



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

“Sistema de ventilación para incrementar la productividad en el proyecto
Cuchi Corral Minera San Sebastián de Suyo Piura 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera de Minas

AUTORA:

Br. Guevara García, Wendy Dallance (ORCID: 0000-0003-2182-4458)

ASESOR:

Mg. Salazar Ipanaque, Javier Ángel (ORCID: 0000-0002-7909-6433)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Seguridad y Salud Minera

Chiclayo - Perú

2019

DEDICATORIA

A mi gran motivación, mis padres Urías Guevara y Yolanda García, por brindarme su apoyo y amor incondicional, inculcándome valores, y motivándome a cumplir mis propósitos como profesional.

A mis hermanos Juan Karol y Donatila por apoyarme en todo el periodo de mi carrera profesional, aconsejándome y motivándome a lograr mis metas.

Son el sentido de mi existencia, los amo.

Dallance Guevara G.

AGRADECIMIENTO

A Dios por que me permitió conocer a grandes personas que aportaron en mi vida, brindándome conocimientos nuevos, también por cada prueba que me puso para aprender a ser una mujer fuerte, y decidir arriesgarme por lo que quiero en mi vida.

Por otra parte, a mi familia por haberme apoyado en cada decisión que he tomado, y por ser las personas que me exigieron día a día para llegar a ser una buena profesional.

Finalmente, a las personas que contribuyeron a mi evolución como persona, aquellas que me ayudaron a sacar lo mejor de mí, que me enseñaron a perdonar, a tener paciencia, carácter para enfrentarme a diferentes circunstancias de la vida y sobre todo me brindaron consejos de calidad para convertirme en una excelente profesional.

Muchas gracias.

Dallance Guevara G

PÁGINA DE JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

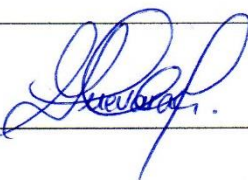
Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, **Wendy Dallance Guevara García**, identificada con DNI N° **75340472**, egresado de la Facultad de **Ingeniería y Arquitectura**, Escuela profesional de **Ingeniería de Minas** de la Universidad César Vallejo – Chiclayo, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis Titulado: **“SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROYECTO CUCHI CORRAL MINERA SAN SEBASTIÁN DE SUYO PIURA 2018”** son de mi autoría, por lo tanto, declaro que el Trabajo de Investigación / Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No a sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad Cesar Vallejo.

Chiclayo, 25 de noviembre del 2019

APELLIDOS Y NOMBRES DEL AUTOR Guevara García Wendy Dallance	
DNI: 75340472	
ORCID: 0000-0003-2182-4458	

ÍNDICE

RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
PRESENTACIÓN	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Realidad Problemática.....	14
1.2. Trabajos Previos	17
1.2.1. Antecedentes Internacionales	17
1.2.2. Antecedentes Nacionales	18
1.3. Teorías relacionadas al tema	20
1.3.1. Teorías.....	20
1.3.2. Marco Teórico	22
1.3.3. Marco Normativo Nacional	39
1.4. Formulación del problema	40
1.5. Justificación del estudio	40
1.6. Hipótesis.....	41
1.7. Objetivos	41
1.7.1. Objetivo general	41
1.7.2. Objetivos específicos	41
II. MÉTODO.....	42
2.1. Diseño de investigación	42
2.2. Variables y operacionalización	42
Variable Independiente.....	42
Variable Dependiente	42
2.3. Población y muestra	44
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	44
2.5. Métodos de análisis de datos	46
2.6. Aspectos éticos.....	46
III. RESULTADOS	48
3.1. Descripción actual de las operaciones de mina.	48
3.1.1. Ubicación	48
3.1.2. Coordenadas geográficas	48
3.1.3. Vías y acceso	48
3.1.4. Clima, flora y fauna.....	48
3.1.5. Topografía de la infraestructura subterránea.....	49
3.1.6. Geología regional	50
3.1.7. Geología local.....	51

3.1.8.	Producción.....	52
3.1.9.	Ingresos y egresos del proyecto Cuchi Corral.....	53
3.2.	Situación actual de la ventilación del proyecto Cuchi Corral de la mina San Sebastián de Suyo.....	55
3.2.1.	Cálculo del caudal actual	55
3.3.	Muestreo de temperaturas y velocidades de aire en puntos críticos de la mina	62
3.4.	Análisis de demanda de aire necesario en la mina.	63
3.4.1.	Requerimiento según número de trabajadores (Q_t).....	63
3.4.2.	Requerimiento según equipos (Q_e).....	64
3.4.3.	Requerimiento según explosivos (Q_{exp})	64
3.4.4.	Requerimiento según condiciones ambientales (Q_{amb}):	65
3.4.5.	Cálculo de cantidad total de aire en mina	66
3.4.6.	Dimensionamiento de Ventiladores y mangas	68
3.4.7.	Inversión en equipos e infraestructura	70
	Fuente. Mercado libre.com.pe	71
3.5.	Propuesta de Sistema de ventilación.....	72
3.5.1.	Sistema de ventilación para incrementar la productividad en el proyecto Cuchi Corral	72
3.5.2.	Descripción actual del Proyecto Cuchi Corral	72
3.5.3.	Condiciones actuales de ventilación	73
3.5.9.	Construcción de chimenea.....	79
IV.	DISCUSIÓN.....	83
V.	CONCLUSIONES	84
VI.	RECOMENDACIONES	85
VII.	REFERENCIAS.....	86
	ANEXOS	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límite máximo permisible de gases tóxicos.	22
Tabla 2. Caudal de aire /hombre según la altitud.....	25
Tabla 3. Especificaciones técnicas de la perforadora Stopper.	32
Tabla 4. Especificaciones técnicas del Jack Hammer.	33
Tabla 5. Especificaciones Técnicas de la perforadora Jack Leg.	34
Tabla 6. Especificaciones técnicas de la dinamita.	35
Tabla 7. Especificaciones técnicas de la pentonita.	36
Tabla 8. Especificaciones técnicas del ANFO.	36
Tabla 9. Especificaciones técnicas de las emulsiones.	37
Tabla 10. Operacionalización de variables	43
Tabla 11. Coordenadas de ubicación de la concesión minera.	48
Tabla 12. Cuadro de unidades estratigráficas	51
Tabla 13. Costos de inversión inicial.	53
Tabla 14. Costos de producción mensual de la mina.	54
Tabla 15. Situación actual de la producción del proyecto Cuchi Corral.	54
Tabla 16. Detalle económico de ingreso mensual.....	55
Tabla 17. Detalle económico de egresos mensuales de la mina.	55
Tabla 18. Flujo efectivo neto mensual.	55
Tabla 19. Datos de la velocidad actual en mina.	57
Tabla 20. Cálculo del caudal actual.	58
Tabla 21. Datos de medición de temperatura.	60
Tabla 22. Datos de medición de gases.	61
Tabla 23. Datos de temperatura y velocidad de aire en puntos críticos de la mina.	62
Tabla 24. Cálculo del caudal según número de trabajadores.	63
Tabla 25. Cálculo del caudal según equipos.	64
Tabla 26. Cálculo de caudal según uso de explosivos.	64
Tabla 27. Cálculo del caudal considerando las condiciones ambientales.	65
Tabla 28. Cálculo del caudal total.	66
Tabla 29. Cálculo del déficit de caudal.	67
Tabla 30. Cálculo del área de la manga de ventilación.	68
Tabla 31. Resumen de resultados de las características del sistema de ventilación.	69
Tabla 32. Características del ventilador propuesto.	69
Tabla 33. Cotización de equipos y accesorios para implementar el sistema ventilación.	70

Tabla 34. Inversión en pago de personal para instalación.....	71
Tabla 35. Costos adicionales.	71
Tabla 36. Resumen de resultados de velocidad de aire.....	73
Tabla 37. Resumen de resultados de caudal actual.....	74
Tabla 38. Resumen de resultados de temperatura.....	74
Tabla 39. Resumen de resultados de medición de gases.....	75
Tabla 40. Resumen del requerimiento de aire total.....	76
Tabla 41. Presupuesto general de inversión del sistema de ventilación propuesto.	78
Tabla 42. Costos de mantenimiento del ventilador propuesto.	79
Tabla 43. Costos de mantenimiento de mangas.....	79
Tabla 44. Tiempo de ventilación actual vs el tiempo del sistema de ventilación propuesto.	80
Tabla 45. Producción con el sistema de ventilación actual vs la producción con el sistema de ventilación propuesto.	80
Tabla 46. Incidencia de costos mensuales del sistema de ventilación.....	81
Tabla 47. Comparación de flujo efectivo mensual actual con el flujo efectivo mensual aplicando la propuesta del sistema de ventilación.	82

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Plano de la topografía subterránea de la mina Cuchi Corral.....	49
Ilustración 2. Diseño del proyecto Cuchi Corral Mina San Sebastián de Suyo Piura.....	77
Ilustración 3. Circuito de ventilación de la mina Cuchi Corral.	78

RESUMEN

La presente investigación tuvo como finalidad diseñar un sistema de ventilación para incrementar la productividad en el proyecto Cuchi Corral Minera San Sebastián de Suyo Piura 2018.

La investigación surgió de la observación de un problema relacionado con sistemas de ventilación deficientes en minas subterráneas, para dicha investigación se buscó trabajar con una muestra que fue el proyecto Cuchi Corral en todas sus labores, utilizando un diseño de investigación descriptivo propositivo.

Asimismo, para el recojo de información se utilizaron métodos como el analítico y sistémico y como técnica de investigación documental y de campo, junto a instrumentos empleados como: Anemómetro digital, Altair 4x, brújula, GPS y cinta métrica, además se empleó el Software VENTSIM para realizar el circuito de ventilación de la mina. Toda esta metodología se da a esta investigación el respaldo, sustento y seriedad respectiva.

Finalmente, se obtuvo como resultado que: el proyecto Cuchi Corral según requerimientos de acuerdo a normativa necesita un caudal de 4838.11 cfm, mientras que los cálculos del caudal actual son de 683.2 cfm. Lo que hace que se tenga un déficit de caudal de 4154.9 cfm, todos los resultados se muestran por medio de tablas enumeradas, y cada una de ellas contiene su respectivo análisis que contribuyeron a comprobar la hipótesis que si se propone un diseño de sistema de ventilación entonces se incrementará la productividad en el proyecto Cuchi Corral Minera San Sebastián de Suyo Piura 2018, toda la investigación permitió concluir que: La propuesta de un sistema de ventilación permitirá incrementar la productividad en el Proyecto Cuchi Corral minera San Sebastián de Suyo, de esa manera se desarrollaran las labores de avance referentes al primer y segundo nivel de la mina y las condiciones termo – ambientales sean los adecuados.

Palabras Claves: Altair 4x, caudal, cfm.

ABSTRACT

The purpose of this research was to design a ventilation system to increase productivity in the Cuchi Corral Minera San Sebastián de Suyo Piura 2018 project.

The investigation arose from the observation of a problem related to poor ventilation systems in underground mines. For this research, it was sought to work with a sample that was the Cuchi Corral project in all its tasks, using as a type and design of descriptive, proactive research.

Likewise, for the collection of information, methods such as the analytical and systemic method were used, as well as documentary and field research techniques, together with instruments such as: Digital anemometer, Altair 4x, compass. GPS and tape measure, in addition VENTSIM Software was used. All this methodology is given to this investigation the support, sustenance and seriousness respectively.

Finally, it was obtained as a result that: the Cuchi Corral project according to requirements according to regulations needs a flow of 4838 cfm, while the current flow calculations are of 683.2 cfm. What makes a flow difficulty of 4154.9 cfm, tables listed show all results, and each of them contains their respective analysis that helped to test the hypothesis: If a ventilation system design is proposed then productivity will increase in the Cuchi Corral Minera San Sebastian de Suyo Piura 2018 project, the entire investigation allowed to conclude that: The proposal of a ventilation system will increase the productivity in the Cuchi Corral mining project San Sebastián de Suyo, in this way the advance work related to the first and second level of the mine will be developed and the thermo - environmental conditions will be adequate.

Keywords: Altair 4x, Flow, cfm.

PRESENTACIÓN

El presente trabajo de investigación titulado ‘‘Sistema de ventilación para incrementar la productividad en el proyecto Cuchi Corral minera San Sebastián de Suyo Piura 2018’’ tiene por objetivo: Proponer un diseño de sistema de ventilación para incrementar la productividad y resulta de gran interés porque esta investigación permitirá que las condiciones termo – ambientales de la mina sean las adecuadas según normas legales y por otra parte hará posible que se desarrollen las labores de avance para seguir con la producción y evitar la paralización de trabajos.

La investigación ha sido estructurada en siete capítulos; el primero aborda la introducción, aquí se encuentra la realidad problemática que se muestra en la zona donde se desarrolla la investigación, los trabajos previos que son los antecedentes internacionales y nacionales, y las teorías relacionadas al tema de investigación. El segundo capítulo hace referencia al método, en esta sección se precisa el diseño de investigación, variables, población y muestra, las técnicas de recolección de datos, y los métodos de análisis de datos sin dejar de lado los aspectos éticos.

En cuanto al tercer capítulo se toma en cuenta los resultados, en el que se considera la descripción actual de las operaciones mina, la situación actual de la ventilación, el muestreo de temperaturas y velocidades de aire en mina, la demanda necesaria de aire y el presupuesto de compra de los equipos para la instalación del sistema de ventilación.

La discusión se considera como cuarto capítulo, donde se interpretan los resultados y se discute la coherencia y contradicciones según los autores citados en la investigación. El quinto capítulo considera a las conclusiones de todo el trabajo de investigación y como penúltimo capítulo están las recomendaciones hechas específicamente a la mina Cuchi Corral y a la Universidad Cesar Vallejo y el último capítulo abarca la propuesta del proyecto del Sistema de Ventilación

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

Actualmente las empresas mineras tienen distintas necesidades, las cuales varían según el diseño de explotación empleado, ya sea a tajo abierto o subterráneo, en ambos casos se considera aplicar el tema de seguridad y salud minera como un criterio fundamental, ya que ayuda a evaluar, diagnosticar y controlar que el ambiente de trabajo sea ideal, para que el personal se desenvuelva de manera eficiente y sin poner en riesgo su vida.

En el caso de las minas subterráneas se toma en cuenta una secuencia de procesos, que abarca desde la elección del procedimiento de explotación hasta el procesamiento de mineral, y finalizando con la comercialización. Pero en interior mina se considera ciertos parámetros y uno de ellos es el sistema de ventilación, el cual es una técnica principal que se usa con la finalidad de suministrar aire puro a las diferentes labores, con la intención de que los equipos funcionen adecuadamente y el personal trabaje de manera eficiente y en óptimas condiciones.

Como ejemplo de un sistema de ventilación ideal se encuentra Tau Tona la mina más profunda del mundo, ubicada en la ciudad de Carletonville, a 70 kilómetros de Johannesburgo en Sudáfrica, cuenta con enormes sistemas de refrigeración y ventilación ya que alcanza una temperatura máxima de 55°C, y gracias a estos sistemas la temperatura disminuye a 20°C (BLOG INGENIERÍA, 2014).

Sin embargo pese a lo mencionado anteriormente existen problemas relacionados a sistemas de ventilación deficientes en minas subterráneas, el mismo que se define como la falta de abastecimiento de aire fresco en las diferentes labores interior mina, lo que genera que las condiciones ambientales y termo-ambientales estén en desbalance originando deficiencias en el trabajo

(VARGAS, 2015) y que se provoca por diversas causas tales como: control inadecuado de calidad de aire, monitoreo incorrecto de gases venenosos, falta de prescripción reglamentaria, temperaturas altas y mala condición o falta de diseño de circuitos de ventilación.

Si se hace reseña del aire inadecuado de una mina esto se define como la mala condición, evaluación y monitoreo del caudal de aire en las labores mineras, originando que no se evacue de manera eficiente los gases tóxicos produciendo futuros accidentes. Una evidencia de este problema es el caso que se dio en el Pozo Emilia del Valle (Empresa Hullera Vasco Leonesa), ubicada en Santa Lucia (España), donde se manifestó un accidente en una mina de carbón a una gran profundidad (694 m) donde seis trabajadores murieron por envenenamiento, debido a que en la labor había presencia de gas grisú y no se había hecho el control respectivo (I GEO TV, 2013).

Otra causa a tratar es la falta de control de gases venenosos en interior mina esto se refiere a que, si los gases por voladura y equipos no son monitoreados y evacuados, podrían ser inhalados por los trabajadores provocando el efecto de gaseamiento, que como consecuencia produce desmayos o la muerte (ELIPE S.A, 2011). Una evidencia de este problema es el accidente ocurrido en la mina Tavera distrito de Chuquisaca en Bolivia, el accidente se originó en la madrugada cuando seis trabajadores ingresan a socavón, y ya que no se había aireado esa zona de trabajo, cinco de ellos inhalaron los gases originando su muerte por intoxicación, el trabajador que quedo sobrevivió (DIARIO EL DÍA, 2017).

A esta complicación se le incluye, que no se considera la prescripción reglamentaria esto quiere decir que las normas que regulan la ejecución de actividades mineras con respecto al criterio de ventilación no son tomadas en cuenta por la empresa minera. Una demostración de este problema ocurrió en la mina Coahuila en México, se produjo una explosión debido a la acumulación de gases y quedaron atrapados 65 mineros, rescatados sin vida a dos de los trabajadores, pero el resto de los cuerpos nunca pudo ser recuperado, esto se

produjo debido a que no se tomó en cuenta las normas referentes a seguridad y salud ocupacional (MSN NOTICIAS, 2009).

Por otra parte, contamos como problema la mala condición de circuitos de ventilación esto describe que el sistema o circuito de ventilación no cuenta con las redes de distribución de aire necesarias según los tipos de labores que tenga la mina. El Perú al no ser ajeno a la problemática expuesta, un problema basado en la causa ya mencionada se manifestó en Consorcio Minero Horizonte ubicado en La Libertad, la gerencia general sancionó a la empresa CMH SA, con una multa de 10 UIT debido a que la velocidad del aire en el cruce 5125 N del nivel 2625 era menor a 6 m/min, lo que incumple el límite mínimo de velocidad de aire que conforme a norma es de 20 m/min, lo cual obliga a realizar la supervisión y control del circuito de ventilación (OSINERGMIN, 2011).

El problema de ventilación deficiente se presenta en el Proyecto Cuchi Corral de la Mina San Sebastián de Suyo, provincia de Ayabaca - Piura, donde se pudo observar que no cuenta con un diseño de ventilación mecánica, y los rangos de velocidad de aire no son adecuados, lo que provoca que no se evacue en su totalidad el aire viciado, la temperatura sea inestable y las condiciones de trabajo no sean las convenientes.

Frente a lo expuesto se plantea las siguientes interrogantes: ¿Cómo mejoraría las condiciones de trabajo en el proyecto Cuchi Corral si se propone diseñar el sistema de ventilación? ¿De qué forma el sistema de ventilación, ayudara al desarrollo de la Mina San Sebastián de Suyo? ¿Cómo desarrollar un diseño de sistema de ventilación para el proyecto Cuchi Corral, según las normativas y reglamentos de nuestro País? ¿De qué manera el software VENTSIM VISUAL ayudará a determinar el modelamiento y diseño de ventilación?

1.2. Trabajos Previos

1.2.1. Antecedentes Internacionales

CASTILLO ARANGUREN, Daniel (2017) en la investigación que lleva como título “Evaluación del sistema de ventilación de la mina el Roble” en Colombia, afirma que es obligatorio que se realice de manera regular la subsistencia de los equipos de ventilación en mina, para poder determinar si hay presencia de fallas las cuales originen la paralización de trabajo, considerando el mantenimiento de ductos y mangas de ventilación. Ese proceso se puede realizar semanalmente de tal modo que se controle el caudal requerido para la labor de trabajo.

CARABAJO NAULA, Carla (2015) en la investigación titulada “Diseño del circuito de ventilación de la zona norte de la Mina Cabo de Hornos, ubicada en el distrito aurífero polimetálico Portovelo - Zaruma” en Ecuador, afirma que la concentración de gases tóxicos se incrementa en las zonas más hondas de la mina, ya que se considera el uso de equipos como los Scoops, o las palas diésel, que se aplica para el recojo y envío del mineral, si no se ventila dicha zona pues obstaculizará el rendimiento de los trabajadores y el ambiente laboral no sería el adecuado.

MENESES MENDOSA, Edgar (2008) en la investigación titulada “Análisis y diseño para la propuesta de un sistema de ventilación adecuado para FOGEL de Centroamérica” en Guatemala, afirma que, según las condiciones y necesidades de la planta, se necesita hacer uso de un sistema de ventilación mecánica, la cual contará con extractores axiales verticales que serán distribuidos para mantener un clima confortable y un ambiente en condiciones estables.

1.2.2. Antecedentes Nacionales

IBAÑEZ ZAMUDIO, Vicencio (2017) en la investigación “Diseño del sistema de ventilación en el nivel 4050 veta Don Hernesto Unidad Minera El Porvenir - Milpo” afirma que se necesita verificar el mantenimiento de los equipos los cuales se emplean en las labores mineras con la finalidad de minorar la difusión de monóxido de carbono, y también inspeccionar las condiciones mecánicas de los ventiladores instalados controlando el caudal y tengan una buena eficiencia sin dejar de lado la implementación de mangas de ventilación y así disminuir la pérdida de flujo.

MORALES RODRÍGUEZ, Francisco (2017) en la investigación titulada “Optimización del sistema de ventilación de la Mina Charito, Compañía Minera Poderosa S.A.”, afirma que el medio en que se da la ventilación en una mina puede ser variante, y es por ello que se es necesario adecuar una ventilación mecánica o forzada para los distintos puntos de trabajo.

CONDORI CONDORI, Víctor (2016) en la investigación titulada “Optimización del sistema de ventilación con el software Ventsim Visual en la U.M. Heraldos Negros de la compañía minera San Valentín S.A - Huancavelica”, afirma que:

Para tener una buena base de datos de campo es necesario capacitar al personal de ventilación en el levantamiento de los puntos de muestreo y poder ingresar dicha base al software Ventsim Visual, para poder realizar una buena distribución del aire limpio (p. 126).

GARCÍA AGAMA, Edwin (2016) en la investigación titulada “Evaluación de la situación actual del sistema de ventilación y propuesta para su optimización en mina subterránea carbonífera Mi Grimaldina I - Cajamarca - 2016.” afirma que: es prudente que se implemente los equipos de control y mediciones de gases, para usarlos de manera frecuente y así evaluar o monitorear los hálitos fruto de la voladura para que estén margen

aceptable, y de esa manera las condiciones de la labor sean ideales para los trabajadores.

SUTTY VILCA, Jesús (2016) en la investigación titulada “Influencia de la ventilación mecánica, en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 mina Urano SAC – Puno”, afirma que es obligatorio que se use el software de ventilación para evaluar el sistema constantemente, teniendo en cuenta el empleo de ventiladores y energía eléctrica, así mismo tener el control estricto del horario de ventilación para hacer uso adecuado de la energía y no tener gastos innecesarios.

PIEROLA TORRES, Olguín (2015) en la investigación “Evaluación integral del sistema de ventilación, modelamiento y diseño mediante el uso del Software Ventsim visual avanzado en la U. M. Animon CIA. Minera Chungar”, afirma que los ventiladores se tienen que adquirir teniendo en cuenta las condiciones del caudal requerido en la labor, la coacción, uso de energía y las características de los ventiladores dependiendo de las operaciones de la mina, y evitar un costo mayor de adquisición y energía eléctrica.

