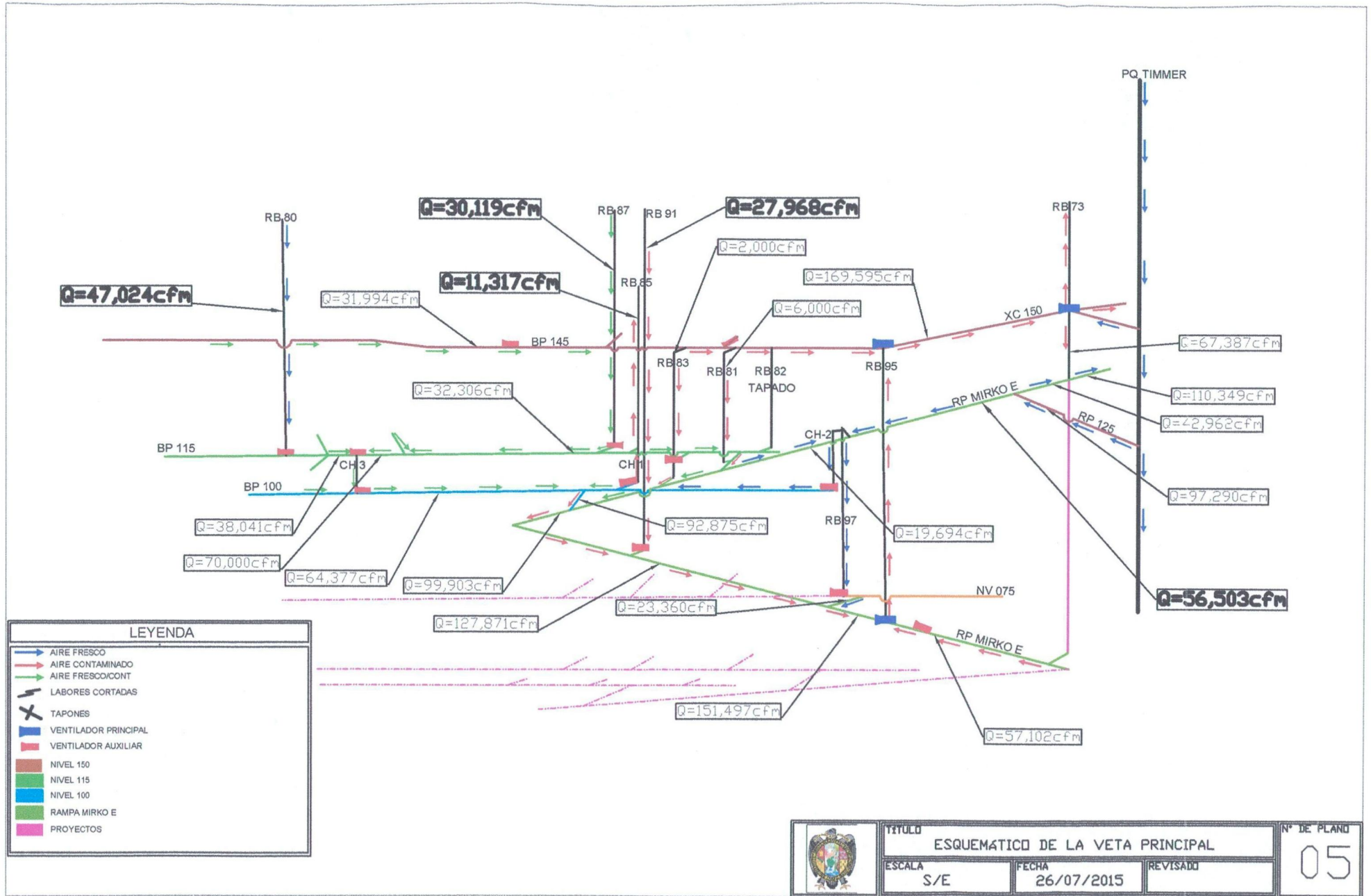
REVISADO:



LEYENDA	
	AIRE FRESCO
	AIRE CONTAMINADO
	AIRE FRESCO/CONT
	LABORES CORTADAS
	TAPONES
	VENTILADOR PRINCIPAL
	VENTILADOR AUXILIAR
	RAMPA 500
	RAMPA MIRKO E
	NIVEL 250

