



REPUBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO DE MOA
“DR. ANTONIO NUÑEZ JIMÉNEZ”
FACULTAD DE GEOLOGIA Y MINERIA
DEPARTAMENTO DE MINERIA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA MINA SUBTERRÁNEA DE
ORO “SOSA MÉNDEZ”, MUNICIPIO EL CALLAO, EDO BOLÍVAR –
VENEZUELA**

Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Minería

AUTOR: Ing. Jesús Alfonso Rivas Chacón
TUTOR: Dr. C. Santiago Oscar Bernal Hernández.

Mérida, Noviembre 2.014

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con mucho amor a mis padres que me inculcaron el deseo de siempre aprender un poco más, a mi esposa, mis hijos, hermanas y amigos.

Gracias a esas personas importantes en mi vida, que siempre estuvieron listas para brindarme toda su ayuda, ahora me toca regresar un poquito de todo lo inmenso que me han otorgado. Con todo mi cariño esta tesis se las dedico a ustedes.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios todo poderoso por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

Al Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez” por haberme brindado la oportunidad de ejercer la maestría y a sus profesores por sus conocimientos, dedicación, experiencia y sabiduría la cual es parte fundamental en el logro de nuestras metas profesionales.

A todos, mis eternos agradecimientos

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	Pág. ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE DE TABLAS.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	vii
SINTESIS.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULOS	
I. ESTADO DEL ARTE.....	4
I.1 Introducción.....	4
I.2 Antecedentes y actualidad del tema a nivel internacional.....	4
I.3 Estudios relacionados con el tema en la República Bolivariana de Venezuela.....	9
II CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICO- MINERA DEL YACIMIENTO SOSA MÉNDEZ.....	
II.1 Ubicación geográfica la mina.....	11
II. 2 Geología local.....	12
II 2.1 Características geológicas de las vetas.....	13
II.2.2 Roca de caja.....	14
II.2.3 Vetas.....	14
II 2.4 Mineralogía en las vetas.....	14
II 2.5 Estructura mineral.....	15
II 3. Clima.....	16
II 2. 4. Vegetación.....	16
II 2. 5. Topografía.....	16
II 2.6 Drenaje.....	17
II.2.7 Evaluación de las reservas.....	18
II 2.8 Sistema de explotación.....	23
II 2.9 Representación gráfica de la mina Sosa Méndez.....	25
III ELABORACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN.....	
III.1 Materiales y métodos.....	26
III.1.1 Materiales necesarios para el diseño de la ventilación.....	26
III1.2 Clasificación de los esquemas de ventilación de los sectores de extracción.....	27
III. 3 Cálculo de los caudales.....	29
III. 3. 1 Mediciones de los caudales.....	29
III.3.2 Caudal requerido según el personal.....	29
III .3.3 Caudal requerido por equipo diesel.....	30
III.4 Temperatura.....	31

III.4.1 Caudal requerido por temperatura.....	32
III.5 Caudal requerido en los frentes de extracción.....	32
III.5.1. Cálculo del caudal de aire para ventilar los frentes de arranque.....	33
III. 6 Cálculo de la depresión de la mina.....	38
III. 7 determinaciones de las resistencias aerodinámicas.....	40
III. 7.1 Tipos de resistencias aerodinámicas en las excavaciones mineras....	41
III. 8 Determinación de la potencia del motor.....	43
III. 8.1 Selección del ventilador.....	44
 IV APLICACIÓN DEL MÉTODO DE DISEÑO DEL SISTEMA VENTILACIÓN AL CASO DE ESTUDIO.....	 45
IV.1 Parámetros de la mina Sosa Méndez.....	45
IV.2 Cálculo del caudal requerido.....	47
IV.3. Cálculo de la depresión de la mina.....	50
IV.4 Selección del tipo de ventilador.....	51
IV 4.1 Montaje.....	52
IV 5 Ductos de succión flexible.....	53
IV 5.1 Aspectos generales.....	53
 CONCLUSIONES.....	 55
RECOMENDACIONES.....	56
BIBLIOGRAFIA.....	57

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla.1 Mineralogía de la Estructura Mineralizada. Fuente: CVG Minerven.....	16
Tabla.2 Balance de Reservas Geológicas Probadas en proceso de Explotación, desde Nivel -10 de la Mina Sosa Méndez.....	19
Tabla. 3 Balance reservas geológicas probadas aun sin explotar desde nivel -10 de la mina Sosa Méndez.....	20
Tabla. 4 Balance reservas geológicas posibles a incorporar en el nivel -10 de la mina Sosa Méndez.....	20
Tabla. 5 Balance de reservas geológicas probadas en proceso de explotación desde el nivel -60 de la mina Sosa Méndez.....	21
Tabla. 6 Balance reservas geológicas probadas aun sin explotar en el nivel -60 de la mina Sosa Méndez.....	21
Tabla. 7 Balance reservas geológicas posibles a incorporar en el nivel -60 de la mina Sosa Méndez.....	21
Tabla. 8 Resumen de reservas en mina Sosa Méndez. Fuente Departamento Geología C.V.G Minerven.....	23
Tabla. 9 Parámetros de perforación en cámaras.....	24
Tabla. 10 Determinación de la velocidad del aire con respecto a la temperatura (Andrade 2008).....	32
Tabla. 11 Clasificación de los esquemas de ventilación de los sectores de extracción.....	32
Tabla. 12 Valores del coeficiente de difusión del aire para la dilución de los gases que se forman en los trabajos de voladuras.....	36
Tabla. 13 Valores de los coeficientes α para excavaciones no fortificadas	39
Tabla. 14 valores del coeficiente α para las excavaciones que son fortificada con arcos de perfiles especiales.....	40
Tabla. 15 Valores de ξ para distintos tipos de resistencias locales (figura 6).....	42
Tabla. 16 Parámetros.....	45
Tabla. 17 Mediciones de velocidades y caudales.....	46
Tabla. 18 Valores mínimos permitidos para ventilación de minas.....	47
Tabla. 19 Requerimiento de aire proyectado para (500 tpd).....	54
Tabla 20 Resultados de los cálculos.....	54

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Fig.1 <i>Ubicación geográfica fuente. (Minerven).....</i>	11
Fig.2 <i>Acceso a la mina Sosa Méndez. Fuente: Departamento de planificación de minas.CVG. Minerven.....</i>	12
Fig. 3. <i>Vista de la mina Sosa fuente. Propia.....</i>	17
Fig. 4 <i>Esquema del modelo de bloques usado para estimar y evaluar reservas. Fuente Departamento de Geología proyecto Sosa Méndez.....</i>	19
Fig. 5 <i>Modelo de bloque sector SM2. Fuente. Proyecto Sosa Méndez</i>	22
Fig. 6 <i>Modelo de bloque sector MM. Fuente. Proyecto Sosa Méndez. Representación los niveles, pozos, chimeneas, rampas desarrollados y en proyecciones Fuente: C.V.G. MINERVEN. División de planificación de minas.....</i>	25
Fig. 8 <i>Esquemas de ventilación del primer tipo A, B, C, D, Variantes del esquema.....</i>	28
Fig. 9 <i>Esquemas de ventilación del segundo tipo A, B, C Variantes del esquema.....</i>	28
Fig. 10 <i>Tipos de resistencia locales. Ver tabla 15.....</i>	42
Fig. 11 <i>Montaje de los ventiladores fuente. (APHAIR).....</i>	52
Fig. 12 <i>Modelo ZVHV 1- 20- 450/6 fuente. (ZITRON).....</i>	52
Fig. 13 <i>Ducto de succión flexible fuente. (DUCTSIM).....</i>	53

SÍNTESIS

La presente investigación tiene como objetivo principal diseñar el sistema de ventilación de la mina subterránea de oro Sosa Méndez ubicada en el municipio El Callao Edo. Bolívar – República Bolivariana de Venezuela; para ello se requiere el estudio de un conjunto de documentos escritos y materiales gráficos, en los cuales aparecen en forma suficientemente amplia y precisa las soluciones a las distintas tareas que se deben resolver satisfactoriamente desde los puntos de vista técnico, de seguridad y económico; por eso debemos conocer los requisitos de aire en las labores subterráneas que existen actualmente, y proponer la necesidad del diseño del esquema y la determinación de los parámetros que deben ser sometidos a cálculos y expresiones analíticas teniendo presente las necesidades actuales y futuras de la mina así como los métodos y resultados de trabajos científicos y proyectos anteriormente ejecutados.

Según los datos del proyecto de explotación, más la experiencia práctica en faenas de características similares, se propone implementar un sistema de ventilación aspirante. Para dicho efecto, se planea la entrada de aire fresco desde la superficie por medio de rampa de acceso principal, la cual estará conectada a cada uno de los subniveles comprometidos en cada frente a explotar; la extracción del aire contaminado, se propone realizar por medio de una chimenea vertical (chimenea de extracción general), desde el nivel más profundo de la mina, hasta la superficie.

La explotación de la mina subterránea Sosa Méndez se realiza en condiciones inseguras debido a la ineficiencia del sistema de ventilación aplicado en la actualidad, el análisis de los parámetros de explotación y las características geológicas del yacimiento permitió elaborar la metodología para diseñar el esquema de ventilación de la mina Sosa Méndez, y su aplicación permitirá realizar la explotación de forma segura y racional.

INTRODUCCIÓN

La ventilación en una mina subterránea es el proceso mediante el cual se hace circular por el interior de la misma el aire necesario para asegurar una atmosfera respirable y segura para el desarrollo de los trabajos mineros. Sin ventilación no hay producción.

La ventilación de las minas subterráneas se realiza estableciendo un circuito para la circulación del aire a través de todas las excavaciones. Para ello es indispensable que la mina tenga dos excavaciones de acceso independientes: dos pozos, dos socavones, un pozo y un socavón. En las excavaciones que solo tienen un acceso (por ejemplo, una galería en avance) es necesario ventilar con ayuda de una tubería, la tubería se coloca entre la entrada a la excavación y su extremo final, este esquema de ventilación se conoce como ventilación secundaria, en oposición a la que recorre toda la mina que se conoce como ventilación principal. Los ventiladores son los responsables del movimiento del aire, tanto en la ventilación principal como en la secundaria, generalmente los se colocan en el exterior de la mina, en la superficie.

El movimiento del aire en la mina es originado por la diferencia de presión entre dos puntos, o por el tiro natural de aire, sin embargo, en la medida que el aire circula a través de las galerías subterráneas sufre una serie de alteraciones químicas y físicas que conllevan la disminución de su calidad, por estas razones es indispensable el diseño de un sistema de ventilación adecuado a la mina de estudio para poder brindar un ambiente de trabajo seguro a todas las personas que laboran en la extracción de la reserva mineral.

No obstante, en el diseño se requiere el estudio de un conjunto de documentos escritos y materiales gráficos, en los cuales aparecen en forma suficientemente amplia y precisa las soluciones a las distintas tareas que se deben resolver satisfactoriamente desde los puntos de vista técnico, de seguridad y económico, el problema de la ventilación de la mina o parte de ella, en cada una de las etapas constructivas y de funcionamiento.

Por una parte, el diseño del sistema de ventilación deberá enmarcarse dentro de las regulaciones legales vigentes, es decir, una descripción que nos proporciona la base sobre la cual se lleva a cabo la revisión de las normas que protegen la vida y salud de los trabajadores, las instalaciones e infraestructura que hacen posible las operaciones mineras y la continuidad de sus procesos.

En la República Bolivariana de Venezuela existe una ley de minas pero no incluye los aspectos, relacionados con la seguridad minera y la ventilación; por esa causa para la realización de esta investigación nos valemos de la legislación vigente en otros países del área con amplio desarrollo en la industria minera.

La mina Sosa Méndez, ubicada en el municipio de El Callao, en el oriental estado venezolano de Bolívar, tiene reservas de 915.000 t de material con ley promedio de 12 g/t de oro; estuvo paralizada desde 1959 hasta el año 2001 cuando se inicia la rehabilitación de la misma por parte de la empresa JINYAN DE VENEZUELA C.A. En la actualidad posee dos niveles principales: nivel -10 (de cota -10 m.s.n.m, y a 210 m de profundidad) y el nivel - 60 (de cota -60 m.s.n.m y a 260 m de profundidad). La tecnología empleada es el método de cámaras y pilares en algunos cuerpos mineralizados y una variante de este método denominado cámaras con almacenamiento de zafras conocido como “Shrinkage”, en otras vetas con buzamiento elevado.

Aunque desde el principio de la explotación se ejecutó un pozo vertical para la ventilación, esta se realiza de forma natural con muy baja eficiencia, por lo cual las condiciones de seguridad del trabajo no son las adecuadas.

Problema

Necesidad de diseñar el sistema de ventilación de la mina subterránea de oro “Sosa Méndez”, ubicada en el municipio El Callao, Edo. Bolívar –República Bolivariana de Venezuela.

Objeto De Estudio

Sistema de ventilación de la mina subterránea de oro Sosa Méndez ubicado en el municipio El Callao Edo. Bolívar– República Bolivariana de Venezuela.

Objetivo General

Diseñar el sistema de ventilación de la mina subterránea de oro Sosa Méndez ubicado en el municipio El Callao Edo. Bolívar – República Bolivariana de Venezuela.

Campo De Acción

Mina subterránea de oro, Sosa Méndez ubicado en el municipio El Callao Edo. Bolívar– República Bolivariana de Venezuela.

Hipótesis

Si se realiza un estudio del tratamiento dado al tema de ventilación en el ámbito nacional e internacional y se caracteriza desde el punto de vista geológico-minero el yacimiento de la mina Sosa Méndez, es posible diseñar un sistema de ventilación que permita realizar la explotación racional de las reservas minerales.

Objetivos Específico

1. Estudiar el tratamiento dado al tema de ventilación de minas subterráneas en el ámbito nacional e internacional.
2. Caracterizar el yacimiento Sosa Méndez desde el punto de vista geológico–minero.

3. Elaborar la metodología para el diseño del sistema de ventilación del yacimiento Sosa Méndez.

4. Aplicar la metodología de diseño elaborada al yacimiento Sosa Méndez.

CAPÍTULO I

ESTADO DEL ARTE

I.1 Introducción

En el presente capítulo se exponen los resultados de las investigaciones realizadas sobre los antecedentes de los procesos en el área de ventilación de minas realizado tanto en la República Bolivariana de Venezuela como en otros países, partiendo del estudio de manuales, reglamentos, leyes y decretos, resoluciones, proyectos ejecutados, tesis de grado, publicaciones de diversos autores, relacionados con los procedimientos a utilizar en las ventilación de minas subterráneas.

I.2 Antecedentes y actualidad del tema a nivel internacional

El inicio de la ventilación de minas es difícil de precisar, pero sí puede señalarse que antes del siglo XVI la mayoría de los requerimientos actuales de ventilación, tales como suministrar el oxígeno necesario para la respiración de las personas, diluir y extraer polvo y gases tóxicos, ya eran materia de estudios e implementación de soluciones acorde con la época.