LICAS TIPE, Víctor (2014) en la investigación titulada “Proyecto de ventilación, para aplicar el derribo por subniveles en la Unidad Minera de Caudalosa Chica”, afirma que en toda empresa minera se debe considerar un ambiente de calidad en las labores mineras, de tal forma que los trabajadores cumplan su labor de manera eficiente considerando las leyes establecidas por el país como la ley N° 29783 y el DS 024 2010 EM.

CHAMBERGO ORIHUELA, Gerardo (2013) en la investigación titulada “Propuesta de un sistema de ventilación, aplicando tecnologías de información y manejo de escenarios técnico económico en la unidad productiva San Cristóbal, de Minera Bateas S.A.C.”, afirma que su proyecto logrará reducir el consumo de energía gracias al empleo de instrumentos, tecnología y sistemas sofisticados que permitirán la comunicación en interior mina.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Teorías

Existen dos teorías que afirman los principios básicos para realizar un circuito de ventilación. Según CHAMBERGO (2013) las teorías son las siguientes:

A. Leyes de Kirchof (1845)

Esta ley se centra en la conservación de la energía y considera dos leyes importantes que se emplean en electrónica y ayuda a realizar un análisis de los circuitos eléctricos.

Primera ley de Kirchof: Se le conoce como la ley de continuidad de nodos y se refiere a que la sumatoria de caudales que se adhieren al nodo son iguales a la sumatoria de caudales que salen, es decir la adición de caudales entrantes y salientes son igual a cero.

$$\sum Q = 0$$
$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4$$

Segunda Ley de Kirchof: Se le conoce como la ley de conservación de energía en los circuitos eléctricos, e indica que la sumatoria de desgaste de energía en los intervalos que acceden a un ciclo cerrado tiene como resultado cero.

$$\sum H_t = 0$$

B. Algoritmo de Hardy Cross (1930)

El ingeniero Hardy Cross creador de este método lo empleo como soporte para los cálculos de circuitos de ventilación y este algoritmo se fusiona con las leyes de Kirchof. Considerando la función:

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

P= Presión

R= Resistencia

Q= Flujo de aire

Para obtener el valor del flujo Q

$$Q = Q_a + \Delta Q$$

Dónde:

Qa= Caudal inicial

ΔQ = error asumido de Qa

El algoritmo propuesto por Hardy Cross busca reducir el error de conexión en los circuitos, y es el siguiente:

$$q_f = \frac{\sum a_{ij} R_i Q_i |Q_i|}{2 \sum R_i |Q_i|}$$

Para obtener el resultado de número de mallas (m) el criterio se basa en la siguiente relación:

$$m = N^\circ \text{ de ramales} - N^\circ \text{ de nudos} + 1$$

1.3.2. Marco Teórico

A. Sistema de Ventilación

A.1. Ventilación

Es la acción de mover aire limpio en las diferentes labores mineras, considerando las necesidades del personal, de los equipos, evacuación de gases que pueden alterar la salud de los trabajadores, y para ello se considera el límite máximo permisible de gases.

Garantizar una buena ventilación permite que las condiciones de trabajo sean seguras para los trabajadores, de este modo permite la dilución de diferentes gases tóxicos generados por voladura o equipos, para certificar la calidad del aire es necesario considerar los límites máximos permisibles de los gases que se muestran en el siguiente cuadro.

Tabla 1. Límite máximo permisible de gases tóxicos.

GAS	EN PPM	(%)
OXÍGENO (O ₂)	-	19.5 % min
MONÓXIDO DE CARBONO	25	0.0025%
GASES NITROSOS (NO)	5	0.0005%
DIÓXIDO DE CARBONO	5000	0.5 %
DIÓXIDO DE AZUFRE	5	0.0005%
ÁCIDO SULFÚRICO	10	0.001%
METANO (CH ₄)	5000	0.5%
HIDRÓGENO (H ₂)	5000	0.5%
ALDEHIDOS	5	0.0005%

Fuente. Reglamento de Seguridad y salud ocupacional Art 86. DS 024-2016 EM

La ventilación es un parámetro importante en toda mina subterránea, que tiene como finalidad proporcionar aire fresco a las diferentes zonas de trabajo, considerando como principios la diferencia de presiones ($P_1 > P_2$)

y temperaturas ($T_1 < T_2$) de este modo lograr un ambiente libre de peligros. La ventilación tiene que ser monitoreada constantemente para controlar los diferentes gases tóxicos que se producen interior mina y poder evacuarlos. Es el proceso por el cual se distribuye aire en la mina para tener una atmósfera excelente para el desarrollo de las faenas mineras. Para este proceso se necesita determinar y calcular un circuito según las labores que tenga la mina, y es importante seleccionar el ventilador ideal el que originará el movimiento del aire.

A.2. Tipos de Ventilación

Se cuenta con tres tipos: ventilación natural, ventilación mecánica y auxiliar.

Ventilación natural: se refiere al flujo de aire que se integra a las zonas internas de la mina sin apoyo de fuerzas mecánicas. Para que esto se origine, tendrá que existir una diferencia de alturas entre el ingreso y salida de la mina. Se considera que lo importante en mina no es la profundidad si no el intercambio termodinámico que se da en el interior y exterior de la mina (GUILLEN, Cesar, 2016).

Este tipo de ventilación es empleada como sistema único, pero tiene como desventaja que la frecuencia de aire es cambiante, depende de la velocidad y estación del año.

Ventilación mecánica: se le conoce como ventilación forzada, y las diferencias de presiones se producen por un dispositivo mecánico que trabaja con energía eléctrica, aire comprimido etc. Se emplea cuando la ventilación natural no cumple con el caudal ni la velocidad de aire necesario y se hace uso de ventiladores ya sean principales o secundarios (GUILLEN, Cesar, 2016).

Este tipo de ventilación permite que se distribuya el flujo en todas las labores de la mina, considerando la elección de ventiladores, que son

máquinas que transfieren energía generando presión para mantener un flujo continuo de aire, los cuales estarán apoyados por mangas de ventilación entre otros accesorios, y para su elección se tienen que realizar los cálculos del caudal necesario.

Ventilación Auxiliar: en mina hay zonas que no son ventiladas por la corriente principal, es por ello que necesita la ayuda de una ventilación específica que mantener la zona de trabajo libre de gases tóxicos. Los elementos de una ventilación auxiliar son el ventilador, que es un equipo que mediante energía genera un flujo de aire determinado, y así mismo las mangas de ventilación que son ductos que permiten distribuir el aire en diferentes zonas de trabajo.

A.3. Estimación del caudal necesario

Se define como la suma de flujo que se distribuye a las labores, cuya función es distribuirse continuamente y sin interrupciones y su movimiento se produce cuando hay diferencia de presiones.

$$Q = V \times A$$

Q= caudal (m³/min)

V= velocidad promedio (m/min)

A= área de sección (m²)

Para poder determinar el caudal ideal en interior mina se necesita realizar cálculos teniendo en cuenta el número de personas, cantidad de equipos, tipo de explosivo y condiciones ambientales.

Según la cantidad de personal:

$$Q_1 = q \times n$$

Q₁ = caudal necesario

q= aire mínimo por persona (m³/min)

n= total de personas/guardia

Es necesario considerar que a diferente altitud la respiración del personal aumenta:

Tabla 2. Caudal de aire /hombre según la altitud

ALTURA	PORCENTAJE	CAUDAL DE AIRE
De 1500 a 3000 msnm	40%	4 m ³ /min
De 3000 a 4000 msnm	70%	5 m ³ /min
De 4000 msnm a mas	100%	6 m ³ /min

Fuente. DS 024 2016 EM.

Según equipos Diésel:

$$Q_2 = K \times N$$

Q₂=Cantidad de aire/equipos

K= 3 m³/min (cantidad de aire /HP)

N= HP de los equipos

Según uso de explosivos

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

Q₃= Cantidad de aire para diluir contaminantes por explosivos

V= Velocidad de aire 20 m/min (Dinamita), 25 m/min (ANFO).

n= Numero de niveles de la mina

A= Área promedio de sección de las labores (m²)

Para mantener condiciones ambientales optimas

$$Q_4 = V \times n \times A$$

Q₄= Cantidad de aire para mantener condiciones ambientales estables

V= Velocidad del aire promedio

n= Número de niveles con T° elevada

A= Área promedio de la labor

Cálculo total de cantidad de aire

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

Fuente: SUTTY, Jesús, 2016, p 36

A.4. Métodos de ventilación

De acuerdo a CHAMBERGO, Gerardo (2016) existen tres sistemas:

Ventilación Impelente: el flujo de aire ingresa a las labores de trabajo gracias a una tubería o manga promovido por un ventilador, la masa de aire se remueve del lugar hacia la corriente que tiene la galería principal, este sistema es el más empleado en minería subterránea (Ver Anexo Figura N°01).

Ventilación Aspirante: este sistema consiste en succionar el aire contaminado del frente de trabajo mediante un ducto (manga) y con la ayuda de dos ventiladores que se instalan de extremo a extremo (Ver Anexo Figura N° 02).

Ventilación Mixta: es la unión de la ventilación impelente con la aspirante, también conocido como soplante, este sistema usa un ventilador auxiliar que se ubica al frente de la labor. Este tipo de ventilación fusiona los sistemas mencionados anteriormente realizando un mejor trabajo (Ver Anexo Figura N° 03).

A.5. Caída de presión mina

Según QUISPE, Elmer (2015), la caída de presión se origina por impedimentos o superficies que no permite que el aire se esparza por todas las labores de la mina y constan de tres tipos: Caída por fricción, caída por choque y caída por presión dinámica.

Caída por fricción: esto se origina debido a que paredes o techos hagan obstáculo a la corriente de aire, y es preciso considerar algunas variables tales como: la longitud, el perímetro, la densidad del aire, sección transversal y el factor de fricción, estas variables dependen de la temperatura y presión atmosférica.

Para saber cuál será el resultado, se usará la ley de Atkinson:

$$Hf = R * Q^2$$

$$R = \left(\frac{K \times P \times L}{A^3} \right) \times \frac{\rho}{1.2}$$

$$K = \frac{\lambda \times \rho^*}{2}$$

Dónde:

Hf = Pérdida de carga o caída de presión por fricción (N/m²).

R = Resistencia práctica (N-s²/m⁸).

Q = Caudal (m³/s).

K = Fricción de la galería o coeficiente de resistencia aerodinámica (N-s²/m⁴).

P = Perímetro de galería (m).

L = Longitud de galería (m).

A = Área de galería (m²).

ρ = Densidad del aire en el lugar de trabajo (kg/m³).

λ = Coeficiente de fricción o frotamiento (abstracto).

ρ^* = Densidad del aire a nivel del mar (kg/m³).

Coeficiente de fricción: para determinar el coeficiente de fricción se hace uso de la siguiente ecuación:

$$\lambda = \frac{1}{4 \left[2 \log_{10} \left(\frac{d}{e} \right) + 1.14 \right]^2}$$

$$d = \frac{4 \times A}{P}$$

Dónde:

d = Diámetro hidráulico (m).

e = Altura de las asperezas de la vía de aire (m).

P = Perímetro de galería (m).

A = Área de galería (m²).

Densidad del aire en el lugar: a nivel del mar la densidad es de 1.2 kg/m³, pero si hablamos de la densidad considerando diferentes alturas entonces dependerá de la presión barométrica y temperatura que halla en el lugar de trabajo.

$$\rho = \frac{0.388444 \times B}{T}$$

$$B = P_0 \times e^{\frac{-g \times h}{R \times T}}$$

Dónde:

ρ = Densidad del aire (kg/m³).

B = Presión barométrica (hPa).

T = Temperatura (°K).

P_0 = Presión atmosférica a nivel del mar (1 013 hPa).

g = Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²).

h = Altura sobre el nivel del mar (m).

R = Constante universal del aire (290 J/kg - °K).

Caída por choque: este tipo de caída de presión se produce debido a cambios de dirección del flujo de aire según el ducto, se considera que los obstáculos reducen el área del ducto generando pérdida, y representa de 10 a 30% de la sumatoria de caídas de presión.

$$Hch = \xi \times V^2 \times \rho/2$$

Dónde:

Hch = Caída de presión por choque (N/m²).

V = Velocidad del aire en el ducto (m/s).

ξ = Factor de resistencia local (Se determina por tablas).

Caída dinámica presión: Al fin del circuito se considera la presión dinámica de la salida del aire y se determina de la siguiente manera:

$$H_{\text{dim}} = V^2 \times \frac{\rho}{2}$$

Curva característica de la mina: Según Córdova y Molina (2011) para graficarla es necesario tener el dato de la resistencia (R) y se toma en cuenta la ecuación: $H_f = R \times Q^2$, que es la afinidad entre el caudal y la caída de presión.

A.6. Circuito de ventilación

Según FLORES, Marco (2017) menciona que el circuito de ventilación es la fuente primordial por la que transita el flujo de aire, el cual se diseña según las labores de la mina, y existen tres tipos de circuitos:

Circuito en serie: consiste en que el caudal de aire circule por las labores sin ramificaciones, y el caudal sea permanente y las galerías se conectan extremo a extremo. Se considera tres criterios:

El caudal es el mismo en todas las labores (todo el circuito):

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

En mina habrá una caída de presión de caudal general, la cual será equivalente a la sumatoria de caídas de presiones, y también tendrá una resistencia la cual se considera total y será equivalente a la sumatoria de resistencias parciales:

$$P_t = P_1 + P_2 + \dots + P_n$$

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

Circuito en paralelo con ramificaciones: las labores se ramifican en un solo punto, es decir, dos o más circuitos se entrelazan. Considerando la primera ley de Kirchoff, el caudal total necesario será igual a la sumaria de caudales parciales.

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

Teniendo en cuenta la segunda ley, la caída de presión son iguales, sin tomar en cuenta las condiciones de la labor (largo, caudal del aire, resistencia, etc).

$$P_t = P_1 = P_2 = \dots = P_n$$

Para la resistencia aerodinámica se toma en cuenta la fórmula de Atlikson, la cual considera que la sumatoria de las raíces de resistencias parciales es igual a la raíz cuadrada de la resistencia aerodinámica.

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

Circuito complejo: este tipo de circuito se caracteriza por tres criterios: Tiene que guardar relación la caída de presión, el caudal y la resistencia aerodinámica:

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

La sumatoria de caudales tiene que ser igual a cero

$$\sum Q = 0$$

La sumatoria de caídas de presión en todo el circuito tiene que ser cero.

$$\sum P = 0$$

Fuente: QUISPE, Elmer, 2015, p 25.

A.7. Tipos de ventiladores

Existen dos tipos, y se elige según las necesidades de la mina, los cuales son:

Ventiladores Centrífugos:

Estos equipos operan de la forma siguiente, el aire ingresa por la labor central y es aspirado por centrifugación en una rueda de alabes, de donde es impulsado a un cuerpo con forma de caracol, llamado voluta, cuya sección va incrementándose hasta alcanzar el orificio de salida en la zona llamada difusor (CHAMBERGO, Gerardo, 2013, p 24)

Ventiladores Axiales:

Son turbo maquinas que transmiten energía para generar la presión necesaria con la que mantener un flujo continuo de aire. En el ventilador del flujo axial, el aire ingresa a lo largo del eje del rotor y luego de pasar a través de las aletas del impulsor o hélice, es descargado en dirección axial (CHAMBERGO, Gerardo, 2013, p 24).

B. Producción

B.1. Explotación

En este proceso se extrae el mineral de los frentes de trabajo, considerando un método de explotación respectivo, para ser trasladados hacia una planta de procesamiento o en todo caso una estación de almacenamiento de material (SECRETARIA DE ECONOMIA, 2015).

Perforación

Es una técnica que se aplica para la extracción de roca en diferentes terrenos, por el cual se realizan perforaciones que ejecutan un efecto mecánico de percusión y rotación, la finalidad de la perforación es realizar huecos cilíndricos (taladros) en los cuales se pondrá un explosivo y accesorios iniciadores (ARCOS, Daniel, 2008).

Este trabajo se efectúa de manera cuidadosa, considerando una malla de perforación, la calidad del taladro depende de cuatro razones que son: el diámetro, la rectitud, la estabilidad y la longitud.

Se emplea tipos de perforadoras convencionales tales como:

Stopper: se aplica para perforaciones verticales hacia arriba (chimeneas).

Tabla 3. Especificaciones técnicas de la perforadora Stopper.

ESPECIFICACIONES	MÉTRICO
Diámetro del cilindro	79.4mm
Carrera del pistón	73.25mm
Carrera útil del pistón	66.7mm
Frecuencia de impacto	2250.0g / m
Longitud de la perforadora	1549.0 mm
Peso de la perforadora incluyendo una pierna de avance	40.8 Kg

Fuente. Perfoexpress LTDA.

Jack Hammer: se usa para perforaciones verticales o inclinadas hacia abajo para piques.

Tabla 4. Especificaciones técnicas del Jack Hammer.

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
Peso	17–23 kg
Dimensiones	659x248x205 m
Consumo de aire	50–100 L/seg
Diámetro de perforación	22–45 mm
Profundidad de perforación	400-6400 mm
Frecuencia de perforación	2040–2100 golpes/min
Rotación	130–170 RPM
Tubo de aire de diámetro interior	25 mm
Tubo de agua de diámetro interior	13 mm
Presión de aire	0.4–0.63 Mpa

Fuente. DTH Drilling Tools.

Jack Leg: que se usa para realizar taladros horizontales e inclinados para galerías, rampas o subniveles

Tabla 5. Especificaciones Técnicas de la perforadora Jack Leg.

MARCA	MÓDELO	TIPO	DIAM. PISTON	CARRER A DE PISTON	IMPACTO /MINUTO	CONSUMO DE AIRE		PESO KG		
						CFM	m ³ /min	MARTILLO	AVANCE	TOTAL
ATLAS COPCO	BBD-90WS	jack leg	3- 9/16"	1- 3/4"	3000	203	5.7	27.3	21.8	49.1
ATLAS COPCO	BBD-96	stoper	3- 9/16"	1- 3/4"	3000	203	5.7	23.3	16.1	39.4
SECO	PLB-23CL	jack leg	3- 1/8"	2- 3/8"	2500	132	4.0	25.0	11.0	36.0
SECO	S-250	jack leg	3"	2- 3/4"	2300	154	4.4	25.0	14.0	39.0
TOYO	TY-280L	jack leg	3"	2- 3/4"	2000	98	2.7	29.0	15.5	44.5
TOYO	TY-40	stoper	2- 5/8"	11"16"	2000	98	2.7	28.0	14.0	42.0

Fuente. ACUÑA, Julissa, ANAMPA, Muriel, BUENDIA, Calif, 2017, p 13 - 37

Voladura

Se entiende como voladura a un conjunto de barrenos, en los cuales se ha depositado una carga de explosivo y que comienza con una secuencia de detonación de barrenos y de la cual se obtiene como resultado la fragmentación de la roca.

Según BERNAOLA, José, CASTILLA, Jorge y HERRERA, Juan (2013), para realizar la voladura se hace uso de explosivos, que son compuestos químicos capaces de almacenar una gran cantidad de energía química y liberarla en un tiempo muy corto.

Como explosivos industriales tenemos:

- Dinamita
- ANFO
- Pentolitas
- Emulsiones.

Tabla 6. Especificaciones técnicas de la dinamita.

DINAMITA	COMPOSICIÓN	Nitrato de Amonio; Nitro Celulosa; Nitroglicerina; Nitroglicol, en una masa de Aserrín o Cáscara de arroz.
	DENSIDAD RELATIVA (g/cm ³)	1.26
	VELOCIDAD DE DETONACION (m/s)	5700
	PRESION DE DETONACIÓN (kbar)	102
	RESISTENCIA AL AGUA	Excelente
	CATEGORIA DE HUMOS	Primera

Fuente: Famesa explosivos.com

Tabla 7. Especificaciones técnicas de la pentonita.

PENTONITAS	COMPOSICIÓN	Pentrita y TNT
	DENSIDAD (G/CM ³)	1.60
	POTENCIAL (KJ/KG)	5.443
	VELOCIDAD DE DETONACIÓN (M/S)	7.418
	PRESIÓN DE DETONACIÓN (KBAR)	221
	RESISTENCIA AL AGUA (AÑO)	1
	VIDA ÚTIL (AÑOS)	10

Fuente: Famesa explosivos.com

Tabla 8. Especificaciones técnicas del ANFO.

ANFO	COMPOSICIÓN	Nitrato de Amonio y Fuell Oíl (Diésel).
	DENSIDAD APARENTE (G/CM ³)	0.80 - 0.86
	VELOCIDAD DE DETONACIÓN (M/S)	2197 - 2.395
	PRESION DE DETONACIÓN (KBAR)	10 - 12
	POTENCIAL (KJ/KG)	3857 - 4.916
	RESISTENCIA AL AGUA (HORAS)	NULA
	VIDA UTIL (AÑOS)	1

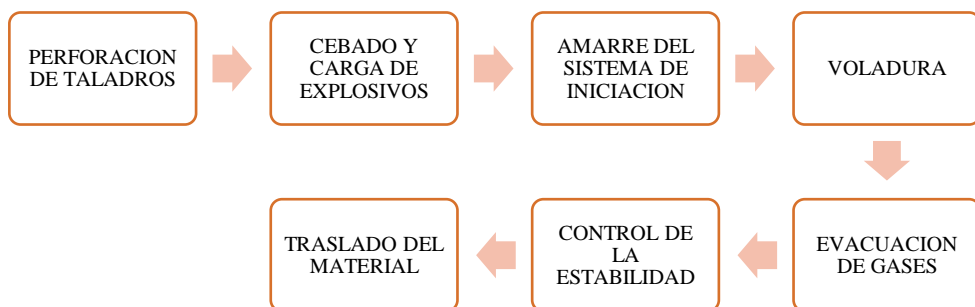
Fuente: Famesa explosivos.com

Tabla 9. Especificaciones técnicas de las emulsiones.

EMULSIONES	EMULSIÓN ENCARTUCHADA	COMPOSICIÓN	Nitrato de Amonio; Emulsificante; Hidrocarburo líquido; Microesferas de vidrio y Parafina.
		DENSIDAD (G/CM ³)	1.13
		POTENCIAL (KJ/KG)	4150
		VELOCIDAD DETONACIÓN (m/s)	4715
		RESISTENCIA AL AGUA (DÍAS)	180
		VIDA ÚTIL (MESES)	6
	EMULSIÓN EN GRANEL	COMPOSICIÓN	Ácido acético; Nitrito de Sodio
		DENSIDAD (G/cm ³)	1.21
		VELOCIDAD DETONACIÓN (m/s)	5300
		PRESIÓN DE DETONACIÓN (KBAR)	87
		POTENCIAL (KJ/KG)	2367
		RESISTENCIA AL AGUA (MESES)	3
		VIDA ÚTIL DEL PRODUCTO (MESES)	3

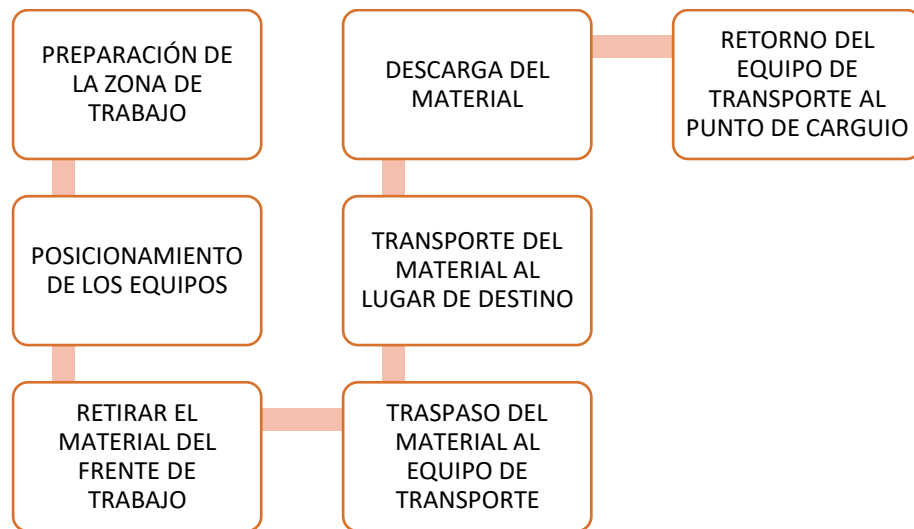
Fuente: Famesa explosivos.com

La secuencia de un ciclo de una excavación es la siguiente:



Carguío y acarreo: Estas operaciones tienen como propósito remover el material volado del frente de trabajo y trasladarlo a la planta de procesos o a una zona de almacenamiento.