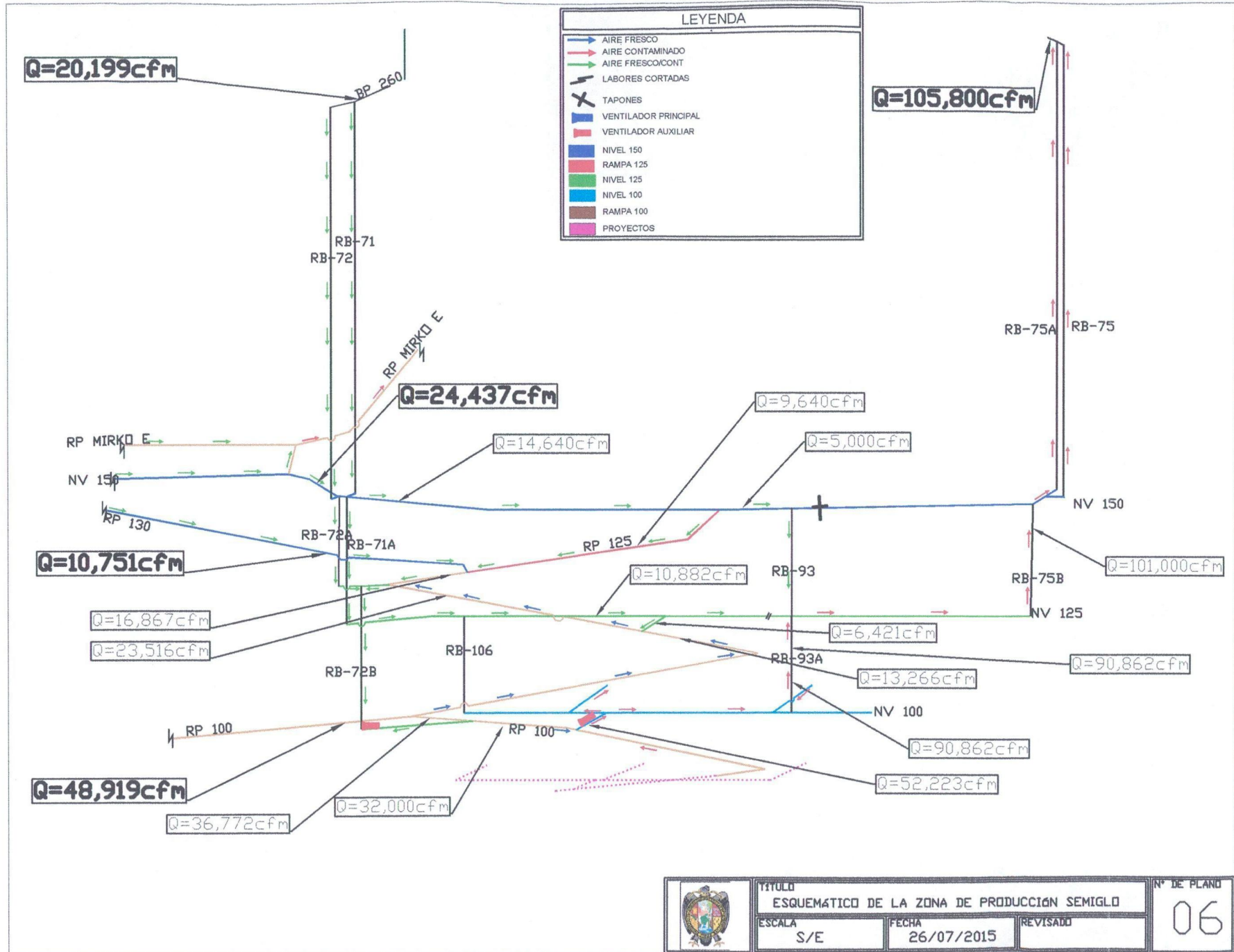
	TITULO	ESQUEMATICO DE LA ZONA DE PRODUCCIÓN KARINA	Nº DE PLANO	03
	ESCALA	S/E	FECHA	26/07/2015
		REVISADO		