Las primeras observaciones sobre enfermedades de los mineros fueron realizadas por Agrícola (1494-1555) y Paracelso (1493-1541) en el siglo XVI. En esa época la mortalidad por enfermedades pulmonares no se registraba, pero probablemente era causada fundamentalmente por silicosis, tuberculosis y también cáncer pulmonar producido por mineral radioactivo incorporado a la roca silícea.

Más adelante en ese mismo siglo aparecen antecedentes que indican que la mortalidad era muy elevada, tales como la descripción efectuada por Agrícola (1494–1555) “En las minas de los montes Cárpatos era importante de contar en las faenas mineras con una ventilación adecuada y la utilización de máscaras para evitar enfermedades”.

La ventilación natural, la cual consiste básicamente en las presiones de masas de aire al interior de la mina debido a la diferencia de temperaturas entre las labores y la superficie y de la diferencia de altitud entre las galerías conectadas con la superficie, fue ampliamente utilizada en las etapas iniciales; posterior a ello, se utilizaron las caídas de agua en los piques para inyectar aire fresco al interior de la mina, también se encendían grandes hogueras en los piques para producir tiro natural y levantar el aire contaminado desde el interior de la mina hacia la superficie.

En la década del 50 del siglo XIX, se establece la regla de Atkinson que plantea que la diferencia de presión requerida para inducir un flujo de aire a través de una galería minera, es proporcional al cuadrado de la velocidad, la longitud y perímetro de la galería, e inversamente proporcional a su área.

En la segunda mitad del siglo XIX comenzó el desarrollo los ventiladores mecánicos. Estos aparatos eran exclusivamente del tipo centrífugo, de grandes dimensiones y de velocidad reducida, movidos por molinos de vientos o rueda hidráulica.

Después de la primera Guerra Mundial y debido al rápido avance de la aviación y el consiguiente progreso de la ciencia aerodinámica, comenzaron a desarrollarse los ventiladores de flujo axial.

A partir de la década de 1940 del siglo XX se desarrollaron las grandes máquinas de arranque, rozadoras y cepillos, los poderosos escudos de protección auto marchantes y las transportadoras de flujo continuo, de cadenas y correas, fabricados principalmente por la firma Westfalia de Alemania; se incorporaron sofisticados automatismos para estas grandes máquinas. En varios países ocurrieron considerables avances en el diseño y construcción de equipos de

ventilación y aparatos de comunicación, de medición de flujos de aire, de detección de fuegos y gases.

En el caso de la minería metálica, uno de los primeros controles de ventilación se realizó en el año 1943, en la Mina El Teniente en Chile, en donde se calculó la capacidad del caudal total de la mina igual a 26.000 pie³/min.

A mediados de los años 50, se introdujo en Chile, en la mina El Teniente, el concepto de subnivel de ventilación (snv), el cual estaba conformado por galerías de inyección y extracción, desarrolladas para el manejo exclusivo de aire fresco de ventilación y aire contaminado.

En ese mismo año la implementación del subnivel de ventilación, conformado por galerías (conectadas a chimeneas exclusivas de ventilación), dentro de las cuales se incorporaron puertas y tapados, se estableció el inicio de circuitos de ventilación y distribución de aire controlado hacia los diversos lugares de consumo.

A mediados de los años 60, se incorporó el uso intensivo de dispositivos de control de flujos (puertas de ventilación, reguladores y tapados) para suministrar y distribuir de manera más eficiente, el recurso aire de ventilación. Durante los años 70, se incorporó, como herramienta de apoyo a los proyectos de ventilación, el uso de modelos computacionales de equilibrio de redes de ventilación, basados en el algoritmo original desarrollado por Hardy Cross (1936) (USA.). Como es bien conocido, tales modelos simulados permitían, ya en aquellos tiempos, predecir los movimientos y distribución de aire al interior de las minas, como también conocer qué equipo y/o dispositivo de control de flujo era necesario instalar (ventilador(es) y/o regulador(es), y en qué ramas dentro del circuito general, representado por un diagrama equivalente de ventilación), de manera tal de lograr los caudales requeridos en las minas reales (previamente definidos como caudal impuesto dentro de la base de datos del modelo).

En la misma década, se utilizaron ventiladores auxiliares (de 40 y 50 HP), como ventiladores reforzadores en chimeneas de ventilación en sectores de mineral primario (mina El Teniente - Chile).

En el año 1985, el Servicio Nacional de Geología y Minería Chilena (SERNAGEOMIN), consciente de la importancia de incorporar la variable seguridad a los proyectos mineros del país, desarrolló guías metodológicas, con el propósito de que los empresarios mineros contaran con un apoyo que les permitiera la aplicación correcta de la legislación vigente en materias de seguridad minera, en cada uno de sus proyectos, y a su vez lograr un desempeño eficiente en su tramitación. Estas guías en particular, contenían, por lo tanto, las indicaciones necesarias para orientar al proponente en su trabajo de ventilación de las labores mineras, en el sentido de que su trabajo se enmarcara dentro de la reglamentación contenida en el “Reglamento de Seguridad Minera”.

Según indican Naira A. y Ángel. V. (1999) en el informe titulado “Ventilación del Desarrollo de la Galería”:

- Un sistema de ventilación indudablemente es de un elevado costo, de modo que su instalación requiere de un análisis de los beneficios que este reporta durante el ciclo de operación.

- Para ventilar una galería es necesario producir una corriente de aire que fluya de modo continuo, la que debe tener por lo menos una entrada y una salida de aire, comunicadas con el exterior, de manera que la circulación de las corrientes de ventilación tengan una trayectoria que facilite un flujo permanente.

- Para un mejor control de costos se deben emplear ventiladores eléctricos, y lograr un avance óptimo por disparo.

En el caso del Reglamento de Seguridad Minera que se publicó en el año 2004 el Decreto Supremo Nº 132/02 del Ministerio de Minería Chileno, capítulo tercero” establece que: “en los frentes de trabajo donde se utilice maquinaria diesel deberá proveerse un incremento de la ventilación necesaria para una óptima operación del equipo y mantener una buena dilución de gases”. El caudal de aire necesario por máquina debe ser el especificado por el fabricante. Si no existiese tal especificación, el aire mínimo 2,83 m³/min, por caballo de fuerza efectivo al freno, para máquinas en buenas condiciones de mantenimiento.

El caudal de aire necesario para la ventilación de las máquinas diesel debe ser confrontado con el aire requerido para el control de otros contaminantes y

decidir su aporte al total del aire de inyección de la mina. De todas maneras, siempre al caudal requerido por equipos diesel, debe ser agregado el aire calculado según el número de personas trabajando.”

En el capítulo cuarto, artículo 138 del mismo reglamento de seguridad minera chilena (2004) “En todos los lugares de la mina, donde acceda personal, el ambiente deberá ventilarse por medio de una corriente de aire fresco, de no menos de tres metros cúbicos por minuto ($3 \text{ m}^3/\text{min}$) por persona, en cualquier sitio del interior de la mina. Dicho caudal será regulado tomando en consideración el número de trabajadores, la extensión de las labores, el tipo de maquinaria de combustión interna, las emanaciones naturales de las minas y las secciones de las galerías. Las velocidades, como promedio, no podrán ser mayores de ciento cincuenta metros por minuto (150 m/min), ni inferiores a quince metros por minuto (15 m/min).”

Además Gallardo (2008) plantea que para la selección de los ventiladores para ventilar una mina se necesitan ciertas cantidades de flujo de aire, con una caída de presión determinada, a cierta densidad del aire. Conocidas la caída y el caudal de la mina (punto de operación del sistema), existen casi un número infinito de ventiladores en el mundo que satisfacen el punto operacional adecuado. Se deberá especificar el punto de operación (Q vs. H) del sistema del ventilador requerido, a fin de que los proveedores coticen la unidad ventiladora con la potencia de motor eléctrico correspondiente, que satisfaga dicho punto. La especificación debe incluir además, la altura geográfica en donde se instalará dicho equipo. Existen cientos de ventiladores que satisfacen cada caída-caudal característica. Además, cada ventilador puede variar su velocidad (RPM), las paletas o el diámetro. Todas estas características, esenciales para la selección del ventilador adecuado, pueden ser obtenidas de los fabricantes.

El caudal necesario para satisfacer las necesidades del personal y de los equipos que en conjunto laboran en el interior de la mina, se establece de acuerdo a los requerimientos legales, normas de confort y eficiencia del trabajo. Este caudal debe garantizar la dilución de los gases generados tanto por los equipos y

maquinarias de combustión interna (diesel), como por los gases provenientes de la tronadura y los polvos asociados a las distintas operaciones.

Por otra parte, también podemos encontrar minas donde, existiendo una buena entrada y salida de aire forzada por medio de ventiladores, en su interior el aire no es aprovechado adecuadamente, perdiéndose la energía consumida, la posibilidad de mantener buenas condiciones ambientales necesarias para la protección de quienes trabajan en ellas y también de los equipos que se utilizan. La causa normal de este despilfarro se debe a una inadecuada distribución del aire dentro de la mina o a una regulación de los circuitos mal efectuada.

I.3 Estudios relacionados con el tema en la República Bolivariana de Venezuela

En 1880 con el descubrimiento de la estructura de cuarzo aurífero de la mina Sosa Méndez con un rumbo general N 57° E y buzamiento de 60° SE, se realizaron pequeños trabajos mineros en la superficie.

A finales 1981, pequeños trabajos mineros superficiales continuaron desarrollándose en la mina Sosa Méndez, los principales desarrollos mineros se concentraron en la parte este de la estructura específicamente en la zona unión.

En 1933 se construye una vía férrea de 3,5 km hasta la planta Perú y excavan una rampa hasta la zona mineralizada de Sosa Méndez.

En 1940 se realizó la excavación de un pozo vertical y de cinco (05) niveles orientados según la estructura mineralizada en dirección de la mina Unión.

Acerca de la mina Sosa Méndez, esta fue explotada por la empresa canadiense Guayana Mines Ltd. desde noviembre de 1946 hasta agosto de 1950 cuando fue paralizada al inundarse con las aguas de la quebrada Mocupia.

Cuando la empresa Guayana Mines Ltd. sufrió la inundación de una de sus minas principales y no pudo obtener más fondos de su oficina matriz en Toronto (Canadá), debido a la prohibición de exportar fondos por la Junta de Control de Canadá, el Gobierno de Venezuela acordó iniciar la expropiación y constituyó la Compañía Mocca en el año 1953 e inició la explotación de la concesión el 15 de abril de ese mismo año. Las pérdidas sufridas por Mocca, ocasionadas por el alto

costo de la mano de obra, la administración ineficiente, las prácticas mineras deficientes y equipos en mal estado provocaron el cierre de la mina el 15 de mayo de 1966.

Gonzáles Gabriel (1981) realizó un análisis del sistema de ventilación de la mina Colombia – El Callao. El estudio consistió en el conocimiento a través de las mediciones, los cálculos de las velocidades y caudales del flujo de aire, y sugirió acerca de la colocación de compuertas de ventilación en el circuito, para las futuras galerías del desarrollo proyectadas para ese año.

Salazar Juan (1990) realizó estudio basado en las necesidades de ventilación tanto principal como secundaria de la mina Colombia –El Callao para ese periodo como para las necesidades futuras de la misma, y el cálculo de los caudales necesarios para las mismas.

García (2002) realizó un trabajo basado en la simulación del circuito de ventilación de la mina Colombia – El Callao para la mejor distribución de los flujos de aire.

Mora Laura (2006) Determinó que el problema que se presentaba en la mina Colombia – El Callao era por la falta de cerramientos en aquellos lugares que ya no se estaban laborando, por lo cual el aire se distribuía y era muy poco aprovechado en los niveles inferiores. Por consiguiente existen concentraciones de aire viciado. Por estas razones se justifica la realización del diseño de un modelo de control de los flujos de ventilación que busque la optimización del proceso efectivo que se viene aplicando en la empresa con la finalidad de establecer los parámetros más variables para su ejecución, garantizando los cumplimientos de las actividades, objetivos y metas planificadas en la organización.

En la actualidad, el proceso del laboreo minero en esta zona comienza a presentar restricciones, una de estas limitantes está relacionada con el ineficiente sistema de ventilación; que debido al avance en el desarrollo de los frentes de explotación sin conexión de salida con otras excavaciones, ya presenta disminución en el barrido y succión del aire contaminado por no disponer de una infraestructura minera que sirva como mecanismo de salida del aire viciado

generado por las actividades propias de la producción minera, impidiendo el alcance de los objetivos proyectados, merma en el bienestar y salud de los trabajadores mineros.

CAPÍTULO II

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICO- MINERA DEL YACIMIENTO SOSA MÉNDEZ

II.1 Ubicación geográfica la mina

La mina Sosa Méndez perteneciente a la concesión Minerven N° 4, se encuentra ubicada en el municipio El Callao del Estado Bolívar, hacia el oriente de la República Bolivariana de Venezuela y está ubicada a 700 m aproximadamente del caserío Caratal, por la carretera asfaltada que va hacia El Perú.

La mina Sosa Méndez, está situada geográficamente entre los 61°49'4" de longitud oeste, 61°48'34.67" de longitud este y 07°19'10" de latitud sur, 07°19'22.2" de latitud norte, a una altura de 178 m.s.n.m.

La mina Sosa Méndez se encuentra ubicada a 4 km. de la población de El Callao, en el Municipio El Callao. El acceso a la mina se efectúa por medio de dos vías asfaltadas:

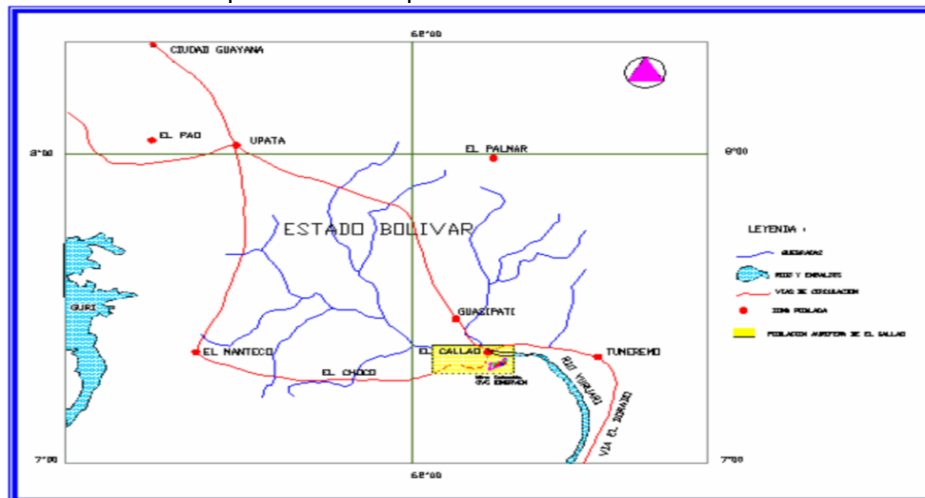
- a) El Callao – Zona Industrial Caratal.
- b) El Callao – El Perú.