La secuencia de carguío y acarreo es la siguiente:



B.2. Procesamiento

Esta etapa consiste en tratar a los minerales hasta lograr obtener productos con alto potencial comercial, haciendo uso de métodos que no alteren las características físicas o químicas propia de los minerales y tiene como meta separar a los mismos en dos o más productos como puede ser concentrado, colas o partículas mixtas.

Para oxido de cobre:



Para sulfuro de cobre



1.3.3. Marco Normativo Nacional

La siguiente investigación titulada Sistema de ventilación para incrementar la productividad en el proyecto Cuchi Corral Minera San Sebastián de Suyo Piura 2018, se ha desarrollado tomando en cuenta artículos de la Constitución Política del Perú y el DS 024 2016 EM.

Según la Constitución Política del Perú, considerando el Art N° 07, manifiesta que toda persona tiene derecho al cuidado de su salud, y el deber de promocionarlo para que esta sea cumplida.

Por otra parte, del DS 024 – 2016 EM, se ha tomado en cuenta los artículos que se relacionan con el tema de ventilación en minería tales como, el Art N° 246, que señala que el dueño de una empresa minera debe considerar suministrar aire limpio en todas las zonas de la mina, teniendo en cuenta las necesidades de los trabajadores y equipos, de tal manera que se puedan evacuar los gases tóxicos producto de voladura.

Se considera el Art N° 247, que hace mención sobre la cantidad de aire necesaria en una mina según los metros sobre nivel del mar en la que esta se encuentre, se añade el Art N° 248 que estipula que la velocidad del aire no debe ser menor a 20 m/min ni superior a los 250 m/min, también se tomó en cuenta el Art N° 250, que afirma que, si se da una falla mecánica o eléctrica en el sistema de ventilación, se tendrá que paralizar las actividades en mina.

Continuando con los artículos considerados se tuvo en cuenta el Art N° 251, que menciona que al emplear ventiladores principales será fundamental instalar paneles de control que ayudaran a monitorear y controlar la operación de ventilación, el Art N° 252 manifiesta que se tienen que desarrollar evaluaciones semestrales del sistema de ventilación y lo tendrá que desarrollar personal capacitado en la materia.

Y por último los artículos N° 255 y N° 256, el primero señala que en toda actividad minera se le debe proporcionar a los trabajadores el respirador de auto rescate para su protección contra gases de monóxido de carbono y que se debe usar en caso de emergencia, y siguiente artículo menciona que en minas donde haya presencia de gases se debe considerar medidas de seguridad como contar con los equipos de protección personal y clausurar zonas peligrosas para evitar ingreso de personal. (Ver Anexo N° 15)

1.4. Formulación del problema

¿De qué manera el diseño de un sistema de ventilación permitirá incrementar la productividad en el proyecto Cuchi Corral Minera San Sebastián de Suyo Piura 2018?

1.5. Justificación del estudio

La presente investigación cuenta con una justificación de tipo teórico ya que la información obtenida extraída de libros, revistas y tesis generarán reflexión y debate de algunas propuestas sugeridas por algunos autores, las cuales serán confrontadas según los resultados obtenidos.

Por otro lado, cuenta con una justificación práctica, debido a que se analizó y resolvió el problema de ventilación deficiente en el proyecto Cuchi Corral de la mina San Sebastián de Suyo o al menos propone tácticas para resolverlo.

Por último, cuenta con una justificación social porque este proyecto tiene como finalidad mejorar la calidad de ambiente laboral para los que laboran en el proyecto Cuchi Corral mina San Sebastián de Suyo - Piura.

1.6. Hipótesis

Si se propone un diseño de sistema de ventilación entonces se incrementará la productividad en el proyecto Cuchi Corral Minera San Sebastián de Suyo Piura 2018.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Proponer un diseño de sistema de ventilación para incrementar la productividad en el proyecto Cuchi Corral Minera San Sebastián de Suyo Piura 2018.

1.7.2. Objetivos específicos

Descripción general de las operaciones de mina de la compañía minera Cuchi Corral.

Diagnosticar las condiciones actuales de ventilación del proyecto Cuchi Corral Mina San Sebastián de Suyo.

Realizar el muestreo de temperatura, y velocidad de circulación del aire fresco en puntos críticos de la mina

Realizar el cálculo de caudal de aire en mina, considerando las especificaciones de acuerdo a ley.

Elaborar un presupuesto de compra de ventiladores y accesorios adecuados (mangas y/o ductos de ventilación).

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

El diseño que se ha determinado para el proyecto de investigación es el diseño descriptivo propositivo el cual tiene como finalidad enfocarse en detallar la incidencia y las pruebas de las variables, para después plantear o establecer opciones de solución al problema investigado. Este proceso trata de medir en un conjunto de personas una o más variables y brindar su descripción.

2.2. Variables y operacionalización

A. Variable Independiente

Sistema de ventilación: se define como un proceso, que tiene como objetivo proporcionar aire limpio a diferentes zonas de trabajo, de tal manera que se evacuen los gases tóxicos producto de voladura, equipos y los gases provenientes de la roca.

Para ello se necesita realizar determinados procesos de medición de velocidad de aire y temperatura, por otra parte, monitorear los gases tóxicos, de esta manera se obtendrá un cálculo exacto del caudal necesario interior mina para mantener las condiciones termo ambientales en balance. Al tener el cálculo necesario del caudal de aire, se determina el tipo de ventiladores y accesorios, y la ubicación de estos, según el método de ventilación elegido ya sea impelente, aspirante o mixta, y de esa manera considerar la inversión necesaria para la implementación.

B. Variable Dependiente

Productividad: Se define como el resultado de todas las operaciones unitarias que se desarrollan en minería, que puede ser medido de acuerdo a los estándares o criterios de ingeniería ya sea por toneladas/guardia, m³/guardia, etc.

Tabla 10. Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN	INSTRUMENTO
SISTEMA DE VENTILACIÓN	CONDICIONES DE LA LABOR	LONGITUD Y SECCIÓN DE LA LABOR	NOMINAL	OBSERVACIÓN	GUÍA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO
		VELOCIDAD DEL AIRE			
		TEMPERATURA DEL AIRE			
		LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES CONTAMINANTES			
	DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN	CÁLCULO DEL CAUDAL			
		LEVANTAMIENTO DE VENTILACIÓN			
		MODELAMIENTO DE VENTILACIÓN CON VENTSIM VISUAL			
	ELECCIÓN DE VENTILADORES	TIPO DE VENTILADOR		ANÁLISIS DOCUMENTAL	GUÍA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL
DIÁMETRO Y TIPO DE MANGAS DE VENTILACIÓN					
VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	TECNICA DE INVESTIGACIÓN	INSTRUMENTO
PRODUCTIVIDAD	MECÁNICA	EQUIPOS/RENDIMIENTO	NOMINAL	OBSERVACIÓN	GUÍA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO
		PERSONAL			
	PRODUCCIÓN	PERFORACIÓN Y VOLADURA			
		CARGUÍO Y ACARREO			
		ALMACÉN DE MATERIAL			

Fuente. Propia del autor.

2.3. Población y muestra

Población

La población está conformada por la Empresa Minera San Sebastián de Suyo, ubicado en la región de Piura, provincia de Ayabaca.

Muestra

La muestra se dio en el proyecto Cuchi Corral, en todas sus labores, para proponer el diseño del sistema de ventilación, y de este modo se desarrollen mejoras en el ambiente de trabajo y aumente la productividad.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Para recolectar la información de la investigación tratada se utilizaron las técnicas documentales, técnicas de campo e instrumentos de medición.

Técnica de investigación documental, llamada también técnica de gabinete, la misma que ayudó a realizar la búsqueda y estudio de la indagación documental. Esta técnica se utilizará como punto de partida para usar información bibliográfica que permita la identificación del problema y la construcción del marco teórico (Campos, 2015).

Asimismo, se recurrió al uso de citas tanto textuales y de parafraseo las mismas las que permitieron ubicar a los autores obtenidos de repositorios y espacios realmente reconocidos. Las fuentes usadas son de tipo bibliográficas y hemerográficas, también se ha considerado usar libros y artículos de revistas digitales que sean accesibles a través del internet.

Técnicas de campo: este tipo de técnica ayudó a recaudar información y datos a partir del contacto directo y acercamiento con el objeto de investigación, en

esta ocasión tratándose del sistema de ventilación del proyecto Cuchi Corral de la mina San Sebastián de Suyo. En este proyecto de investigación se desarrolló la técnica de la OBSERVACIÓN DIRECTA.

- Técnica de observación directa: con esta técnica se obtuvo información directa del contexto en el que se hace la investigación en este caso del proyecto Cuchi Corral de la mina San Sebastián de Suyo, referente al sistema de ventilación. De este modo se detalló lo que interesa en la investigación. Haciendo uso de unas guías de observación (**Ver anexo N° 02-N° 05**).

Instrumentos de recolección de datos:

- Anemómetro digital: Es un instrumento que permite medir la velocidad del aire y la temperatura.
- Altair 4x: Es un equipo multiparámetro que permite detectar y medir la concentración de cuatro tipos de gases los cuales son: oxígeno, combustible, monóxido de carbono y sulfuro de hidrógeno.
- Brújula: Es un instrumento que se usa en Geología, Ingeniería de Minas y Civil, con él se determina el rumbo y buzamiento de las labores mineras.
- GPS: Es un elemento que permite recopilar datos de coordenadas y altitud con mayor precisión.
- Cinta métrica: se emplea para medir la longitud de las galerías.
- Programa VENTSIM: es un software de simulación de flujos de aire, presión y costos en el diseño para ventilación en minas subterráneas, y también muestra la concentración de gases en los puntos críticos de la mina.

2.5. Métodos de análisis de datos

Es necesario considerar métodos que se emplearon en el trabajo de investigación estos fueron: el método analítico sintético y el sistémico.

Método analítico: se realizó en base a la caracterización y apartamiento de los elementos de un todo que se estará investigando (objeto de investigación), haciendo un estudio minucioso de las partes que lo conforman y la forma de cómo estos funcionan.

Método sistémico: este método permitió establecer un orden en base a manejo de reglas que la propia investigación brindan lo que permitirá llegar adquirir un entendimiento sistémico de una situación determinada.

Y en cuanto al análisis de datos, se tomó como reseña el método de análisis, pruebas de hipótesis y las técnicas de tratamiento estadístico, usando Excel y el software VENTSIM VISUAL.

La información que se procesa, nos ayuda a ordenar, realizar gráfico, teniendo en cuenta los diferentes tipos de investigaciones y descifrar toda la información recaudada con base a los planteamientos teóricos, que es la base de la investigación realizada.

2.6. Aspectos éticos

Considerando los principios propuestos por la Universidad Cesar Vallejo Filial Chiclayo y el medio de la investigación, los aspectos éticos que se toman en cuenta para desarrollar este proyecto de investigación son los siguientes:

- **Manejo de fuentes de consulta:** Se refiere a hacer uso de fichas bibliográficas con los datos completos. Por otra parte, es necesario que todos los archivos se muestren según las fuentes de donde las hemos

obtenido, haciendo uso de citas textuales y no textuales, de este modo lograremos resaltar los aportes de diferentes autores e interpretarlos.

- **Claridad en los objetivos de la investigación:** hay que considerar los objetivos planteados desde un inicio, para mostrar el propósito del proyecto de investigación.
- **Transparencia de los datos obtenidos:** el proyecto de investigación tiene que mostrar el problema y sus causas tal cual lo observado sin alterar o modificarlos, considerando que la interpretación que demos no se confunda o distorsione la realidad.
- **Confidencialidad:** es necesario que se respete el anonimato si es lo que piden los interesados y sobre todo proteger que los datos adquiridos sean de carácter científico.
- **Profundidad en el desarrollo del tema:** se busca diferentes posturas referentes al tema de investigación, teniendo en cuenta averiguar, obteniendo nueva información y lo más importante dominar el tema de investigación.

III. RESULTADOS

3.1. Descripción actual de las operaciones de mina.

3.1.1. Ubicación

Departamento: Piura

Provincia: Ayabaca

Distrito: Suyo

Caserío: Cuchicorral

3.1.2. Coordenadas geográficas

Tabla 11. Coordenadas de ubicación de la concesión minera.

COORDENADAS UTM DEL PETITORIO		
VÉRTICES	NORTE	ESTE
1	9 505 000.00	619 000.00
2	9 504 000.00	619 000.00
3	9 504 000.00	616 000.00
4	9 505 000.00	616 000.00

Fuente. Google Earth

3.1.3. Vías y acceso

Por la carretera Panamericana Norte hasta el desvío de Sullana que dista 247 km, de aquí a las Lomas son 80 km, por donde se puede acceder a las localidades de Suyo que dista 49 km por trocha carrozable al N-E a 6,5 km, se localizan labores mineras del sector Virgen del Rosario, donde se encuentran muy cercanas estas labores.

3.1.4. Clima, flora y fauna

Piura presenta un clima muy variado, ya que va desde subtropical, cálido – desértico hasta húmedo. En el periodo de lluvias, mayormente se desarrolla en

las regiones andinas de Piura, presenta el fenómeno del Niño que su temperatura puede llegar hasta los 40 °C.

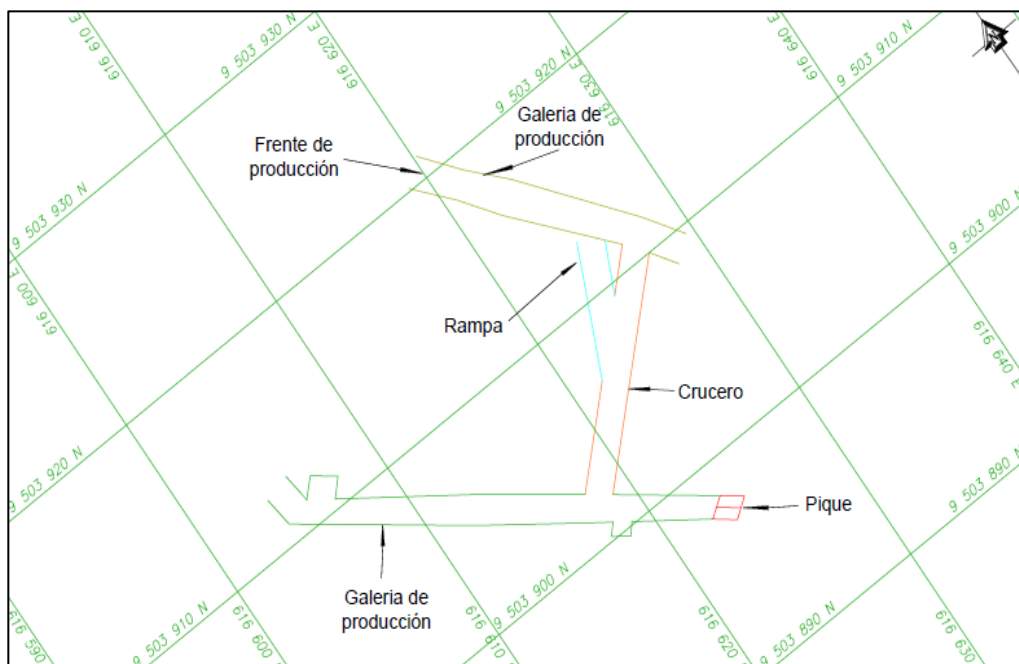
La flora típica de la zona tiene arboles madereros como el ceibo, faique, guayacán, algarrobo y barbasco, y en fauna rescata el puma, el armadillo, la perdiz ceji pálida, la iguana, el pacaso, el zorro entre otros.

3.1.5. Topografía de la infraestructura subterránea.

La mina Cuchi Corral cuenta con un pique, que es una excavación vertical de 25 m de profundidad, con una sección de 1.3 m x 1.3 m, la cual se conecta con la galería principal que tiene aproximadamente 28 m de largo, y un crucero de aproximadamente 15 m de largo que la enlaza con la galería de producción que mide aproximadamente 13 m.

Por otra parte, cuenta con una rampa que es una excavación horizontal que se hizo con el propósito de realizar avances a un segundo nivel, lo cual es un proyecto en stand by (Ver anexo N° 12, lamina N°03).

Ilustración 1. Plano de la topografía subterránea de la mina Cuchi Corral.



Fuente. Elaboración propia.

3.1.6. Geología regional

Está conformada por la cuenca central de Lancones, al noreste del Perú, los yacimientos están hospedados en los niveles volcánicos maficofélsicos de la secuencia volcánico - sedimentarias de edad jurásico alvino-cenomaniano.

Unidad de Montañas: rocas metamórficas, intrusivas, volcánicas, volcánico-sedimentarias, en la que se divide en:

- Relieve montañoso en rocas intrusivas (tonalita, granodiorita, diorita y granito), suelos muy meteorizados dan origen a suelos arcillosos y arenosos. Está asociado a deslizamientos, flujos de tierra, reptación de suelos, procesos de intensa erosión de suelos en terrenos muy meteorizados; también se presentan flujos de detritos.
- Relieve montañoso en rocas volcánicas: presentan laderas con pendientes medias a fuertes, y elevaciones que alcanzan a los 3 850 m.s.n.m. Se encuentra asociado a deslizamientos, movimientos complejos, avalancha de rocas, derrumbes, reptación de suelos y erosión de laderas.
- Relieve montañoso en rocas volcánico - sedimentarias: En el relieve, se encuentran crestas altas e irregulares, con pendientes que pueden superar los 30°. Sus elevaciones alcanzan los 3400 msnm. También se observan montañas con laderas empinadas y cimas redondeadas.
- Relieve montañoso en rocas metamórficas: afloran rocas que pertenecen al cretácico que fueron afectados por los procesos de tectonismo y erosión (conglomerado, arenisca, lutita, limolitas, lodolitas, calizas y cuarcitas)

Unidad de Colinas y Lomadas: asociada a rocas intrusivas, volcánicas, volcánico - sedimentarias, metamórficas y sedimentarias.

- Relieve de colinas y lomadas en rocas intrusivas: se encuentran rocas intrusivas (dioritas, granitos, monzogranitos (tonalitas y gabros). Expuesta en los sectores de Suyo, La Tina, Las Lomas, Lancones, Chulucanas, La Silla de Paita y cerros Illescas. Está afectado principalmente por procesos de erosión de ladera que pueden acarrear flujos de detritos.

- Relieve de colinas y lomadas en rocas volcánicas.
- Relieve de colinas y lomadas en rocas volcánico-sedimentarias: reptación de suelos (movimiento de tierra) y erosión de laderas.

Tabla 12. Cuadro de unidades estratigráficas

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	SIMBOLO	ROCA INTRUSIVA
	CUTERNARIO	RECIENTE	Depósitos Fluviales	Qr-fl	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">KT-gd,t-s</div> Granodiorita Tonalita, Suyo
			Depósitos Aluviales	Qr-al	
	TERCIARIO	INFERIOR			
	CRETACEO	MEDIO	Volc. Lancones	Km-vl	

Fuente. Geocatmin.

3.1.7. Geología local.

Es un depósito de Fe- Cu, Mo y Au, pertenecen al cretácico superior. Con formaciones acuíferos locales, rocas intrusivas.

La mineralización de dicha zona es en secuencias volcánicas, de las formaciones de Lancones, dicha mineralización se encuentra en vetas de Au – Ag distribuidas en yacimiento de Cu-Mo. Las fallas o zonas de fractura rellenadas con mineralización están estrechamente relacionadas al cinturón hidrotermal como son: Casjaco Blanco, los Haraganes, Bolsa del diablo, Servilleta, Cuchicorral, Overal, La Española y a centros volcánicos Higuérón y la Copa.

- Tipo de suelo: origen de la zona fue dado por el tectonismo, plutonismo y erosión. Paisaje con vegetación de tipo árboles y arbustos en una topografía suave. Formaciones generalmente sin acuíferos (permeabilidad muy baja).
- Hidrológico, atravesada por dos quebradas que pertenecen a la quebrada Las Palomas.

El yacimiento tiene como características:

- Tipo de yacimiento: Aurífero
- Potencia de Veta: 0.3 a 0.7 m
- Buzamiento: 32 °
- Resistencia de Rocas Encajonantes: Media

3.1.8. Producción

A. Método de explotación

El método de explotación es subterráneo, dentro de las labores consiste en galerías sobre la dirección de la veta mediante piques que se intercepta con la veta (10 – 15 m de distancia de cada labor).

B. Perforación y voladura

La perforación se realiza con Maquinas eléctricas Marca Bosch, se realiza con el auxilio de barrenos integrales de 96 cm de longitud y 32 mm de diámetro.

- 06 taladros Eléctricos
- Barrenos enroscados de 3 pies de longitud y 32 mm de diámetro.
- Barrenos de punta de 3 pies de longitud y 32 mm de diámetro.
- Potencia: 1150 Watts = 1.15 kW/hr = 1.5 HP
- Longitud de perforación: 2.6 pies
- Eficiencia de perforación: 90%
- Resistencia de rocas encajonantes: Media
- N° de taladros por Guardia: 16

C. Carguío y acarreo

El material volado es cargado en sacos de 70 kg, motivo de que la mina no cuenta con equipos de carguío y transporte, el material en sacado de los socavones con el apoyo de un winche de izaje, desde el frente de explotación hasta el winche se realiza a través del sistema de transporte por cable vía. El mineral es almacenado en la superficie para luego ser cargado en camiones de carga hasta la planta de procesamiento.

3.1.9. Ingresos y egresos del proyecto Cuchi Corral

Para que sea factible un proyecto minero es necesario realizar un estudio de costos y presupuestos, de este modo se podrá determinar el monto de la inversión a realizar, desde inicios del proyecto Cuchi Corral, contempla una serie de gastos, contando con la compra de materiales, la implantación del campamento, el pago de personal de manera periódica, según el proyecto Cuchi Corral se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 13. Costos de inversión inicial.

PROYECTO MINERO CUCHI CORRAL	
INVERSIÓN INICIAL	
ITEM	COSTO
CAMPAMENTO	S/ 10,500.00
EXPLORACIÓN - MINA	S/ 2,500,000.00
EQUIPOS	S/ 15,500.00
ACCESORIOS DE SEGURIDAD	S/ 7,500.00
INVERSIÓN TOTAL INICIAL	S/ 2,533,500.00

Fuente. Empresa Minera San Sebastián de Suyo Piura

Tabla 14. Costos de producción mensual de la mina.