LEYENDA	
	AIRE FRESCO
	AIRE CONTAMINADO
	AIRE FRESCO/CONT
	LABORES CORTADAS
	TAPONES
	VENTILADOR PRINCIPAL
	VENTILADOR AUXILIAR
	NIVEL 150
	NIVEL 115
	NIVEL 100
	RANPA MIRKO E
	PROYECTOS

	TITULO	ESQUEMATICO DE LA VETA PRINCIPAL		N° DE PLANO
	ESCALA	S/E	FECHA	26/07/2015
			REVISADO	05



	TITULO		N° DE PLANO
	ESQUEMATICO DE LA ZONA DE PRODUCCIÓN SEMIGLO		06
ESCALA	FECHA	REVISADO	
S/E	26/07/2015		

**ANEXO V**  
**COSTO DE ENERGÍA Y EXCAVACION SEGÚN**  
**CHUNGAR**

#### 4.0 Costos

##### 4.1 Costo de energía (\$/kw-hr)

Costo Unitario Total Energía Eléctrica

\$/kw-h

0.028

##### 4.2 Costo de chimenea raise borer, distintos diámetros (\$/m)

Tarifa ECM Master Drilling

Descripción	U.M.	P.U.	Moneda
HUECO PILOTO 12 1/4"	M	380.00	USD
HUECO PILOTO 13 3/4"	M	475.00	USD
ESCAREADO 6" = 1.8 m	M	475.00	USD
ESCAREADO 7" = 2.1 m	M	593.75	USD
ESCAREADO 8" = 2.4 m	M	712.50	USD
ESCAREADO 10" = 3.0 m	M	950.00	USD
ESCAREADO 12" = 3.6 m	M	1,282.50	USD

##### 4.3 Costo de labores horizontales (P.U)- minado, distintas secciones (\$/m)

Tarifa ECM Miro Vidal

Descripción	U.M.	P.U.	Moneda
AC / CA(+) 4.5X4.5M JUM+SCO C1 RS EF:3.11M	M	475.34	USD
AC / CA(-) 4.5X4.0M JUM+SCO C1 RS EF:3.11M	M	463.74	USD
AC / CA(-) 4.0x4.0M JUM+SCO C1 RS EF:3.11M	M	423.2	USD
AC / CA(-) 3.0x3.0M JUM+SCO C1 RS EF:3.11M	M	322.04	USD
AC / CA(+)/ SN 4.5X4.0M JUM+SCO C1 RS EF:3.11M	M	447.28	USD
AC / CA(+)/ SN 4.0x4.0M JUM+SCO C1 RS EF:3.11M	M	407.92	USD
AC / CA(+)/ SN 4.0X3.5M JUM+SCO C1 RS EF:3.11M	M	374.03	USD
AC / CA(+)/ SN 3.0X3.0M JUM+SCO C1 RS EF:3.11M	M	318.74	USD
BP / CX / GA 4.5X4.5M JUM+SCO C1 RS EF:3.11M	M	495.76	USD
BP / CX / GA 4.5X4.0M JUM+SCO C1 RS EF:3.11M	M	457.87	USD
BP / CX / GA 4.0X4.0M JUM+SCO C1 RS EF:3.11M	M	427.36	USD
BP / CX / GA 3.0X3.0M JUM+SCO C1 RS EF:3.11M	M	321.99	USD
RP(-) 4.5X4.5M JUM+SCO C1 RS EF:3.11M	M	513.98	USD
RP(+ ) 4.5X4.5M JUM+SCO C1 RS EF:3.11M	M	494.38	USD
RP(-) 4.5X4.0M JUM+SCO C1 RS EF:3.11M	M	462.56	USD
RP(+ ) 4.5X4.0M JUM+SCO C1 RS EF:3.11M	M	430.54	USD
RP(-) 4.0X4.0M JUM+SCO C1 RS EF:3.11M	M	432.64	USD
RP(+ ) 4.0X4.0M JUM+SCO C1 RS EF:3.11M	M	427.36	USD

**ANEXO VI**  
**CICLO DE MINADO**