Figura 1: Ubicación geográfica fuente. (Minerven)



Figura 2: Acceso a la mina Sosa Méndez

Fuente: Departamento de planificación de minas.CVG.Minervén



II. 2 Geología local

El distrito aurífero de El Callao, está litológicamente formado casi exclusivamente por lavas basálticas con bajo contenido de potasio y altas en hierro, y flujos de lavas andesíticas con un predominio transicional entre ambas; basandesitas con estructuras almohadilladas altamente espilitizadas, con cantidades menores de brechas de flujo al tope, levemente metamorizadas; formaciones bandeadas de hierro o cuarcitas o cherts ferruginosos y

manganesíferos; y esquistos talcosos o basaltos komatíticos toleíticos aparecen en pequeños volúmenes en algunas localidades. (Mendoza 2000).

El yacimiento de oro se formó en un depósito hidrotermal de cuarzo y cuarzo-anquerita, intrusionándose en las paredes y en la base de la roca volcánica andesítica de tonos levemente máficos. Los tipos de andesita presentes en la mina son:

1.- Hornablenda andesítica: Está formada por roca volcánica metamórfica fina, incluyendo principalmente anfibolita, anortosita y feldespatos. La anfibolita se alteró en sericita, y el feldespato en caolín y calcita cercano a la superficie terrestre.

2.- Cuarcita Andesítica: Está compuesto de la típica roca de la zona Caratal, mostrándose en granos finos de alta densidad y de color verde oscuro. Esta composición es similar a la roca andesita con diferentes contenidos de cuarzo. El análisis microscópico muestra el cuarzo en partículas esféricas, pequeñas e incoloras, con alto contenido cálcico.

3.- Andesita Cálcica: Esta roca es muy difícil de distinguir de la cuarcita andesítica y de la hornablenda andesítica. Presenta una estructura de granos gruesos, verde oscuro y un grado alto de contenido cálcico (CVG-Minerven)

El yacimiento está formado por un sistema de vetas de cuarzo aurífero, incrustadas en una roca caja volcánica, de composición basáltica-andesítica, formando un depósito de origen hidrotermal, que originó alteraciones tipo esquistos, debido al metamorfismo de contacto. Las principales vetas auríferas presentes en la mina son: Veta Sosa Méndez 1 y 2 (SM1-SM2) con direcciones de N60°E y 58°SE respectivamente; y Veta Mamón (MM) con rumbo N62°W, y buzamiento 70°SW.

II 2.1 Características geológicas de las vetas

La mina Sosa Méndez está constituida por un enjambre o conjunto de cinco (5) vetas de 15 m de espesor, las cuales se ubican dentro de un corredor de cizallamiento de 100 m de espesor y 600 m de extensión longitudinal en actual

desarrollo denominado alineamiento sur, según lo expuesto por Gulloux, 1998. Las vetas de cuarzo aurífero tienen una orientación o rumbo que varía de N55°E a N80°E con un buzamiento de 45° a 60° Sur.

Se debe notar, que la mineralización aurífera está asociada con vetas de cuarzo ubicadas dentro de zonas esquistosas angostas que siguen o cortan la secuencia litológica, a primera vista sin control litológico definido.

En el distrito El Callao, la mayoría de las vetas mineralizadas conocidas se han encajado en las lavas y tienen composición mineralógica más uniforme (cuarzo gris azul lechoso), carbonatos (calcita, siderita, ankerita), plagioclasa, clorita, moscovita, sericita, sulfuros, pirita gruesa y fina, y oro.

Con respecto a la geología de la mina Sosa Méndez esta se encuentra situada en un yacimiento formado por múltiples vetas, en un importante cinturón de rocas verdes de edad proterozoica. (Menéndez, 1976).

II.2.2 Roca de caja

La roca de caja del sistema de vetas, es del tipo volcánico, constituida por lavas andesítico-basálticas de la formación El Callao, estas se presentan como roca masiva dura y compacta (no requiere fortificación) altamente competente. Su coloración es gris verde a oscuro; otra variedad es azul oscuro casi negro; su granulometría varía de afanítica a grano medio; esta roca sirvió como recipiente de la mineralización, y se encuentra afectada por metamorfismo de grado bajo en la facies de esquistos verdes. Las rocas sufrieron alteraciones hidrotermales a lo largo de la estructura que controla las vetas.

II.2.3 Vetos

Los sistemas de vetas de la mina Sosa Méndez se encuentran alojados en el complejo volcánico de composición andesítico a basáltico, de edades comprendidas entre el precámbrico superior y el cenozoico.

Es un enjambre continuo y complejo de vetillas de cuarzo, carbonatos y sulfuros con una dirección de N50°-70° y buzamiento 75°-90° S, y con una potencia de 1,00 a 2,00 m de espesor. Los tenores en el sistema Sosa Méndez son variables localmente y se debe tomar como tenor promedio 8 a 10 g/t de oro.

II 2.4 Mineralogía en las vetas

La mineralización en las vetas está constituida esencialmente por cuarzo y pirita; los cuales se presentan como minerales predominantes, y están hospedadas en una roca caja esquistosa, con muchos pliegues de arrastre. También están presentes minerales accesorios como lo son la clorita, sericita, carbonatos y hematina, cuando las vetas se encuentran desplazadas por accidentes transversales de tipo falla.

Las vetas normalmente se encuentran hospedadas o emplazadas en una roca caja de composición basáltica - andesítica (basandesita). En otros casos la roca caja tiende a ser esquistosa y con presencia de muchos pliegues de arrastre debido a la acción de los esfuerzos compresivos que se dan a este nivel.

En algunos casos, la roca caja suele enriquecerse de oro, debido a su alto contenido de pirita y a medida que aumenta la profundidad, localmente, estas llegan a ser más ricas en oro que la misma veta de cuarzo.

II 2.5 Estructura mineral

En la mina Sosa Méndez, el yacimiento de oro se ha formado por depósito hidrotermal, incluyendo cuarzo y ankerita – cuarzo en el periodo cámbrico. Cuerpos mineralizados:

- Sosa Méndez 1 Abreviación SM1
- Sosa Méndez 2 Abreviación SM2
- Veta Mamón Abreviación MM

Los tres cuerpos mineralizados se localizan aproximadamente a 57° NE, principalmente en dirección NE, buzando al SE con un ángulo de inclinación entre

45° y 70°, con promedio de 60°. Los cuerpos mineralizados poseen una longitud de cientos de metros, con una potencia comprendida entre 1.4–10m en promedio, los espesores de las estructuras son: 10.99 m para MM, 6.84 m para SM1 y 7.74 m para SM2. La estructura es generalmente irregular y se encuentra segregada en venas con un tenor promedio de 10 g/t. La densidad del mineral y roca es de 2.8 t/m³ y tiene un coeficiente de fortaleza entre 8-12.

El estudio bajo microscopio de las muestras obtenidas de las evoluciones realizadas en C.V.G Minerven mediante sondeos superficiales a corona de diamante muestra la siguiente (Tabla 1):

Tabla 1: Mineralogía de la Estructura Mineralizada. Fuente: CVG Minerven

Mineral	Contenido	Granulometría
Cuarzo	10-50 %	0.01-4 mm.
Carbonato	10-65 %	0.01-0.1 mm.
Anortosita	1-5 %	0.1-1.0 mm.
Clorita	2-5 %	0.02-0.5 mm.
Mica blanca	2-10 %	0.01-0.2 mm.
Sericita	5 %	0.01-0.02 mm.
Cajuelita	1-3 %	-
Pirita	25 %	0.04-3.0 mm. (2 Periodos)
Oro (controlado por pirita)	-	0.005 – 0.03 mm. (envuelto por pirita)
Calcopirita	-	0.01 mm.
Gregorita	2 %	0.01-0.02 mm

II 3. Clima

Las condiciones climáticas promedio anual son las siguientes:

- Precipitación total media anual: 1050 mm.
- Evaporación total media anual: 1743 mm.
- Temperatura media anual: 31.4 ° C.
- Temperatura máxima media anual: 35,7 ° C.
- Temperatura mínima media anual: 21.5 ° C.
- La región presenta un clima tropical de sabana, con lluvias de abril a octubre y la vegetación es de tipo bosque tropical. (Fuente CVG. Minerven)

II 2. 4. Vegetación

La vegetación de la zona es de tipo bosque tropical, con excepción de aquellas áreas donde se ha desarrollado la actividad minera. El valle de la quebrada Mocupia se encuentra recubierto por las colas arenosas del proceso de beneficio del mineral aurífero. Dicha zona presenta mayormente arbustos de sabana.

II 2. 5. Topografía

El pozo principal (SM1) está ubicado en las coordenadas latitud norte 7°19'12" y longitud oeste 61°48'45", y el pozo de ventilación (SM II) en las coordenadas latitud norte 7°19'15" y longitud oeste 61°49'0" del levantamiento topográfico del País. El pozo principal se encuentra a una altura de 194.67 m.s.n.m. y el pozo de ventilación a una altura de 190.50 m.s.n.m. El terreno es montañoso, en las cercanías inmediatas se alcanzan alturas de 350 m.s.n.m (Cerro el Brujo), está atravesado por varios arroyos. Las vías de comunicación o de enlace están en buen estado

II 2.6 Drenaje

El drenaje de la zona pertenece a la cuenca del Esequibo. Las quebradas drenan por las zonas de debilidad de la formación superficial, originando un control del drenaje por las fallas locales. Las quebradas de mayor importancia que drenan el área son: Mocupia y la Iguana, ambas son afluentes del río Yuruari, el cual bordea a la población de El Callao y fluye hacia el norte, desembocando a su vez en el río Cuyuní.

Figura 3: Vista de la mina Sosa fuente. Propia



II.2.7 Evaluación de las reservas

Se tiene estimado reclasificar 134.366 toneladas con 13,3 g/t e incorporar 69.382 toneladas con 14,53 g/t sujetos a variación, tomando en consideración el ambiente dinámico y el comportamiento abrupto que ofrecen las vetas auríferas. Geología planificó para el 2011 ejecutar 4.150 metros en perforación sobre MM y SM reclasificando reservas entre el nivel -60 y el nivel -100.

Con finalidad de realizar un balance general de reservas existentes en la Mina Sosa Méndez de acuerdo a la información geológica con que se cuenta en lo referente a reservas geológicas de la mina; los bloques mineralizados a lo largo de las secciones E - W, de los niveles -10 y -60 cuentan con varios frentes de trabajo a desarrollar. Dentro de los cuales, se tienen actualmente reservas geológicas probadas en explotación, reservas geológicas probadas sin explotar y reservas geológicas probables sin incorporar, para lo cual, es necesario llevar a cabo la realización de ciertos desarrollos en la mina.

De lo ya antes señalado, a continuación se nombran y describen cada uno de los frentes actuales de trabajo, y los que serían necesarios desarrollar para incrementar los niveles de producción de la mina a corto y mediano plazo. No sin antes detallar la manera como se modeló cada bloque en la mina para su mejor comprensión a la hora de leer los balances de reservas presentados (Ver figura 4).

En el primer cuadrante se esboza el contenido metálico del bloque es decir la ley de dicho conjunto, en el segundo cuadrante se traza la veta correspondiente así como el nombre de la cámara de explotación; en este caso en la mina Sosa Méndez existen diferentes nomenclaturas que se basan en abreviaturas para identificar las estructuras presentes en ella. Esto nos permite situarnos en los puntos de referencias que encontramos en los distintos niveles de esta. La cámara del bloque referido a continuación es la S101 forma parte de los frentes de explotación en desarrollo sobre la veta Sosa Méndez 2 (SM2) en el nivel -10 de la señalada mina. A continuación se muestra la nomenclatura utilizada para definir la cámara SM101.

Para el tercer cuadrante se dispone el total de las reservas del bloque en cuestión expresadas en toneladas, y para el último cuadrante se especifica el total de oro fino aportado por dicho componente.

Figura 4: Esquema del modelo de bloques usado para estimar y evaluar reservas. Fuente Departamento de Geología proyecto Sosa Méndez.

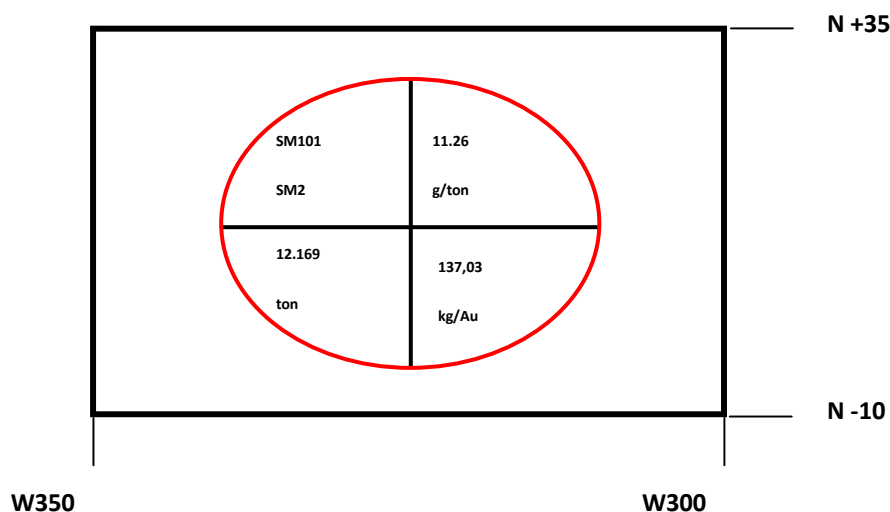


Tabla 2: Balance de Reservas Geológicas Probadas en proceso de Explotación, desde Nivel -10 de la Mina Sosa Méndez

 CORPORACIÓN VENEZOLANA DE GUAYANA			BALANCE DE RESERVAS GEOLOGICAS PROBADAS EN EXPLOTACIÓN DESDE EN NIVEL -10 DE LA MINA SOSA MÉNDEZ						 CVGMinerven		
NIVEL	VETA	FRENTES	ANCHO (m)	ÁREA(m²)	VOLUMEN(m³)	TONELADAS	TENOR(kg/t)	CONT. AU (kg)	BLOQUE	P. H.	P.V.
-10	SM2	SM101	2,73	1.592	4.346	12.169	11,26	137,03	C-2	W300-W350	N-10/N+35
		SM102	5,64	1.507	8.499	23.799	10,14	241,32	C-4	W200-W250	N-10/N+50
		SM103	5,85	1.654	9.676	27.093	13,99	379,02	C-5	W150-W200	N-10/N+50
		SM104	3,73	1.130	4.215	11.802	12,85	151,65	C-6	W100-W150	N-10/N+50
		SM105	4,98	1.076	5.358	15.004	15,50	232,56	C-7	W50-W100	N-10/N+50
	MM	M101	2,58	2.192	5.655	15.835	11,52	182,42	A-4	A125-A175	N-10/N+50
		M102-M101	2,58	1.363	3.517	9.846	7,55	74,34	A-3	A100-A125	N-10/N+50
		M102	2,58	2.162	5.578	15.618	7,55	117,92	A-2	A50-A100	N-10/N+50
		M103	6,11	2.563	15.660	43.848	7,95	348,59	A-1	A+0-A50	N-10/N+50
TOTALES:						175.013	10,66	1.864,84			

Tabla 3: Balance reservas geológicas probadas aun sin explotar desde nivel -10 de la mina Sosa Méndez.