PROYECTO MINERO CUCHI CORRAL				
COSTOS DE PRODUCCIÓN MENSUAL				
PERFORACION Y VOLADURA PERSONAL/MES				
CANTIDAD	ITEM	COSTO UNITARIO	COSTO	SUB TOTAL
1	SUPERVISOR	S/ 1,600.00	S/ 1,600.00	S/ 8,080.00
1	PREVENCIONISTA DE RIESGOS	S/ 1,200.00	S/ 1,200.00	
1	MAESTRO PERFORISTA	S/ 1,440.00	S/ 1,440.00	
1	AYUDANTE PERFORISTA	S/ 960.00	S/ 960.00	
3	OBREROS	S/ 960.00	S/ 2,880.00	
COSTOS DE CARGIO PERSONAL/MES				
2	WINCHEROS	S/ 960.00	S/ 1,920.00	S/ 1,920.00
MATERIALES				
1	EXPLOSIVOS	S/ 500.00	S/ 500.00	S/ 1,275.46
2	BARRENOS DE 80 CM X 32 MM DE DIAMETRO	S/ 380.00	S/ 760.00	
ENERGIA ELÉCTRICA				
9.2	KW/HR PERFORADORA - DÍA	S/ 0.56	S/ 123.64	S/ 180.08
2.2	CAMPAMENTO	S/ 0.56	S/ 56.45	
COSTO MANTENIMIENTO /MES				
2	PERFORADORAS BOSCH	S/ 150.00	S/ 300.00	S/ 420.00
1	OTROS	S/ 120.00	S/ 120.00	
TOTAL				S/ 11,875.54

Fuente. Empresa Minera San Sebastián de Suyo Piura.

Tabla 15. Situación actual de la producción del proyecto Cuchi Corral.

ACTUALMENTE	
PRODUCCIÓN DIARIA TM	1
PRODUCCIÓN MENSUAL TM	24
LEY PROMEDIO oz/TM	1.5
PRECIO PROMEDIO Au oz/TM	S/ 3,100

Fuente. Empresa Minera San Sebastián de Suyo Piura

Tabla 16. Detalle económico de ingreso mensual.

DETALLE DE INGRESOS VENTA MENSUAL		
VENTA MATERIAL	S/	111,600

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 17. Detalle económico de egresos mensuales de la mina.

DETALLE DE EGRESOS	
PERFORACION Y VOLADURA PERSONAL/MES	S/ 8,080.00
COSTOS DE CARGIO PERSONAL/MES	S/ 1,920.00
MATERIALES	S/ 1,275.46
ENERGIA ELÉCTRICA	S/ 180.08
MANTENIMIENTO	S/ 420.00
TOTAL	S/ 11,875.54

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 18. Flujo efectivo neto mensual.


FLUJO EFECTIVO NETO MENSUAL	S/ 99 724.46
------------------------------------	---------------------

Fuente. Elaboración propia.

3.2. Situación actual de la ventilación del proyecto Cuchi Corral de la mina San Sebastián de Suyo.

3.2.1. Cálculo del caudal actual

Galería principal:

E-01: 	VELOCIDAD DE AIRE	ALTO	ANCHO	AREA
	18 m/min	1.8 m	1.2 m	1.8m x 1.2m = 2.16 m ²
		CAUDAL		
		Q = A x V		Q = 2.16 m ² x 18 m/min
				Q = 38.88 m ³ /min = 1372.85 cfm

E-02: →

VELOCIDAD DE AIRE	ALTO	ANCHO	AREA
18 m/min	1.7 m	1.5 m	1.7m x 1.5 m = 2.55 m ²
	CAUDAL		
	Q= A x V		Q = 2.55 m ² x 18 m/min
	Q = 45.9 m ³ /min = 1620.72 cfm		

E-12: →

VELOCIDAD DE AIRE	ALTO	ANCHO	AREA
12 m/min	1.9 m	1.3 m	1.9m x 1.3 m = 2.47 m ²
	CAUDAL		
	Q= A x V		Q = 2.47 m ² x 12 m/min
	Q = 29.64 m ³ /min = 1046.58 cfm		

E-13: →

VELOCIDAD DE AIRE	ALTO	ANCHO	AREA
12 m/min	1.7 m	1.5 m	1.7m x 1.35 m = 2.55 m ²
	CAUDAL		
	Q= A x V		Q = 2.55 m ² x 12 m/min
	Q = 30.6 m ³ /min = 1080.48 cfm		

E-14 →

VELOCIDAD DE AIRE	ALTO	ANCHO	AREA
0 m/min	1.6 m	1.5 m	1.6m x 1.35 m = 2.4 m ²
	CAUDAL		
	Q= A x V		Q = 2.4 m ² x 0 m/min
	Q = 0 m ³ /min = 0 cfm		

(...)

Tabla 19. Datos de la velocidad actual en mina.

MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DEL AIRE										
PROYECTO CUCHI CORRAL - MINERA SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA										
INSTRUMENTO EMPLEADO: ANEMÓMETRO DIGITAL										
OBSERVACIÓN	FECHA	ESTACIÓN	NIVEL	ACCESO	ALTO (m)	ANCHO (m)	ÁREA (m ²)	VELOCIDAD DEL AIRE		PROMEDIO
								(m/s)	(m/min)	
GALERÍA PRINCIPAL-PRODUCCIÓN	30/10/2018	E-01	532 msnm	PIQUE 51	1.8	1.2	2.16	0.3	18	12
	30/10/2018	E-02	532 msnm	PIQUE 51	1.7	1.5	2.55	0.3	18	
	30/10/2018	E-12	532 msnm	PIQUE 51	1.9	1.3	2.47	0.2	12	
	30/10/2018	E-13	532 msnm	PIQUE 51	1.7	1.5	2.55	0.2	12	
	30/10/2018	E-14	531.34 msnm	PIQUE 51	1.6	1.5	2.4	0.0	0	
CRUCERO	30/10/2018	E-03	532 msnm	PIQUE 51	1.7	1.5	2.55	0.3	18	9.6
	30/10/2018	E-04	532 msnm	PIQUE 51	2.0	1.5	3	0.2	12	
	30/10/2018	E-05	532 msnm	PIQUE 51	2.5	1.6	4	0.2	12	
	30/10/2018	E-06	524.7 msnm	PIQUE 51	1.7	1.5	2.55	0.1	6	
	30/10/2018	E-07	539 msnm	PIQUE 51	1.7	1.5	2.55	0.0	0	
GALERÍA PRODUCCIÓN	30/10/2018	E-08	539 msnm	PIQUE 51	1.8	1.6	2.88	0.0	0	0
	30/10/2018	E-09	539 msnm	PIQUE 51	2.0	1.8	3.6	0.0	0	
	30/10/2018	E-10	539 msnm	PIQUE 51	2.0	1.5	3	0.0	0	
	30/10/2018	E-11	535.2 msnm	PIQUE 51	2.0	1.5	3	0.0	0	

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 20. Cálculo del caudal actual.

CÁLCULO DEL CAUDAL									
PROYECTO CUCHI CORRAL - MINERA SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA									
INSTRUMENTO EMPLEADO: ANEMÓMETRO DIGITAL									
OBSERVACIÓN	FECHA	ESTACIÓN	NIVEL	ACCESO	AREA	VELOCIDAD	CAUDAL		CAUDAL PROMEDIO
					(m ²)	(m/min)	(m ³ /min)	(cfm)	(cfm)
GALERÍA PRINCIPAL-PRODUCCIÓN	30/10/2018	E-01	532 msnm	PIQUE 51	2.16	18	38.88	1372.8528	1024.13
	30/10/2018	E-02	532 msnm	PIQUE 51	2.55	18	45.9	1620.729	
	30/10/2018	E-12	532 msnm	PIQUE 51	2.47	12	29.64	1046.5884	
	30/10/2018	E-13	532 msnm	PIQUE 51	2.55	12	30.6	1080.486	
	30/10/2018	E-14	531.34 msnm	PIQUE 51	2.4	0	0	0	
CRUCERO	30/10/2018	E-03	532 msnm	PIQUE 51	2.55	18	45.9	1620.729	1025.4024
	30/10/2018	E-04	532 msnm	PIQUE 51	3	12	36	1271.16	
	30/10/2018	E-05	532 msnm	PIQUE 51	4	12	48	1694.88	
	30/10/2018	E-06	524.7 msnm	PIQUE 51	2.55	6	15.3	540.243	
	30/10/2018	E-07	539 msnm	PIQUE 51	2.55	0	0	0	
GALERÍA PRODUCCIÓN	30/10/2018	E-08	539 msnm	PIQUE 51	2.88	0	0	0	0
	30/10/2018	E-09	539 msnm	PIQUE 51	3.6	0	0	0	
	30/10/2018	E-10	539 msnm	PIQUE 51	3	0	0	0	
	30/10/2018	E-11	535.2 msnm	PIQUE 51	3	0	0	0	

Fuente. Elaboración propia.

El proyecto Cuchi Corral tiene como acceso a la mina el pique 51, que cuenta con 25 m de profundidad y tiene tres galerías, en la tabla N° 19 se puede observar que se tomaron datos de catorce estaciones en los cuales se pudo obtener datos de ancho y alto de las secciones para poder obtener un área determinado, por otra parte, en cada estación se realizó la medición de la velocidad del aire con el Anemómetro digital.

En la galería 1 se muestra que la velocidad promedio es de 12 m/min y según el DS 024 2016 se establece que velocidad promedio no tiene que ser mínima de 20 m/min, lo que demuestra que hay deficiencia en la circulación de aire, lo mismo ocurre con la galería 2. El problema crítico se da en la galería 3 ya que la velocidad de aire es de cero, lo que indique que hay mayor posibilidad de que en dicha labor la presencia de gases tóxicos sea muy elevada.

Según la tabla N° 20, se muestran los resultados del caudal, basándose en el área y velocidad de aire en cada estación de la mina, en la galería 1 se calculó que el promedio del caudal es de 1024.13 cfm (pies cúbicos por minuto), por otra parte la galería 2 cuenta con 1025.40 cfm (pies cúbicos por minuto) y la galería 3 tiene un caudal de cero lo cual indica que los puntos críticos se concentran en esa zona, los cuales son la estación 07, 08,09,10 y 11.

Tabla 21. Datos de medición de temperatura.

MEDICIÓN DE TEMPERATURA						
PROYECTO CUCHI CORRAL - MINERA SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA						
INSTRUMENTO EMPLEADO: ANEMÓMETRO DIGITAL						
OBSERVACIÓN	FECHA	ESTACION	NIVEL	ACCESO	T°C	T°C PROME DIO
GALERÍA PRINCIPAL-PRODUCCIÓN	31/10/2018	E-01	532 msnm	PIQUE 51	31.5	31.74
	31/10/2018	E-02	532 msnm	PIQUE 51	31.5	
	31/10/2018	E-12	532 msnm	PIQUE 51	31.8	
	31/10/2018	E-13	532 msnm	PIQUE 51	31.8	
	31/10/2018	E-14	531.34 msnm	PIQUE 51	32.1	
CRUCERO	31/10/2018	E-03	532 msnm	PIQUE 51	31.8	32.06
	31/10/2018	E-04	532 msnm	PIQUE 51	31.8	
	31/10/2018	E-05	532 msnm	PIQUE 51	31.8	
	31/10/2018	E-06	524.7 msnm	PIQUE 51	32.1	
	31/10/2018	E-07	539 msnm	PIQUE 51	32.5	
GALERÍA PRODUCCIÓN	31/10/2018	E-08	539 msnm	PIQUE 51	32.5	32.825
	31/10/2018	E-09	539 msnm	PIQUE 51	32.8	
	31/10/2018	E-10	539 msnm	PIQUE 51	33	
	31/10/2018	E-11	535.2 msnm	PIQUE 51	33	
TEMPERATURA GENERAL INTERIOR						32.2

Fuente. Elaboración propia.

El proyecto Cuchi Corral al ser una mina subterránea tiene como acceso el pique 51, que cuenta con una profundidad de 25 metros aproximadamente, dividiéndose en dos galerías paralelas y una perpendicular (crucero). Los datos que se muestran en la tabla N° 21 representan la condición termo ambiental con las que cuenta las diferentes galerías, la galería principal tiene una temperatura promedio de 31.74 °C, el crucero tiene 32.06 °C de temperatura promedio, mientras que la temperatura promedio de la galería de producción aumenta a 32.82 °C.

Tabla 22. Datos de medición de gases.

MEDICIÓN DE GASES								
PROYECTO CUCHI CORRAL - MINERA SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA								
INSTRUMENTO EMPLEADO: ALTAIR 4X								
OBSERVACIÓN	FECHA	ESTACIÓN	NIVEL	ACCESO	OXIGENO (O ₂)	DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	SULFURO DE HIDRÓGENO (H ₂ S)
					%	ppm	ppm	ppm
GALERÍA PRINCIPAL-PRODUCCIÓN	31/10/2018	E-01	532 msnm	PIQUE 51	18.7	800	24	0.0
	31/10/2018	E-02	532 msnm	PIQUE 51	18.7	800	24	0.0
	31/10/2018	E-12	532 msnm	PIQUE 51	19.1	800	24	0.0
	31/10/2018	E-13	532 msnm	PIQUE 51	19.1	800	24	0.0
	31/10/2018	E-14	531.34 msnm	PIQUE 51	19.5	900	25	0.0
CRUCERO	31/10/2018	E-03	532 msnm	PIQUE 51	18.9	800	24	0.0
	31/10/2018	E-04	532 msnm	PIQUE 51	19.2	800	24	0.0
	31/10/2018	E-05	532 msnm	PIQUE 51	19.2	800	24	0.0
	31/10/2018	E-06	524.7 msnm	PIQUE 51	19.2	810	24	0.0
	31/10/2018	E-07	539 msnm	PIQUE 51	19.6	810	24	0.0
GALERÍA PRODUCCIÓN	31/10/2018	E-08	539 msnm	PIQUE 51	19.6	810	24	0.0
	31/10/2018	E-09	539 msnm	PIQUE 51	19.6	810	24	0.0
	31/10/2018	E-10	539 msnm	PIQUE 51	19.8	810	25	0.0
	31/10/2018	E-11	535.2 msnm	PIQUE 51	19.8	900	25	0.0

Fuente. Elaboración propia.

Los datos de la tabla N° 22 muestran a detalle el contenido de gases medido por el instrumento ALTAIR 4x, los datos obtenidos muestran que en la galería principal los niveles de oxígeno están próximos alcanzar el límite máximo permisible que es 19.5%, por otra parte, en dióxido de carbono los niveles se mantienen estables, y en monóxido de carbono los resultados se encuentran muy cerca al límite permisible que es de 25 ppm.

En el crucero se muestra que los niveles de oxígeno y monóxido de carbono están próximos alcanzar el límite permisible y es necesario que se reduzca la cantidad a comparación del dióxido de carbono que se mantiene estable. Por último, la galería de producción sobrepasa el límite máximo permisible de oxígeno y monóxido de carbono lo cual no es conveniente y puede causar problemas de salud a los trabajadores, con respecto al monóxido de carbono se mantiene a un rango estable.

3.3. Muestreo de temperaturas y velocidades de aire en puntos críticos de la mina

Tabla 23. Datos de temperatura y velocidad de aire en puntos críticos de la mina.

PROYECTO CUCHI CORRAL SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA				
PUNTOS CRÍTICOS DE LA MINA				
GALERIAS	ESTACIONES	ÁREA	TEMPERATURA	VELOCIDAD
		m ²	°C	m/min
GALERÍA PRINCIPAL-PRODUCCIÓN (1)	E-14	2.4	32.1	0
CRUCERO (2)	E-06	2.55	32.1	6
	E-07	2.55	32.5	0
GALERÍA DE PRODUCCIÓN (3)	E-08	2.88	32.5	0
	E-09	3.6	32.8	0
	E-10	3	33	0
	E-11	3	33	0

Fuente. Elaboración propia.

Si se evalúan las condiciones termo ambientales de una mina subterránea se sabe que a más profundidad se encuentra, mayor será la demanda de temperatura y la velocidad del aire será escasa, por ende se considera necesario evaluar los puntos críticos de la mina en este caso la tabla N° 23 muestra que el proyecto Cuchi Corral cuenta con seis puntos críticos en los que la temperatura oscila entre 32.1 °C a 33 °C y la velocidad de aire es de cero, lo que nos indica que las condiciones de trabajo en esas secciones, son inadecuadas para los trabajadores, llegando a generar problemas de salud y dificultándoles el rendimiento de trabajo.

3.4. Análisis de demanda de aire necesario en la mina.

3.4.1. Requerimiento según número de trabajadores (Qt)

Tabla 24. Cálculo del caudal según número de trabajadores.

PROYECTO CUCHI CORRAL - MINERA SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA						
CÁLCULO DE CAUDAL - TRABAJADORES						
DESCRIPCIÓN	ÚNICO TURNO	TOTAL	AIRE REQUERIDO POR PERSONA		FÓRMULA MATEMÁTICA	RESULTADO OBTENIDO
SUPERVISOR	1	7	< 1500	3 m ³ /min	Qt= q x n	21 m ³ /min
PREVENCIÓNISTA DE RIESGOS	1					
MAESTRO PERFORISTA	1		1500 a 3000 msnm	4 m ³ /mi n		
AYUDANTE DE PERFORISTA	1		3000 a 4000 msnm	5 m ³ /mi n		
OBREROS	3		sobre 4000 msnm	6 m ³ /mi n		

Fuente. Elaboración propia.

Según la tabla N° 24 indica que el caudal requerido para el número de trabajadores, considerando que el total de trabajadores es de ocho personas y que el nivel de la mina es de 532 msnm entonces el aire requerido por persona es de 3 m³/min por lo que el caudal requerido sería de 21 m³/min.

3.4.2. Requerimiento según equipos (Qe)

Tabla 25. Cálculo del caudal según equipos.

PROYECTO CUCHI CORRAL - MINERA SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA						
CÁLCULO DEL CAUDAL – EQUIPOS						
EQUIPOS	CANTIDAD	HP	HP TOTAL	CAUDAL REQUERIDO POR CADA HP	FÓRMULA MATEMÁTICA	RESULTADO OBTENIDO
PERFORADORA BOSCH	2	1.5	3	3 m ³ /min	Qe = K x N	4.41 m ³ /min
					K = 3 m ³ /min	
					N = HP TOTAL	

Fuente. Elaboración propia.

La tabla N° 25 se muestra el caudal requerido según equipos, al ser una mina artesanal solo usan dos perforadoras que cuentan 1.5 HP cada una, y según lo indicado por cada HP es necesario 3 m³/min, por lo que el caudal resultante es de 4.41 m³/min.

3.4.3. Requerimiento según explosivos (Qexp)

Tabla 26. Cálculo de caudal según uso de explosivos.

PROYECTO CUCHI CORRAL - MINERA SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA					
CÁLCULO CAUDAL – GASES					
EXPLOSIVO EMPLEADO	VELOCIDAD	N° NIVELES	AREA PROMEDIO	FÓRMULA MATEMÁTICA	RESULTADOS
DINAMITA	20 m/min	1	2.8 m ²	Qexp = V x n x A	56 m ³ /min
				V = Vel. Dinamita	
				n = N° niveles	
				A = Área promedio	

Fuente. Elaboración propia.

Según la tabla N° 26, indica que el caudal necesario según explosivos, ya que se usa como explosivo la dinamita se considera que cuenta con una velocidad de aire de 20 m/min para que se pueda diluir los gases producto de la voladura, se considera un área promedio de 2.8 m², lo que determina que el caudal necesario es de 56 m³/min.

3.4.4. Requerimiento según condiciones ambientales (Qamb):

Tabla 27. Cálculo del caudal considerando las condiciones ambientales.

PROYECTO CUCHI CORRAL - MINERA SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA									
CÁLCULO DE CAUDAL - CONDICIONES AMBIENTALES									
ESTACIONES CON TEMPERATURA ELEVADA	TOTAL DE ESTACIONES	ÁREA (m ²)	TEMPERATURA (°C)	VELOCIDAD (m/min)	ÁREA PROMEDIO (m ²)	TEMPERATURA PROMEDIO	VELOCIDAD PROMEDIO	FÒRMULA MATEMÀTICA	RESULTADOS
		(m)	°C	m/min	m ²	°C	m/min		m ³ /min
E-14	7	2.4	32.1	0	3.08	32.6	2.6	$Q_{amb} = V \times n \times A$	55.5
E-06		2.55	32.1	6					
E-07		2.55	32.5	0					
E-08		2.88	32.5	0					
E-09		3.6	32.8	0					
E-10		3	33	0					
E-11		3	33	0					

Fuente. Elaboración propia.

La fórmula matemática que se muestra en la tabla N° 27 determina el resultado del caudal según las condiciones ambientales de la mina, las estaciones con temperaturas elevadas registradas son 7, se tiene como área promedio 3.8 m² con una temperatura promedio de 32.6 °C y se registró una velocidad promedio de 2.6 m/min, estos datos son necesarios para la obtención del resultado el cual es 55.5 m³/min.

3.4.5. Cálculo de cantidad total de aire en mina

Tabla 28. Cálculo del caudal total.

PROYECTO CUCHI CORRAL MINERA SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA				
CAUDAL TOTAL				
REQUERIMIENTO	CAUDAL	FÓRMULA MATEMÁTICA	RESULTADO	
	m ³ /min		m ³ /min	CFM
TRABAJADORES (Qt)	21	$C_t = Q_t + Q_e + Q_{exp} + Q_{amb}$	137	4838.11
EQUIPOS (Qe)	4.41			
GASES (Qexp)	56			
CONDICIONES AMBIENTALES (Qamb)	55.5			

Fuente. Elaboración propia.

Según la tabla N° 28, indica el resultado de caudal total con el que debe contar la mina que es de 4838.11 cfm para que las condiciones ambientales y termo ambientales sean adecuadas para el personal y los gases tóxicos se puedan extraer y diluir. Gracias a este resultado, se pudo realizar una comparación del caudal actual con la que cuentan las labores y el caudal calculado según los parámetros establecidos que se muestra en la tabla N°20.

Según la tabla N° 29, los cálculos realizados de requerimiento de caudal en las labores del Proyecto Cuchi Corral de la mina San Sebastián de Suyo es de 4838.11 cfm, a comparación del caudal natural medido que es menor y equivale a 683.2 cfm (Pies cúbicos por minuto), por lo que se obtuvo un déficit de 4154.9 cfm, lo que demuestra que el caudal actual que dispone la mina no es ideal y por ende la ventilación es deficiente. Debido a los resultados mostrados es necesario establecer un circuito de ventilación teniendo en cuenta la elección de un ventilador que cumpla con los resultados del caudal requerido.

Tabla 29. Cálculo del déficit de caudal.

PROYECTO CUCHI CORRAL - MINERA SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA								
COMPARACIÓN DEL CAUDAL MEDIDO CON EL REQUERIDO -DEFICIT								
OBSERVACIÓN	ESTACIÓN	CAUDAL	CAUDAL MEDIDO PROMEDIO	REQUERIMIENTO	CAUDAL	CAUDAL TOTAL REQUERIDO		DEFICIT DE AIRE
		(cfm)	(cfm)		m ³ /min	m ³ /min	cfm	cfm
GALERIA PRINCIPAL-PRODUCCIÓN	E-01	1024.13124	683.2	TRABAJADORES (Qt)	21	137	4838.11	4154.9
	E-02							
	E-12							
	E-13							
	E-14							
CRUCERO	E-03	1025.4024						
	E-04							
	E-05			EQUIPOS (Qe)	4.41			
	E-06							
	E-07							
GALERIA PRODUCCIÓN	E-08	0		CONDICIONES AMBIENTALES (Qamb)	55.5			
	E-09							
	E-10							
	E-11							

Fuente. Elaboración propia.

3.4.6. Dimensionamiento de Ventiladores y mangas

Velocidad de aire en la galería

La velocidad de aire en el proyecto Cuchi Corral en el pique principal será:

- $Q_{\text{requerido}} = 4838 \text{ cfm}$
- $A_{\text{acceso}} = 17.64 \text{ pies}^2$

$$Q = V \times A$$

$$V = \frac{Q_{\text{requerido}}}{A_{\text{acceso}}}$$

$$V = \frac{4838 \text{ cfm}}{17.64 \text{ pies}^2}$$

$$V = 274.26 \text{ pies}/\text{min}$$

$$V = 83.59 \text{ m}/\text{min}$$

Por consiguiente, para la elección de las mangas de ventilación, se tiene en cuenta la sección y la velocidad de la manga, según norma la sección de la manga es 20 veces menor que el área sección de la galería, en este caso el acceso a la mina es un pique que cuenta con una sección de 1.30 m x 1.30 m entonces la sección de la manga sería:

Tabla 30. Cálculo del área de la manga de ventilación.

SECCIÓN		ÁREA	ÁREA DE LA MANGA
m	Pies	pies ²	pies ²
1.3 x 1.3	4.2 x 4.2	17.64	0.88

Fuente. Elaboración propia.

Entonces el diámetro de la manga sería:

$$\frac{\pi \times D^2}{4} = 0.88 \text{ pies}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{0.88 \text{ pies}^2 \times 4}{3.14}}$$

$$D = 1.05 \text{ pies} \cong 12.6 \text{ pulg}$$

Por ende, la velocidad de la manga es:

$$V = \frac{4838 \text{ cfm}}{0.88 \text{ pies}^2}$$

$$V = 5497.7 \text{ pies}/\text{min} \cong 1675.6 \text{ m}/\text{min}$$

Resumen:

Tabla 31. Resumen de resultados de las características del sistema de ventilación.

CFM requeridos	4838 cfm
Velocidad de aire en pique principal	83.59 m/min
Diámetro de la manga	12.6 pulgadas
Velocidad del aire de la manga	1675.6 m/min

El ventilador propuesto es de la marca FLECOM SAC, es un ventilador axial, que trabaja con un motor trifásico de 25 HP. Cuenta con las características requeridas:

Tabla 32. Características del ventilador propuesto.

CAUDAL	DIMENSIONES	PRESIÓN	VELOCIDAD	MOTOR
4000 cfm a 10000 cfm	Ø 541mm	0.1 a 2 pulgH2O	850 a 1750 RPM	30 HP

Fuente. Flecom.pe

Los detalles del equipo son los siguientes:

- Carcasa: Estructuras fabricadas en plancha de acero comercial (Estándar), aceros inoxidable y aceros especiales.
- Impulsores: Fabricados en Aleación de aluminio, balanceadas estática y dinámicamente, alabes con diseño aerodinámico de alta eficiencia y de paso variable.
- Revestimientos: Pintura anticorrosiva (Estándar), epóxicas, fibra de vidrio, zincados, galvanizados, etc.

3.4.7. Inversión en equipos e infraestructura

Es necesario evaluar la adquisición del ventilador y de la manga de ventilación según el diámetro establecido, de tal manera que el proyecto Cuchi Corral pueda tener una corriente de aire que circule por todas las galerías extrayendo de manera continua el aire viciado y sobre todo la inversión sea rentable para el proyecto, considerando además los costos de instalación e infraestructura.

Tabla 33. Cotización de equipos y accesorios para implementar el sistema ventilación.

PROYECTO CUCHI CORRAL SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA					
INVERSIÓN EN EQUIPOS DE VENTILACIÓN					
CANT	EQUIPOS	CAPACIDAD	UNIDADES	UBICACIÓN	COSTO
1	VENTILADOR MARCA FLECOM	4000 cfm a 10000 cfm	cfm	PIQUE 51	S/. 3 600
100 m	MANGA DE VENTILACION DE 12.6 ‘‘	-	m	PIQUE 51	S/. 300
1	TABLERO ELECTRONICO DE ARRANQUE ESTRELLA TRIÁNGULO 150 HP	-	-	PIQUE 51	S/. 1 200
PRESUPUESTO TOTAL					S/. 5 100

Fuente. Mercado libre.com.pe

Tabla 34. Inversión en pago de personal para instalación.

MINERA SAN SEBASTIAN DE SUYO				
PROYECTO MINERO CUCHI CORRAL				
COSTOS DE INSTALACIÓN/MANO DE OBRA				
TIEMPO DE INSTALACION: 10 DIAS				
CANTIDAD	ITEM	PAGO MENSUAL (INDIVIDUAL)	PAGO POR LOS DIAS DE INSTALACIÓN (INDIVIDUAL)	COSTO TOTAL
1	SUPERVISOR SEGURIDAD	S/ 1,500.00	S/ 750.00	S/ 750.00
2	MECÁNICOS ELÉCTRICOS	S/ 1,300.00	S/ 650.00	S/ 1300.00
2	AYUDANTE	S/ 1,000.00	S/ 500.00	S/ 1000.00
TOTAL				S/ 3050.00

Fuente. Pagos de honorarios trabajadores Cuchi Corral.

Tabla 35. Costos adicionales.

MINERA SAN SEBASTIAN DE SUYO					
PROYECTO MINERO CUCHI CORRAL					
COSTOS ADICIONALES					
CANT	UND	MATERIAL	EQUIPO	PRECIO UNITARIO	SUB TOTAL
1	-	-	ANEMÓMETRO DIGITAL	S/ 85.00	S/ 85.00
1	-	-	ALTAIR 4X	S/ 140.00	S/ 140.00
1	-	PLATAFORMA DE CEMENTO	-	S/ 120.00	S/ 120.00
TOTAL					S/ 345.00

Fuente. Mercado libre.com.pe

3.5. Propuesta de Sistema de ventilación

3.5.1. Sistema de ventilación para incrementar la productividad en el proyecto Cuchi Corral

De acuerdo a los resultados obtenidos, se propuso un sistema de ventilación teniendo en cuenta, los requerimientos necesarios conforme a normativa 024-2016 EM, con la finalidad de que las diferentes labores del proyecto Cuchi Corral estén en condiciones termo ambientales adecuadas, considerando la selección de un método de ventilación que sea eficaz y el esquema del circuito de ventilación según el diseño de la mina.

3.5.2. Descripción actual del Proyecto Cuchi Corral

El proyecto Cuchi Corral se ubica en el distrito de Suyo, provincia de Ayabaca en el departamento de Piura, como vías de acceso se toma la carretera Panamericana Norte hasta llegar al desvío de Sullana y de ahí a las Lomas, a partir de esa zona podemos ingresar a las localidades del distrito de Suyo por trocha carrozable hasta llegar a la localidad de Chirinos, caserío Cuchicorral.

Las coordenadas son las siguientes:

COORDENADAS UTM DEL PETITORIO		
VÉRTICES	NORTE	ESTE
1	9 505 000.00	619 000.00
2	9 504 000.00	619 000.00
3	9 504 000.00	616 000.00
4	9 505 000.00	616 000.00

El yacimiento es de tipo aurífero, la potencia de la veta es de 0.3 a 0.7 m con un buzamiento de 32° y la resistencia de la roca encajonante es media. Es un depósito de Fe- Cu, Mo y Au, pertenecen al cretácico superior. Con formaciones acuíferos locales, rocas intrusivas.

3.5.3. Condiciones actuales de ventilación

El proyecto Cuchi Corral tiene como acceso el pique 51 el cual tiene una profundidad de 25 m aproximadamente, en su interior cuenta con una galería principal y dos secundarias (dos paralelas y una perpendicular), en la toma de datos realizada se establecieron catorce estaciones, en las cuales se pudo medir la velocidad del aire con el instrumento Anemómetro digital, y los resultados fueron los siguientes:

Tabla 36. Resumen de resultados de velocidad de aire.

RESUMEN DE RESULTADOS: VELOCIDAD DE AIRE					
OBSERVACIÓN	ESTACIÓN	VELOCIDAD DEL AIRE		PROMEDIO GALERIA	PROMEDIO GENERAL
		(m/s)	(m/min)	(m/min)	(m/min)
GALERÍA PRODUCCIÓN - PRINCIPAL	E-01	0.3	18	12	7.2
	E-02	0.3	18		
	E-12	0.2	12		
	E-13	0.2	12		
	E-14	0.0	0		
CRUCERO	E-03	0.3	18	9.6	
	E-04	0.2	12		
	E-05	0.2	12		
	E-06	0.1	6		
	E-07	0.0	0		
GALERÍA PRODUCCIÓN SECUNDARIA	E-08	0.0	0	0	
	E-09	0.0	0		
	E-10	0.0	0		
	E-11	0.0	0		

Fuente. Elaboración propia.

Según el DS 024 2016 se establece que velocidad promedio no tiene que ser mínima de 20 m/min, por lo que según los resultados hay deficiencia en la velocidad, y el problema crítico, lo tiene la galería de producción secundaria con una velocidad de aire de 0 m/min.

Al tener la velocidad de aire en cada estación y las áreas de sección, se logró determinar el caudal promedio de la mina que es de 683.2 cfm.

Tabla 37. Resumen de resultados de caudal actual.

RESUMEN DE RESULTADOS: CAUDAL ACTUAL					
OBSERVACIÓN	ESTACIÓN	CAUDAL		CAUDAL PROMEDIO	PROMEDIO
		(m³/min)	(cfm)	(cfm)	(cfm)
GALERÍA PRODUCCIÓN - PRINCIPAL	E-01	38.88	1372.852	1024.13	683.2
	E-02	45.9	1620.729		
	E-12	29.64	1046.588		
	E-13	30.6	1080.486		
	E-14	0	0		
CRUCERO	E-03	45.9	1620.729	1025.4024	
	E-04	36	1271.16		
	E-05	48	1694.88		
	E-06	15.3	540.243		
	E-07	0	0		
GALERÍA PRODUCCIÓN- SECUNDARIA	E-08	0	0	0	
	E-09	0	0		
	E-10	0	0		
	E-11	0	0		

Fuente. Elaboración propia

Por otra parte, se midió la temperatura en cada estación, y como temperatura promedio, se obtuvo 32.2° C.

Tabla 38. Resumen de resultados de temperatura.

RESUMEN DE RESULTADOS: TEMPERATURA				
OBSERVACIÓN	ESTACION	T° C	T° C PROMEDIO GALERÍA	PROMEDIO
GALERÍA PRODUCCIÓN - PRINCIPAL	E-01	31.5	31.74	32.2
	E-02	31.5		
	E-12	31.8		
	E-13	31.8		
	E-14	32.1		
CRUCERO	E-03	31.8	32.06	
	E-04	31.8		
	E-05	32.1		
	E-06	32.1		
	E-07	32.5		
GALERÍA PRODUCCIÓN	E-08	32.5	32.825	
	E-09	32.8		
	E-10	33		
	E-11	33		

Fuente. Elaboración propia

Por último, se midió el nivel de gases tóxicos, gracias al ALTAIR 4x, el cual determinó que el nivel promedio de oxígeno es de **19.3 %**, promedio de dióxido de carbono (CO₂) es de **818.8 ppm** y promedio de monóxido es de **24.2 ppm**.

Tabla 39. Resumen de resultados de medición de gases.

RESUMEN DE RESULTADOS: MEDICIÓN DE GASES				
OBSERVACIÓN	ESTACIÓN	PROMEDIO (O ₂)	PROMEDIO DIOXIDO DE CARBONO (CO ₂)	PROMEDIO MONÓXIDO DE CARBONO (CO)
		%	ppm	ppm
GALERIA PRODUCCIÓN - PRINCIPAL	E-01	19.02	820	24.2
	E-02			
	E-12			
	E-13			
	E-14			
CRUCERO	E-03	19.22	804	24
	E-04			
	E-05			
	E-06			
	E-07			
GALERÍA PRODUCCIÓN	E-08	19.7	832.5	24.5
	E-09			
	E-10			
	E-11			
PROMEDIO GENERAL		19.3	818.8	24.2

Fuente. Elaboración propia

3.5.4. Análisis de requerimiento de caudal en mina

Los resultados obtenidos determinaron el caudal necesario según: trabajadores, explosivos, equipos y condiciones ambientales, lo cual dio como resultado total de caudal requerido 4838.11 cfm, el cual fue comparado con el caudal actual de la mina, de tal manera que se calculó el déficit de caudal que es de 4154.9 cfm.

Tabla 40. Resumen del requerimiento de aire total.

RESUMEN DE RESULTADOS: REQUERIMIENTO DE CAUDAL						
OBSERVACIÓN	CAUDAL MEDIDO PROMEDIO	REQUERIMIENTO	CAUDAL	CAUDAL TOTAL REQUERIDO		DEFICIT DE AIRE
	(cfm)		m ³ /min	m ³ /min	cfm	cfm
GALERIA PRODUCCIÓN - PRINCIPAL	683.2	TRABAJADORES (Qt)	21	137	4838.1 1	4154.9
CRUCERO		EQUIPOS (Qe)	4.41			
		GASES (Qexp)	56			
GALERÍA PRODUCCIÓN		CONDICIONES AMBIENTALES (Qamb)	55.5			

Fuente. Elaboración propia

3.5.5. Método de ventilación

Según las condiciones de la mina, el número de niveles con el que cuenta y el requerimiento de caudal que se necesita abastecer, el método de ventilación propuesto es el *MÉTODO IMPELENTE*, es decir el aire entra a la labor gracias a un ducto (manga de ventilación), y el caudal de aire se distribuye en todas las galerías, de este modo permite que se evacue el aire viciado y se proporcione aire fresco en todos los frentes de trabajo.

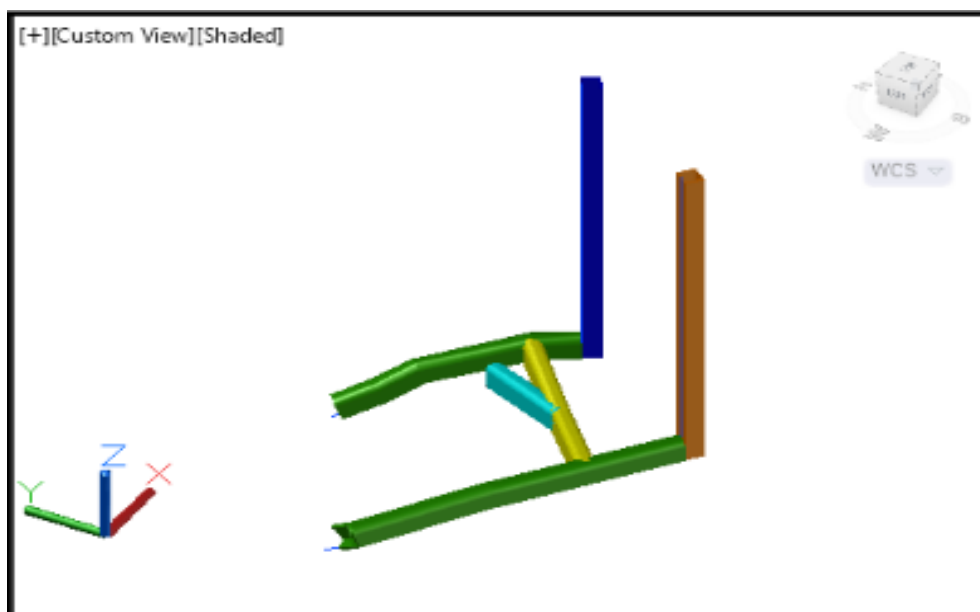
3.5.6. Diseño de la mina Cuchi Corral

La mina Cuchi Corral cuenta con un pique, que es una excavación vertical de 24 m de profundidad, con una sección de 1.3 m x 1.3 m, la cual se conecta con la

galería principal que tiene aproximadamente 28 m de largo, y un crucero de aproximadamente 15 m de largo que la enlaza con la galería de producción que mide aproximadamente 13 m.

Por otra parte, cuenta con una rampa que es una excavación horizontal que se hizo con el propósito de realizar avances a un segundo nivel, lo cual es un proyecto en stand by.

Ilustración 2. *Diseño del proyecto Cuchi Corral Mina San Sebastián de Suyo Piura.*



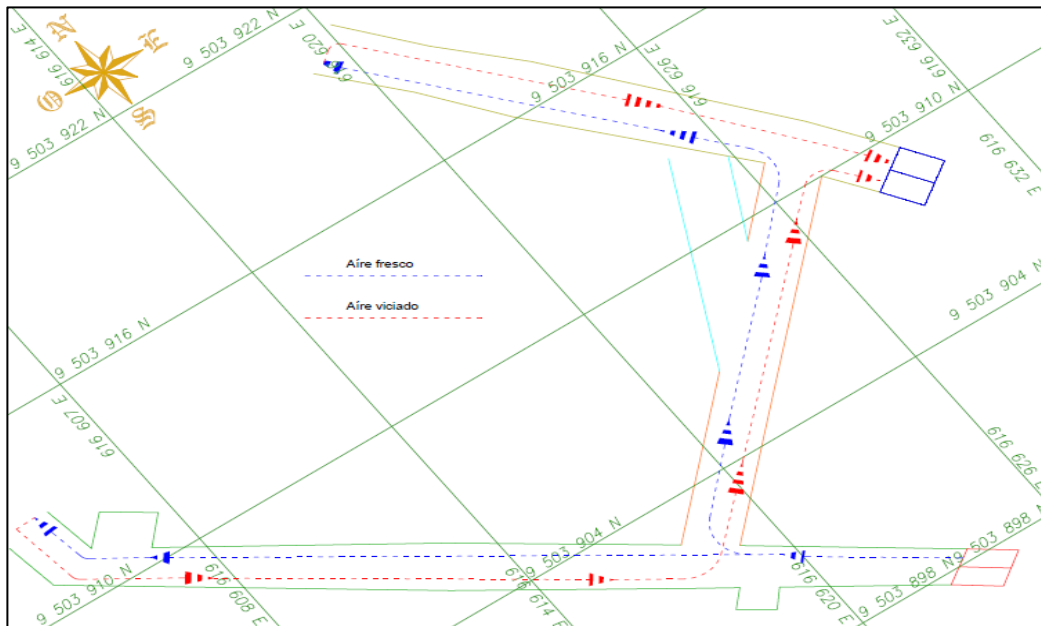
Fuente. Elaboración propia.

3.5.7. Circuito de ventilación

El circuito de ventilación se logró desarrollar gracias al Software VENTSIM™, el cual es un programa de simulación de ventilación, de esta manera se puede suponer el como el caudal de aire será distribuido en todas las labores de la mina y como el aire viciado será retirado.

(Ver Anexo N°12 Lamina N°06).

Ilustración 3. Circuito de ventilación de la mina Cuchi Corral.



Fuente. Elaboración propia.

3.5.8. Presupuesto de instalación y mantenimiento del sistema de ventilación.

Según el análisis de caudal requerido, se propone un ventilador de caudal 4000 cfm a 10000 cfm marca FLECOM, que es un ventilador axial, que trabaja con un motor trifásico de 25 HP y trabaja con una velocidad de 850 a 1750 RPM, con una vida útil de 5 000 horas y una manga de ventilación con un diámetro de 12.6 pulgadas. Por lo que se obtuvo una cotización considerando la compra de equipos, costos de instalación y personal encargado del trabajo.

Tabla 41. Presupuesto general de inversión del sistema de ventilación propuesto.

MINERA SAN SEBASTIAN DE SUYO		
PROYECTO MINERO CUCHI CORRAL		
COSTO GENERAL		
ÍTEM	COSTO	TOTAL
COTIZACIÓN EQUIPOS	S/ 5 100.00	S/ 8 495.00
MANO DE OBRA	S/ 3 050.00	
COSTOS ADICIONALES	S/ 345.00	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42. Costos de mantenimiento del ventilador propuesto.

MINERA SAN SEBASTIAN DE SUYO				
PROYECTO MINERO CUCHI CORRAL				
COSTOS DE MANTENIMIENTO ANUAL				
EQUIPO/ACCESORIO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Pernos, cables, pegamento parches entre otros	-	VARIOS	S/ 300.00	S/ 300.00
Ventilador FLECON	ADIMENSIONAL	1	S/ 230.00	S/ 230.00
TOTAL				S/ 530.00

Fuente: Mercado libre.

Tabla 43. Costos de mantenimiento de mangas.

MINERIA SAN SEBASTIAN DE SUYO			
PROYECTO MINERO CUCHI CORRAL			
COSTOS MANTENIMIENTO MDV /MENSUAL			
EQUIPO /ACCESORIO	CANTIDAD (m)	PRECIO	TOTAL
Mangas de lona	50	S/ 150.00	
Alicates, cable de acero, ganchos y de más accesorios	VARIOS	S/ 220.00	S/ 370.00

Fuente: Mercado libre.

3.5.9. Construcción de chimenea.

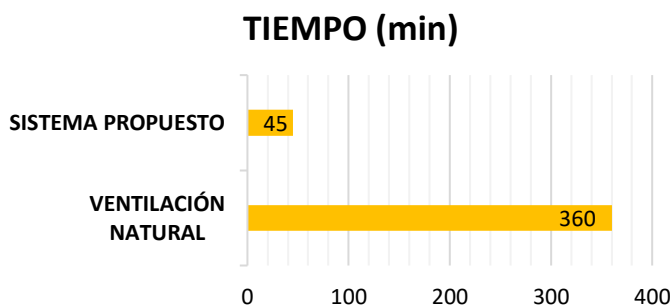
El proyecto CH 01- Proyecto, se plantea construir la chimenea para servicios de ventilación, desde el frente de explotación actual con fines de disminuir el tiempo de ventilación en las labores. La sección transversal será cuadrada de 1.3 m de lado con 1.69 m² de área, desde el nivel 332 msnm hasta superficie con altitud de 557 msnm, naturalmente por diferencias de cotas la chimenea debe tener una longitud de 25 m, pero por las condiciones de la mina y las pequeñas pendiente que se maneja en ella la chimenea de proyecto tiene una longitud 24.25 m, con un volumen de 40.98 m³ de roca que se tiene que mover.

3.5.10. Resultados de la propuesta

A. El sistema de ventilación propuesto permitirá evacuar los gases tóxicos en un tiempo máximo de 45 minutos a comparación de sistema natural, que lo realiza en 6 horas aproximadamente. Esto permitirá que se recuperen tiempos de producción e incluso se realicen los avances planificados para el segundo nivel.

Tabla 44. Tiempo de ventilación actual vs el tiempo del sistema de ventilación propuesto.

	TIEMPO (min)	TIEMPO (HRS)
VENTILACIÓN NATURAL	360	6
SISTEMA PROPUESTO	45	0.75



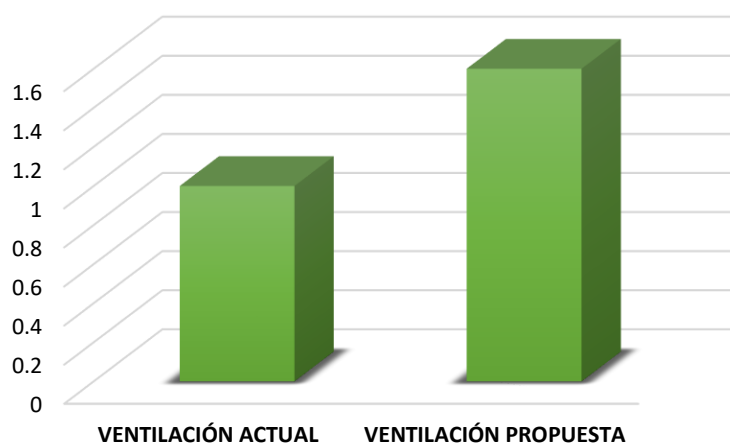
Fuente: Elaboración propia

B. Considerando que el tiempo de ventilación se reducirá a 45 min, quedaría un tiempo libre de 5h con 15 min, los cuales se aprovecharían para continuar con los trabajos interiores mina, teniendo en cuenta que la producción diaria, es de 1 TM (considerando que se trabaja 8 h diarias), entonces se deduce de manera empírica que la producción aumentaría en un 60% aproximadamente.