 CORPORACION VENEZOLANA DE GUAYANA			BALANCE DE RESERVAS GEOLOGICAS PROBADAS AUN SIN EXPLOTAR EN EL NIVEL -10 DE LA MINA SOSA MÉNDEZ						 CVGMinerven		
NIVEL	VEITA	FRENTES	ANCHO(m)	ÁREA(m²)	VOLUMEN(m³)	TONELADAS	TENOR(kg/t)	CONT. AU (kg)	BLOQUE	P. H.	P.V.
-10	SM2	S101A	2,02	2.254	4.553	12.749	7,18	91,54	C-2	W265-W300	N-10/N+35
		S105A	4,31	2.234	9.629	26.960	19,34	521,40	C-8	W50-W20	N-10/N+50
		S106	2,00	1.272	2.544	7.123	6,89	49,08	C-9	E15-E75	N-10/N+50
		S107	4,98	2.863	14.258	39.922	6,89	275,06	C-10	E75-E125	N-10/N+50
TOTALES:						86.753	10,80	937,08			
TOTALES:						86.753	10,80	937,08			

Tabla 4: Balance reservas geológicas posibles a incorporar en el nivel -10 de la mina Sosa Méndez.

 CORPORACION VENEZOLANA DE GUAYANA			BALANCE DE RESERVAS GEOLOGICAS POSIBLES A INCORPORAR EN EL NIVEL -10 DE LA MINA SOSA MÉNDEZ						 CVGMinerven		
NIVEL	VEITA	FRENTES	ANCHO(m)	ÁREA(m²)	VOLUMEN(m³)	TONELADAS	TENOR(kg/t)	CONT. AU (kg)	BLOQUE	P. H.	P.V.
-10	SM2	SM100	2,73	2.243	6.123	17.145	6,00	102,87	D-1	W350-W400	N-10/N+35
		S108	7,36	2.865	21.086	59.042	14,30	844,30	D-2	E125-E175	N-10/N+50
		S109	7,36	1.433	10.547	29.531	14,30	422,30	D-3	E175-E200	N-10/N+50
	MM	M100	2,50	2800	7000	19600	11,52	225,792	B-5	A175-A225	N-10/N+50
		M100A	1,70	2800	4760	13328	6,00	79,97	B-6	A225-A275	N-10/N+50
		M100B	1,70	1400	2380	6664	6,00	39,98	B-7	A275-A300	N-10/N+50
		TOTALES:						145.311	11,80	1.715,21	

Tabla 5: Balance de reservas geológicas probadas en proceso de explotación desde el nivel -60 de la mina Sosa Méndez

 CORPORACIÓN VENEZOLANA DE GUAYANA			BALANCE DE RESERVAS GEOLOGICAS PROBADAS EN EXPLOTACIÓN DESDE EN NIVEL -60 DE LA MINA SOSA MÉNDEZ						 CVGMinerven		
NIVEL	VEITA	FRENTES	ANCHO (m)	ÁREA(m²)	VOLUMEN(m³)	TONELADAS	TENOR(kg/t)	CONT. AU (kg)	BLO QUE	P. H.	P.V.
-60	SM2	SM601	6,75	2.154	14.540	40.711	17,72	721,39	C-19	W65-E10	N-40/N-10
		SM602	3,52	1.933	6.804	19.052	12,62	240,43	C-20	E10-E75	N-50/N-10
		SM603	3,42	1.949	6.666	18.664	13,90	259,42	C-21	E75-E135	N-50/N-10
	MM	M601	3,05	2.110	6.436	18.019	19,34	348,50	A-12	A200-A250	N-50/N-10
		GPR/W	2,02	2.129	4.301	12.042	15,50	186,65	A-13	A250-A300	N-50/N-10
		GPR/E	2,02	2.262	4.569	12.794	15,50	198,31	A-14	A300-A350	N-50/N-10
TOTALES:						121.281	16,12	1.954,69			

Tabla 6: Balance reservas geológicas probadas aun sin explotar en el nivel -60 de la mina Sosa Méndez.

 CORPORACIÓN VENEZOLANA DE GUAYANA			BALANCE DE RESERVAS GEOLOGICAS PROBADAS AUN SIN EXPLOTAR EN EL NIVEL -60 DE LA MINA SOSA MÉNDEZ						 CVGMinerven		
NIVEL	VETA	FRENTES	ANCHO(m)	ÁREA(m²)	VO LUMEN(m³)	TONELADAS	TENOR(kg/t)	CONT. AU (kg)	BLO QUE	P. H.	P.V.
-60	SM2	SM604	5,38	2.586	13.913	38.956	14,30	557,06	C-22	E135-E180	N-50/N-10
TOTALES:						38.956	14,30	557,06			

Tabla 7: Balance reservas geológicas posibles a incorporar en el nivel -60 de la mina Sosa Méndez.

 CORPORACION VENEZOLANA DE GUAYANA			BALANCE DE RESERVAS GEOLOGICAS POSIBLES A INCORPORAR EN EL NIVEL -60 DE LA MINA SOSA MÉNDEZ						 CVGMinerven		
NIVEL	VEITA	FRENTES	ANCHO (m)	ÁREA(m²)	VOLUMEN(m³)	TONELADAS	TENOR(kg/t)	CONT. AU (kg)	BLO QUE	P. H.	P. V.
-60	SM2	SM601-A	4,99	1.600	7.984	22.355	14,76	329,96	D-18	W65-W100	N-60/N-10
		SM605	7,70	1.692	13.028	36.480	8,32	303,51	D-17	W65-W100	N-60/N-10
		SM606	7,70	1.395	10.742	30.076	8,32	250,23	D-16	W100-W200	N-40/N-10
		SM607	5,85	1.224	7.160	20.049	10,14	203,30	D-15	W200-W250	N-35/N-10
		SM608	3,77	2.067	7.793	21.819	7,91	172,59	D-14	W250-W300	N-60/N-10
		SM609	3,00	1.601	4.803	13.448	15,50	208,45	D-13	W300-W350	N-60/N-10
		SM601-1	3,75	1.984	7.440	20.832	13,01	271,02	D-23	W65-E10	N-40/N-10
		SM602-1	5,22	1.906	9.949	27.858	14,62	407,29	D-24	E10-E75	N-50/N-10
		SM603-1	2,98	1.464	4.363	12.216	13,90	169,80	D-25	E10-E76	N-50/N-11
		SM604-1	7,36	948	6.977	19.536	14,30	279,37	D-26	E75-E135	N-50/N-10
	MM	MM602	2,58	2.500	6.450	18.060	6,00	108,36	B-11	A200-A150	N-60/N-10
		MM603	2,58	2.500	6.450	18.060	6,00	108,36	B-10	A150-A100	N-60/N-10
		MM604	2,71	2.500	6.775	18.970	6,00	113,82	B-9	A100-A50	N-60/N-10
		MM605	5,00	2.500	12.500	35.000	6,00	210,00	B-8	A50-A0	N-60/N-10
		TOTALES:						314.760	9,96	3.136,06	

Figura 5: Modelo de bloque sector SM2. Fuente. Proyecto Sosa Méndez.

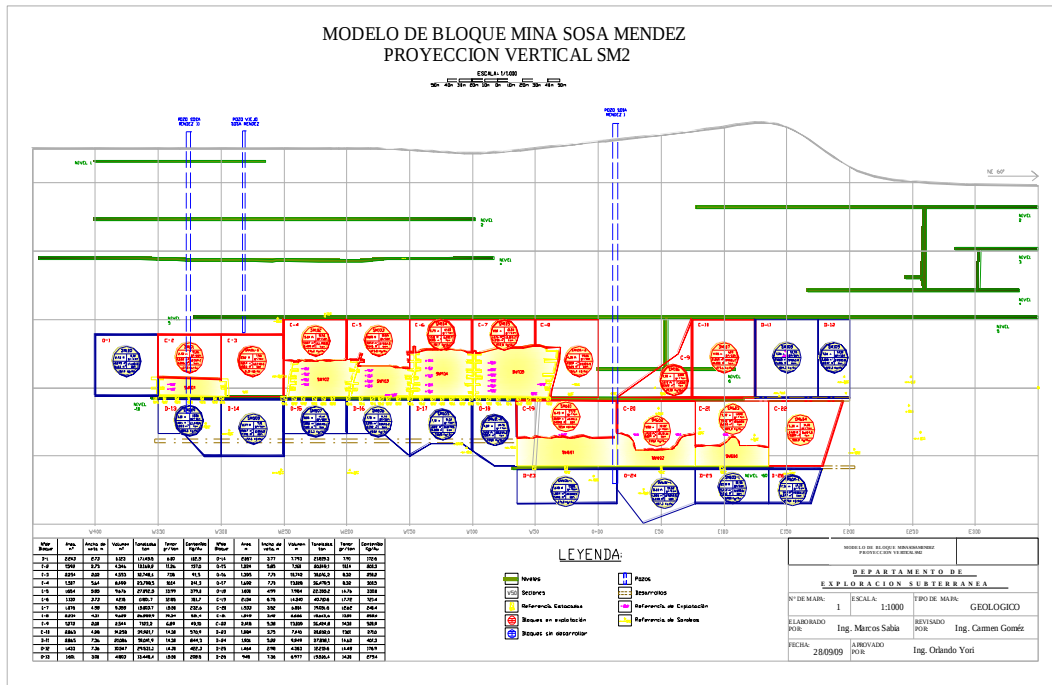


Figura 6: Modelo de bloque sector MM. Fuente. Proyecto Sosa Méndez.

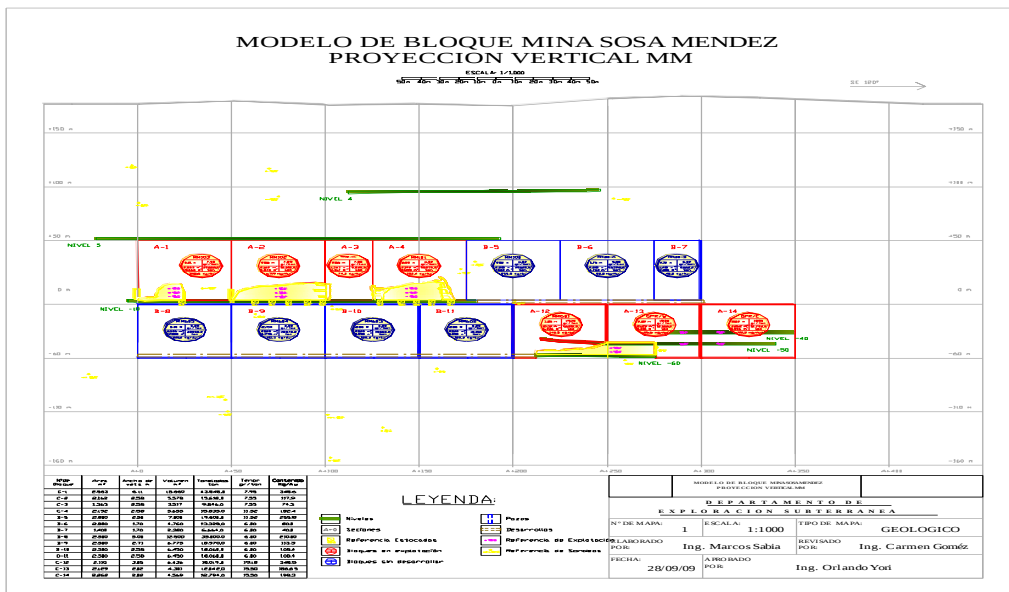


Tabla 8: Resumen de reservas en mina Sosa Méndez. Fuente Departamento Geología C.V.G Minervén.

RESERVAS	TONELADAS	TENOR (g/t)	CONTENIDO Au (kg.)	CONTENIDO Au (ONZA TROY)
PROBADAS	290572	12,88	3743,79	120325,42
PROBABLES	124752	14,26	1779,54	57194,37
POSIBLES	460069	10,15	4667,4	150010,24
TOTALES	875393	11,64	10190,73	327530,03

II 2.8 Sistema de explotación

El sistema de explotación utilizado actualmente en la mina Sosa Méndez es el cámaras y almacén, a futuro se alternarán el con el método de “Tiros Largos” en el cual se utiliza el mismo mineral arrancado como apoyo para avanzar en la explotación, se extrae un porcentaje de mineral esponjado después de la voladura en la cámara y sólo cuando la cámara alcanza la base del pilar de protección, por debajo del nivel superior se puede vaciar la cámara completamente.

Por las características estructurales de algunas vetas del yacimiento, técnicamente también se aplica el sistema de explotación llamado Shrinkage (Acumulación o almacenamiento provisional) de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Potencia media de la veta espesores superiores a 1.9 m
- Angulo de buzamiento 75° o más.
- Estabilidad en la roca y mineral

Este sistema consiste en que las vetas son arrancadas en capas horizontales, de forma ascendente, con almacenamiento provisional, en el cual, el mineral arrancado sirve de piso para la perforación de los cortes sucesivos y además como sostenimiento de las cajas. El avance en el tajo se efectuará con la perforadora neumática tipo Jack Leg. La roca aumenta su volumen ocupando cerca de un 70 % por la voladura. Por esto se debe extraer continuamente un 40 % del mineral volado durante la explotación, para mantener una distancia adecuada entre el techo y la superficie del mineral volado. Cuando el arranque

haya avanzado al límite superior de la cámara planeado, se interrumpe el arranque y se puede recuperar el 60 % restante del mineral. (CVG.MINERVEN)

Tabla 9: Parámetros de perforación en cámaras.