Tabla 45. Producción con el sistema de ventilación actual vs la producción con el sistema de ventilación propuesto.

	VENTILACIÓN ACTUAL	VENTILACIÓN PROPUESTA
PRODUCCIÓN EN TM	1	1.6

PRODUCCIÓN EN TM



Fuente: Elaboración propia

C. Teniendo en cuenta la situación actual de ingresos y egresos del proyecto Cuchi Corral, se puede determinar de manera empírica que gracias a la reducción de tiempo de ventilación se aumentaría el tonelaje producido por día, de lo que sería 1 TM/día, con la propuesta de ventilación aumentaría a 1.6 TM/día, y considerando que la ley es de 1.5 oz/TM, entonces habría más ingresos de dinero por venta de material.

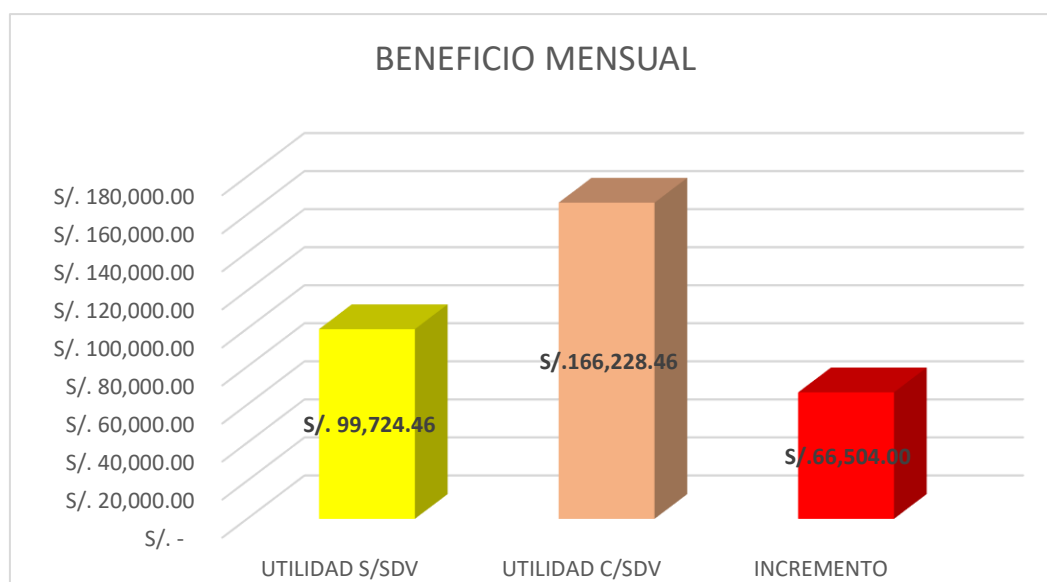
Tabla 46. Incidencia de costos mensuales del sistema de ventilación.

AMORTIZACIÓN DE COSTO MENSUAL DE VENTILACIÓN		
DESCRIPCIÓN	COSTO	
EQUIPOS DE VENTILACIÓN	S/ 5,100.00	
INVERSIÓN ADICIONAL	S/ 345.00	
INSTALACIÓN-MANO DE OBRA	S/ 3,050.00	
TOTAL	S/ 8,495.00	ÚNICO
VIDA UTIL DEL VENTILADOR	17	AÑOS
VIDA UTIL EN MESES	204	MESES
GASTOS DEL SISTEMA	S/ 41.64	MENSUAL
COSTO/MANGA DE VENTILACIÓN	S/ 370.00	MENSUAL
MANTENIMIENTO EQUIPO	S/ 530.00	ANUAL
MANTENIMIENTO	S/ 44.17	MENSUAL
INCIDENCIA DE COSTOS MENSUALES	S/ 455.81	MENSUAL

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47. Comparación de flujo efectivo mensual actual con el flujo efectivo mensual aplicando la propuesta del sistema de ventilación.

CON VENTILACIÓN ACTUAL		CON VENTILACIÓN PROPUESTA	
PRODUCCION DIARIA TM	1	PRODUCCION DIARIA TM	1.6
BENEFICIO MENSUAL TM	24	BENEFICIO MENSUAL TM	38.4
LEY PROMEDIO OZ/TM	1.5	LEY PROMEDIO OZ/TM	1.5
PRECIO PROMEDIO DE Au OZ/TM MINERAL	S/. 3,100.00	PRECIO PROMEDIO DE Au OZ/TM MINERAL	S/. 3,100.00
INGRESOS MENSUALES	S/. 111,600.00	INGRESOS MENSUALES	S/. 178,560.00
COSTOS DE PRODUCCIÓN	S/. 11,875.54	COSTOS DE PRODUCCIÓN	S/. 11,875.54
COSTOS DE VENTILACIÓN (MES)	0	COSTOS DE VENTILACIÓN (MES)	S/. 456.00
EGRESOS TOTAL	S/. 11,875.54	EGRESOS TOTAL	S/. 12,331.54
UTILIDAD O BENEFICIO	S/. 99,724.46	UTILIDAD O BENEFICIO	S/. 166,228.46
INCREMENTO			S/. 66,504.00



Fuente: Elaboración propia.

IV. DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos, se logró corroborar la hipótesis ya que al diseñar un sistema de ventilación se puede determinar su influencia respecto a la producción de la mina, esto se evidencia con lo dicho por el autor SUTTY, Jesús (2016) el cual afirma que un buen circuito de ventilación hace posible que el personal tenga un mejor rendimiento y de ese modo se puede realizar el carguío en menos tiempo y sigan desarrollándose las labores de avance los cuales sustituyen los tiempos perdidos que se empleaba en ventilar la zona de trabajo.

Así mismo se está conforme con el autor GARCIA, Edwin (2016), en cual afirma que se es necesario implementar equipos de monitoreo de gases, de tal forma que se usen de manera frecuente y de este modo se pueda monitorear el nivel de gases producidos por voladura o uso de equipos, y mantenerlo según el límite máximo permisible conforme a ley, y de ese modo asegurar un ambiente laboral seguro, ya que de ese modo se pudo obtener los resultados de oxígeno, dióxido de carbono y monóxido de carbono en mina de Cuchi Corral y se determinó si los porcentajes son los adecuados según el límite máximo permisible de gases.

Por otra parte, se está conforme con lo dicho por el autor PIEROLA, Olguín (2015), menciona que los ventiladores y accesorios se tienen que comprar de acuerdo a las condiciones actuales de la mina y el caudal requerido, evitando un sobre costo en adquisición de equipos y gastos innecesarios de energía eléctrica y también se está de acuerdo con MORALES Francisco (2017) que menciona que un sistema de ventilación natural es muy irregular debido a que la presión y temperatura cambian durante el transcurso del día y la dirección del viento, y que debido a ello es necesario considerar la influencia de una ventilación mecánica según las necesidades de la mina, considerando lo mencionado, se determinó el ventilador ideal según las necesidades de la mina, y de esa manera se realizó una cotización para implementar el sistema de ventilación.

V. CONCLUSIONES

El diagnóstico realizado en el proyecto Cuchi Corral, mostraron que la velocidad promedio en la labor es de 7.2 m/min, lo cual indica que existe deficiencia ya que según el DS 024 2016 EM establece que la velocidad mínima tiene que ser de 20 m/min, por otra parte, determinando las áreas de las labores se obtuvo un caudal promedio de 683.18 cfm. También se tomaron datos de la temperatura y monitoreo de gases tóxicos, la temperatura de la mina oscila entre los 31.5° C a los 33° C, y el monitoreo de gases indico que en O₂ el porcentaje es de 19.3% y CO es de 24.2 ppm y están próximos alcanzar el límite máximo permisible, mientras el dióxido de carbono se mantiene estable.

Evaluando las labores de la mina se establecieron puntos críticos en los que la velocidad del aire era de 0 m/min, haciendo un total de seis estaciones críticas, en las que la temperatura promedio alcanzaba los 32.2° C, esas zonas se tuvieron en cuenta para considerar el caudal necesario en mina según condiciones ambientales óptimas.

Los resultados obtenidos mediante los cálculos realizados indicaron que la mina necesita un total de 4838.1 cfm, considerando los requerimientos según número de trabajadores, equipos, explosivos, y condiciones ambientales. Por lo que se propuso un ventilador marca FLECOM que cuenta con un caudal regulable entre 4000 cfm a 10000 cfm y según los cálculos el diámetro de la manga de ventilación es de 320 mm.

Determinando el ventilador, el tablero de control y la manga de ventilación, y considerando gastos de mano de obra e instalación se obtuvo una cotización de aproximadamente S/. 8 495.00, el cual es un presupuesto aceptable para pequeña minería, el ventilador seleccionado puede ser regulado a las condiciones actuales de mina mientras se profundice las labores.

El Software VENTSIM VISUAL permitió realizar la simulación de la red de ventilación en mina, gracias al realización del diseño de la mina (accesos, labores, etc.), y considerando los datos obtenidos en campo con los diferentes instrumentos, y con el análisis del caudal requerido que fue de 4838.1 cfm y con el software se consiguió demostrar el comportamiento de la red de ventilación.

VI. RECOMENDACIONES

Se le sugiere a la empresa implementar la propuesta de sistema de ventilación para incrementar la productividad y que cuente con los instrumentos de monitoreo de velocidad de aire y control de gases ya que se tendrá un control de cualquier peligro referente a gaseamiento.

A la Universidad Cesar Vallejo ayudar a sus estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas realizando convenios con empresas mineras para mayor facilidad y accesibilidad a cualquier mina y así realizar proyectos novedosos.

A la Universidad ya mencionada anteriormente brinde las facilidades de viaje a las zonas de proyecto con permisos correspondientes a los estudiantes para el recojo de datos de investigación de campo y no sean perjudicados en otros cursos ni mucho menos en calificaciones.

VII. REFERENCIAS

ACUÑA Huachaca, Yulissa, AÑAMPA López Muriel, BUENDIA Martínez Calif, CCOICCA Huaranca Abiel, FELIX Saavedra José Luis. Equipos de perforación manual, neumáticos y eléctricos. Informe Técnico. Perú: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Facultad de Ingeniería de Minas, 2017. 52 pp. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/340274940/PERFORADORAS-neumaticas-1-pdf>

BERNAOLA ALONSO, José, CASTILLA GÓMEZ, Jorge, HERRERA HERBERT, Juan *Perforación y voladura de Rocas en Minería* (En línea). Madrid 2013, Copyright 2013 (Consulta: 24 de septiembre 2018) Disponible en: http://oa.upm.es/21848/1/20131007_PERFORACION_Y_VOLADURA.pdf

CARABAJO Naula, Carla. Diseño del circuito de ventilación de la zona norte de la Mina Cabo de Hornos, ubicada en el distrito aurífero polimetálico Portovelo – Zaruma. Ecuador: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental, 2015. 229 pp. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7700/1/T-UCE-0012-375.pdf>

CASTILLO Aranguren, Daniel. Evaluación del sistema de ventilación de la mina el Roble. Tesis (Título de Ingeniería de Minas). Colombia: Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia, Escuela de Ingeniería de Minas, 2017, 127 pp. Disponible en: <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1886/1/TGT-457.pdf>.

CHAMBERGO Orihuela, Gerardo. Propuesta de un sistema de ventilación, aplicando tecnologías de información y manejo de escenarios técnico económico en la unidad productiva San Cristóbal, de minera Bateas SAC. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Geología, Minería y Metalurgia, 2013. 124 pp. Disponible en: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1203/1/chambergo_og.pdf

CONDORI CONDORI, Victor. Optimización del sistema de ventilación con el software Ventsim Visual en la U.M. Heraldos Negros de la compañía minera San Valentín S.A – Huancavelica. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Perú: Universidad Nacional del

Altiplano, Facultad de Ingeniería de Minas, 2016. 144 pp. Disponible en: http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4229/Condori_Condori_Victor_Hugo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

FLORES Aroni, Marco. Diseño y simulación del sistema de ventilación de las labores de exploración en el proyecto San Gabriel CIA. De minas Buenaventura S.A.A.”. Tesis (Titulo de Ingeniería de Minas). Perú: Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería de Minas, 2017. 119 pp. Disponible en: file:///C:/Users/User/Downloads/Documentos%20de%20tesina/Documentos%20de%20tesina/Flores_Aroni_Marco_Fredy.pdf

GARCÍA Agama, Edwin. Evaluación de la situación actual del sistema de ventilación y propuesta para su optimización en mina subterránea carbonífera Mi Grimaldina I – Cajamarca. Tesis (Titulo de Ingeniería de Minas). Perú: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingenierías, 2016. 102 pp. Disponible: <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/7582/GARCIA%20AGAMA%20EDWIN%20EDUARDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GUILLEN Carbajal, Cesar. Optimización del Sistema de Ventilación aplicando tecnologías informáticas minera Hemco Nicaragua. Tesis (Titulo de Ingeniería de Minas). Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería de Minas, 2016. 173 pp. Disponible en: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/3944/1/guillen_cc.pdf

HERNANDEZ Roberto, FERNANDEZ Carlos y BAPTISTA María del Pilar. Metodología de la investigación. 5ta Ed, México: McGraw Hill. 607 pp.
ISBN: 9786071502919

IBAÑEZ Zamudio, Vicencio. Diseño del sistema de ventilación en el nivel 4050 veta Don Hernesto Unidad Minera El Porvenir – Milpo. Tesis (Titulo de Ingeniería de Minas). Perú: Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, 2017. 111 pp. Disponible en: http://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/continental/4453/3/IV_FIN_110_TE_Ibanez_Zamudio_2018.

LICAS Tipe, Victor. Proyecto de ventilación, para aplicar el derribo por subniveles en la Unidad Minera de Caudalosa Chica. Tesis (Titulo de Ingeniería de Minas). Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil, 2015. 127 pp. Disponible en: http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/991/Tesis%20M753_Lic.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MENESES Mendosa, Edgar. Análisis y diseño para la propuesta de un sistema de ventilación adecuado para FOGEL de Centroamérica. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, 2008. 93 pp. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1925_IN.pdf

MORALES Rodríguez, Francisco. Optimización del sistema de ventilación de la Mina Charito, Compañía Minera Poderosa S.A. Tesis (Titulo de Ingeniería de Minas). Perú: Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería, 2017. 77 pp. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10033/Vergaray%20Valle%2c%20Roy%20Marlon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PIEROLA Torres, Olguin. Evaluación integral del sistema de ventilación, modelamiento y diseño mediante el uso del Software Ventsim visual avanzado en la U. M. Animon CIA. Minera Chungar. Tesis (Titulo de Ingeniería de Minas). Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Geología, Geofísica y Minas, 2015. 208 pp. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/105/B2M18154.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Reglamento de Seguridad y salud ocupacional. Art 86. DS 024-2016 EM. Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-reglamento-de-seguridad-y-salud-ocupacional-en-mine-decreto-supremo-n-024-2016-em-1409579-1/>

SUTTY Vilca, Jesús. Influencia de la ventilación mecánica, en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 mina Urano SAC – Puno. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Perú: Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería de Minas, 2016. 111 pp. Disponible en: repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3539/Sutty_Vilca_Jesus_Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXO N° 01

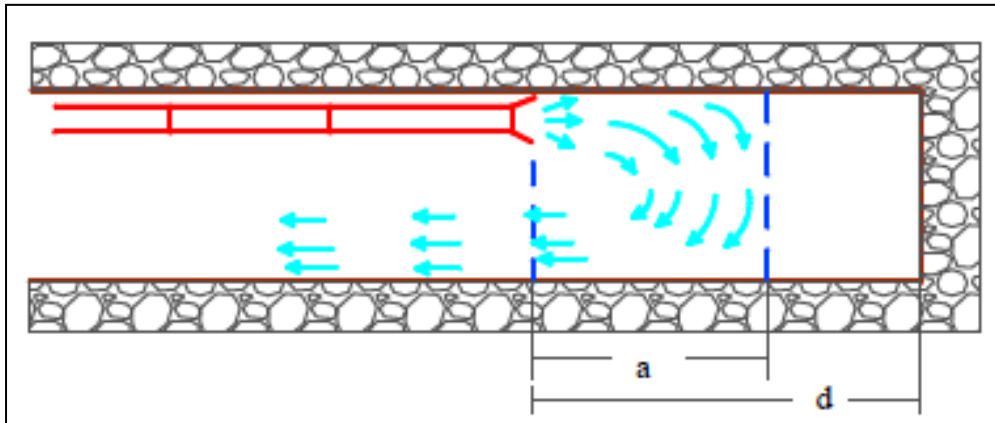


Figura N° 01. Ventilación Impelente. Fuente: Flores, 2017, p 17.

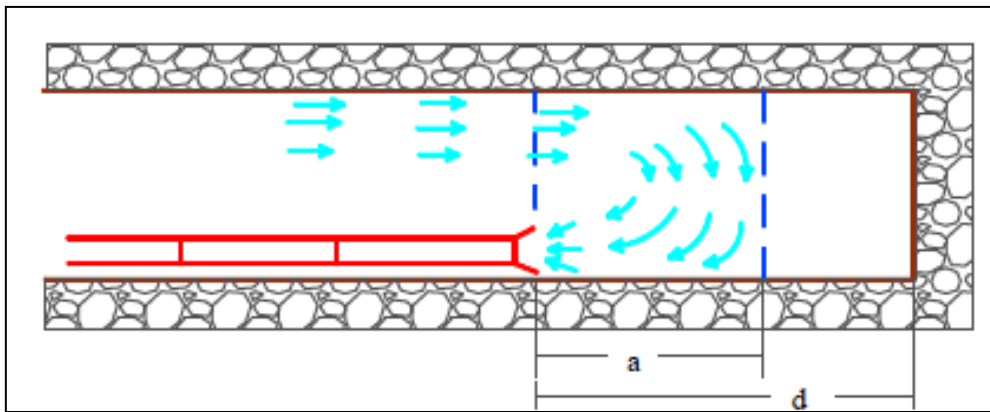


Figura N° 02. Ventilación Aspirante. Fuente: Flores, 2017, p 18.

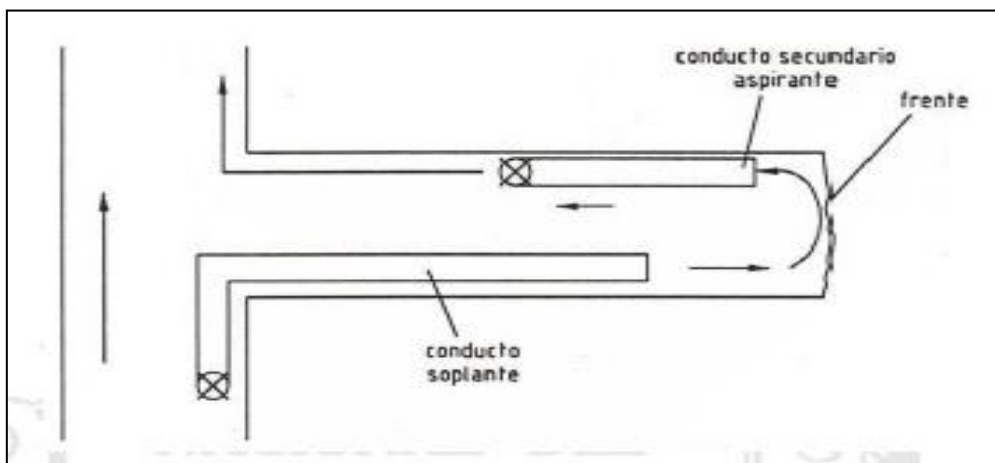


Figura N° 03. Ventilación Mixta. Fuente: Suty, 2016, p 38.



Figura N°04. Pique 51, acceso principal a la mina Cuchi Corral. Fuente: propia del autor



Figura N°05. Medición del BM con el GPS en el Pique 51. Fuente: propia del autor.



Figura N°06. Trabajador verificando la instalación del arnés en el Pique 51. Fuente: propia del autor.



Figura N°07. Instalaciones de winche – Mina Cuchi Corral. Fuente: propia del autor.



Figura N°08. Entrada al Pique 51- Acceso principal a la mina. Fuente: propia del autor.



Figura N°09. Toma de datos de la velocidad de aire con el Anemómetro Digital. Fuente: propia del autor.



Figura N°11. Letreto de referencia a la entrada a la Mina San Sebastián de Suyo. Fuente: propia del autor.



Figura N°12. Material volado. Fuente: propia del autor.



Figura N°13. Medición de las secciones de la mina. Fuente: propia del autor.



Figura N°14. Instrumento Brújula. Fuente: propia del autor.



Figura N°15. Trabajadores de la Mina San Sebastián de Suyo. Fuente: Propia del autor.



Figura N°16. Instalaciones de la mina Cuchi Corral. Fuente. Propia del autor

ANEXO N° 02



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**INSTRUMENTO: BASE DE DATOS PROYECTO DE VENTILACIÓN – CUCHI
CORRAL – MINA SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA
SECCIONES DE LAS LABORES.**

INVESTIGADOR:			
INSTRUMENTO:			
HORARIO:		FECHA:	
OBJETIVO:			

GUÍA DE RECOLECCIÓN DE DATOS I						
PROYECTO CUCHI CORRAL - SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA						
INTRUMENTO: CINTA MÉTRICA						
OBSERVACIÓN	ESTACIÓN	NIVEL	ACCESO	ALTO (m)	ANCHO (m)	AREA (m²)
GALERIA PRINCIPAL - PRODUCCIÓN						
CRUCERO						
GALERIA DE PRODUCCIÓN						

ANEXO N° 03



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**INSTRUMENTO: BASE DE DATOS PROYECTO DE VENTILACIÓN – CUCHI
CORRAL – MINA SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA
VELOCIDAD DE AIRE EN MINA**

INVESTIGADOR:			
INSTRUMENTO:			
HORARIO:		FECHA:	
OBJETIVO:			

GUÍA DE RECOLECCIÓN DE DATOS II				
PROYECTO CUCHI CORRAL - SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA				
INSTRUMENTO: ANEMÓMETRO DIGITAL				
OBSERVACIÓN	ESTACIÓN	NIVEL	VELOCIDAD DEL AIRE	
			(m/s)	(m/min)
GALERIA PRINCIPAL- PRODUCCIÓN				
CRUCERO				
GALERIA DE PRODUCCIÓN				



**INSTRUMENTO: BASE DE DATOS PROYECTO DE VENTILACIÓN – CUCHI
CORRAL – MINA SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA
TEMPERATURA**

INVESTIGADOR:			
INSTRUMENTO:			
HORARIO:		FECHA:	
OBJETIVO:			

GUÍA DE RECOLECCIÓN DE DATOS III			
PROYECTO CUCHI CORRAL - SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA			
INSTRUMENTO: ANEMÓMETRO DIGITAL			
OBSERVACIÓN	ESTACIÓN	NIVEL	T°C
GALERIA PRINCIPAL			
CRUCERO			
GALERIA DE PRODUCCIÓN			

ANEXO N° 05



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**INSTRUMENTO: BASE DE DATOS PROYECTO DE VENTILACIÓN – CUCHI CORRAL – MINA SAN SEBASTIAN DE SUYO
PIURA – GASES TOXICOS**

INVESTIGADOR:									
INSTRUMENTO:									
HORARIO:						FECHA:			
OBJETIVO:									
GUIA DE RECOLECCIÓN DE DATOS IV									
PROYECTO CUCHI CORRAL - SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA									
INSTRUMENTO: ALTAIR 4X									
OBSERVACIÓN	ESTACIÓN	NIVEL	OXIGENO (O ₂)	DIÓXIDO DE CARBONO	MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	PROMEDIO (O ₂)	PROMEDIO (CO ₂)	PROMEDIO (CO)	
			%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	
GALERIA PRINCIPAL									
CRUCERO									
GALERIA DE PRODUCCIÓN									

Fuente. Propia del autor.