Ancho de la cámara (m)	15
Alto de la cámara (m)	2
Área de la cámara (m ²)	37,5
Diámetro de perforación (m)	0,04
Espaciamiento de barrenos (m)	0,7
Retiro (m)	0,7
Longitud de la perforación (m)	2,4
Avance promedio (m)	2
Densidad de la roca a volar (kg/m ³)	2800
Volumen arrancado por disparo (m ³)	60

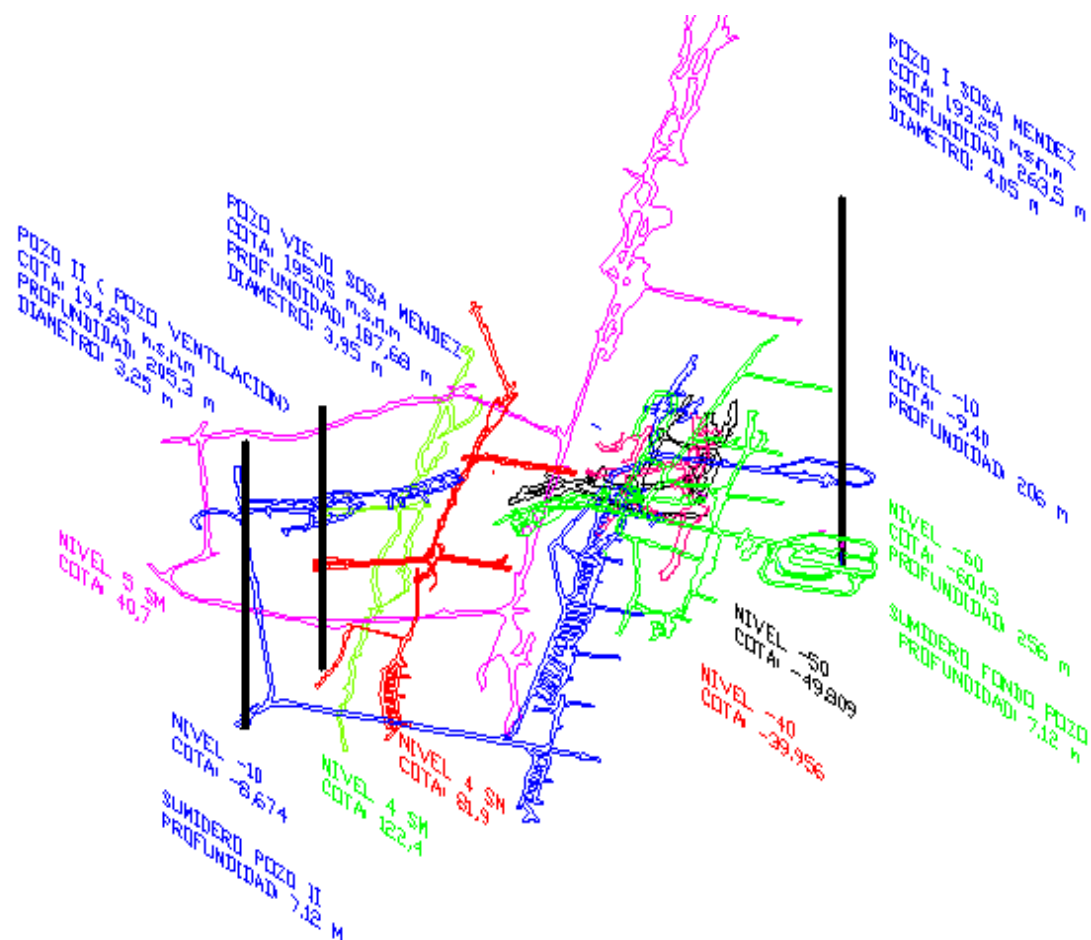
Este es un sistema de explotación vertical aplicable a vetas (estructuras verticales), principalmente para explotaciones menores. En su esencia, consiste en utilizar el mineral quebrado como piso de trabajo para seguir explotando de manera ascendente.

No obstante, es intensivo en mano de obra y no puede ser fácilmente mecanizado. Se emplea más en yacimientos con filones estrechos o en aquellos en los que no puede emplearse otro método.

Durante la fase de desarrollo, el proyecto incluyó la construcción de dos pozos verticales (pozo principal y pozo de ventilación), estaciones de servicios en diferentes niveles de la mina, cruceros, galerías de transporte, galería en veta (cortes en veta) o galería de explotación, cámaras y chimeneas. La mina está dividida en dos niveles de producción a lo largo de la profundidad del pozo principal (niveles -10, y -60). La longitud completa del pozo principal se estima en 310 m, con una elevación en la boca del pozo igual a +180 m y la longitud del pozo de ventilación es 210 m, (C.V.G. Minerven).

II 2.9 Representación gráfica de la mina Sosa Méndez

Figura 7: Representación los niveles, pozos, chimeneas, rampas desarrollados y en proyecciones
Fuente: C.V.G. MINERVEN. División de planificación de minas.



CAPÍTULO III

ELABORACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN

III.1 Materiales y métodos

Para la realización de la investigación se seleccionó la mina de oro Sosa Méndez dada la necesidad de argumentar su sistema de ventilación, la misma está ubicada en el municipio El Callao estado Bolívar – República Bolivariana Venezuela. Para darle cumplimiento al objetivo propuesto se identificó la necesidad del establecimiento de los estados más característicos del desarrollo de la mina en los próximos 15-25 años.

La Mina Sosa Méndez pertenece a la empresa C.V.G. Minerven C.A; estuvo paralizada desde 1959 hasta el año 2001 cuando se inicia su rehabilitación por parte de la empresa Jinyan de Venezuela C.A. Sin embargo, los circuitos de ventilación que existe en mina Sosa Méndez no son los más apropiados para las labores mineras que se llevan a cabo en la misma, ya que el diseño exige una mejor distribución de los caudales de aire para que lleguen a los niveles inferiores, por eso debemos de conocer los requisitos de aire en las labores subterráneas que existen actualmente, y proponer la necesidad del diseño del esquema y la determinación de los parámetros que deben ser sometidos a cálculos y expresiones analíticas teniendo presente las necesidades actuales y futuras de la mina así como los métodos y resultados de trabajos científicos y proyectos anteriormente ejecutados.

III.1.1 Materiales necesarios para el diseño de la ventilación

Los resultados del análisis técnico del mineral según las excavaciones geológicas de exploración (salida de sustancias volátiles combustibles, contenido

de cenizas y humedad del mineral); esquemas de muestreo de los frentes de trabajo y de los perfiles con pronóstico de desprendimiento de gases que superen los límites admisibles de vertimiento de metano, las isohipsas del piso o del techo del yacimiento y las isolíneas; datos sobre el desprendimiento de metano en los límites del campo de minas y de la temperatura de las rocas mineras.

Para abordar los problemas de la dilución, tanto estática como dinámica de los gases nocivos y del polvo en una atmósfera contaminada, es necesario considerar los parámetros del sistema de ventilación utilizado, puesto que las condiciones varían, según sea éste. Además el análisis minero-técnico del mineral según las excavaciones geológicas (salida de sustancias combustibles volátiles, intercalaciones perjudiciales, humedad del mineral), isohipsas del piso y techo del yacimiento y de isolíneas de gas; datos sobre la temperatura de las rocas mineras.

III1.2 Clasificación de los esquemas de ventilación de los sectores de extracción

Por esquema de ventilación se comprende el conjunto de las excavaciones de apertura, preparación, de ventilación y de arranque que permite realizar el suministro de aire fresco y la extracción del aire viciado sobre la base de determinados medios y de la forma organizativa de los trabajos y que están dirigidos a la ventilación de la mina. El que sienta las bases para la comparación de distintas variantes con vista a la elección de la más ventajosa.

Los esquemas de ventilación de los sectores de extracción en grado significativo determinan los cálculos de la capacidad de desprendimiento de gases y del gasto de aire para la ventilación. La clasificación de los esquemas de los sectores de extracción según los índices esenciales se muestra en la tabla 11. Los esquemas de ventilación del primer tipo se muestran en la fig.8,y del segundo tipo en la fig.9.

Figura 8: Esquemas de ventilación del primer tipo A, B, C, D, Variantes del esquema

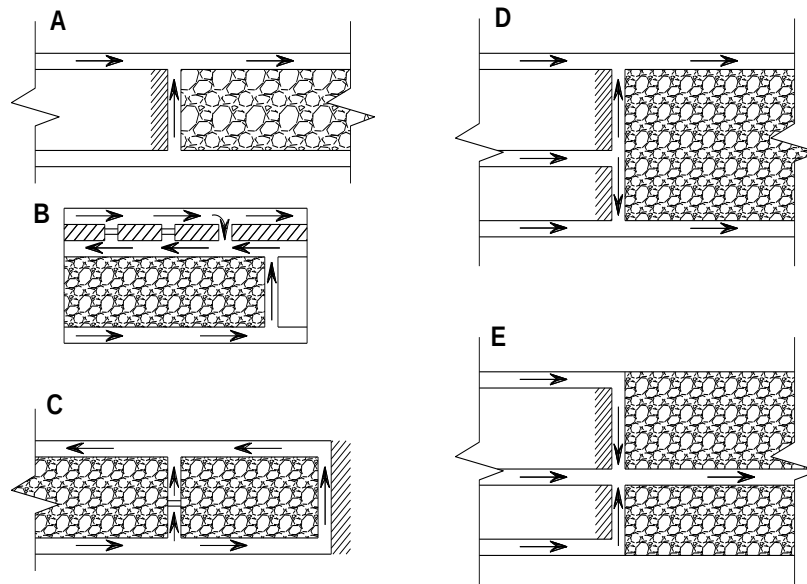
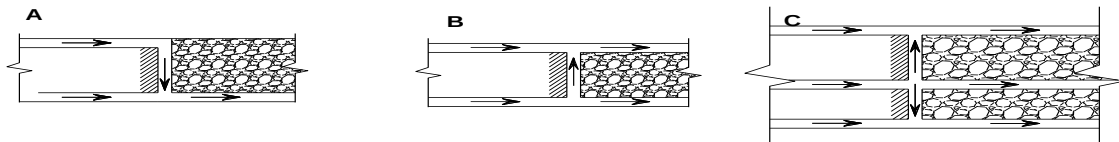


Figura 9: Esquemas de ventilación del segundo tipo A, B, C Variantes del esquema



Para la elección del esquema de ventilación se atiende a los siguientes criterios:

- El esquema debe contribuir a la fiabilidad del sistema de ventilación durante su funcionamiento.
- El esquema debe permitir el cambio de sentido del flujo de aire con una elevada efectividad.
- El esquema debe minimizar los gastos por inversiones, mantenimiento de excavaciones y consumo de energía de los medios de ventilación

III. 3 Cálculo de los caudales

Los caudales se calculan a partir de la velocidad promedio medida y el área de la sección transversal de la excavación minera en el sitio. También es necesario determinar la demanda de aire total, para lo que se realizan las siguientes determinaciones.

- Caudal requerido según el personal
- Caudal requerido por el equipamiento diesel
- Caudal requerido por la temperatura
- Caudal requerido en los frentes de extracción

III. 3. 1 Mediciones de los caudales

La velocidad promedio se utiliza para el cálculo de los caudales. Esta se mide usando un anemómetro digital o de paletas, dependiendo de la sensibilidad del equipo. En una galería se deben ubicar los puntos de medición de una manera uniforme; con el fin de abarcar toda la longitud de dicha galería y en su sección transversal e identificar zonas en donde existan fugas y cambios de secciones transversales, muy comunes en la explotación.

Los caudales se calculan a partir de la velocidad promedio medida y el área de la sección transversal de la galería. La ecuación utilizada es la siguiente:

$$Q = V \times A \quad (1)$$

Dónde

Q= caudal; m³/s.

V= velocidad; m/s.

A= área de la sección transversal, m²

III.3.2 Caudal requerido según el personal

Cantidad de aire requerido para la respiración humana según la altitud

De 0.00 a 1500 metros sobre el nivel del mar, 3.0 m³/min.

De 1501 a 3000 metros sobre el nivel del mar, 4.2 m³/min.

De 3001 a 4000 metros sobre el nivel del mar, 5.1 m³/min.

A más de 4001 metros sobre el nivel del mar, 6.0 m³/min.

Se exige una corriente de aire fresco de no menos de tres metros cúbicos por minuto por persona (3 m³/ min.), en cualquier sitio del interior de la mina.

El caudal requerido por una cantidad de personas será El caudal requerido por una cantidad de personas será (Rodríguez 2010),

$$Q_{np} = k.N_p.F_p$$

$$Q_{np} = 3k.N_p \quad (2)$$

Dónde:

Q_{np} = caudal total para “n” personas que trabajen en el interior mina (m³/ min.)

N_p = número de personas en la mina.

F_p = caudal mínimo por persona (3 m³/ min.)

k = coeficiente de reserva del aire (1.3 – 1.5)

A pesar de que este método es utilizado con frecuencia, se debe considerar “ F_p ” sólo como referencia, pues no toma en cuenta otros factores consumidores de oxígeno, como lo son la putrefacción de la madera, la descomposición de la roca, y la combustión de los equipos.

III .3.3 Caudal requerido por equipo diesel

Se recomienda un mínimo de 2.83 (m³/min) por HP al freno del equipo para máquinas en buenas condiciones. Se debe aclarar que los 2,83 m³/min es el caudal mínimo de aire requerido y no acepta factores de corrección. Por lo demás, se pide la potencia al freno o potencia bruta, que es la máxima potencia proporcionada por el motor sin tener en cuenta las pérdidas por transmisión, si es que no se cuenta con la curva de potencia entregada por el fabricante (gráfico kW

vs. RPM) o con una recomendación de ventilación para el equipo proporcionada por el fabricante y certificada por algún organismo confiable.

El caudal requerido por cantidad de equipamiento diesel será (Rodríguez 2010)

$$Q_{diesel} = N_{HP} \cdot F_{diesel} \quad (3)$$

N_{HP} = total de HP (Incluye cantidades de equipos, como camiones, cargadores, cargadores frontales y perforadoras jumbo, por HP de cada uno de ellos)

$$F_{diesel} > 2,83 \text{ m}^3/\text{min}$$

III.4 Temperatura

La temperatura de los gases aumenta si aumenta la presión. En el caso del aire se tiene que la presión atmosférica es inversamente proporcional a la altura sobre el nivel del mar. A medida que se profundiza en una mina la presión atmosférica aumenta, por lo tanto también lo hace la temperatura. Por este efecto, la temperatura aumenta a razón de 1°C por cada 100m de profundidad o 10°C cada 1 km.

Dada por la ecuación: (Castro 2007)

$$T = T_o + 0,0099 H \quad (4)$$

Donde;

T_o = temperatura en el ambiente fuera de la mina °C

H = profundidad de la mina.

Se seleccionarán los puntos críticos de la mina donde se hará un seguimiento constante. Se considerarán las temperaturas de bulbo seco, húmedo y efectivo. La temperatura de bulbo seco o temperatura seca es la medida con un termómetro convencional de mercurio o similar cuyo bulbo se encuentra seco. Esta temperatura junto a la temperatura de bulbo húmedo es utilizada para la valoración del confort higrotérmico en la determinación de la humedad relativa, en la determinación del punto de rocío, en psicrometría para el estudio y determinación del comportamiento de mezclas de aire en la mina. El

termohigrómetro sirve para medir la temperatura y la humedad, es una herramienta indispensable para controlar el ambiente.

III.4.1 Caudal requerido por temperatura

Considerando que en la República Bolivariana de Venezuela no existen normas de seguridad para proyectos de ventilación de minas nos basamos en la legislación chilena que señala que la temperatura húmeda máxima en el interior de la mina no podrá exceder de 30° C para jornadas de trabajo de 8 horas. Como norma para el cálculo del caudal del aire respecto a la temperatura, se dan los siguientes valores.

Tabla 10: Determinación de la velocidad del aire con respecto a la temperatura (Andrade 2008).

Humedad Relativa	Temperatura Seca	Velocidad Mínima
< 85%	24 a 30 °C	30 m/min
> 85%	> 30 °C	120 m/min

III.5 Caudal requerido en los frentes de extracción

El cálculo del desprendimiento de gases y del gasto de aire para la ventilación de los sectores de extracción se determina por los esquemas de su ventilación. La clasificación de los esquemas de ventilación de los sectores de extracción según el carácter fundamental se muestra en la tabla 11.

Tabla 11: Clasificación de los esquemas de ventilación de los sectores de extracción

Clasificación	Carácter de clasificación	Posibles variantes de ventilación	Designación convencional
Tipo	Grado de aislamiento de la dilución de las combinaciones perjudiciales	Sucesiva Parcial Completa	1 2 3
Subtipo	Dirección de entrega del Chorro de aire que sale del frente	En el espacio laboreado En el macizo mineral Combinado	E M C
Clase	Dependencia o independencia de la ventilación de los sectores de extracción	Independiente Dependiente	I D
Subclase	Dirección del movimiento del aire según el frente de arranque	Que entra Que desciende	Q D

		Horizontal	H
Variante	Dirección mutua del flujo fresco y el contaminado	De regreso Recto	DR R

III.5.1. Cálculo del caudal de aire para ventilar los frentes de arranque

El caudal de aire para la ventilación de los frentes de arranque se determina considerando los factores siguientes:

- Según el desprendimiento de gases
- Según los gases producto de los trabajos de voladuras
- Según la mayor cantidad de personas en el interior de la mina
- Según el factor del polvo
- Según el gasto de aire para la ventilación del sector de extracción

Según el desprendimiento de gases. El gasto de aire en la carga en el frente de arranque, es tomado según el factor del gas (Kerguelen et al 2013)

$$Q_{f.a.g} = 60 v_{m\grave{a}x} F_{a.l} \quad (5)$$

Donde;

$v_{m\grave{a}x}$ – velocidad máxima del aire en el frente de arranque, m/s.

$F_{a.l}$ - área libre de la sección transversal de la excavación de arranque en el espacio alrededor del frente, m²

Según los gases productos de los trabajos de voladuras. Partiendo de la dilución estática de los gases, el gasto de aire será (Rodríguez 2010):

$$Q_{f.a.e} = \frac{34}{t_v} \sqrt{B.V} \quad (6)$$

Donde;

t_v - tiempo de dilución de los gases (minutos); generalmente este tiempo no es mayor de 30 minutos cuando se trata de detonaciones corrientes

B - cantidad de sustancia explosiva volada simultáneamente, kg

V - volumen de la excavación que es ventilada; m³

Para ventilación por inyección o soplante

$$\text{Galería regular (S. Bernal 2013)} : Q_{Exp} = \frac{7,8}{t} \sqrt{B.V^2} \quad (7)$$

Donde;

Q_{Exp} = caudal de aire requerido por voladura, m^3/s

t - tiempo de dilución dinámica de los gases (minutos); generalmente, este tiempo no es mayor de 30 minutos, cuando se trata de voladuras corrientes

V - volumen de la excavación; m^3

$$\text{Galería irregular (S. Bernal, . 2013)} : Q_{Exp} = \frac{21,4}{t} \sqrt{B.V} \quad (8)$$

En ambos casos existen restricciones claves:

$$1) L \leq 0,5\sqrt{A}\left(1 + \frac{1}{2a}\right) \quad (9)$$

$$2) V_{min} \geq 0,15m/s$$

L - Distancia entre la boca de la tubería y el frente de extracción, m

a - factor de flujo (0,06 – 0,08)

Para ventilación aspirante

$$Q_{Exp} = \frac{6}{t} \sqrt{B.A.(75 + B)} \quad (\text{R, Noa, 2012}) \quad (10)$$

En este caso existen dos restricciones claves

$$1) L \leq 3.\sqrt{A}$$

$$2) V_{min} \geq 0,5m/s$$

$$\text{Para vetas delgadas (S. Bernal, 2013): } Q_{Exp} = \frac{0,4}{t} \sqrt{B.AL} \quad m^3/min \quad (11)$$

$$\text{Para vetas anchas o mantos (S. Bernal, 2013): } Q_{Exp} = \frac{2,3}{k.t} V_{st} \log\left(\frac{500}{V_{st}}.B\right) m^3/min \quad (12)$$

k - Coeficiente de turbulencia

V_{st} - Volumen de la cámara, m^3

A - Área de la sección transversal de la excavación, m^2

El cálculo según la mayor cantidad de personas se ejecuta por la siguiente fórmula (Rodríguez 2010)

$$Q_{f.a.p} = 6n_c \quad (13)$$

Dónde:

$Q_{f.a.p}$ - Caudal total para “n” personas que trabajen en el interior de la mina (m³/min.)

n_c - máxima cantidad de personas que usualmente se encuentran bajo mina y que de acuerdo con las reglas de seguridad deben recibir una norma de 6m³/min cada una.

Según el factor de polvo. El valor óptimo de la velocidad del movimiento del aire por el factor del polvo constituye: para los frentes de arranque 1,6 m/s; para las excavaciones preparatorias con acarreo con transportadores 1,3 m/s.

El gasto de aire según el factor de polvo (Rodríguez 2010)

$$Q_{pol.a} = 60v_{a.o}F_{s.a.l} \quad (14)$$

Donde;

$v_{a.o}$ - velocidad optima del aire según el factor del polvo, m/s

$F_{s.a.l}$ - área libre de la sección transversal de la excavación de arranque en el espacio alrededor del frente, m²

Según el gasto de aire para la ventilación del sector de extracción. Se determina según tres factores: según los gases que se desprenden constantemente, por los gases que se forman en los trabajos de voladuras, según la mayor cantidad de personas.

Partiendo del desprendimiento constante de gases, el gasto de aire (m³/min) en el sector de extracción según los esquemas de ventilación con la dilución sucesiva (Rodríguez 2010)

$$Q_s = Q_{f.a}.k_{d.a.} \quad (15)$$

Donde;

$k_{d.a}$ - coeficiente de difusión del aire en el espacio laboreado, sus valores se muestran en la tabla 12.

$Q_{f.a}$ - gasto máximo de aire para la dilución de los gases que se forman en los trabajos de voladuras en el tajo o en otras excavaciones del sector.

El gasto de aire (m^3/min) por la mayor cantidad de personas para la ventilación del sector.

$$Q_s = 6 n_c k_{d.a.} \quad (16)$$

n_c - cantidad máxima de personas que usualmente se encuentran bajo mina y que de acuerdo con las reglas de seguridad deben recibir una norma de $6 m^3/min$ cada una

El gasto de aire según los gases que se forman en los trabajos de voladuras.

$$Q_s = Q_{f.a.g} k_{d.a.} \quad (17)$$

Tabla 12: Valores del coeficiente de difusión del aire para la dilución de los gases que se forman en los trabajos de voladuras

Esquemas de ventilación de los sectores de extracción		Valores del $k_{d.a}$ en dependencia del método de la dirección del techo y del tipo de roca del techo							
		Derrumbe completo			Relleno parcial			Descenso planificado	
		Esquistos arcillosos	Esquistos arenosos	Arenas	Esquistos arcillosos	Esquistos arenosos	Arenas	Esquistos arcillosos	Calizas
1-E-I 1-E-D	A, C, E A, D	1,4	1,55	1,7	1,2	1,25	1,4	1,3	1,7
1-E-I 1-E-D	B, D B, C, D	1,3	1,4	1,55	1,2	1,25	35	1,2	1,6
1-M-I 1-M-D	A-E A-E	1,25	1,3	1,4	1,1	1,15	1,25	1,2	1,3
2-E-I 2-E-D	A-E A-E	1,6	1,65	1,8	1,25	1,3	1,4	1,65	1,85
2-E-I 2-E-D	A-E A-E								

El gasto de aire para la ventilación de las cámaras de electromáquinas y de transformadores.

$$Q_c = \frac{50 \sum N_i (1 - \eta_i) k_{c.i.}}{26 - t_o} \quad (18)$$

Donde;

$k_{c.i.}$ - coeficiente de la carga por jornada de la instalación

N_i - potencia de la instalación eléctrica, kW

η_i - coeficiente de acción útil de la instalación

t_o - temperatura del aire, que ingresa a la excavación en el mes más caliente del año, C°.

El gasto de aire para la ventilación de los almacenes de materiales explosivos.

$$Q_{al.} = 0,07 V_{al.} \quad (19)$$

Donde;

V_{al} - volumen total de la excavación del almacén, m³.

El gasto de aire para ventilar las cámaras de carga eléctrica de las baterías.

$$Q_{c.b.} = 30 k_e n_a \quad (20)$$

Donde;

k_e - coeficiente, que depende del tipo de acumulador que usa la locomotora eléctrica, igual a 0,6—2,2.

n_a - cantidad de baterías de locomotora que son cargadas al mismo tiempo.

El gasto de aire para la ventilación del sector que es ventilado, que incluye las excavaciones de los distintos frentes de extracción, que están delimitadas por los puntos de división de los flujos de aire de ventilación con el flujo general de aire de la mina se determina:

$$Q_{v.s.} = 1,1 (1,15 \sum Q_{s.} + \sum Q_{s.p.} + \sum Q_c + \sum Q_{t.a.} + \sum Q_{s.a.}) \cdot (1 + k_d) \quad (21)$$

Donde;

$Q_{e.p.}$ - gasto de aire para la ventilación de las excavaciones preparatorias.

$Q_{e.a.}$ - gasto de aire para las excavaciones que se ventilan aisladamente.

$Q_{t.a.}$ - gasto de aire para la ventilación de los tajos que se agotan.

Q_c - gasto de aire para la ventilación de las cámaras fuera de los límites de la cámara de enganche alrededor del pozo de minas.

k_d - coeficiente de difusión del aire, que considera las condiciones minero-técnicas. Su magnitud se calcula y constituye habitualmente 0,1-0,3.

En la ecuación (21) los gastos de aire se suman según un objeto de un tipo (sectores, excavaciones de preparación y etc.). El gasto de aire para las excavaciones que son ventiladas aisladamente $Q_{e.a}$ se determina según su desprendimiento de gas real y según la velocidad mínima del movimiento del aire en la excavación.

El gasto total de la cantidad de aire para la ventilación de la mina.

$$Q_t = 1,1(k_a \sum Q_s + \sum Q_{s.p.} + \sum Q_c + \sum Q_{t.a.} + \sum Q_{s.a.} + \sum Q_{d.m.} + \sum Q_{diesel}) \quad (22)$$

Donde;

$Q_{d.m.}$ - demanda de aire fuera de los límites de los frentes de extracción, no incluyendo la demanda en las cámaras de enganche alrededor del pozo.

Q_{diesel} - caudal requerido por la cantidad de equipamiento diesel.

III. 6 Cálculo de la depresión de la mina

La depresión de la mina se determina como la suma de las depresiones de las excavaciones unidas sucesivamente según la vía que ofrezca la máxima dificultad a la ventilación. Tales vías se eligen en el diseño, partiendo de la valoración práctica de la dificultad de la ventilación (las excavaciones más alejadas, gastos máximos de aire, etc.), Habitualmente para mayor fiabilidad se determina la depresión para varias direcciones del movimiento del aire desde el punto de su ingreso en la mina hasta el punto de salida a la superficie. Complementariamente a esto se considera la depresión de las resistencias locales, acondicionadores de aire, canal del ventilador y del tiro natural.

La depresión de la mina

$$h_m = \frac{h_{s.d.}}{k_{c.v.} k_{R.L.}} + \frac{h_{a.a.}}{k_{c.v.}} \quad (23)$$

Donde;

$h_{s,d}$ - depresión total de las excavaciones sucesivas en la dirección de cálculo.

$k_{c,v}$ - coeficiente que considera la depresión en el canal del ventilador igual a 0,9.

$k_{R,l}$ - coeficiente, que considera la depresión de las resistencias locales, igual a 0,9.

$h_{a,a}$ - depresión del acondicionador de aire.

La depresión en la dirección de cálculo $h_{d,c}$, se determina como la suma de la depresión de las distintas excavaciones:

$$h_{d,c} = h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n \quad (24)$$

La depresión de cada excavación

$$h = \alpha PLQ^2 / A^3 \quad (25)$$

Donde;

α - coeficiente de la resistencia aerodinámica de la excavación, N.S² /m⁴. (ver tabla 13 y 14)

P - perímetro de la excavación, m.

L - es la longitud de la excavación, m.

Q - cantidad de aire que pasa por la excavación, m³/s.

F - área de la sección transversal de la excavación, m²

Tabla 13: Valores de los coeficientes α para excavaciones no fortificadas

Área de sección de la excavación m ²	Valor $\alpha \times 10^4$ en la ejecución de la excavación		
	Según la extorsión	Perpendicular a la extorsión y movimiento del aire	
		Según las salientes de rugosidad	Al encuentro de los salientes
1	2	3	4
5,98	12,1	16,4	24,2
6,67	11,7	16,0	23,6
6,83	11,6	16,0	23,6
7,44	11,3	15,6	23,1
7,61	11,3	15,5	22,9
7,92	11,3	15,4	22,7
8,34	11,1	15,2	22,5
8,85	11,0	5,0	22,1
9,39	10,8	14,8	21,8
6,92	10,8	14,7	21,7
10,36	10,6	14,5	21,3
11,36	10,4	14,1	20,9

12,15	10,2	13,9	20,7
12,71	10,1	13,8	20,3
12,98	10,1	13,7	20,3
13,60	9,9	13,6	20,2
14,20	9,8	13,4	19,8
14,49	9,8	13,4	19,8
15,14	9,7	13,2	19,6
16,02	9,5	13,1	19,3

Tabla 14: valores del coeficiente α para las excavaciones que son fortificada con arcos de perfiles especiales

Área de la sección de la excavación (m ²)	$\alpha \times 10^4$ con distancia entre arcos ,m			
	0,5	1,0	0,5	1,0
	Spe-17		Spe-27	
1	2		3	
5.98	16.18	17.60	17.23	15.90
6.67	15.90	17.50	16.90	15.70
6.83	15.83	17.38	16.74	15.56
7.44	16.55	17.25	16.65	15.46
7.61	15.66	17.20	16.61	15.41
7.92	15.63	17.13	16.58	15.38
8.34	15.50	17.11	16.50	15.32
8.85	15.45	17.10	16.50	15.25
9.34	15.40	16.90	16.42	15.15
10.36	15.20	16.67	16.32	15.00
11.36	15.15	16.60	16.15	14.92
12.14	15.10	16.50	15.94	14.80
12.13	15.05	16.40	15.90	14.74
12.71	14.97	16.35	15.88	14.70
12.98	14.85	16.32	15.82	14.68
12.99	14,80	16,30	15,80	14,63
13,60	14,75	16,26	15,75	14,60
14,20	14,73	16,20	15,55	14,57
14,49	14,65	16,10	15,30	14,3
15,14	14,62	16,05	15,00	14,05
16,02	14,30	16,01	15,45	13,36
16,65	14,23	15,85	15,40	13,00

III. 7 determinaciones de las resistencias aerodinámicas

En el caso del movimiento del aire por las excavaciones mineras, este se encuentra con la resistencia que le ofrecen a su movimiento las propias masas de aire que se encontraban previamente en las excavaciones y la fricción interna de las mismas masas que se mueven; además de la resistencia más importante aún que le ofrecen las superficies sólidas o líquidas de los conductos por los cuales circula, los obstáculos que se interponen, los estrechamientos, curvas, etc. presentes en las distintas ramas de la red de ventilación.