ANEXO N° 06



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

INVESTIGADOR:			
INSTRUMENTO:			
HORARIO:		FECHA:	
OBJETIVO:			

SI		NO		REGULAR	
----	--	----	--	---------	--

GUÍA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO				
PROYECTO CUCHI CORRAL - SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA				
ASPECTOS GENERALES				
ÍTEMS	SI	NO	REGULAR	OBSERVACIÓN
CONDICIONES DE TRABAJO				
AIRE LIMPIO EN LAS LABORES				
CANTIDAD DE AIRE REQUERIDO				
VELOCIDAD DE AIRE ADECUADO				
TEMPERATURA IDEAL				
HUMEDAD ESTABLE				
CONTROLES	SI	NO	REGULAR	OBSERVACIÓN
VELOCIDAD AIRE				
TEMPERATURA				
GASES TÓXICOS				
SISTEMA DE VENTILACIÓN	SI	NO	REGULAR	OBSERVACIÓN
VENTILADOR ADECUADO				
CAUDAL EFICIENTE				
INSTALACIONES ADECUADAS				
CIRCUITO DE VENTILACION ADECUADO				
CONSIDERAN MARCO NORMATIVO				

Fuente. Propia del autor.

ANEXO N° 07



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**INSTRUMENTO: BASE DE DATOS PROYECTO DE VENTILACIÓN – CUCHI
CORRAL – MINA SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA
SECCIONES DE LAS LABORES.**

INVESTIGADOR:	Br. Guevara García Wendy Dallance		
INSTRUMENTO:	Cinta métrica		
HORARIO:	10:00 am	FECHA:	30/10/18
OBJETIVO:	Obtener los datos de las secciones de las labores de la mina.		

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS I						
PROYECTO CUCHI CORRAL - SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA						
INTRUMENTO: CINTA MÉTRICA						
OBSERVACIÓN	ESTACIÓN	NIVEL	ACCESO	ALTO (m)	ANCHO (m)	AREA (m²)
GALERIA PRINCIPAL - PRODUCCIÓN	E-01	532 msnm	PIQUE 51	1.8	1.2	2.16
	E-02	532 msnm	PIQUE 51	1.7	1.5	2.55
	E-12	532 msnm	PIQUE 51	1.9	1.3	2.47
	E-13	532 msnm	PIQUE 51	1.7	1.5	2.55
	E-14	531.34 msnm	PIQUE 51	1.6	1.5	2.4
CRUCERO	E-03	532 msnm	PIQUE 51	1.7	1.5	2.55
	E-04	532 msnm	PIQUE 51	2.0	1.5	3
	E-05	532 msnm	PIQUE 51	2.5	1.6	4
	E-06	524.7 msnm	PIQUE 51	1.7	1.5	2.55
	E-07	539 msnm	PIQUE 51	1.7	1.5	2.55
GALERIA DE PRODUCCIÓN	E-08	539 msnm	PIQUE 51	1.8	1.6	2.88
	E-09	539 msnm	PIQUE 51	2.0	1.8	3.6
	E-10	539 msnm	PIQUE 51	2.0	1.5	3
	E-11	535.2 msnm	PIQUE 51	2.0	1.5	3

Fuente. Propia del autor.

ANEXO N° 08



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**INSTRUMENTO: BASE DE DATOS PROYECTO DE VENTILACIÓN – CUCHI
CORRAL – MINA SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA
VELOCIDAD DE AIRE EN MINA**

INVESTIGADOR:	Br. Guevara García Wendy Dallance		
INSTRUMENTO:	Anemómetro Digital		
HORARIO:	10:00 am	FECHA:	30/10/18
OBJETIVO:	Obtener la medida de velocidades de aire haciendo uso del Anemómetro digital		

GUIA DE RECOLECCIÓN DE DATOS II				
PROYECTO CUCHI CORRAL - SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA				
INSTRUMENTO: ANEMÓMETRO DIGITAL				
OBSERVACIÓN	ESTACIÓN	NIVEL	VELOCIDAD DEL AIRE	
			(m/s)	(m/min)
GALERIA PRINCIPAL-PRODUCCIÓN	E-01	532 msnm	0.3	18
	E-02	532 msnm	0.3	18
	E-12	532 msnm	0.2	12
	E-13	532 msnm	0.2	12
	E-14	531.34 msnm	0.0	0
CRUCERO	E-03	532 msnm	0.3	18
	E-04	532 msnm	0.2	12
	E-05	532 msnm	0.2	12
	E-06	524.7 msnm	0.1	6
	E-07	539 msnm	0.0	0
GALERIA DE PRODUCCIÓN	E-08	539 msnm	0.0	0
	E-09	539 msnm	0.0	0
	E-10	539 msnm	0.0	0
	E-11	535.2 msnm	0.0	0

Fuente. Propia del autor.

ANEXO N° 09



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**INSTRUMENTO: BASE DE DATOS PROYECTO DE VENTILACIÓN – CUCHI
CORRAL – MINA SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA
TEMPERATURA**

INVESTIGADOR:	Br. Guevara García Wendy Dallance		
INSTRUMENTO:	Anemómetro Digital		
HORARIO:	10:00 am	FECHA:	30/10/18
OBJETIVO:	Obtener los datos de temperatura en las diferentes labores.		

GUÍA DE RECOLECCIÓN DE DATOS III			
PROYECTO CUCHI CORRAL - SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA			
INSTRUMENTO: ANEMÓMETRO DIGITAL			
OBSERVACIÓN	ESTACIÓN	NIVEL	T°C
GALERIA PRINCIPAL	E-01	532 msnm	31.5
	E-02	532 msnm	31.5
	E-12	532 msnm	31.8
	E-13	532 msnm	31.8
	E-14	531.34 msnm	32.1
CRUCERO	E-03	532 msnm	31.8
	E-04	532 msnm	31.8
	E-05	532 msnm	32.1
	E-06	524.7 msnm	32.1
	E-07	539 msnm	32.5
GALERIA DE PRODUCCIÓN	E-08	539 msnm	32.5
	E-09	539 msnm	32.8
	E-10	539 msnm	33
	E-11	535.2 msnm	33

ANEXO N° 10



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**INSTRUMENTO: BASE DE DATOS PROYECTO DE VENTILACIÓN – CUCHI CORRAL – MINA SAN SEBASTIAN DE SUYO
PIURA – GASES TOXICOS**

INVESTIGADOR:	Br. GUEVARA GARCÍA Wendy Dallance							
INSTRUMENTO:	ALTAIR 4X							
HORARIO:	11:00 am				FECHA:	30/10/18		
OBJETIVO:	Obtener los datos de gases en mina y la cantidad de los mismos.							
GUÍA DE RECOLECCIÓN DE DATOS IV								
PROYECTO CUCHI CORRAL - SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA								
INSTRUMENTO: ALTAIR 4X								
OBSERVACIÓN	ESTACIÓN	NIVEL	OXIGENO (O ₂)	DIÓXIDO DE CARBONO	MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	PROMEDIO (O ₂)	PROMEDIO (CO ₂)	PROMEDIO (CO)
			%	ppm	ppm	%	ppm	ppm
GALERIA PRINCIPAL	E-01	532 msnm	18.7	800	24	19.2	820	24.2
	E-02	532 msnm	18.7	800	24			
	E-12	532 msnm	19.1	800	24			
	E-13	532 msnm	19.1	800	24			
	E-14	531.34 msnm	19.5	900	25			
CRUCERO	E-03	532 msnm	18.9	800	24	19.22	804	24
	E-04	532 msnm	19.2	800	24			
	E-05	532 msnm	19.2	800	24			
	E-06	524.7 msnm	19.2	810	24			
	E-07	539 msnm	19.6	810	24			
GALERIA DE PRODUCCIÓN	E-08	539 msnm	19.6	810	24	19.7	832.5	24.5
	E-09	539 msnm	19.6	810	24			
	E-10	539 msnm	19.8	810	25			
	E-11	535.2 msnm	19.8	900	25			

ANEXO N° 11



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

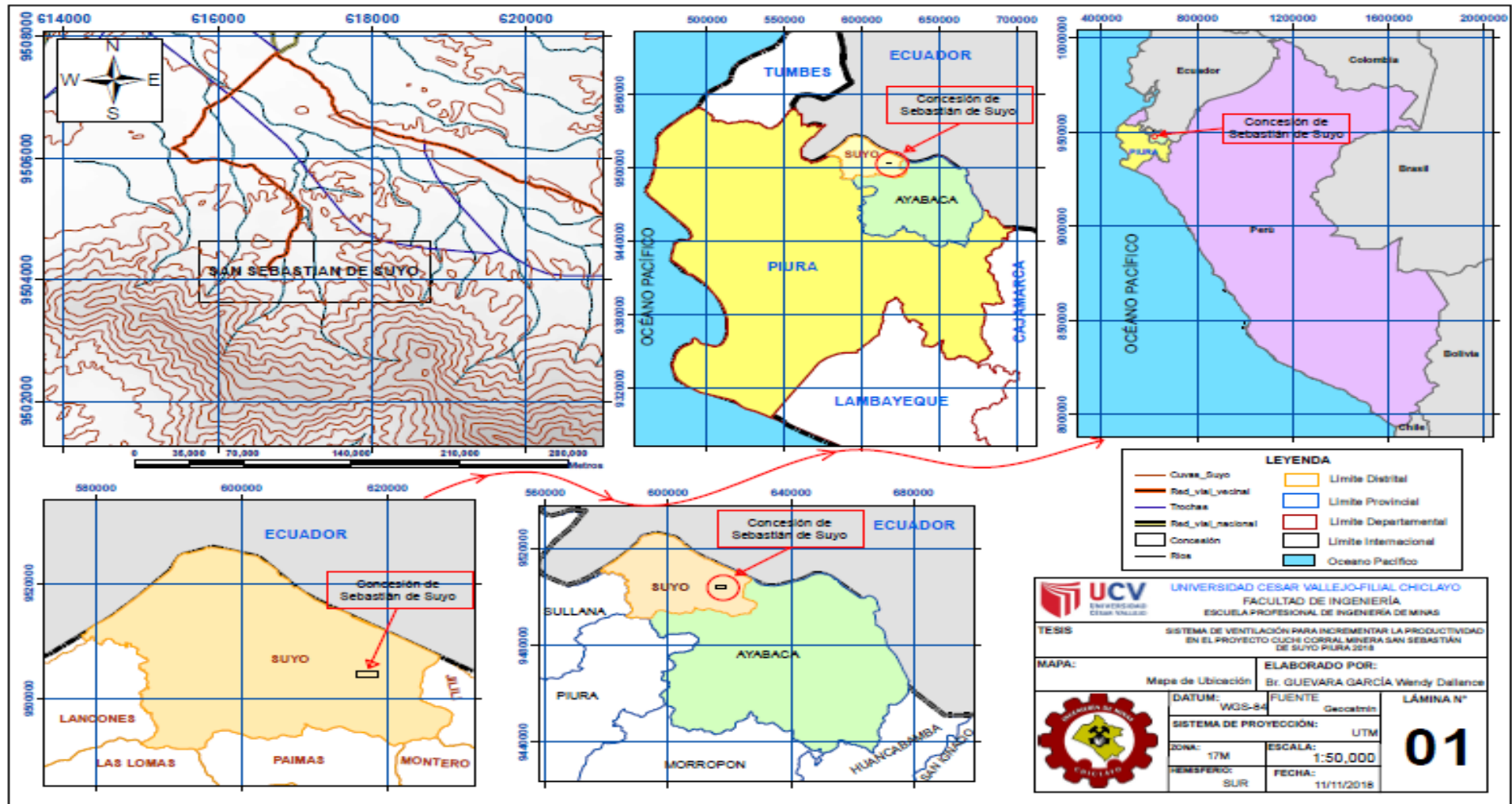
INVESTIGADOR:	Br. Guevara García Wendy Dallance		
INSTRUMENTO:	Cinta métrica		
HORARIO:	12:00 pm	FECHA:	30/10/18
OBJETIVO:	Determinar las condiciones actuales del proyecto Cuchi Corral.		

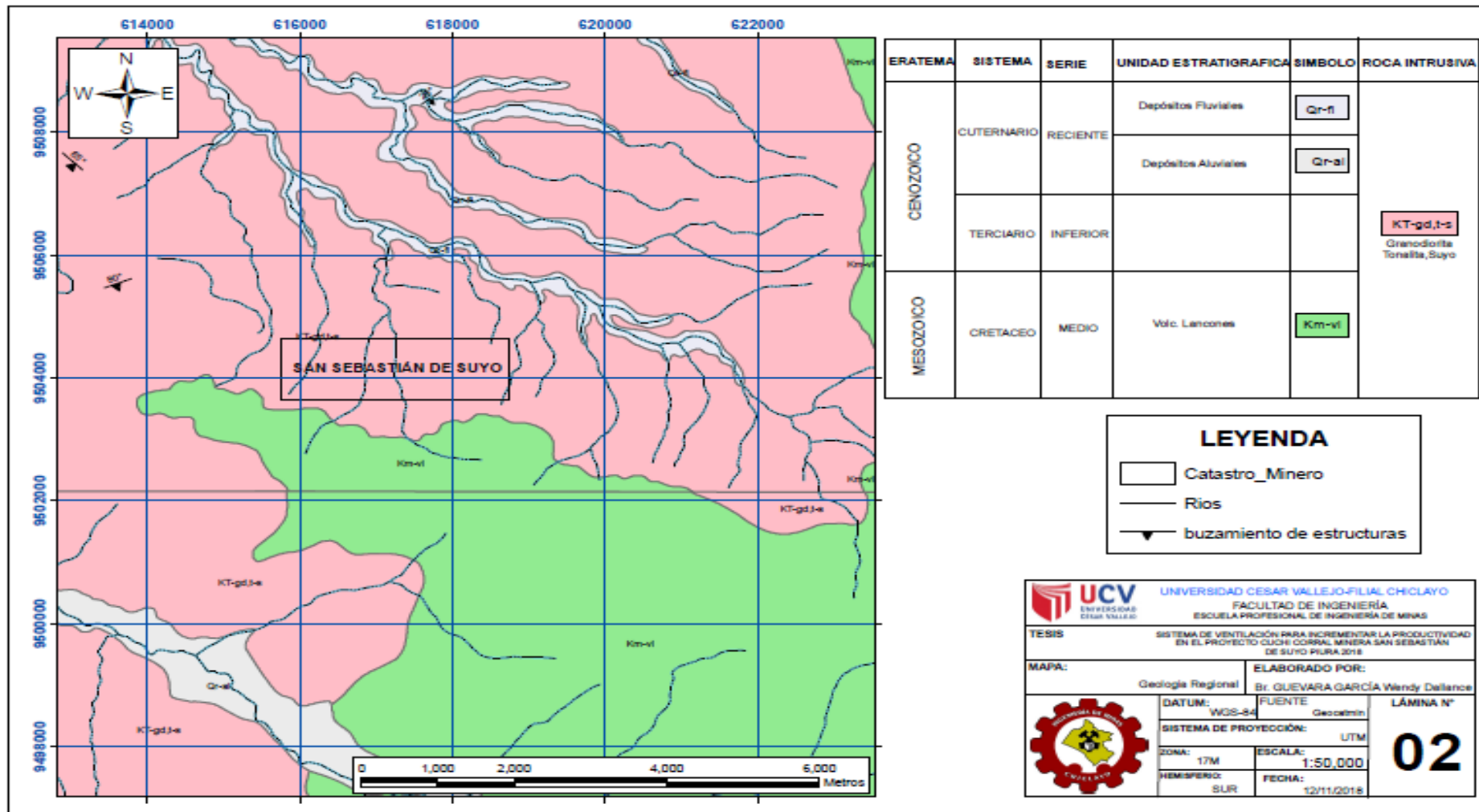
SI		NO		REGULAR	
----	--	----	--	---------	--

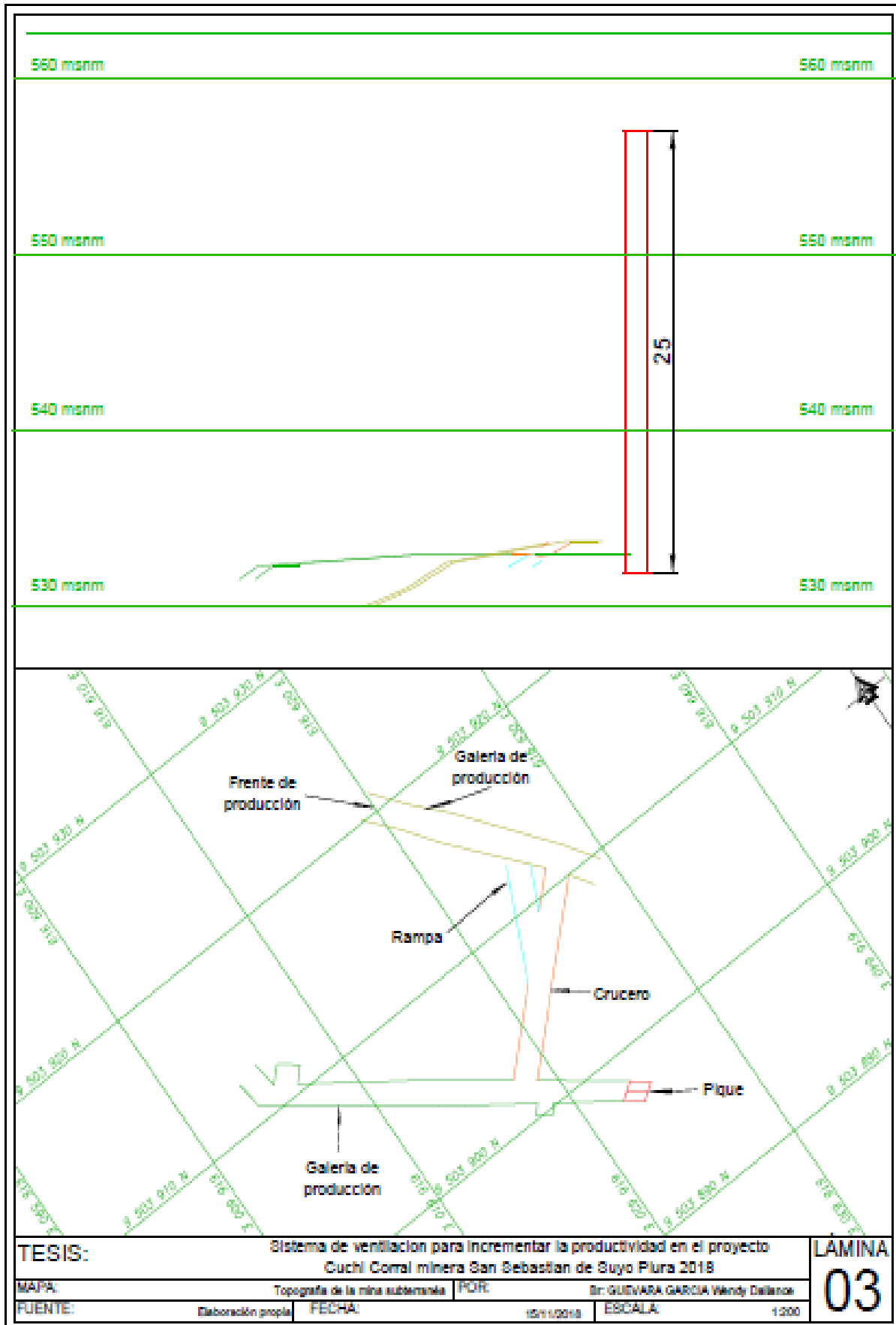
GUÍA DE OBSERVACION DE CAMPO				
PROYECTO CUCHI CORRAL - SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA				
ASPECTOS GENERALES				
ÍTEMS	SI	NO	REGULAR	OBSERVACIÓN
CONDICIONES DE TRABAJO				
AIRE LIMPIO EN LAS LABORES				EL AIRE EN INTERIOR MINA NO ES LIMPIO EN SU TOTALIDAD POR PRESENCIA DE GASES TÓXICOS.
CANTIDAD DE AIRE REQUERIDO				EL AIRE EN INTERIOR MINA NO ES EL ADECUADO PARA TRABAJAR.
VELOCIDAD DE AIRE ADECUADO				HAY PUNTOS CRITICOS DONDE LA VELOCIDAD ES 0 m/sg.
TEMPERATURA IDEAL				LA TEMPERATURA OSCILA ENTRE LOS 30°C A LOS 33°C
HUMEDAD ESTABLE				LA HUMEDAD ES ACEPTABLE
CONTROLES	SI	NO	REGULAR	OBSERVACIÓN
VELOCIDAD AIRE				NO CUENTAN CON LOS INSTRUMENTOS PARA MEDIR LA VELOCIDAD DE AIRE.
TEMPERATURA				NO CUENTAN CON INSTRUMENTOS.
GESES TÓXICOS				NO TIENEN CONTROL Y EN ALGUNOS CASOS ENTRAR A TRABAJAR CUANDO LA ZONA AUN NO A SIDO VENTILADA EN SU TOTALIDAD.
SISTEMA DE VENTILACIÓN	SI	NO	REGULAR	OBSERVACIÓN
VENTILADOR ADECUADO				EL VENTILADOR QUE USAN NO CUMPLE CON LAS CONDICIONES DE LA MINA.
CAUDAL EFICIENTE				EL CAUDAL ES MEJOR A LOS 1 5m/sg
INSTALACIONES ADECUADAS				NO CUETAN CON UNA BUENA INSTALACION
CIRCUITO DE VENTILACION ADECUADO				NO TIENEN UN DISEÑO DE CIRCUITO DE AIRE
CONSIDERAN MARCO NORMATIVO				LO CONSIDERAN PERO AUN NO ES APLICADO.