La resistencia aerodinámica total de las excavaciones se determina a partir de la expresión.

$$\frac{1}{\sqrt{R_{gen}}} = \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{R_n}} \quad (26)$$

III. 7.1 Tipos de resistencias aerodinámicas en las excavaciones mineras

En el caso del movimiento del aire por las excavaciones mineras, este se encuentra con la resistencia que le ofrecen a su movimiento las propias masas de aire que se encontraban previamente en las excavaciones y la fricción interna de las mismas masas que se mueven; además de la resistencia más importante aún que le ofrecen las superficies sólidas o líquidas de los conductos por los cuales circula, los obstáculos que se interponen, los estrechamientos, curvas, etc. presentes en las distintas ramas de la red de ventilación.

Resistencias por fricción se deben a las rugosidades de la superficie de los distintos tramos de excavaciones, y en la expresión de la ley de resistencias se recogen por coeficiente (K) dependiendo la resistencia total por fricción, del valor del perímetro (C) de la longitud (L) y del área de la sección transversal de la excavación (A), de modo que:

$$R = \alpha PL/A^3 \quad \text{Murges } (\mu) \quad (27)$$

$$H_L = R * Q^2 \quad (28)$$

Donde;

α - coeficiente de la resistencia aerodinámica de la excavación, $N.s^2/m^4$

P - Perímetro [m]

L - Longitud [m]

A - Área [m^2]

Resistencia local se le denomina a la que es provocada por la pérdida de presión a causa del cambio de forma y de la dirección del movimiento del flujo de aire en su paso a través de curvas, estrechamientos, ensanchamientos.

La pérdida de presión (Pa) en un sector con resistencia local.

$$h_{rl} = \xi \frac{9,8v^2}{2g} \gamma \quad (29)$$

Dónde:

ξ - coeficiente de resistencia local. (Fig. 10) tabla 15

v - velocidad media del flujo, m/s

g - $9,81\text{m/s}^2$

γ - $1,2\text{ kg/m}^3$ que es la densidad del aire.

Figura 10: Tipos de resistencia locales. Ver tabla 15

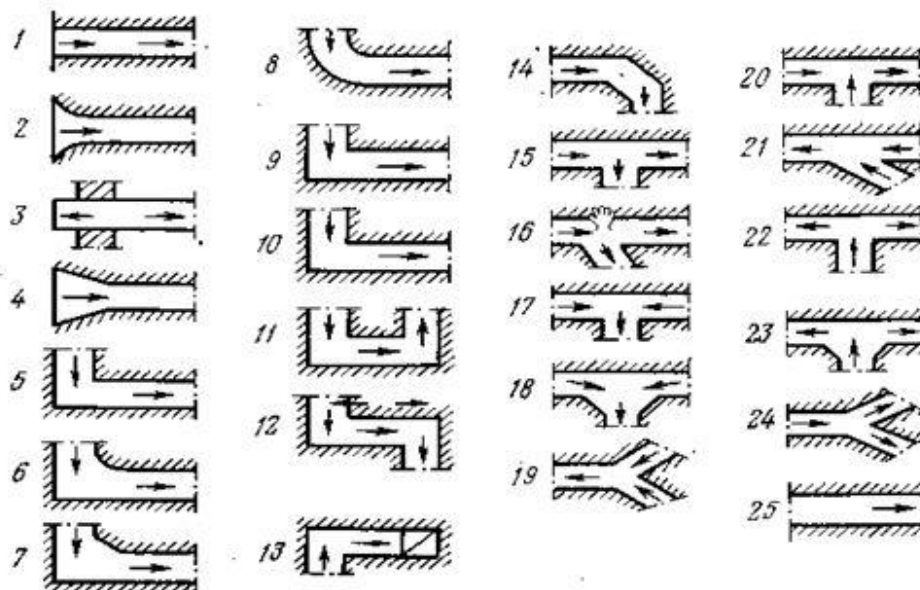


Tabla 15: Valores de ξ para distintos tipos de resistencias locales (figura 6)

Presión en la	Tipo de resistencia local	
1	Entrada en boca del pozo de la mina	0,6
2	Entrada en la boca del pozo de la mina con bordes redondeados $R=0,1D$	0,1 con $R=0,1D$
3	Entrada en el tubo con extrema sobresaliente	0,85
4	Entrada en la boca del pozo de la mina con bordes cortantes de la entrada	0,2
5	Giro bajo el ángulo de 90° con tubos bordes agudos	1,4
6	Giro bajo el ángulo de 90° con redondeo solamente en el borde interior	$\text{en } R = \frac{1}{3}b \quad \varepsilon = 0,75$ $\text{en } R = \frac{2}{3}b \quad \varepsilon = 0,52$
7	Giro bajo el ángulo de 90° con bordes extremos biselado Bajo ángulo de 45°	0,66 con longitud del biselado $\frac{1}{2}b$
8	Giro con redondeo de ambos bordes	$\text{en } R_i = \frac{1}{3}b \text{ y } R_a = 1,5b \quad \varepsilon = 0,6$ $\text{en } R_i = \frac{2}{3}b \text{ y } R_a = 1,67b \quad \varepsilon = 0,3$
9	Giro bajo un ángulo de 90° con allanado profiláctico	0,20
10	Giro bajo un ángulo de 90° sin allanado profiláctico doblado según la superficie de un cilindro circular	0,35-0,37
11	Giro doble en una dirección bajo el ángulo de 90°	$12,1 \text{ con } l < 8b$

	ambos	
12	Giro doble en dirección contraria bajo el ángulo de 90°	2,4

Tabla 15: (Continuación) Valores de ξ para distintos tipos de resistencias locales (figura 6)

13	Giro doble en planos mutuamente perpendiculares	2,8
14	Giro doble bajo el ángulo de 45°	$\text{con } l = 2b \quad \varepsilon = 0,7$ $\text{con } l = (4 - 8)b \quad \varepsilon = 1,1$
15	Unión bajo un ángulo recto con bifurcación del flujo que pasa	3,6
16	Unión bajo un ángulo de 60° con bifurcación del flujo	1,5
17	Unión bajo un ángulo recto con bifurcación y el flujo entra en la misma dirección pero en sentido contrario y sale por uno	2,0
18	Igual ,pero bordes de giro con biselado bajo el ángulo de 45°	1,0
19	Unión bajo el ángulo de 60° con confluencia del flujo en una excavación	1,0
20	Unión bajo un ángulo con confluencia del flujo de costado al que pasa	2,6
21	Unión bajo un ángulo de 60° con confluencia del flujo de costado al que pasa	1,5
22	Unión bajo un ángulo recto con bifurcación del flujo que entra en 2 direcciones	2,5
23	Igual ,pero los bordes de giro están biselados bajo un anulo de 45°	1,5
24	Unión bajo un ángulo de 60° con la división del flujo que entra en las excavaciones de costados	1,0
25	Salida del tubo a la atmosfera	1,0

III. 8 Determinación de la potencia del motor

La potencia del motor es directamente proporcional a la cantidad de aire y a la pérdida de presión del circuito.

El cálculo de la potencia del motor absorbido en kW

$$P_{MOTORab} = \frac{Q * H_T}{1000 * \eta} \quad (30)$$

La potencia del motor producido o potencia útil seria:

$$P_{Motorpr} = P_{Motorab} * \eta \quad (31)$$

H_T - Caída de presión (Pa) o (pulg de agua)

Q - Caudal que se requiere (m³/s), o (pie³/min)

η Eficiencia del motor depende si el ventilador es de acople directo o de acople por correa

La eficiencia es menor al 100% o 1

Por ejemplo los de acople directo la poseen eficiencia que oscila entre 85% y 95%

III. 8.1 Selección del ventilador

Los elementos variables que si cambian en la selección son el modelo y las características del ventilador y el rango del volumen de aire (pi^3/min), la resistencia a la corriente del aire (presión estática o H_t) y el ruido producido (sones). En el caso de sus características no es un método preciso, pero puede hacerse confiable cuando la aplicación para el ventilador es implícita (Greenheck, 2007)

De acuerdo a la aplicación, existen 4 elementos que necesitan ser determinados estos son:

1. El modelo del ventilador
2. Caudal, es decir (pie^3/min)
3. Presión Estática, (Pa) o (pulg de agua)
4. Limitación de la intensidad sónica (sones)

II.8.2 Clasificación de acuerdo a la configuración de un ventilador

Un ventilador puede ser, según su forma constructiva, horizontal o vertical. Su clasificación podría establecerse en base a la función que va a realizar puede ser de extracción de aire viciado (aspirante) o de impulsión de aire fresco (soplante). Los ventiladores de impulsión de aire generalmente son más sencillos que los de extracción. Estos últimos han de estar preparados, según la aplicación, para extraer aire abrasivo, humos calientes o gases explosivos. En estos casos la protección del ventilador en su conjunto es más rigurosa. Además, los motores pueden ser encapsulados para evitar que se dañen por la abrasión o la atmósfera corrosiva (casos típicos de minería), o resistentes a la temperatura durante un cierto intervalo de tiempo (caso de ventiladores de extracción de humos para emergencias en túneles). (Quevedo.2013)

CAPITULO IV

APLICACIÓN DEL MÉTODO DE DISEÑO DEL SISTEMA VENTILACIÓN AL CASO DE ESTUDIO

IV.1 Parámetros de la mina Sosa Méndez

Tabla 16: Parámetros

Método de explotación	cámara y almacén
Ritmo de producción aproximado	500 tpd
Número máximo de personas por turno	100 personas
Áreas de las galerías promedio	10,52 m ²
Cota base del pozo I	193,25 m.s.n.m.
Cota base del pozo II (ventilación)	194,95 m.s.n.m.
Velocidad del aire en las labores subterráneas	(20 – 250) m/min
Equipos diesel	
Cargadores mineros bajo perfil (LHD), de 1.5 m ³ de capacidad (2.0 yd ³) del balde.	2 x 100 HP
Camiones mineros bajo perfil, capacidad 20 t.	2 x 180 HP
Camiones mineros bajo perfil, capacidad 0.7 ton.	2 x 60 HP
Mini cargadores +/- 0.9 ton de capacidad del balde.	3 x 64 HP
Camión cargador de Anfo “Anfotruck”	1 x 95 HP
Tractor tipo carrucha.	1 x 120 HP
Camioneta a gasoil.	1 x 130 HP

Tabla 17: Mediciones de velocidades y caudales

Estaciones	Ubicación	Ancho	Largo	m²	Velocidad del aire									Velocidad prom		Caudal	
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	m/s	pie/min	m³/s	pie³/min
Galería principal	Nivel - 10	2,67	2,4	6,408	0,4	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0	0,29	56,9	1,85	3922,5
ENTRADA -50	Nivel - 60	2,8	2,8	7,84	1,1	0,3	1,3	1,3	1,3	1,4	0,2	0,4	0,4	0,86	168,4	6,71	14212,5
ENTRADA - (SM106)	Nivel - 10	2,9	2,56	7,424	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,0	0,00	0,0
(SM106A)	Nivel - 10	2,65	2,49	6,599	0	0,1	0,2	0,4	0	0	0	0,3	0,3	0,14	28,4	0,95	2019,5
POLVORÍN (SM107)	Nivel - 10	4,33	2,94	12,73	1	1,8	0,4	0,2	0,9	3,9	1	0,2	1,1	1,17	229,7	14,85	31469,4
ENTRADA/(SM105)	Nivel - 10	3,29	3,5	11,52	0	0,1	1,5	3,1	9,3	2,6	0	0,2	1,3	2,01	395,9	23,16	49068,9
(SM105A1)	Nivel - 10	3,6	2,8	10,08	0,2	0	0,2	0,2	0,1	0,1	0	0	0,6	0,16	30,6	1,57	3322,4
CH(SM1-W50)	Nivel - 10	4,46	3,46	15,43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,0	0,00	0,0
(S-105)05	Nivel - 10	3,81	2,63	10,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,0	0,00	0,0
6m antes de la entrada-50	Nivel - 60	3,22	3,63	11,69	2,5	2,7	2,7	2,7	2,2	1,8	2	1,8	1,8	2,24	441,8	26,23	55587,6
4 m después entrada-50	Nivel - 60	3,36	2,91	9,778	0,9	1	0,4	0,2	0	0,1	1,1	0,9	0,9	0,61	120,3	5,98	12660,7
ENTRADA RAMPA	Nivel - 60	3	2,25	6,75	2,7	2,5	2,5	2,6	2,7	2,5	2,7	2,1	2,5	2,53	498,7	17,10	36232,8
ENTRADA RAMPA - 30	Nivel - 60	4,52	3,61	16,32	0	0	1,3	0	0	0	0,3	1,3	0,1	0,33	65,6	5,44	11524,7
RAMPA - 30	Nivel - 60	4,6	3,4	15,64	0	0	2	0,2	0,4	0,5	0	0,2	0,9	0,47	91,9	7,30	15465,0
CÁMARA (G - 40)	Nivel - 60	4,3	2,93	12,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,0	0,00	0,0
CÁMARA (402)	Nivel - 60	3,61	2,3	8,303	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,0	0,00	0,0
ENTRADA (GPR - 40 U/A)	Nivel - 60	2,9	3,5	10,15	0,4	0,4	1,7	0,7	0,2	0,4	0,3	1,3	1,1	0,72	142,2	7,33	15532,6
CÁMARA (401)	Nivel - 60	3,3	4,1	13,53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,0	0,00	0,0
ENTRADA CÁMARA (MM601)	Nivel - 60	2,73	2,6	7,098	0,4	0	0	0,2	0,5	0	0,2	0	0	0,14	28,4	1,03	2172,4

IV.2 Cálculo del caudal requerido

Las necesidades del aire en el interior de la mina deben ser determinadas en base a la cantidad de personal y de equipos que se encuentran trabajando para asegurar la ventilación eficiente de los frentes de trabajo, mediante el control del flujo de inyección de aire fresco el cual a su vez expulsará el aire viciado.

Tabla 18: Valores mínimos permitidos para ventilación de minas

Oxígeno Mínimo	19.5 %
Caudal de aire por hombre	3 m ³ / min (menor a 1500 m.s.n.m)
Caudal de aire por cada HP de equipos diesel	No menor a 3 m ³ / min
Rango de velocidad del aire	Mayor a 20 m/min y menor a 250 m/min

Caudal requerido para el personal

De la ecuación (2)

$$Q_{np} = 3k.Np$$

$$K = 1,4$$

$$Q_{np} = 3 * 1,4 * 100 = 420 \text{ m}^3/\text{min} \text{ (7m}^3/\text{s)}$$

Caudal requerido por el equipo diesel

De la ecuación (3)

$$Q_{diesel} = N_{HP} . F_{diesel}$$

$$N_{HP} = 749 \text{ HP}$$

$$F_{diesel} = 3 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q_{diesel} = 749 * 3 = 2.247 \text{ m}^3/\text{min} \text{ (37,45 m}^3/\text{s)}$$

Caudal requerido por temperatura

De la tabla 10 obtenemos la velocidad del caudal

Humedad relativa >85%

Temperatura > 30°C

V= 120 m/min

Área de las galerías promedio: 10,52 m²

$$Q_{temp} = 120 * 10,52 = 1.262,4 \text{ m}^3/\text{min} \text{ (21,04 m}^3/\text{s)}$$

Caudal requerido para los frentes de arranque

Según desprendimiento de gases.