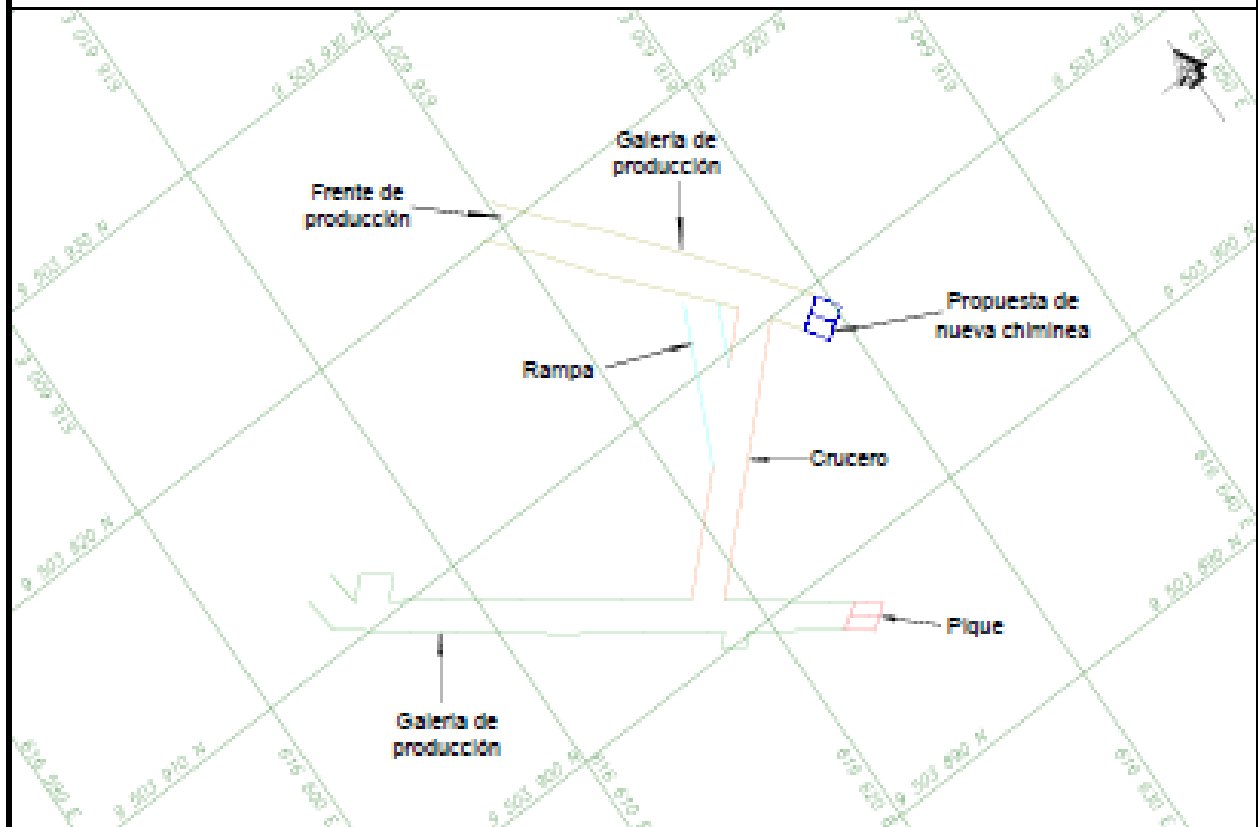
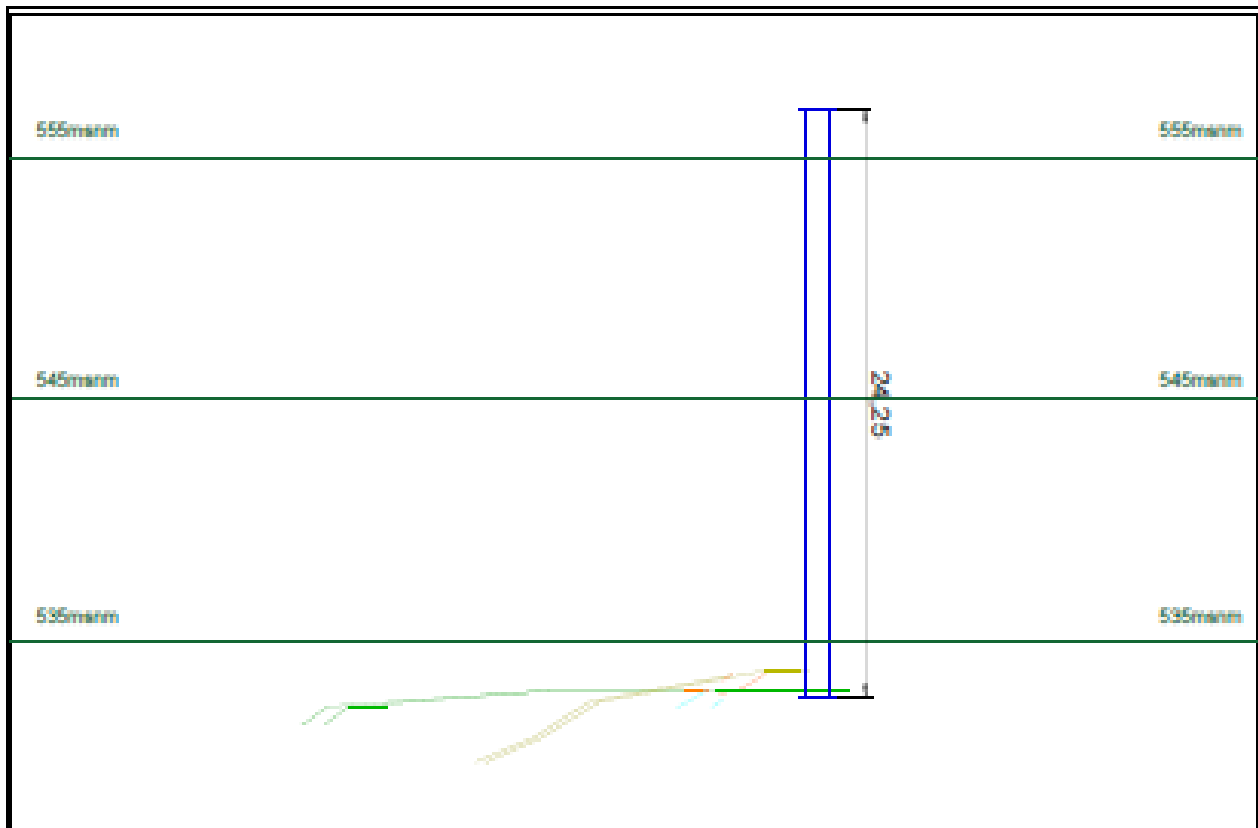
Fuente. Propia del autor.

ANEXO N° 12

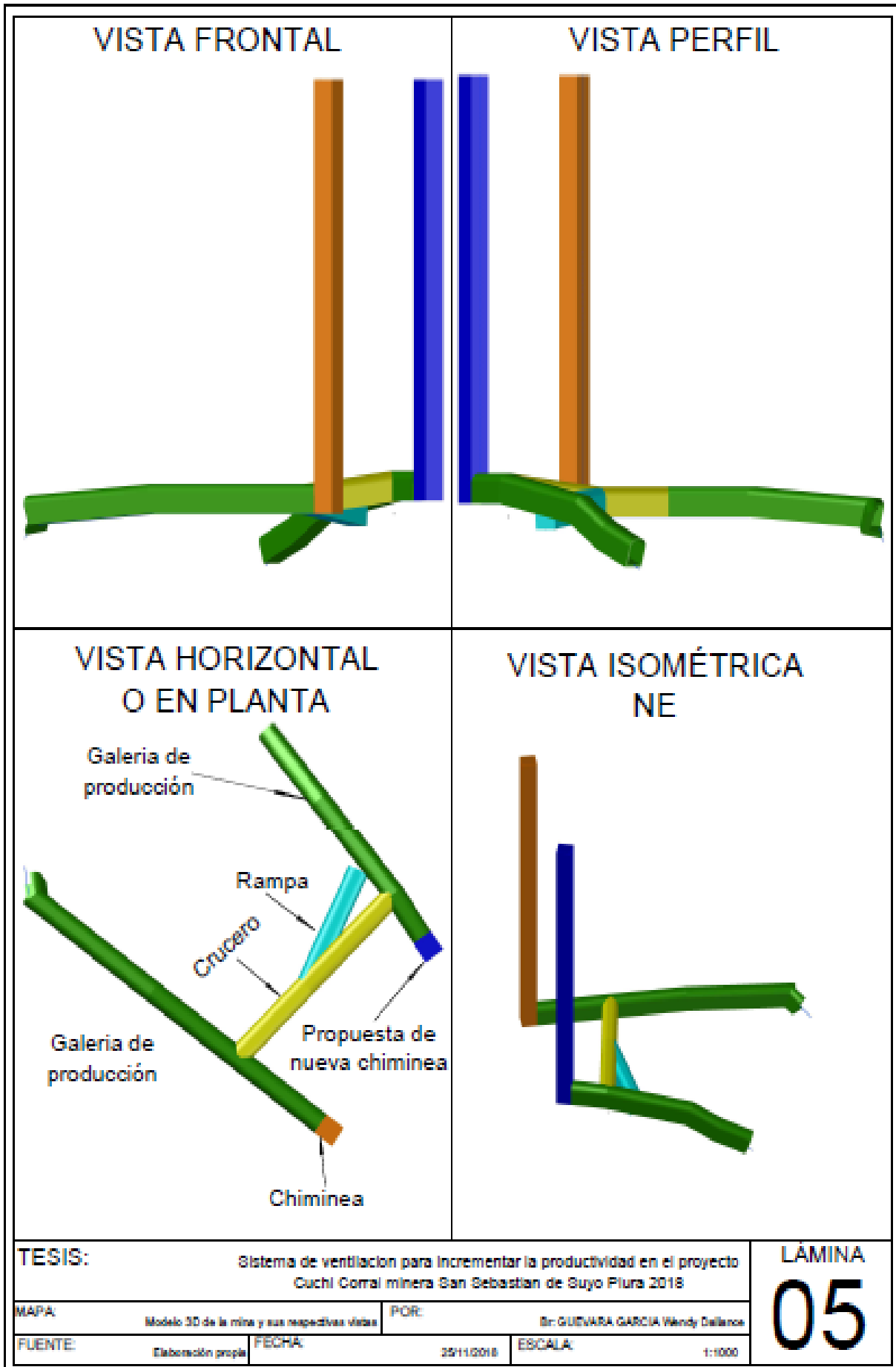


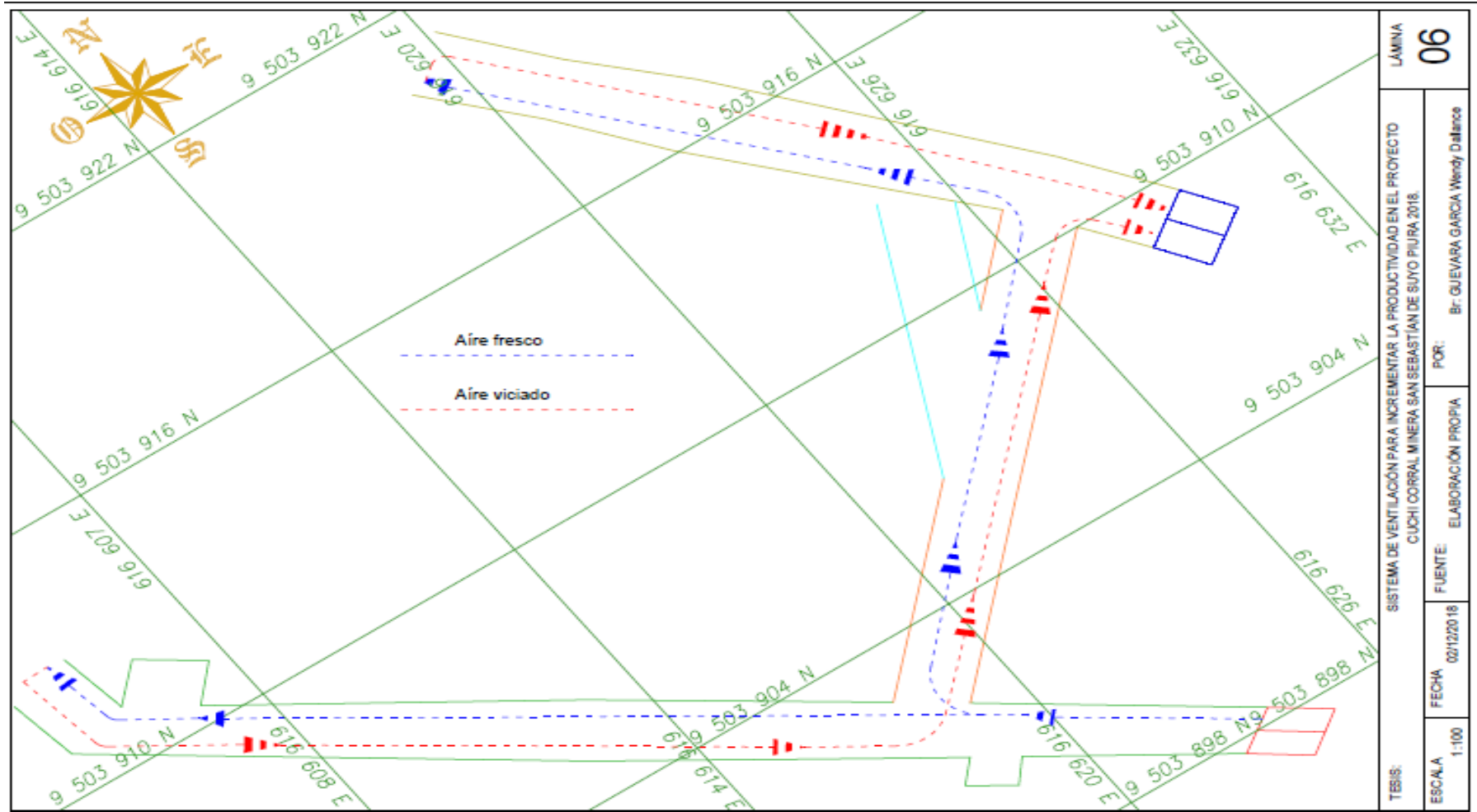






TESIS:		Sistema de ventilación para incrementar la productividad en el proyecto Cuchi Corral minera San Sebastián de Suyo Piura 2018		LÁMINA	
				04	
MAPA:	Topografía de la mina subterránea	POR:	Dr. GUEVARA GARCIA Wendy Dellarco		
FUENTE:	Elaboración propia	FECHA:	20/11/2018	ESCALA:	1:200





TEBIS:		SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROYECTO CUCHI CORRAL MINERA SAN SEBASTIÁN DE SUYO PIURA 2018		LAMINA
ESCALA	FECHA	FUENTE:	FOR:	06
1:100	02/12/2018	ELABORACIÓN PROPIA	Br: GUEVARA GARCIA Wendy Dalance	

ANEXO N° 13
MÁTRIZ DE CONSISTENCIA

SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROYECTO CUCHI CORRAL MINA SAN SEBASTIAN DE SUYO PIURA 2018

PROBLEMA	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
La mina no cuenta con un diseño de sistema de ventilación	¿De qué manera el diseño de un sistema de ventilación permitirá mejorar las condiciones de trabajo e incrementar la productividad en el proyecto Cuchi Corral Minera San Sebastián de Suyo Piura 2018?	Proponer un diseño de sistema de ventilación para incrementar la productividad en el proyecto Cuchi Corral Minera San Sebastián de Suyo Piura 2018.	Si se propone un diseño de sistema de ventilación entonces se incrementará la productividad en el proyecto Cuchi Corral Minera San Sebastián de Suyo Piura 2018.	VARIABLE INDEPENDIENTE	Método sistémico: este método permite establecer un orden en base a manejo de reglas que la propia investigación brindan lo que permitirá llegar a tener una comprensión sistémica de una situación dada.
		OBJETIVOS ESPECÍFICOS		SISTEMA DE VENTILACIÓN: Se define como un proceso, que tiene como objetivo proporcionar aire limpio a diferentes zonas de trabajo, de tal manera que se evacuen los gases tóxicos producto de voladura, equipos y los gases provenientes de la roca, y mejorar el ambiente de trabajo.	
		<ul style="list-style-type: none"> • Diagnosticar las condiciones actuales de ventilación del proyecto Cuchi Corral Mina San Sebastián. • Realizar el muestreo de temperatura, humedad y velocidad de circulación del aire fresco en puntos críticos de la mina. • Realizar el cálculo de caudal de aire en mina, considerando las especificaciones de acuerdo a ley. • Determinar el modelamiento y diseño del sistema de ventilación haciendo uso del software VENTSIM VISUAL, para establecer el tipo de ventilador y accesorias adecuados (mangas y/o ductos de ventilación, diámetro, tipo, etc). • Elaborar un presupuesto de compra de los instrumentos y equipos. 		VARIABLE DEPENDIENTE	Método analítico: ya que se realizará en base a la caracterización y apartamiento de los elementos de un todo que se estará investigando (objeto de investigación), haciendo un estudio minucioso de las partes que lo conforman y la forma de cómo estos funcionan.
				PRODUCTIVIDAD: Se define como el producto extraído de mina según las toneladas por guardia, la misma que incrementará según operaciones de avance en mina.	

ANEXO N° 14

Marco normativo Nacional

DS 024 2016 EM

Artículo 246.- El titular de actividad minera velará por el suministro de aire limpio a las labores de trabajo de acuerdo a las necesidades del trabajador, de los equipos y para evacuar los gases, humos y polvo suspendido que pudieran afectar la salud del trabajador, así como para mantener condiciones termo-ambientales confortables.

Artículo 247.- En los lugares de trabajo de las minas ubicadas hasta mil quinientos (1,500) metros sobre el nivel del mar, la cantidad mínima de aire necesario por hombre será de tres metros cúbicos por minuto (3 m³/min). En otras altitudes la cantidad de aire será de acuerdo a la siguiente escala:

1. De 1,500 a 3,000 msnm aumentará en 40% que será igual a 4 m³/min
2. De 3,000 a 4,000 msnm aumentará en 70% que será igual a 5 m³/min
3. Sobre los 4,000 msnm aumentará en 100% que será igual a 6 m³/min.

Artículo 248.- En ningún caso la velocidad del aire será menor de veinte metros por minuto (20 m/min) ni superior a doscientos cincuenta metros por minuto (250 m/min) en las labores de explotación, incluido el desarrollo y preparación. Cuando se emplee explosivo ANFO u otros agentes de voladura, la velocidad del aire no será menor de veinticinco metros por minuto (25 m/min).

Artículo 249.- Se tomarán todas las providencias del caso para evitar la destrucción y paralización de los ventiladores principales. Dichos ventiladores deberán cumplir las siguientes condiciones:

1. Ser instalados en casetas incombustibles y protegidas contra derrumbes, golpes, explosivos y agentes extraños. Los ventiladores en superficie, así como las instalaciones eléctricas deben contar con cercos perimétricos adecuados para

evitar el acceso de personas extrañas. Contar con otras precauciones aconsejables según las condiciones locales para protegerlas.

2. Tener, por lo menos, dos (2) fuentes independientes de energía eléctrica que, en lo posible, deberán llegar por vías diferentes.

3. Estar provistos de silenciadores para minimizar los ruidos en áreas de trabajo o en zonas con poblaciones donde puedan ocasionar perjuicios en la salud de las personas.

Artículo 250.- En casos de falla mecánica o eléctrica de los ventiladores principales, secundarios y auxiliares que atienden labores mineras en operación, éstas deben ser paralizadas y clausuradas su acceso, de forma que se impida el pase de los trabajadores y equipos móviles hasta verificar que la calidad y cantidad del aire haya vuelto a sus condiciones normales. Los trabajos de restablecimiento serán autorizados por el ingeniero supervisor.

Artículo 251.- Para los ventiladores principales con capacidades iguales o superiores a 2,831 metros cúbicos por minuto o su equivalente de 100,000 pies cúbicos por minuto, se instalarán paneles de control remoto que permitan su monitoreo de operación, su regulación a parámetros requeridos, invertir la corriente de aire en caso necesario y emitir señales de alarma en caso de paradas y disminución de velocidad.

Artículo 252.- Se efectuarán evaluaciones integrales del sistema de ventilación de una mina subterránea cada semestre y evaluaciones parciales del mismo cada vez que se produzcan comunicaciones de labores y cambios en los circuitos de aire. Controles permanentes de ventilación se efectuarán en las labores de exploración, desarrollo, preparación y explotación donde haya personal trabajando. La evaluación integral de ventilación deberá considerar:

a) Ubicación de estaciones de control de ventilación.

b) Circuitos de aire de la mina.

c) Balance de ingresos y salidas de aire de la mina. La diferencia de caudales de aire entre los ingresos y salidas de aire no deberá exceder el diez por ciento (10%).

- d) Demanda de aire de la mina, teniendo en cuenta el número de trabajadores de la guardia más numerosa, la operación de los equipos diésel, los gases originados en las voladuras y la temperatura de las labores en trabajo. La demanda de la mina será la cantidad de aire requerida para los trabajadores y la cantidad mayor resultante de comparar el aire requerido para la operación y dilución de los gases de escape de los equipos diésel, el aire requerido para diluir los gases de las voladuras y el aire requerido para mantener una temperatura del ambiente de trabajo igual o menor a 29 °C.
- e) Los requerimientos de aire para los equipos diésel deberá considerar la capacidad máxima de HPs.
- f) Cobertura de la demanda de aire de la mina con el aire que ingresa a la misma.
- g) Cobertura de las demandas de aire en las labores de exploración, desarrollo, preparación y explotación de la mina.
- h) Mediciones de Oxígeno, Dióxido de Carbono, gases tóxicos y temperatura ambiental en las vías principales de la mina y labores en operación.
- i) Ubicación de ventiladores, indicando capacidad de diseño y operación.
- j) Disponibilidad de las curvas de rendimiento de los ventiladores.
- k) Planos de ventilación de la mina, indicando los circuitos de aire y estaciones de control, ubicación de ventiladores, puertas de ventilación, tapones y otros.

Las evaluaciones de ventilación y mediciones de la calidad del aire se harán con instrumentos adecuados y con calibración vigente para cada necesidad.

Artículo 253.- Está terminantemente prohibido el ingreso de vehículos con motores de combustión a gasolina a minas subterráneas.

Artículo 254.- En las labores mineras subterráneas donde operan equipos con motores petroleros deberá adoptarse las siguientes medidas de seguridad.

Artículo 255.- En toda mina subterránea, donde se utilicen explosivos y equipos diésel, todos los trabajadores deberán ingresar portando en forma obligatoria respiradores auto rescatador para la protección contra gases de monóxido de carbono. Estos respiradores serán utilizados por los trabajadores sólo en casos de emergencia individual o colectiva cuando estos gases pongan en riesgo inminente

su vida, para salir de la mina o para ubicarse en una zona de aire fresco. Estos respiradores deben estar fabricados para una protección mínima de treinta (30) minutos.

Artículo 256.- En las labores mineras subterráneas donde haya liberación de gases o labores abandonadas gaseadas deberán adoptarse las siguientes medidas de seguridad:

- a) Contar con equipos de ventilación forzada capaz de diluir los gases a concentraciones por debajo del límite de exposición ocupacional para agentes químicos.
- b) Clausurar las labores por medio de puertas o tapones herméticos que impidan el escape de gases y señalizarlos para evitar el ingreso de personas.

Artículo 257.- La sala o estación de carguío de baterías, deberán estar bien ventiladas con un volumen suficiente de aire para prevenir la acumulación de gas hidrógeno. La sala o estación debe tener avisos de prohibición de fumar, del uso de llamas abiertas o del desarrollo de otras actividades que pudieran crear una fuente de ignición durante la actividad de cargado de baterías. Para el funcionamiento de la sala o estación en el subsuelo, previamente se deberá presentar a la autoridad competente la memoria descriptiva, el plano de ubicación y el plano de ventilación. El cumplimiento de esta obligación será verificado en la fiscalización que realice la autoridad competente.

ANEXO N° 15

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los docentes y especialistas que suscriben el documento son: El Ing. IPANAQUE SALAZAR Javier Ángel, con DNI: 45454682, la docente Mgtr. AGUINAGA VÁSQUEZ Silvia Josefina con DNI: 16790469 de la especialidad: Magister en investigación y docencia, Ing. SICCHA RUIZ, Orlando Alex con DNI: 18026960 de la especialidad de: Magister en Ingeniería de Minas, dan conformidad a los instrumentos:

- Recolección de datos I (Áreas de las secciones)
- Recolección de datos II (Velocidad de aire)
- Recolección de datos III (Temperatura)
- Recolección de datos IV (Gases)
- Guía de observación de campo

Que a continuación se presentan y que fueron sometidos a una evaluación y validación, con la finalidad de que sean aplicados por el estudiante responsable Wendy Dallance Guevara García, en la investigación titulada: Sistema de ventilación para incrementar la productividad en el proyecto Cuchi Corral de la mina San Sebastián de Suyo Piura 2018.

Dejamos, evidencia de lo evaluado firmando el presente documento para los fines que sean necesarios.

Chiclayo, 09 de Octubre del 2018

Atentamente,


Ing. Ipanaque Salazar
Javier Ángel
DNI: 45454682


Mgtr. Aguinaga Vasquez Silvia
Josefina
DNI: 16790469


Ing. SICCHA RUIZ,
Orlando Alex
DNI: 18026960