De la ecuación (5)

$$Q_{f.a.g} = v_{m\grave{a}x} F_{a.l}$$

$$v_{m\grave{a}x} = 20 \text{ m/min}$$

$$F_{a.l} = 10,52 \text{ m}^2$$

$$Q_{f.a.g} = 20 * 10,52 = 210,4 \text{ m}^3/\text{min} (3,5 \text{ m}^3/\text{s})$$

Según los gases productos de los trabajos de voladuras.

Para ventilación aspirante

Galería irregular

Vetas angostas

De la ecuación (10)

$$Q_{Exp} = \frac{6}{t} \sqrt{B.A.(75 + B)}$$

$$t = 30 \text{ min}$$

$$A = 10,52 \text{ m}^2$$

$$B = 240 \text{ kg}$$

$$Q_{Exp} = \frac{6}{30} \sqrt{240 * 10,52 * (75 + 240)} = 178,36 \text{ m}^3/\text{min} (3 \text{ m}^2/\text{s})$$

Según la mayor cantidad de personas en el interior de la mina

De la ecuación (13)

$$Q_{f.a.p} = 6n_c$$

$$Q_{f.a.p} = 6 * 30 = 180 \text{ m}^3/\text{min} (3 \text{ m}^3/\text{s})$$

Según el factor de polvo

El valor óptimo de la velocidad del movimiento del aire por el factor del polvo constituye: para los frentes de arranque 1,6 m/s; para las excavaciones preparatorias con acarreo con transportadores 1,3 m/s.

De la ecuación (14)

$$Q_{pol.a} = 1,6 * 10,52 = 16,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

Según el gasto de aire para la ventilación del sector extracción

Se determina según tres factores:

Según los gases que se desprenden constantemente

De la ecuación (15)

$$k_{d.a.} = 1,3 \text{ de la tabla 12}$$

$$Q_{f.a.} = 4,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_s = Q_{f.a.} \cdot k_{d.a.}$$

$$Q_s = 4,3 * 1,3 = 6,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

Según la mayor cantidad de personas.

De la ecuación (16)

$$Q_s = 6 n_c k_{d.a.}$$

$$Q_s = 6 * 30 * 1,3 = 780 \text{ m}^3/\text{min} (13 \text{ m}^3/\text{s})$$

Por los gases que se forman en los trabajos de voladuras

De la ecuación (17)

$$Q_s = Q_{f.a.g} k_{d.a.}$$

$$Q_s = 4,83 * 1,3 = 6,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

Gasto de aire para la ventilación de los almacenes de materiales explosivos

De la ecuación (19)

$$Q_{al.} = 0,07 V_{al.}$$

$$V_{al.} = 42 \text{ m}^3$$

$$Q_{al.} = 0,07 * 42 = 2,94 \text{ m}^3/\text{s}$$

Gasto de aire para ventilar las cámaras de carga eléctrica de las baterías

De la ecuación (20)

$$Q_{c,b.} = 30 k_g n_a$$

$$k_g = 0,65$$

$$n_a = 5$$

$$Q_{c,b.} = 30 * 0,65 * 5 = 97,5 \text{ m}^3/\text{min} (1,6 \text{ m}^3/\text{s})$$

El gasto total de la cantidad de aire para la ventilación de la mina

De la ecuación (22)

$$Q_T = 1,1 (Q_{np} + Q_{diesel} + Q_{temp} + Q_{f.a.g} + Q_{Exp} + Q_{f.a.p} + Q_{pol.a} + \sum Q_s + Q_{al.} + Q_{c.b.} + \sum Q_{mina})$$

$$Q_T = 1,1 (7 + 37,45 + 21,04 + 3,5 + 3 + 3 + 16,8 + 25,6 + 2,94 + 1,6 + 119,49) \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 265,08 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_T = 265,08 \text{ m}^3/\text{s} (15.910 \text{ m}^3/\text{min}) (561.672,7 \text{ pie}^3/\text{min})$$

IV.3. Cálculo de la depresión de la mina

Depresión de cada excavación

Nivel -10

De la ecuación (25)

$$h = \alpha PLQ^2/A^3$$

$$\alpha = 0,022 \frac{N.s^2}{m^4}$$

$$P = 12,98 \text{ m}$$

$$L = 350 \text{ m}$$

$$Q = 132,54 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h = 0,022 * 12,98 * 350 * 127,47^2 / 10,54^3 = 1387 \text{ Pa}$$

$$h = 6,02 \text{ pulg de agua}$$

Nivel -60

$$h = 0,022 * 13,34 * 350 * 137,55^2 / 11,19^3 = 1387 \text{ Pa}$$

$$h = 5,17 \text{ pulg de agua}$$

Determinación de las resistencias aerodinámicas

Resistencia por fricción

De la ecuación (27)

$$R = \alpha PL/A^3$$

Nivel -10

$$R = 0,022 * 12,98 * 350 / 10,54^3 = 0,085 \mu$$

Nivel - 60

$$R = 0,022 * 13,34 * 350 / 11,19^3 = 0,073 \mu$$

Potencia del motor

De la ecuación (30)

$$P_{MOTORab} = \frac{Q_t * h_t}{1000 * \eta}$$

$$Q_t = 265,08 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_t = 1387 \text{ Pa}$$

$$P_{MOTORab} = \frac{265,08 * 1387}{1000 * 0,85} = 432,55 \text{ kW}$$

$$P_{MOTORab} = 579,8 \text{ HP}$$

IV.4 Selección del tipo de ventilador

Existen múltiples ventiladores que satisfacen cada caudal, caída de presión, revoluciones por minuto, tipos de aspas o el diámetro. Todas estas características, esenciales para la selección del ventilador apropiado, pueden ser obtenidas de los catálogos de los fabricantes.

Según datos del proyecto de explotación, más la experiencia práctica en faenas de características similares, se propone implementar un sistema de ventilación aspirante. Para dicho efecto, se planea la entrada de aire fresco -desde superficie- por medio de rampa de acceso principal, la cual estará conectada a cada uno de los subniveles comprometidos en cada frente a explotar; la extracción del aire contaminado, se propone realizar por medio de una chimenea vertical (chimenea de extracción general), desde el nivel más profundo de la mina, hasta la superficie.

En particular, se eligen ventiladores axiales de aspa ajustable del tipo JetStream (Alphair), debido a que son más adecuados para suministrar mayores caudales a baja presión, mayor eficiencia, menores niveles de ruido y menor consumo de energía eléctrica, y fueron diseñados específicamente para la ventilación principal de minas y otras aplicaciones.

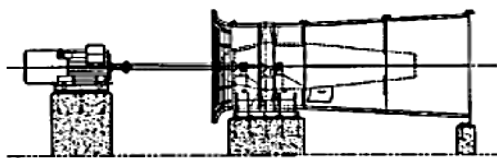
Estos robustos ventiladores axiales de paso ajustable rinden volúmenes de hasta 1.000.000 pie³/min (470 m³/s) y presiones totales de hasta 28 pulg de agua (7 kPa), variando en tamaños de diámetro de 2" a 148" (1900 a 3800 mm); esta línea de ventiladores ha sido diseñada para ofrecer alta eficiencia y servicio confiable.

Para las condiciones de explotación de la mina Sosa Méndez se selecciona el ventilador modelo ZVHV 1-20-450/6 de 450 kW de potencia, producido por la firma española ZITRON.

IV 4.1 Montaje

Figura 11: Montaje de los ventiladores fuente. (APHAIR)

Pedestales

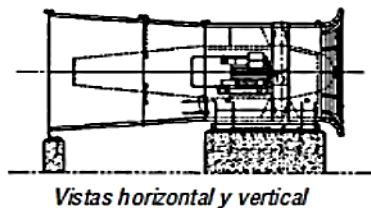


Disposición 3

Rotor montado entre cojinetes. Cojinetes soportados por pedestales de acero comercial montados en la masa central del ventilador. Los pedestales pueden emperrarse para permitir el cambio de cojinetes con el rotor y el eje en su lugar.

Disposición 4

Rotor montado directamente sobre el eje del motor. La brida del motor montada sobre la masa central del ventilador, hacia la parte posterior del rotor.



Vistas horizontal y vertical

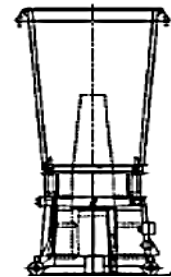


Figura 12: Modelo ZVHV 1- 20- 450/6 fuente. (ZITRON)



IV 5 Ductos de succión flexible

Los ductos de succión flexibles son ideales para la ventilación de extracción en la que se requiere un ducto de peso ligero y fácil de transportar de bajo costo inicial y facilidad de instalación. El ducto por lo general está hecho de polyester y nylon recubierto con PVC y reforzado con un resorte de acero helicoidal. Los diámetros estándar van de 150 a 1,500 mm (0.5 a 5 ft), con largos estándar de 3, 4.5, o 7.5 metros (10, 15, o 25 pies). La distancia entre vueltas del resorte de acero puede variar según se requiera.

IV 5.1 Aspectos generales

- El peso depende de la capacidad de presión negativa
- Se puede almacenar en un área pequeña
- Si tiene la tensión correcta factor de fricción medio, de lo contrario las pérdidas por fricción pueden ser muy altas

Figura 13: Ducto de succión flexible fuente. (DUCTSIM)

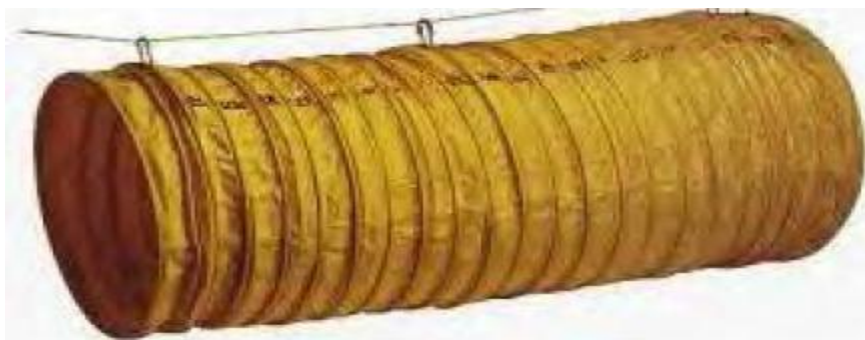


Tabla 19: Requerimiento de aire proyectado para (500 tpd)

	Cantidad	Potencia (HP)	Consumo	
			m³/s	pie³/min
Personal en la mina	100		7	14832,2
Equipo diesel		749	37,45	79352,1
Temperatura			21,04	44581,2
FRENTE DE ARRANQUE				
Desprendimiento de gases			3,5	7416,1
Voladuras			3	6356,6
Personal interno en la mina	30		3	6356,6
Factor polvo			16,8	35597,2
SECTOR DE EXTRACCIÓN				
Gases desprendidos			6,3	13348,9
Cantidad de personas	30		13	27545,4
Gases por voladura			6,3	13348,9
Almacenes de explosivos	1		2,94	6229,5
Carga eléctrica de baterías	5		1,6	3390,2
Caudales medidos totales de la mina			119,49	253185,0
		Total	241,42	511540,0
Perdidas por filtraciones de aire 10%		Total	265,08	561672,7

Tabla 20: Resultados de los cálculos

Caudales totales de la mina	265,08 m³/s (561.672,0 pie³/min)
Caudal nivel -10	127,47 m³/s (270.094 pie³/min)
Caudal nivel – 60	137,55 m³/s (291.452 pie³/min)
Depresión del nivel – 10	1387 Pa
Depresión del nivel -60	1387 Pa
Potencia del motor	(580) HP (434 kW)
Modelo del ventilador (aspirante)	ZVHV 1-20-450/6
Diámetro del ventilador	2 m
Revoluciones	2600 rpm

Costo del ventilador aproximado	180.000 US\$
Requerimiento de aire total	0,6 m ³ /s/kW
Ducto de succión flexible	30" - 34"
Costo de los ductos	3 US\$/m

CONCLUSIONES

1. En la República Bolivariana de Venezuela no existen normas de seguridad minera para la regulación de los aspectos relacionados con la ventilación de minas subterráneas.

2. La explotación de la mina subterránea Sosa Méndez se realiza en condiciones inseguras debido a la ineficiencia del sistema de ventilación aplicado en la actualidad.

3. El análisis de los parámetros de explotación y las características geológicas del yacimiento Sosa Méndez permitió elaborar la metodología para diseñar el esquema de ventilación de la mina Sosa Méndez, que incluye el pronóstico de la capacidad de desprendimiento de gases de los sectores de extracción, el cálculo de la demanda máxima en el frente de arranque según el factor gaseoso, la cantidad de personas y de equipamiento, el desprendimiento de polvo y el cálculo de la cantidad de aire para la ventilación de los sectores de extracción y de los frentes en preparación.

4. La aplicación del esquema de ventilación propuesto en la mina Sosa Méndez permitirá realizar la explotación de forma segura y racional.

RECOMENDACIONES

1. Aplicar el esquema de ventilación propuesto en la explotación de la mina de oro Sosa Méndez.
2. Continuar la investigación en la mina Sosa Méndez para precisar los resultados obtenidos durante la aplicación del esquema de ventilación propuesto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALPHAIR. Disponible en: [http:// alphairfans.com](http://alphairfans.com)

Andrade S. (2008). **Guía Metodológica de seguridad para Proyectos de Ventilación de minas.**

Apazza A. Eddison. (2011). **Curso de Ventilación de minas, “El método de Hardy Cross aplicado a la Ventilación de Minas Subterráneas** Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; Perú

Compumet EIRL. (2007). **Calidad del Aire.**

Córdoba & Escobar J. (2010). **Caracterización de Sistema de Ventilación en Minería Subterránea.** Disponible en: <https://www.google.co.ve/search?q=caracterizacion+de+los+sistema+de+ventilacion>.

DUCTSIM. (2003). **Manual del usuario.** Disponible en: http://www.mvsengineering.com/files/DuctSIM/Ductsim_Manual_del_Usuario

Escoda Salvador .S .A. (2009). **Manual Práctico de Ventilación.** Catalogo Técnico 2da Edición.

Galiano M. (2005). **Ventilación Subterránea.** Disponible en: <http://minasunsa.bligoo.es>

Gonzalo A. (2007). **Sistema General de Ventilación.** Compañía Minera Meridian S.A.

Kerguelen B. Jorgue L. (2013). **Cálculo de Parámetros Determinantes en la Preparación de un Circuito de Ventilación en Minería Subterránea de carbón usando Programación Estructurada** Boletín Ciencias de la Tierra, Nro. 33, pp. 155-162. Medellín, julio de 2013. ISSN 0120-3630 actos de Ventilación de Minas

Ramírez J. (2005). **Ventilación de Minas. Módulo de Capacitación Técnico Ambiental.** Empresa Minera MACDESA.

Raúl C. (2007). **Ventilación de Minas Subterráneas**

Servicio N de Geología y Minería. (2008). **Guía Metodológica de Seguridad de Proyectos de Ventilación de Minas.**

ZITRON. Empresa líder en sistema de ventilación. Disponible en: <http://www.zitron.com/2.html>